

IX. Internationale Wissenschaftliche Konferenz „RIO + 20- Nachhaltige Entwicklung durch Innovationen“ an der Deutsch-Kasachische Universität, Almaty

Beitrag in der Sektion 4: Technischer Fortschritt als Grundlage nachhaltiger Entwicklung

Autor: Dr. rer. pol. Stephan Meyer, MdL

Thema:

Die Wertschöpfungskette im Fokus des Technologietransfers von Umwelttechnologien

Der Artikel „Die Wertschöpfungskette im Fokus des Technologietransfers von Umwelttechnologien“ befasst sich mit der zunehmend in den Fokus von Unternehmen rückenden Thematik des Emissionshandels.

Der als Faktum akzeptierte globale Klimawandel erfordert einen möglichst Ressourcen schonenden Einsatz von Energie in allen Lebensbereichen und entlang der gesamten Wertschöpfungskette (Supply Chain). Die Industrie bietet hierbei große Potentiale, insbesondere im Bereich von Querschnitts- und Effizienztechnologien.

Die Steigerung der Energieeffizienz stellt dabei ein wirksames und kosteneffektives Instrument zur Erreichung einer künftig nachhaltigen Energiestruktur und der Senkung von Emissionen dar.

Verbesserungen im Bereich der Energieeffizienz können dazu beitragen den Investitionsbedarf im Bereich der Energieinfrastruktur zu reduzieren, Energiekosten zu senken und die Wettbewerbsfähigkeit sowie den Konsumentenvorteil zu erhöhen.¹

1 Energieeffizienz in der Industrie – eine differenzierte Betrachtung anhand der Republik Kasachstans, der Republik Polen und der Bundesrepublik Deutschland

Als Endenergie wird in der Literatur die in den einzelnen Sektoren nutzbare Sekundärenergie, aber auch Primärenergie, wie z. B. Erdgas, bezeichnet, welche zur Deckung ihres jeweiligen Bedarfes notwendig wird.² Im Allgemeinen wird der Effizienzbegriff im Sinne von Wirksamkeit, Wirtschaftlichkeit, Wirkungsgraddefinitionen sowie Leistungsfähigkeitsbetrachtungen verwendet.³ Dabei wird von einer präferenzorientierten Relation des Nutzens im Verhältnis zum Aufwand, mit welchem dieser Nutzeneffekt generiert wird, ausgegangen. Demnach spricht man von Effizienzsteigerungen, wenn eine gegebene oder höhere Outputmenge zu geringeren Kosten produziert wird. Dies ist in der Regel auf Skaleneffekte (economies of scale and scope) sowie technischen Fortschritt und Innovationen über einen längeren Zeitraum zurückzuführen.

Zur Messung der Energieeffizienz wird mit dem Energieeffizienzindikator EEI in Formel 1 eine Kennzahl eingeführt, welche sich wie folgt definiert:

Formel 1 Energieeffizienzindikator⁴

$$EEI_{ji} = \frac{EEV_{ji}}{NWS_{ji}} \text{ [kWh/€]}$$

Der Energieeffizienzindikator EEI_{ji} des Unternehmens i aus der Branche der NACE⁵-Klassifikation j setzt sich gemäß Formel 1 als Quotient aus dem Endenergieverbrauch EEV_{ji} und der, auf das Unternehmen bezogenen, Nettowertschöpfung NWS_{ji} zusammen. Demnach

¹ Vgl. IEA (2012).

² Vgl. Kraus, M. (2004) S. 68.

³ Diekmann et. al. (1999) S. 16 f.

⁴ Formel: eigene Abgrenzung.

⁵ NACE-Klassifikation der Wirtschaftszweige- Die "Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes (NACE)" ist ein System zur Klassifizierung von Wirtschaftszweigen, das von Seiten der Europäischen Union auf Basis der ISIC Rev. 3 (International Standard Industrial Classification of all Economic Activities) der Vereinten Nationen entworfen wurde; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH (2008) auf www.zew.de am 24.10.08.

ist der Energieeffizienzindikator EEl_{ji} eine ökonomische Kennzahl, welche den Endenergieverbrauch in Relation zur generierten Wertschöpfung setzt. Dabei hat sich die Nettowertschöpfung als statistisch gut verfügbare Größe herausgestellt, wodurch die Implementierung dieses Indikators zielführend ist.

