



SCHLUSSBERICHT – 03.06.2016

Auswirkungen eines EHS- Linkings Schweiz – EU für den stationären Bereich

Aktualisierung für den Betrachtungszeit-
raum 2021 bis 2030

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Autor: Ecoplan
Titel: Auswirkungen eines EHS-Linkings Schweiz – EU für den stationären Bereich
Untertitel: Aktualisierung für den Betrachtungszeitraum 2021 bis 2030
Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt
Ort: Bern
Datum: 03.06.2016

Begleitgruppe

Roger Ramer, BAFU (Leitung)
Antje Mosler, BAFU
Sophie Wenger, BAFU

Projektteam Ecoplan

André Müller (Projektleitung)
Sarina Steinmann

Unterstützung Modellierung:
Prof. Christoph Böhringer, Uni Oldenburg

Der Bericht gibt die Auffassung des Projektteams wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers bzw. der Auftraggeberin oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

ECOPLAN AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
bern@ecoplan.ch

Schützengasse 1
Postfach
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsübersicht

	Das Wichtigste auf zwei Seiten.....	2
	Inhaltsverzeichnis	5
	Glossar	6
	Abkürzungsverzeichnis.....	8
1	Einleitung	9
2	Rahmenentwicklung und Szenarien	21
3	Modell und Daten	29
4	Auswirkungen MIT und OHNE Linking mit EU ETS.....	31
5	Alternativszenarien zum Linking.....	38
6	Sensitivitätsanalyse.....	44
7	Schlussfolgerungen.....	51
8	Anhang A: Mehrländer-Gleichgewichtsmodell	53
9	Anhang B: Detailresultate Referenzentwicklung	62
	Literaturverzeichnis	65

Das Wichtigste auf zwei Seiten

Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer Verknüpfung („Linking“) der Emissionshandelssysteme der Schweiz und der EU.

Methodisch basiert die vorliegende Studie auf einem Mehrländergleichgewichtsmodell. Die bereits bestehenden CO₂-Minderungsmassnahmen und deren Vermeidungskosten wurden explizit als «Vorbelastung» im Modell berücksichtigt. Diese «Vorbelastung» wurde aus den aktuellsten verfügbaren Unterlagen für die Schweiz, die EU und den restlichen Ländern aufbereitet und im Modell vorgegeben. Damit wird berücksichtigt, dass weitergehende CO₂-Minderungen über die bereits bestehende «Vorbelastung» hinaus kostenintensiver sind, da es aufgrund der steigenden Grenzvermeidungskosten immer schwieriger und teurer wird, weiter CO₂ zu reduzieren. Dem wirkt allerdings der technische Fortschritt entgegen. Dieser bringt «gratis» eine Reduktion der CO₂-Emissionen. Welche wirtschaftlichen Auswirkungen ein Linking zeigt, hängt im Wesentlichen von dieser «Vorbelastung» ab und vom technischen Fortschritt.

Haupterkenntnisse:

Die vorliegende Studie bestätigt die bereits in Ecoplan (2010) dargelegten Vorteile eines Linkings des Schweizer Emissionshandelssystems mit dem EU ETS. Die wichtigsten Erkenntnisse aus den vorliegenden Abklärungen beziehen sich auf den *stationären Bereich* und können wie folgt zusammengefasst werden:

Die EU kann CO₂ kosteneffizienter vermeiden als die Schweiz

Vor allem im ETS-Bereich kann die EU deutlich günstiger CO₂ vermeiden als die Schweiz. Verantwortlich dafür ist in erster Linie der Stromsektor, der relativ günstige Vermeidungskosten aufweist und in der EU ein grosses Potenzial hat. Dieses Potenzial kann die Schweiz für sich alleine nicht nutzen, weil ihre Stromproduktion schon beinahe CO₂-frei ist und deshalb nicht im CH EHS eingebunden ist.

Die wirtschaftlichen Vorteile eines Linkings zeigen sich erst längerfristig

Die CO₂-Vermeidungskosten im Schweizer stationären ETS-Bereich¹ und dem EU-ETS-Bereich beginnen sich erst nach dem Jahr 2020 auseinanderzuentwickeln. Bei gleichem CO₂-Minderungspfad von jährlich -2.2% im CH EHS und dem EU ETS steigen die Vermeidungskosten gemäss EU-Impact-Assessment auf rund 50 CHF/t CO₂ bis ins Jahr 2030. Für die Schweiz berechnen wir dagegen Grenzvermeidungskosten von 270 CHF/t CO₂ bis ins Jahr 2030.

Bei solch grossen Differenzen in den CO₂-Vermeidungskosten im stationären ETS-Bereich zwischen der Schweiz und der EU zeigt ein Linking positive wirtschaftliche Auswirkungen für die Schweiz. Die Wohlfahrt (Konsummöglichkeiten der Konsumenten) kann im Jahr 2030 um

¹ Der stationäre Bereich umfasst die ortsfesten Anlagen gemäss CO₂-Gesetzgebung. Die Luftfahrt wird nach einem Linking ebenfalls in das Schweizer EHS einbezogen, dies wird hier nicht untersucht. Die Aussagen betreffen nur den stationären Bereich; mit „EHS-Unternehmen“ sind in diesem Bericht Betreiber stationärer Anlagen gemeint.