Die Endenergieeffizienz ($EEFF_{ji}$), das heißt das Verhältnis aus dem Nutzen (Nettowertschöpfung) in Relation mit dem Aufwand (Endenergieverbrauch), wird durch den reziproken Wert des Energieeffizienzindikators EEl_{ji} in Formel 2 abgebildet:

Formel 2 Endenergieeffizienz

$$EEFF_{ji} = \frac{1}{EEl_{ji}} \text{ [€/kWh]}$$

Ein Vergleich der spezifischen Energieverbrauchsdaten zwischen der Bundesrepublik Deutschland, als hoch entwickeltem Industrieland, der Republik Polen als Land, welches den Transformationsprozess erfolgreich vollzieht und der Republik Kasachstans, als Transformationsland macht in der nachstehenden Tabelle 1 die Unterschiede im Energieverbrauch bezogen auf die Wirtschaftsleistung (Bruttoinlandsprodukt) deutlich.

Tabelle 1 spezifische Energieverbrauchsdaten

	TPES/GDP ⁶ Primärenergielieferung/ Bruttoinlandsprodukt	CO ₂ /GDP CO ₂ -Emissionen/ Bruttoinlandsprodukt
Land	(toe/thousand USD) ⁷ 2000	(kg CO ₂ /2000 USD)
Kasachstan	1.74	5.02
Deutschland	0.16	0.38
Polen	0.39	1.19

Quelle: IEA (2012)

Es wird deutlich, dass zur Generierung des gleichen Bruttoinlandsproduktes in Kasachstan fast elf Mal mehr Energie als in Deutschland und mehr als vier Mal soviel Energie, wie in Polen aufgewandt werden müssen. Gleichzeitig wird die Struktur des Primärträgerereinsatzes anhand des spezifischen CO₂-Ausstoßes deutlich, der in Kasachstan fast fünf Mal über dem polnischen und 13 Mal über dem deutschen Ausstoß liegt. Daran ist erkennbar, dass das kasachische Wirtschaftssystem stark auf fossilen Energieträgern mit relativ hohen Emissionen basiert. In der globalen Betrachtung der 40 Länder mit den höchsten Kohlenstoffdioxidemissionen lag Kasachstan im Jahr 2009 auf Rang 14 der weltweiten CO₂-Emissionen pro Kopf⁸

Es ist jedoch anzumerken, dass die energieintensiven Wertschöpfungsstufen zu großen Teilen nicht in Deutschland erfolgen und damit eine strukturelle Verschiebung in andere Länder erfolgt. Darüber hinaus ist die Gewinnung von (Energie-)Rohstoffen, welche einen hohen Anteil am kasachischen Bruttoinlandsprodukt aufweist, mit einem hohen Einsatz von Energie verbunden, was sich entsprechend auf die Energiebilanz auswirkt. Umso mehr wird deutlich, dass die Potentiale zum Transfer von Querschnitts- und Energieeffizienztechnologien in Kasachstan und Polen gegeben sind und im Rahmen der flexiblen Kyoto-Mechanismen eine Nutzung erfahren können. Hier bieten sich vielfältige Kooperationsansätze zwischen Unternehmen der jeweiligen Länder, welche zum einen Emissionen reduzieren und zum anderen durch Technologietransfer eine Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Wertschöpfungskette ermöglichen.

⁶ TPES/GDP als Total Primary Energy Supply (Primärenergielieferung) bezogen auf Gross Domestic Product (Bruttoinlandsprodukt).

⁷ Toe (tons of oil equivalent) /2000 US-Dollar.

⁸ International Energy Agency (IEA) (2009) S. 177.

2 Effizienz – und Querschnittstechnologien in Branchen

Trotz eines teilweise hohen Anteils der Energiekosten an den Produktionskosten fehlen Unternehmen häufig die Kenntnisse über die technisch realisierbaren und ökonomisch rentablen Energieeinsparoptionen. Dabei stellen im internationalen Wettbewerb die technologische Führung und eine möglichst energieeffiziente Produktion einen beachtlichen Wettbewerbsfaktor dar. Volkswirtschaftlich betrachtet bedarf es einer Dezentralisierung der Energieeffizienz, in der Form, dass Energie durch emissionsarme Energieträger in großen und zentralen Anlagen umgewandelt und mit effizienten Technologien in den Unternehmen zum Einsatz gebracht wird. Schwierigkeiten bei der Implementierung bestehen häufig in fehlendem Wissen über Energieeinsparmöglichkeiten, zu geringen finanziellen und personellen Ressourcen, in Bezug auf die technische Integration von neuen Technologien in bestehende Systeme oder der fehlenden organisatorischen Verankerung der Zuständigkeit für die Thematik im Rahmen der Aufbauorganisation des Unternehmens.