0.037 BIP% gesteigert werden. Selbstverständlich ist dieser positive Wohlfahrtseffekt gesamtwirtschaftlich nicht gross, da das Linking im stationären Bereich nur rund 55 energieintensive Unternehmen betrifft. Die +0.037 BIP% im Jahr 2030 entsprechen aber immerhin rund 270 Mio. CHF. Weiter ist darauf hinzuweisen, dass der künftige Schweizer EHS-Preis bei einem eigenständigen EHS nur mit grosser Unsicherheit abschätzbar ist. Berücksichtigen wir diese Unsicherheit, erhalten wir grosse Bandbreiten der Wohlfahrtsgewinne eines Linkings zwischen 0.004 BIP% und 0.077 BIP%.

In einer ähnlichen Grössenordnung wie die Wohlfahrtseffekte bewegen sich auch die Auswirkungen auf das Bruttoinlandprodukt (BIP). Im Jahr 2020 wären bei einem Linking aufgrund der – absolut gesehen – geringen Differenzen der CO₂-Preise in den Emissionshandelssystemen der Schweiz und EU keine nennenswerten Effekte auf das BIP festzustellen. Längerfristig – bis ins Jahr 2030 – würde sich durch ein Linking das BIP um +0.044 BIP% oder 320 Mio. CHF erhöhen (Bandbreite von 0.005 BIP% bis 0.092 BIP%).

Linking bringt die grössten Vorteile bei ambitionierten CO₂-Minderungszielen

Je ambitionierter die CO₂-Minderungsziele im ETS-Bereich sind, desto grösser sind die wirtschaftlichen Vorteile für die Schweiz. Umgekehrt gilt, dass bei wenig ambitionierten CO₂-Minderungszielen ein Linking aus wirtschaftlicher Sicht keine Vorteile mehr bringt.

Linking ist eine «Rückversicherung» für den Fall einer langsameren technologischen Entwicklung

Ein Linking für die Schweiz zahlt sich bei einer langsameren technologischen Entwicklung noch mehr aus. Bei weniger schnellem autonomem Energieeffizienzfortschritt erhalten wir einen Wohlfahrtsgewinn aus dem Linking von 0.056 BIP% (420 Mio. CHF im Jahr 2030) bis 0.072 BIP% (540 Mio. CHF). Das Linking ist somit für die Schweiz eine Art «Rückversicherung» für den Fall einer langsameren technologischen Entwicklung.

Linking bringt grössere Planungssicherheit für Schweizer Unternehmen

Ein Haupteffekt des Linkings ist, dass die Schweizer EHS-Unternehmen bei einem Linking mit dem EU ETS weniger Unsicherheiten in Bezug auf den künftigen CO₂-Preis haben. Die Preisschwankungen sind in einem System mit über 11'000 Unternehmen geringer als in einem System mit nur 55 Unternehmen. Insbesondere fallen die Preisausschläge nach oben im EU-ETS-System geringer aus als im Schweizer EHS. In diesem Sinne bringt das Linking des CH EHS mit dem EU ETS mehr Planungssicherheit für die Schweizer EHS-Unternehmen.

Keine sinnvollen Alternativen zum Linking

Ausser dem Linking oder dem Beibehalt eines eigenständigen Schweizer Emissionshandelssystems wurden zwei Alternativen untersucht: Bisherige EHS-Sektoren werden neu der CO₂-Abgabe unterstellt bzw. werden zu Zielvereinbarungen verpflichtet. Für beide Alternativen gelten dieselben CO₂-Reduktionsziele wie für das Linking. Beide Alternativen schneiden bei den angenommenen ambitionierten CO₂-Reduktionszielen längerfristig schlechter ab als das Linking mit dem EU ETS oder die Beibehaltung eines eigenständigen Schweizer EHS.

Inhaltsverzeichnis

	Das Wichtigste auf zwei Seiten.....	2
	Inhaltsverzeichnis	5
	Glossar	6
	Abkürzungsverzeichnis.....	8
1	Einleitung	9
2	Rahmenentwicklung und Szenarien	21
2.1	Rahmenentwicklung, Referenz- und Zielszenarien	21
2.2	ETS-Szenarien	26
3	Modell und Daten	29
4	Auswirkungen MIT und OHNE Linking mit EU ETS.....	31
5	Alternativszenarien zum Linking.....	38
6	Sensitivitätsanalyse.....	44
6.1	Höherer technischer Fortschritt in den CH-EHS-Sektoren	44
6.2	Alternative Schweizer EHS-Preise im Szenario «ohne Linking»	47
6.3	Linking bei weniger ambitionierten CO ₂ -Zielen (Referenzentwicklung)	49
7	Schlussfolgerungen.....	51
8	Anhang A: Mehrländer-Gleichgewichtsmodell	53
8.1	Das Modell	53
8.2	Daten und Parametrisierung	57
9	Anhang B: Detailresultate Referenzentwicklung.....	62
	Literaturverzeichnis	65