Auf der anderen Seite sind kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) durch eine hohe Flexibilität im Vergleich zu Großunternehmen gekennzeichnet⁹ und können insbesondere im Bereich der Querschnitts- und Effizienztechnologien mit kurzen Amortisationszeiten hohe Energie- und damit CO₂-Einsparungen realisieren.

So lassen sich bereits bei der Planung von Produktionsanlagen durch eine exakte Anlagendimensionierung die vergleichsweise teuren Lastspitzen reduzieren, Energielieferverträge durch deren Revision teilweise günstiger gestalten oder auch der Energiefluss im Unternehmen (Energieverluste, ineffiziente Feuerungsanlagen, Wärmerückgewinnung, Vorerwärmung, Rohrlecks, Blindstrom, Luftverdichtung) hinsichtlich seiner Effizienz verbessern. Als Technologiefelder, welche branchenübergreifend zu betrachten sind, lassen sich folgende Bereiche abgrenzen:

Querschnittstechnologien:

- Beleuchtung
- Heizung
- Warmwasserbereitung
- Lüftung
- Kühlung
- Druckluft
- Antriebe

Energieeffizienztechnologien:

- Gebäudehülle
- Kraft-Wärme-Kopplung
- Wärmerückgewinnung

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die teilweise beträchtlichen Energieeinsparmöglichkeiten durch den Einsatz moderner Technik. So lassen sich durch die Verwendung von hocheffizienten Elektro- anstelle von Verbrennungsmotoren, bis zu 80 % Energie einsparen, durch intelligente Motorsteuerungen bis zu 60 % oder durch Materialsubstitutionen und Recycling bis zu 50 % der vormals aufgewendeten Energie einsparen.

⁹ OECD / IEA (1994) S. 180.

Tabelle 2 Effizienztechnologien in Branchen

Wirtschaftszweig	Produkt/ Methode /Verfahren	Energieeffizienz-Potential MIN [%]	Energieeffizienz-Potential MAX [%]
Herstellung von Aluminium	Anwendung von Inert-Methoden		3
Papierindustrie	Black liquor gasification technology	10	20
Zement- und Chemische Industrie	Recycling, effiziente Materialwirtschaft		50
Zementindustrie	Recycling, effiziente Materialwirtschaft		50
Chemische Industrie	Biomass feedstock, Recycling Plastikmüll		
Diverse	Prozessdampfbereitstellung	15	30
Diverse	KWK-Einsatz	10	30
Eisen- und stahlproduktion	Liquid pig iron (5% C)	20	26
Eisen- und stahlproduktion	Flüssigstahl (EAF)	24	33
Eisen- und stahlproduktion	heiß gerollter Flachstahl		98
Zementindustrie	Klinkerproduktion; Vorheizen: Trocken-Kiln-Verfahren statt Nass-Kiln-Verfahren		10
Zementindustrie	clinker-Substitute		5
Papierindustrie	Trocknungsprozesse - KWK-Einsatz	20	30
Diverse	Einsatz von Membranen	15	20
Aluminium-Produktion	Einsatz bipolarer Zellen	5	20
Diverse	superconductor	2	10
Diverse	copper rotor	1	3
Diverse	switched reluctance		3
Diverse	permanent magnet	5	10
Diverse	written pole	3	4
Diverse	adjustable speed drivers (ASD)		60
Papierindustrie	Papierrecycling		10-20 GJ/t Recyclingpapier
Diverse	elektronische Drehzahlreglung bei Elektromotoren	10	30
Diverse	Beleuchtung (Energiesparlampen, Bewegungsmelder, Tageslichtabhängige Bürobeleuchtung)		80

Quelle: IEA (2006) S. 385 – 445; ZVEI (2012)