Glossar

Auktion / Versteigerung	Auktion ist neben dem «Grandfathering» (→Grandfathering) und der «Output based allocation» mittels «Benchmarking» (→Benchmarking) die bekannteste Methode, wie Emissionsrechte an Marktteilnehmer zugeteilt werden. Die Emissionsrechte werden den Meistbietenden verkauft. Ein Vorteil der Auktion gegenüber Grandfathering und Benchmarking liegt im Aufzeigen eines Preissignals schon während der Ausgabe. Dies bringt Planungssicherheit für die Akteure mit sich. Nachteil sind die zusätzlichen Ausgaben für die Auktionsteilnehmer, falls keine Rückverteilung des Auktionsaufkommens vorgesehen ist.
Benchmarking	Benchmarking ist ein Verfahren zur (kostenlosen) Zuteilung von Emissionsrechten an Marktteilnehmer. In der aktuellen Periode 2013 bis 2020 werden sowohl im CH EHS wie auch im EU ETS zumindest ein Teil der Emissionsrechte nach dem Benchmarking-Ansatz verteilt. Mit Produkt-Benchmarks wird bestimmt, wie viel Treibhausgasemissionen ein THG-effizientes Unternehmen pro produziertem Output (bspw. pro Tonne Aluminium) emittiert. Dieses effiziente Unternehmen wird aus den historischen Emissionen der 10% effizientesten Unternehmen bestimmt. Die Unternehmen mit Produkt-Benchmarks erhalten kostenlose Emissionsrechte in Abhängigkeit des Produkt-Benchmarks und ihres Outputs. Daher heisst diese Form der Zuteilung von Emissionsrechten auch «Output based allocation». Können keine Produkt-Benchmarks bestimmt werden, wird auf alternative Benchmarks zurückgegriffen.
Cap and Trade	«Deckel und Handel» umschreibt die beiden wichtigsten Elemente eines Emissionshandelssystems (→Emissionshandel). Zuerst wird eine Obergrenze festgelegt, und im Umfang der maximal erlaubten Emissionsmenge werden Emissionsrechte zugeteilt. Diese Emissionsrechte sind handelbar und können zwischen den Marktteilnehmern ausgetauscht werden.
Carbon Leakage	Carbon Leakage bezeichnet das Risiko von Produktionsverlagerungen ins Ausland. Der Carbon-Leakage-Status (Risiko von Produktionsverlagerungen ist gegeben oder nicht gegeben) ist relevant für die Anwendung der Anpassungsfaktoren nach Anhang 9 Ziffer 2 der CO ₂ -Verordnung im Rahmen der kostenlosen Zuteilung.
CDM - Clean Development Mechanism	Der Clean Development Mechanismus ist einer der drei flexiblen Mechanismen gemäss Kyoto-Protokoll. Durch die Implementierung von Klimaschutzprojekten in Entwicklungsländern können die Industrieländer handelbare Emissionsminderungszertifikate (→CER) erlangen, die ihren nationalen Emissionszielen angerechnet werden.
CER - Certified Emission Reductions	Mit der erfolgreichen Realisierung von →CDM-Projekten erlangen Projektbetreiber handelbare Emissionsminderungszertifikate. Der Begriff Certified Emission Reductions wird ausschliesslich für Zertifikate verwendet, die aus CDM-Projekten stammen.
CO ₂ eq	Neben dem CO ₂ gibt es weitere relevante Treibhausgase wie Methan (CH ₄), Lachgas (N ₂ O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF ₆). Die einzelnen Gase tragen unterschiedlich stark zur globalen Erwärmung bei. Für eine einheitliche Bemessungsgrundlage wird das globale Erwärmungspotenzial der anderen Gase in Relation zur Klimawirksamkeit von Kohlendioxid gestellt und in CO ₂ -Äquivalenten (CO ₂ eq) ausgedrückt. So gilt für Methan beispielsweise CO ₂ eq = 21, d.h. 1 Tonne Methan entspricht 21 Tonnen CO ₂ .

Emissionshandel	Beim Aufbau eines Emissionshandelssystems wird zuerst eine Emissionsgrenze für das gesamte System definiert. Anschliessend werden die Emissionsrechte an die Teilnehmer des Emissionshandels verteilt (→Auktion, →Benchmarking →Grandfathering). Damit erhalten Emissionen einen Preis. Emittiert ein Unternehmen mehr, als ihm Emissionsrechte zugeteilt wurden, muss es auf dem Markt zusätzliche Emissionsrechte erwerben. Emittiert es weniger, kann es die überzähligen Emissionsrechte verkaufen. Unternehmen, deren Reduktionskosten niedriger sind als der Preis für zusätzliche Emissionsrechte, werden ihre Emissionen im eigenen Unternehmen reduzieren. Firmen mit hohen Reduktionskosten werden zusätzliche Emissionsrechte erwerben. Durch den Emissionshandel wird daher sichergestellt, dass die Emissionsreduktion dort erfolgt, wo dies am kostengünstigsten möglich ist.
Emissionsminderung (häufig auch als Minderung oder Mitigation bezeichnet)	Massnahmen zur Verringerung der anthropogenen Klimaänderung durch eine Reduktion oder Vermeidung von Treibhausgasemissionen. An Stelle von «Emissionsminderungsmaßnahmen» wird auch der Begriff «Mitigationsmassnahmen» verwendet.
Grenzvermeidungskosten	Die Grenzvermeidungskosten drücken aus, wie viel die Vermeidung oder Reduktion einer zusätzlichen Tonne CO ₂ kostet. Sie unterscheiden sich je nach Massnahme und Weltregion erheblich.
Grandfathering	Das Grandfathering ist eine Möglichkeit, Emissionsrechte zuzuteilen. Grundlage bilden die vergangenen Emissionen eines Unternehmens zu einem bestimmten Zeitpunkt. Häufigster Kritikpunkt ist, dass aktive Unternehmen, die ihre Emissionen zu einem früheren Zeitpunkt reduziert haben, benachteiligt werden.
Sektorübergreifender Korrekturfaktor	Bei einer auf fixen und historischen Benchmarks basierenden kostenlosen Zuteilung, die auf eine längere Frist angelegt ist, ist nicht automatisch sichergestellt, dass der gesamte Cap (-> Cap) eingehalten werden kann. Mit Hilfe des sektorübergreifenden Korrekturfaktors wird sichergestellt, dass die kostenlose Zuteilung den Cap nicht übersteigt.
Terms of Trade (TOT)	Die Terms of Trade (reales Austauschverhältnis) entspricht dem Verhältnis aus Exportgüterpreisniveau und Importgüterpreisniveau. Eine griffige Klimapolitik für die Schweiz oder die EU verändert die Export- und Importpreise und damit die Terms of Trade. Dieser Effekt führt – wie bspw. Bernard/Vielle (2009) zeigen – zu positiven Wohlfahrtseffekten für die Staaten mit griffiger Klimapolitik. Dies bedeutet, dass diese Staaten einen Teil ihrer Klimaschutzkosten auf bspw. die Entwicklungsländer überwälzen. In bestimmten Fällen kann dieser Terms-of-Trade-Effekt sogar die wirtschaftlichen Effizienzverluste durch die Einführung der klimapolitischen Massnahmen kompensieren und insgesamt zu einem Wohlfahrtsgewinn führen, vgl. dazu auch Böhringer/Rutherford/Tol (2009).

Abkürzungsverzeichnis

\$ oder US\$	US Dollar
AEEI	Autonomous Energy Efficiency Improvement
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BEKB	Berner Kantonalbank
BFE	Bundesamt für Energie
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BOE	barrel of oil equivalent
CDM	Clean Development Mechanism
CER	Certified Emission Reduction (handelbare Emissionsminderungszertifikate aus CDM-Projekten)
CES	Constant Elasticity of Substitution
CH EHS	Schweizer Emissionshandelssystem
CHF	Schweizer Franken
CHU	Handelbare Emissionsminderungsrechte des CH EHS
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ eq	Kohlendioxid äquivalent (Treibhausgase gemäss Schädlichkeit auf CO ₂ umgerechnet)
DL	Dienstleistung
EEX	European Energy Exchange - Marktplatz für Energie und energienahe Produkte
EU	Europäische Union
EU ETS	EU Emission Trading Scheme
EUA	EU Allowances (handelbare Emissionsminderungszertifikate des EU ETS)
GTAP	Global Trade Analysis Project, University of Purdue
GuD	Gas- und Dampf-Kraftwerk
IEA	International Energy Agency
KELS	Klima- und Energielenkungssystem
KLEM	Kapital, Arbeit, Energie, Vorleistungen (Material)
Mio.	Millionen
MW	Megawatt
NOGA	NOMomenclature Générale des Activités économiques
OTC-X	Schweizer Informationsplattform für nichtkotierte Nebenwerte
ROW	Rest der Welt (alle Länder ausserhalb CH, EU, Norwegen und Island)
t	Tonne
THG	Treibhausgase
WEO	World Energy Outlook der IEA

1 Einleitung

Ausgangslage

Ecoplan hat in der Studie „Schweizer Emissionshandelssystem: Wie weiter nach 2012?“² mit Hilfe eines Mehrländer-Gleichgewichtsmodells die volkswirtschaftlichen Auswirkungen eines Linkings der Emissionshandelssysteme der EU und der Schweiz (im Vergleich zu zwei separaten Systemen) analysiert. Ein EHS-Linking-Abkommen der Schweiz mit der EU wurde im Januar 2016 paraphiert und abkommensrelevante Elemente sollen im Kontext der Revision CO₂-Gesetz im Jahr 2016 vernehmblasst werden.

Ziel

Ziel der Studie ist die Untersuchung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen einer Verknüpfung der Emissionshandelssysteme der Schweiz und der EU. Um die Auswirkungen dieses Linkings auf den stationären Bereich für die Zeit nach 2020 genauer abschätzen zu können, soll ein Update der Studie von 2010 unter aktualisierten Annahmen und Rahmenbedingungen gerechnet werden. Dabei sollen verschiedene Szenarien untersucht werden. Es sind die Auswirkungen (Wertschöpfung, Output usw.) auf sektoraler (insbes. in Bezug auf die betroffenen Sektoren Chemie, Eisen und Stahl, Papier usw.) sowie auf gesamtwirtschaftlicher Ebene aufzuzeigen.

Das Schweizer und das EU Emissionshandelssystem

Mit dem Emissionshandelssystem regelt die EU seit 2005 ihre Treibhausgasemissionen des Stromproduktionssektors und von treibhausgasintensiven Industriebetrieben. Das System wurde periodenweise ausgebaut und weiterentwickelt.³

Pilotphase 2005 bis 2007

In der ersten sogenannten Pilotphase (2005 bis 2007) deckte das EU ETS rund 40% der gesamten CO₂-Emissionen ab. Die Zuteilung der Emissionsrechte basierte auf den historischen CO₂-Emissionen («Grandfathering»), erfolgte grossmehrheitlich kostenlos und oblag den einzelnen EU-Mitgliedsstaaten. In der ersten Periodenhälfte wurden Spitzenpreise für die Emissionsrechte von bis zu 30 Euro pro Tonne erzielt. Gegen Ende der Periode fiel der Preis auf

² Ecoplan (2010), Schweizer Emissionshandelssystem: Wie weiter nach 2012?