3 Supply Chain Management

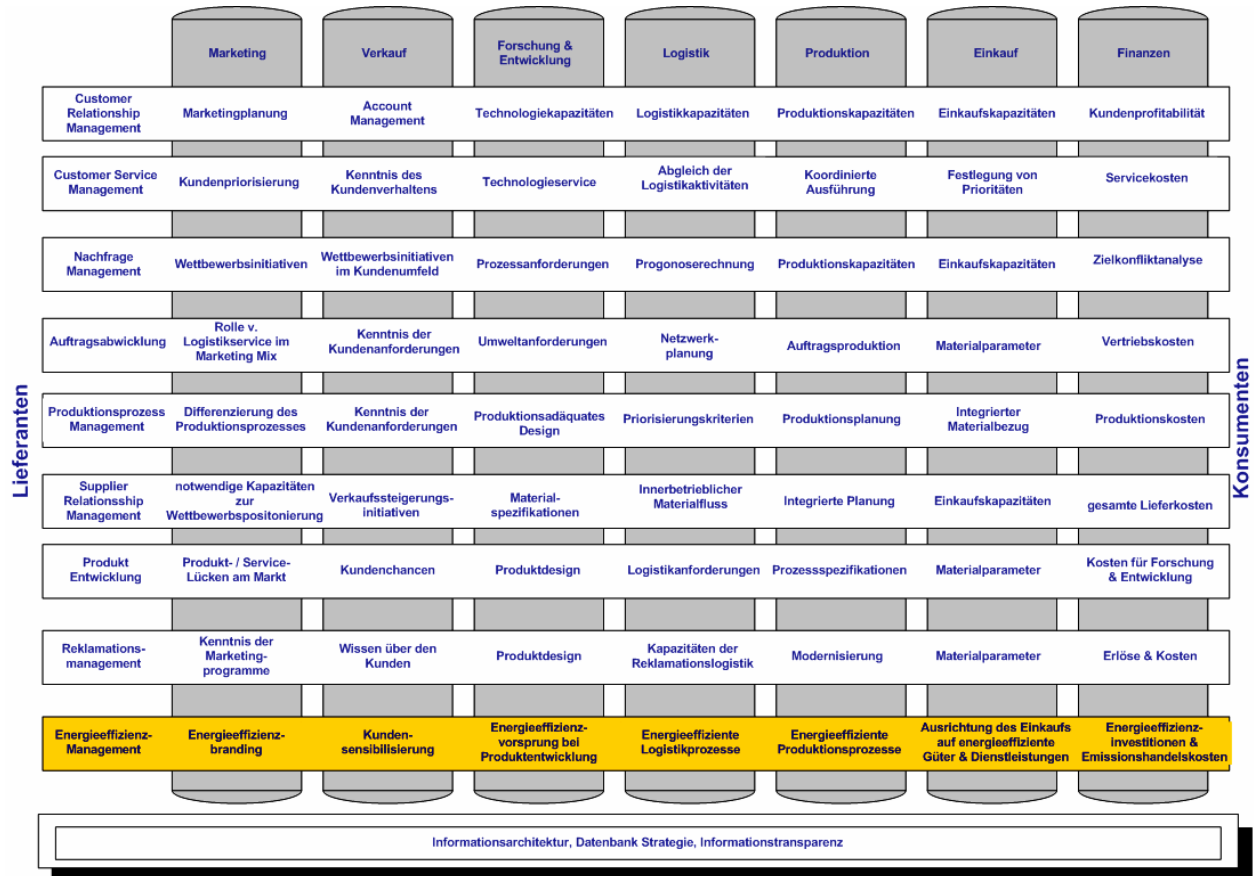
Das Supply Chain Management stellt die prozessorientierte und integrierte Gestaltung, Planung, Abwicklung und Überwachung von Material-, Informations- und Finanzströmen bezogen auf das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk im Zusammenwirken aller beteiligten Partner¹⁰ mit dem Ziel der Gesamtoptimierung dar.¹¹

¹⁰ Darunter zählen Lieferanten, Hersteller, Logistikdienstleister, Händler sowie Kunden.

¹¹ Vgl. Corsten, H. (2008) S. 96f.; Melzer-Ridiger, R. (2007), S. 12f; Werner, H. (2008) S. 5-7; Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) (auf <http://cscmp.org> am 26.02.2009).

Die Zielstellung des um den Investitionsaspekt erweiterten Ansatzes von Supply Chain Management besteht in der Entwicklung der Partnerunternehmen entlang der internationalen Wertschöpfungskette und damit in der Schaffung von Wettbewerbsvorteilen der gesamten Kette, wie in nachstehender Abbildung 1 dargestellt wird:

Abbildung 1 erweitertes Supply Chain Management



Quelle: eigene erweiterte Darstellung in Anlehnung an Lambert, D. (2006) S. 23.

Mit der Implementierung des Supply Chain Managements verbinden die am Wertschöpfungsprozess beteiligten Unternehmen in erster Linie folgende Optimierungspotentiale¹²:

- Erhöhung der Prognosegenauigkeit
- Reduktion der Materialbestände
- Senkung der Prozesskosten
- Erhöhung der Liefertreue
- Verbesserung der Kapazitätsauslastung
- Steigerung der Produktivität

Aus den Ausführungen wird ersichtlich, dass sich das Supply Chain Management vor allem auf operative Aspekte bezieht und in erster Linie die Effizienzsteigerung der Lieferkette im Fokus hat.

Die konsistente Anwendung von Supply Chain Management erreicht, dass der Wettbewerb nicht zwischen den einzelnen Unternehmen stattfindet, sondern vielmehr ein Wettbewerb zwischen den einzelnen Wertschöpfungsketten existiert und die unternehmensübergreifende Perspektive vom ersten Vorlieferanten bis zum finalen Endkunden idealtypisch eingenommen werden sollte.¹³

¹² Montanus, S. (2004) S. 52.

¹³ Melzer-Ridiger (2007) S. 9-10.

Voraussetzung für den Erfolg dieses Ansatzes ist die Transparenz als kritischer Erfolgsfaktor. Demnach ist eine offenere und stärkere Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen und teilweise die Preisgabe geschäftskritischer Informationen essentiell, welche aber für eine ganzheitliche Optimierung der Wertschöpfungskette über die einzelnen Unternehmensgrenzen hinaus anhand von Schnittstellen erforderlich ist.

Dabei wird nicht nur das eigene Unternehmen betrachtet, sondern unternehmensübergreifend die gesamte Lieferkette analysiert¹⁴. An die Stelle der Optimierung einzelner Glieder der Lieferkette (lokale Optimierung) tritt die Optimierung über die gesamte Kette (globale Optimierung). Für diese Optimierung der Lieferkette ist die Anwendung des flexiblen Mechanismus Joint Implementation nahe liegend, als dass dieser den Ansatz verfolgt die divergierenden CO₂-Grenzvermeidungskosten zwischen Industrieländern als Entscheidungskriterium zur Projektrealisierung heranzuziehen. Im folgenden Abschnitt wird auf diesen Ansatz und dessen Anwendung im Rahmen der unternehmerischen Investitionsrechnung weiter eingegangen.

4 Joint Implementation durch kapitalwertbasierte Investitionen

Als projektbasierter Mechanismus des Kyoto-Protokolls bietet Joint Implementation die Möglichkeit, Projekte mit dem Ziel der Energieeffizienzsteigerung in anderen Teilsystemen durchzuführen und somit Einsparungen an CO₂ zu erzielen, welche positiv auf das Allmendegut¹⁵ Umwelt global betrachtet wirken.

Für Joint Implementation existiert keine einheitliche Definition, für die vorliegende Arbeit dient die Definition von BANHOLZER als Basis, wonach JI die gemeinschaftliche Umsetzung und Anwendung eines politischen Programms beschreibt. Die Umsetzung ist demnach der einmalige Prozess des Ingangsetzens, wobei die Anwendung den kontinuierlichen alltäglichen Vollzug des umgesetzten Programms beinhaltet.¹⁶

Joint Implementation basiert auf dem Ansatz stark unterschiedlicher Grenzvermeidungskosten in den Teilsystemen sowie der Nutzung positiver Externalitäten und Synergieeffekte in Transformationsländern. Demnach ermöglicht der Einsatz effizienterer Produktionsmethoden die Reduzierung des Vorleistungsaufwandes und die Freisetzung von Finanzmitteln für andere Investitionen der Teilsysteme in den Transformationsländern. Entsprechend muss es für die Teilsysteme in den westlichen Industrieländern ökonomisch vernünftiger sein, mit gleichem Finanzaufwand in östlichen Transformationsländern eine signifikant größere Wirkung bei der Reduzierung globaler Belastungsfaktoren zu generieren.

Die exakte Kenntnis der Wertschöpfungskette stellt die Basis für eine energetisch effiziente Ausrichtung der Strukturen unter Nutzung von Joint Implementation dar. Hierfür ist neben der Prozessanalyse die Durchführung eines Supply Chain Benchmarkings erforderlich. Aufgrund der Heterogenität der Supply Chain konzentrieren sich die Betrachtungen in erster Linie auf die Querschnitts- und Effizienztechnologien, weil diese branchen- und unternehmensübergreifend zum Einsatz kommen. Um die Erhebung der Daten zur Durchführung des Benchmarkings zu ermöglichen, werden in den Unternehmen der Supply Chain die Datenquellen¹⁷

- Produktionsplanung- und steuerung (PPS)
- Kostenrechnung sowie
- die betrieblichen Umweltinformationssysteme des Umwelt- und Energiemanagements genutzt.