³ Die nachfolgenden Ausführungen zum EU ETS wurden – in gekürzter Form – aus Klemetsen, Rosendahl, Jakobsen (2016) entnommen. Die Ausführungen zum CH EHS stammen aus Burkhardt (2007), BAFU-homepage und diversen Factsheets des BAFU zum CH EHS.

nahe Null, da den Marktteilnehmern klar wurde, dass die gesamten zugeteilten Emissionsrechte höher waren als die gesamten Emissionen während der relevanten 3-Jahresperiode 2005 bis 2007.

Zweite Periode 2008 bis 2012

In der zweiten Periode (2008 bis 2012) änderte sich nicht viel an den am EU ETS teilnehmenden über 11'000 Unternehmen – einzig die Luftfahrt wurde 2012 mit einem eigenen Cap neu aufgenommen. Die Zuteilung erfolgte – ähnlich der ersten Periode – mehrheitlich kostenlos mittels Grandfathering. Wieder wurden zu Beginn der Periode mit über 20 Euro pro Tonne die höchsten Preise erzielt. Die Finanzkrise mit folgender Rezession führte zu einem starken Preiszerfall auf teilweise unter 10 Euro pro Tonne.

Die Schweiz hat ihr CH EHS zusammen mit der CO₂-Abgabe ab dem 1. Januar 2008 eingeführt. Unternehmen, die in der Periode 2008 bis 2012 am CH EHS teilnehmen und sich von der CO₂-Abgabe befreien wollten, mussten sich zur Begrenzung ihrer Emissionen verpflichten. Die Zuteilung der Emissionsrechte erfolgte auch in der Schweiz kostenlos und zwar auf der Basis der ausgehandelten Reduktionsverpflichtungen. Insgesamt nahmen in dieser Periode rund 1000 Unternehmen teil. Da die Menge der kostenlosen Zuteilung zu gross war und für die einzelnen Unternehmen nicht bindend, kam auf der Handelsplattform kein Handel von Emissionsrechten zwischen teilnehmenden Unternehmen zustande. Ein Teil der überschüssigen, handelbaren CO₂-Emissionsrechte wurde von der Stiftung Klimarappen mittels Auktionen aufgekauft. Die Stiftung Klimarappen bezahlte den Unternehmen für die jährlichen Übererfüllungen der Zielvereinbarungen Preise von bis zu 100 Franken pro Tonne CO₂.

Dritte Periode 2013 bis 2020

In der dritten Periode wurde der Kreis der Unternehmen und Treibhausgase im EU ETS erweitert. Rund die Hälfte der CO₂-Emissionen und rund 45% aller Treibhausgase fallen unter das EU ETS. Die Zuteilungsregeln wurden in dieser Phase zwischen den Mitgliedsländern harmonisiert und ein für die ganze EU gültiger stationärer Cap festgelegt. Wiederum wird der grösste Teil der Emissionsrechte für industrielle Unternehmen kostenlos zugeteilt. Hingegen erhalten – mit Ausnahme einiger Mitgliedstaaten – die stromproduzierenden Unternehmen keine kostenlose Emissionsrechte mehr. Die dem Stromsektor zugeteilten Emissionsrechte werden auktioniert.

Der EUA-Preis liegt seit Beginn der Periode mit 3 bis 9 Euro pro Tonne CO₂ sehr tief. Dies aufgrund der immer noch nachhallenden wirtschaftlichen Rezession und den aus der zweiten Periode nicht entwerteten Emissionsrechte, die von den Unternehmen in die dritte Periode übernommen werden konnte («carry over»).

Die Schweiz hat ihr CH EHS in der Periode 2013 bis 2020 weitgehend mit dem EU ETS harmonisiert: Sie regelt die kostenlose Zuteilung wie im EU ETS über dieselben Benchmarks,

wählte denselben Absenkpfad von 1.74% pro Jahr. Die «Mechanik» des CH EHS ist also kompatibel mit dem EU ETS. Unterschiede gibt es noch in folgenden Punkten:

- Der Stromsektor, der in der Schweiz weitgehend CO₂-frei ist, ist durch das CH EHS nicht abgedeckt.⁴
- Die Luftfahrt, welche sich im EU ETS in den Jahren 2013 bis 2016⁵ auf den Binnenverkehr beschränkt, ist im CH EHS nicht enthalten.
- Sektorübergreifender Korrekturfaktor: Die «Mechanik» ist dieselbe wie in der EU, aufgrund unterschiedlicher struktureller Zusammensetzung der im CH EHS bzw. im EU ETS enthaltenen Unternehmen berechnen sich unterschiedliche sektorübergreifende Korrekturfaktoren.