Als Investitionsbereiche im Rahmen der Anwendung von Joint Implementation kommen vor allem die, bereits unter Punkt 2 beschriebenen, Querschnitts- und Effizienztechnologien, als

¹⁴ Vom Lieferanten des eigenen Lieferanten bis zum Kunden des eigenen Kunden.

¹⁵ Allmendegüter sind öffentliche Güter, deren Nutzung nicht ausschließbar ist aber eine Rivalität im Konsum besteht. Dies tritt zum Beispiel bei überfüllten, öffentlichen Straßen oder Fischbeständen in einem Gewässer mit freiem Zugang auf.

¹⁶ Vgl. Banholzer (1996) S.11 f.

¹⁷ Vgl. Luczak, H. (2004) S. 38-39; Beucker, S. (2000) S. 83.

modulartige Handlungsalternativen in Frage. Aus diesen Querschnitts- und Effizienztechnologien wird eine Investition für das Joint Implementation-Projekt gebildet. Das Benchmarking-Objekt sollte demnach hinsichtlich der Systemgrenzen, Prozesse und Kennzahlen vergleichbar sein und aktuelle sowie zukünftige Anforderungen berücksichtigen.¹⁸

Die Berechnung des Kapitalwertes erfolgt durch die Abzinsung aller Zahlungen auf den Beginn der Investition, wodurch eine Vergleichbarkeit der Investitionsalternativen sichergestellt und die Entscheidung abgeleitet werden kann.

Der Kapitalwert errechnet sich wie in Formel 3 dargestellt:

Formel 3 Berechnung des Kapitalwertes

$$C_o = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{z_t}{(1+i)^t} \text{ [€]}$$

Legende:

C_o	Kapitalwert
I_0	Investitionsauszahlung
T	Planungszeitraum
t	Zeitindex
z_t	Rückflüsse je Zeitabschnitt
i	Zinssatz

Zur Ermittlung des Zinssatzes werden die gewichteten durchschnittlichen Kapitalkosten verwendet. Hierbei wird im Rahmen des Discounted Cash Flow-Verfahrens der WACC¹⁹ – Zinssatz ermittelt.²⁰

Ausgehend von dieser Verpflichtung zur Emissionsreduktion stehen einem Unternehmen folgende Optionen zur Verfügung:

- Emissionsreduktion im eigenen Unternehmen durch Investitionen in emissionsärmere Technologien;
- Teilnahme am Emissionshandel und Erwerb von Zertifikaten an der Börse;
- Emissionsreduktion mit Hilfe der flexiblen Kyotomechanismen Joint Implementation oder Clean Development Mechanism bei Projektpartnern.

Im vorliegenden Beitrag wird exemplarisch die Durchführung eines Joint Implementation-Projektes, durch Nutzung der Potentiale der Wertschöpfungspartner einer Supply Chain, dargestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 3 erfolgte bereits die Sortierung der Investitionsalternativen gemäß deren spezifischen Vermeidungskosten für CO₂ als Basis für die Bildung der Alternativen A_n.

Die Kumulation der über den Zuteilungszeitraum erzielbaren CO₂-Reduktionen erfolgt auf der Grundlage der zu reduzierenden Emissionen. In die dabei vorgenommenen Betrachtungen werden jedoch nur Investitionsmöglichkeiten einbezogen, deren spezifische CO₂-Investitionskosten am Ende des Zuteilungszeitraumes unter dem prognostizierten Maximalpreis von 60 €/ t CO₂ liegen²¹.

Zunächst werden die Investitionskosten für die Alternative A₁ bestimmt, die sich aus den Investitionen I₂, I₃ und I₄ zusammensetzen. Als hinreichende Bedingung für die Bildung einer Alternative wird angenommen, dass deren kumuliertes CO₂-Vermeidungspotential größer ist, als die absolute CO₂-Reduktionsverpflichtung. Die Auswahl der Alternativen erfolgt nach der Berechnung der investitionsspezifischen Kapitalwerte unter Betrachtung definierter Umweltzustände auf Basis von Entscheidungsregeln, welche entweder durch Unsicherheit oder Risiko als Rahmenbedingungen gekennzeichnet sind.²² Hinzu kommen die individuellen Eintrittswahrscheinlichkeiten für die aufgeführten Umweltzustände, welche von der

¹⁸ Luczak, H. (2004) S. 57.

¹⁹ WACC steht für Weighted Average Cost of Capital; übersetzt gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten.

²⁰ Zur Ermittlung der erforderlichen Zinssätze s. Meyer, St. (2012) S. 188f.

²¹ Institut der deutschen Wirtschaft (2008) - Nr. 43 - Institut der deutschen Wirtschaft Köln.

²² Zu den Entscheidungsregeln siehe Meyer, St. (2012) S. 112-127.

Entscheiderpräferenz²³ abhängen. Die damit einhergehende Subjektivität des Entscheiders kann nicht ausgeschlossen werden. Durch empirische Daten erfolgt im Vorfeld die Festlegung einer Spannweite, sodass das Entscheidungsfeld objektiv eingegrenzt wird und folglich eine valide Entscheidungsbasis vorhanden ist.

Entscheidungsregeln unterstellen das Verhalten von risikofreudigen beziehungsweise pessimistischen Entscheidungsträgern und legen daher eine entsprechende Alternativenauswahl nahe.

Tabelle 3 Investitionsalternativen zur Kapitalwertmethode

Investitions- alternative	Alternativen	Kreditor	Land	Beschreibung	Gesamtinvestition €	Anrechenbare Investition €	CO ₂ t/a	Spezifische Investition/HJ €/t (CO ₂)/a	CO ₂ kumuliert tCO ₂ 8a
I ₁	A _{Börse}	European Energy Exchange	DE	Kauf von Zertifikaten an der Börse	272.110,68	272.110,68	-	-	13101,14
I ₂	A ₁	Stadtwerke X-Stadt	DE	Verminderung von Leckageverlusten im eigenen Unternehmen	3.000,00	3.000,00	147,00	20,41	1176,00
I ₃	A ₁	DB Waggonbau Niesky GmbH	DE	Beleuchtung von Arbeitsplätzen und Verkehrsflächen durch energieeffiziente Beleuchtungsmittel und Leuchtentechnik	40.455,00	40.455,00	675,50	59,89	5404,00
I ₄	A ₁	500011	PL	Ausstattung der Kompressoren zur Druckluftherzeugung mit Plattenwärmetauschern und Zuführung der Wärme in Heizungssystem	96.000,00	96.000,00	980,00	97,96	7840,00
I ₅	A ₂	500012	KAS	prozessabhängige Drehzahlreglung an den Pumpen der Kühl- und Heizkreisläufe	21.600,00	21.600,00	170,00	127,06	1360,00
I ₆	A ₃	500007	DE	Erneuerung einer Kälteanlage	410.000,00	110.000,00	578,00	190,31	4624,00
I ₇	A ₃	500008	DE	Beleuchtungsinvestition	98.600,00	98.600,00	448,00	220,09	3584,00
I ₈	A ₅	500007	KAS	Steuerung der Pumpenleistung im Teillastbereich; Einsatz von Wärmetauschern	50.000,00	50.000,00	214,00	233,64	1712,00
I ₉	A ₇	500014	DE	Rauchgasabwärmenutzung der Dampfkesselanlage	70.560,00	70.560,00	216,00	326,67	1728,00
I ₁₀	A ₈	500015	KAS	Beleuchtungsoptimierung	142.000,00	142.000,00	346,00	410,40	2768,00
I ₁₁	A ₉	500009	PL	Pumpenoptimierung der Heizungsanlage	43.800,00	43.800,00	98,00	446,94	784,00

Quelle: eigene Erstellung

Die Berechnung der jeweiligen Kapitalwerte und eine Bewertung der Investitionsalternativen unter Berücksichtigung von Energiekostenveränderungen zwischen 0 und 6 % sowie einer unterstellten Preisentwicklung der Emissionszertifikate zwischen 0 und 15 % ergibt sich bei Unterstellung eines pessimistischen Entscheidungsträgers ein positiver maximaler Kapitalwert für die Alternative A₄.