Abbildung 1-1: Systemvergleich CH EHS und EU ETS in der dritten Periode 2013 bis 2020

	CH EHS ab 2013 bis 2020	EU ETS ab 2013 bis 2020
Teilnehmende Unternehmen	55 Unternehmen exkl. Stromsektor exkl. Luftfahrt rund 10% der Schweizer Treibhausgasemissionen	über 11'000 Unternehmen inkl. Stromsektor inkl. Luftfahrt (2013 bis 2016 beschränkt auf Binnenflüge, ab 2017 noch offen) rund 45% der EU Treibhausgasemissionen
Cap 2013	5.63 Mio. t CO ₂	2084 Mio. t CO ₂ (+210 Mio. t CO ₂ für Luftverkehr)
Absenkpfad	jährliche lineare Reduktion um 1.74%	
Cap 2020	4.9 Mio. t CO ₂	1816 Mio. t CO ₂ (+210 Mio. t CO ₂ für Luftverkehr)
Sektorübergreifender Korrekturfaktor	2013: 99.91% (-0.09%) 2020: 90.09% (-9.91%)	2013: 94.27% (-5.73%) 2020: 82.44% (-17.56%)
Zuteilung	Industrie: grossmehrheitlich kostenlos mit Benchmarking	Industrie: grossmehrheitlich kostenlos mit Benchmarking Stromsektor: Auktionierung Luftverkehr: mehrheitlich kostenlos
Internationale Zertifikate	Max. 11% der Emissionsrechte (CERs aus CDM und ERUs aus Joint Implementation)	CERs und ERUs können in beschränktem Ausmass in EUAs umgetauscht werden.
Preise	CHU (an OTC-X der BEKB gehandelt): kein Umsatz Versteigerung nicht aufgebrauchter Reserve: Mai 2014 40 CHF/t CO ₂ , Nov. 2014 20 CHF/t CO ₂ , Jan, Feb, Nov. 2015 und März 2016 rund 10 CHF/t CO ₂	EUA-Preise 2013 bis 2015 (an EEX gehandelt): zwischen 3 – 9 Euro/t CO ₂

⁴ Stromproduzenten sowie wärmegeführte Wärme-Kraft-Koppelungsanlagen mit einer Gesamtleistung über 100 MW unterliegen der Kompensationspflicht und sind abweichend von der EU vorderhand vom EHS ausgenommen.

⁵ In welcher Form die Luftfahrt im EU ETS ab 2017 integriert sein wird, ist noch offen.

Exkurs: CH EHS in der Periode 2013 bis 2020

Teilnehmende Unternehmen

Das Schweizer EHS bindet insgesamt 55 CO₂-intensive Unternehmen aus den Sektoren Zement, Chemie und Pharma, Raffinerien, Papier, Fernwärme, Stahl u.a. ein. Grundsätzlich liegt die Schwelle für die obligatorische Teilnahme am EHS bei einer Gesamtfeuerungsleistung von 20 MW. Obligatorisch ist auch die Teilnahme von Unternehmen mit bestimmten Tätigkeiten (bspw. Raffinerien) oder bei Überschreitung von Schwellenwerten, die die sich an Produktionskapazitäten orientieren.⁶

Die EHS-Mechanik – Cap und Absenkpfad im stationären Bereich

Die nachfolgend beschriebene «Mechanik» des CH EHS entspricht dem EU ETS. Der Cap bezeichnet die insgesamt zur Verfügung stehenden Emissionsrechte. Im Grundsatz entspricht der Cap den durchschnittlich zugeteilten Emissionsrechten der Vorgängerperiode (2008 bis 2012) und wird ab dem Jahr 2010 um 1.74% linear abgesenkt.⁷ Der Cap für das Jahr 2013 berechnet sich so auf 5.63 Mio. Tonnen CO₂ und sinkt linear bis 2020 auf 4.9 Mio. Tonnen CO₂.

Die kostenlose Zuteilung erfolgt mittels Benchmarking. Die Zuteilung der kostenlosen Emissionsrechte ergibt sich aus:

*Zuteilung = Benchmark * Aktivitätsrate * Anpassungsfaktor (carbon leakage) * Sektorübergreifender Korrekturfaktor*

Benchmark = Emissionen eines CO₂-effizienten Betriebs. Es gelten CH- und EU-weit dieselben Benchmarks. Bspw. 1.514 Emissionsrechte pro produzierter Tonne Aluminium.⁸

Aktivitätsrate = Menge der produzierten Produkte, bspw. 100'000 Tonnen Aluminium.

Anpassungsfaktor = Faktor zur Berücksichtigung des Risikos von Produktionsverlagerungen (carbon leakage). Er beträgt 1 für Unternehmen mit Risiko zur Produktionsverlagerung, was für die meisten – nicht Fernwärme produzierenden⁹ - Unternehmen zutrifft.

Sektorübergreifender Korrekturfaktor = Faktor zum Abgleich der Zuteilung auf den Cap (siehe unten).

Für die Bestimmung der schlussendlich kostenlos zugeteilten Emissionsrechte müssen allerdings zwei weitere Punkte berücksichtigt werden:

⁶ Daneben existieren noch Spezialfälle wie Opt-out und Opt-in, sowie für Forschungs-, Entwicklungs- und Prüfanlagen, Sonderabfallentsorgungsanlagen und die bereits erwähnten fossil-thermischen Kraftwerke.