Mit dieser Alternative A₄ gelingt es durch Investitionen in das eigene Leitungsnetz des Unternehmens jährlich 220 MWh Strom zu sparen und durch weitere Investitionen in Beleuchtungstechnik, Druckluftkompressoren, Heizungspumpen sowie in eine Kälteanlage insgesamt annähernd 24.000 Tonnen CO₂ im gesamten Handelszeitraum einzusparen. Hierfür sind Investitionen in Höhe von 369.655 €²⁴ zu tätigen, welche schließlich einen Beitrag zur Stärkung der Wertschöpfungskette in Polen, Kasachstan und Deutschland leisten.

Der Mehrwert der Integration von Investitionsentscheidungen für Energieeffizienztechnologien in das Supply-Chain-Management besteht zum einen in der Synergienutzung vertrauensbasierter Wertschöpfungspartnerschaften hinsichtlich der Ableitung von Handlungsoptionen zur Einführung der besten verfügbaren Effizienztechnologien, zum anderen tragen die durch den Endproduzenten entwickelten Partnerunternehmen zu dessen erhöhter Versorgungssicherheit bei.

²³ Vgl. Sieben, G. / Schildbach, T. (1994) S. 25ff., Siebert, J. (2009) S. 16, Ewert, R., Wagenhofer, A. (2005) S. 34-35.

²⁴ Der Wert ergibt sich als Summe der anrechenbaren Investitionen aus den Investitionsalternativen I₂-I₇, wie in Tabelle 3 dargestellt.

Quellen:

- Banholzer, K. (1996)** Joint Implementation: Ein nützliches Instrument des Klimaschutzes in Entwicklungsländern? Discussion Paper FS-II. Berlin: Wissenschaftszentrum, Berlin
- Beucker, S. (2000)** BUIS – Werkzeuge einer strategischen Unternehmensführung, in: Hilty, L. et. al.(2000) Strategische und betriebsübergreifende Anwendungen betrieblicher Umweltinformationssysteme;Marburg
- Corsten, H., Gossinger, R. (2008)** Einführung in das Supply Chain Management, 2., vollständig überarbeitete und wesentlich erweiterte Auflage, München-Verlag, München
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) (2009)** im Internet auf <http://cscmp.org>, 26.02.2009, Lombard, Illinois
- Diekmann, J., Eichhammer, W., Neubert, A., Rieke, H., Schlomann, B., Ziesig, H.-J (1999)** Energie-Effizienz-Indikatoren - statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis, Wiesbaden
- Ewert, R., Wagenhofer, A. (2005)** Interne Unternehmensrechnung, Berlin
- IEA International Energy Agency (2012)** auf <http://www.iea.org> am 30.03.2012
- IEA International Energy Agency (2009)** World Energy Outlook 2009, Paris, France
- IEA - International Energy Agency (2006)** World Energy Outlook 2006, Paris
- Institut der Deutschen Wirtschaft (2008)** iwD - 2008 - Nr. 43 - Institut der deutschen Wirtschaft, Köln
- Kraus, M. (2004)** Lexikon der Energiewirtschaft Wirtschaft Recht Technik; Liberalisierte Strom- und Gasmärkte von A bis Z; Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln
- Lambert, D. (2006)** Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance, Sarasota
- Luczak, H.; et. al. (2004)** Logistik-Benchmarking Leitfaden mit LogiBEST, 2. vollständig überarbeitete Auflage, Heidelberg, Berlin, New York
- Melzer-Ridinger, R. (2007)** Supply Chain Management – Prozess- und unternehmensübergreifendes Management von Qualität, Kosten und Liefertreue, München-Verlag München
- Meyer, St. (2012)** Energieeffizienzsteigerung entlang der Supply Chain – Entscheidungsmodell zur wertschöpfungskettenorientierten Emissionsminderung in Transformationsländern 1. Aufl. - Göttingen
- Montanus, S. (2004)** Digitale Businessstrategien für den Mittelstand: Mit neuen Technologien unternehmensübergreifende Geschäftsprozesse optimieren, München.
- NACE-Klassifikation der Wirtschaftszweige** <http://www.destatis.de/> am 23.09.2009, 2003 und 2008, Wiesbaden
- OECD / IEA (1994)** Industrial energy efficiency policy programs, Paris
- Sieben, G., Schildbach, T. (1994)** Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie, 4.4., durchges. Aufl., Stuttgart
- Siebert, J. (2009)** Modellierung komplementärer Interaktionen: Konzeption eines innovativen Ansatzes in der Multiattributiven Nutzentheorie, BoD – Books on Demand
- Werner, H. (2008)** Supply Chain Management – Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling 3. Auflage, Gabler-Verlag Wiesbaden