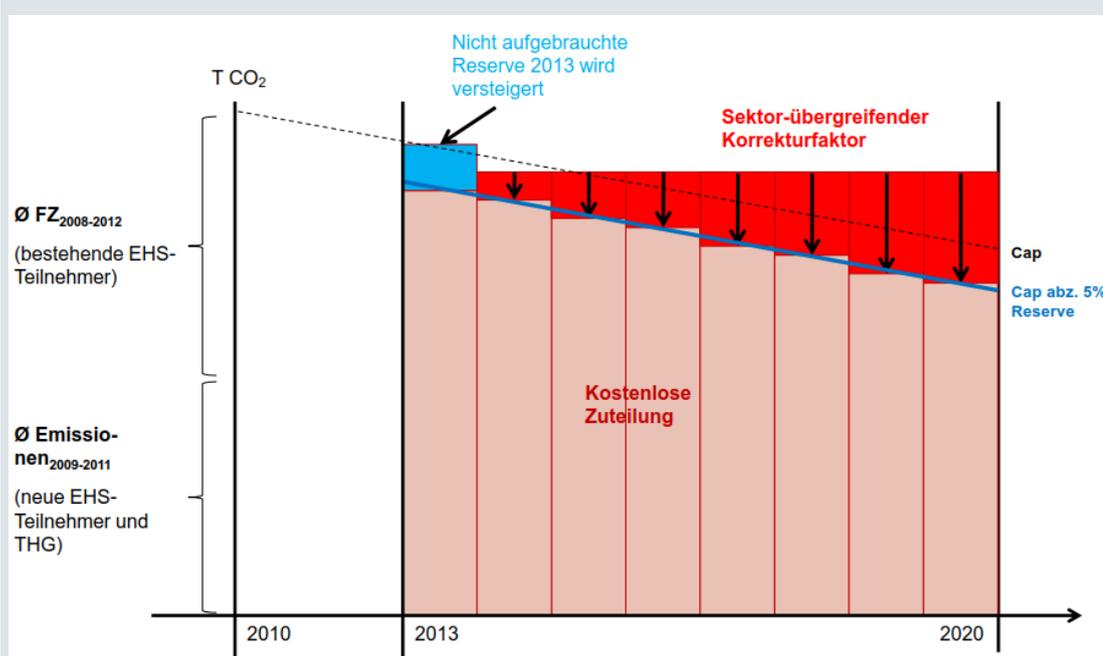
⁷ Bei der Bestimmung des Caps sind auch die Neuanlagen und die 2013 neu berücksichtigten Treibhausgase (insbesondere Lachgas) zu berücksichtigen. Hier wurden die Emissionen der Jahre 2009 bis 2011 zugrunde gelegt.

⁸ Vgl. CO₂-Verordnung, Anhang 9.

⁹ Bei Fernwärme produzierenden Unternehmen besteht in der Regel aufgrund der Standortgebundenheit kein Risiko von Produktionsverlagerungen.

- **5% Reserve für neue Markteintritte:** Es werden nur 95% des gesamten Caps kostenlos zugeteilt, da eine Reserve für neue Unternehmen reserviert wird. Werden die für neue Unternehmen reservierten 5% an Emissionsrechten nicht gebraucht, werden sie nachträglich auktioniert.
- **Sektorübergreifender Korrekturfaktor:** Die kostenlose Zuteilung darf – nach Abzug der Reserve – nicht höher sein als der Cap. Dafür sorgt der sektorübergreifende Korrekturfaktor, der die «bottom-up» auf Basis von Benchmarks berechnete kostenlose Zuteilung auf den «top-down» festgelegten Cap restringiert. Damit wird sichergestellt, dass nicht zu viel Emissionsrechte kostenlos zugeteilt werden.¹⁰

Abbildung 1-2: Die «Mechanik» des CH EHS



Der nicht aufgebrauchte Teil der 5%-Reserve wird auktioniert. Bis zum Beginn 2016 wurden insgesamt sechs Versteigerungsrunden durchgeführt. Der Zuschlagspreis der ersten Versteigerungsrunde 2014 betrug rund 40 CHF und sank bis zur letzten Versteigerungsrunde vom Januar 2016 auf 9 CHF.

¹⁰ Die «bottom-up» berechnete kostenlose Zuteilung übertrifft bereits im ersten Jahr der Periode 2013 bis 2020 das Cap. Dies obwohl die Benchmarks auf Basis der 10% effizientesten Unternehmen festgelegt wurde. Dass bereits im Jahr 2013 die mit Benchmarks berechneten kostenlose Zuteilung mit dem sektorübergreifenden Korrekturfaktor nach unten korrigiert werden muss, hat folgende Gründe: (i) Die Benchmarks wurden auf Basis von Daten aus dem Jahre 2006 bis 2008 festgelegt. Der zwischenzeitliche technische Fortschritt wird in den Benchmarks nicht berücksichtigt. (ii) Weiter werden die Benchmarks auf eine aufgrund des Wirtschaftswachstums höhere Aktivitätsrate angewendet. (iii) Für die Festlegung der Aktivitätsrate konnten die Unternehmen aus zwei Perioden (2005 bis 2008 und 2009-2010) auswählen, d.h. sie wählten diejenige Periode, in welcher sie die höchsten Aktivitätsraten hatten, um eine möglichst hohe kostenlose Zuteilung zu erhalten. (iv) Bei der «top down» Festlegung des Caps werden erneuerbare Energien nicht berücksichtigt. Hingegen erhalten Unternehmen, welche erneuerbare Energie einsetzen entsprechende kostenlose Zuteilungen.

Dritte Periode 2013 bis 2020 – Vergleich der Gratiszuteilungen CH und EU

Die nachfolgende Abbildung 1-3 zeigt die Treibhausgas-Emissionen der Industrie und des Energiesektors der Länder im EU ETS und für die Schweiz. Der Luftverkehr wurde ausgeklammert. Weiter zeigt die Abbildung, dass Schweden und Lettland die beiden einzigen Länder sind, die insgesamt mehr Gratiszuteilung von Emissionsrechten erhalten als sie in der Industrie und im Energiesektor Treibhausgase emittieren. Es sind also die beiden einzigen Länder mit einer «Überallokation» mit gratis zugeteilten Emissionsrechte. Die Gründe für die «Überallokation» sind Folgende:

- *Emissionsarmer Energiesektor:* Die fossile Stromproduktion erhält in der Periode 2013 bis 2020 keine Gratiszuteilungen mehr, muss also die Emissionsrechte ersteigern bzw. im ETS zukaufen. Länder mit einem relativ emissionsarmen Energiesektor müssen somit weniger Emissionsrechte ersteigern bzw. zukaufen.
- *Treibhausgaseffiziente Produktion:* Länder mit Unternehmen, die treibhausgaseffizient produzieren, erhalten durch die Benchmarking-Methode der Gratiszuteilung mehr Emissionsrechte zugeteilt als sie Treibhausgase emittieren.
- *Günstige Produktionsstruktur:* Bei der Benchmarkingmethode kann je nach Tätigkeit eine generelle Über- oder Unterallokation auftreten.¹¹ Wie wir in den nachfolgenden Ausführungen darlegen werden, ist bei einigen Sektoren eine Überallokation, bei anderen Sektoren eine Unterallokation festzustellen – bspw. eine deutliche Überallokation in den Sektoren Papier oder Eisen/Stahl (vgl. Abbildung 1-6). Länder mit einer Produktionsstruktur, die stärker vertreten sind bei den generell «überallozierten» Sektoren, weisen somit tendenziell eine «Überallokation» aus.
- *Weitere Gründe:* Gewisse EU-Mitgliedstaaten können eine kostenlose Zuteilung von CO₂-Emissionsrechten zur Modernisierung der Stromerzeugung vornehmen.

Im EU ETS (exkl. Luftverkehr) wird die Hälfte der Emissionsrechte gratis zugeteilt

Die durchschnittlichen jährlichen Emissionen der Jahre 2013 und 2014 betragen bei den im EU ETS erfassten Unternehmen (exkl. Luftverkehr) 1860.6 Mio. t CO_{2eq}. Gratis zugeteilt wurden Emissionsrechte im Umfang von 967.9 Mio. t CO_{2eq}, was einer «Unterallokation» von -48% entspricht.

Im CH EHS befinden sich 55 Unternehmen mit jährlichen Emissionen von 5.5 Mio. t CO_{2eq} (Durchschnitt der Jahre 2013/2014), was nur gerade 0.3% des EU ETS entspricht. Gratis zugeteilt wurden Emissionsrechte im Umfang von 5.3 Mio. t CO_{2eq}, was einer «Unterallokation» von -3% entspricht. Damit scheint der Anteil der gratis zugeteilten Emissionsrechte im CH EHS deutlich höher als im EU ETS, was jedoch fast ausschliesslich darauf zurückzuführen ist, dass die beinahe CO₂-freie Schweizer Stromerzeugung nicht im CH EHS eingebunden ist.

¹¹ Solche Über- oder Unterallokationen können politischer Natur ein, indem für gewisse Sektoren aus politischen Gründe zu hohe Benchmarks angesetzt werden. Die EU-Kommission will im Hinblick auf die Periode nach 2020 systematisch zu hohe Benchmarks vermeiden.

Abbildung 1-3: Ländervergleich: Emissionen der Industrie und der Energiesektoren (exkl. Luftverkehr) sowie Über- und Unterallokation mit Gratiszuteilungen
(Durchschnitt der Jahre 2013/2014)

Land	Total Industrie+Energiesektor: Durchschnitt 2013/2014	
	Emissionen [t CO ₂ /Jahr]	Überallokation (+) Unterallokation (-)
Schweden	19.7	43%
Lettland	2.5	2%
Litauen	7.2	-6%
Zypern	4.2	-17%
Rumänien	42.5	-17%
Belgien	44.5	-18%
Frankreich	107.3	-23%
Österreich	29.0	-23%
Slovakei	21.4	-24%
Ungarn	19.0	-26%
Finnland	30.1	-26%
Tschechien	67.2	-28%
Norwegen	24.8	-30%
Bulgarien	33.5	-38%
Kroatien	8.6	-40%
Polen	201.4	-40%
Dänemark	20.0	-42%
Niederlande	87.9	-45%
IS / LI / LU / MT	5.3	-48%
Spanien	123.8	-48%
Italien	158.6	-48%
Estland	15.4	-49%
Portugal	24.4	-50%
Deutschland	471.1	-65%
Slowenien	6.8	-66%
Irland	15.8	-68%
Grossbritannien	211.5	-69%
Griechenland	57.0	-74%
Total EU ETS	1860.6	-48%
Schweiz	5.5	-3%

Quelle: Auswertungen Ecoplan aus dem Emissionshandelsregister der Schweiz (www.emissionsregistry.admin.ch) und EU-ETS-Daten von EU Transaction Log (EUTL) (www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-eu-ets-data-from-citl-7).

Die nachfolgende Abbildung 1-4 zeigt die Treibhausgas-Emissionen der Industrie (exkl. Energiesektor und Luftverkehr) der Länder im EU ETS und für die Schweiz. Nur wenige Länder – darunter die Schweiz – weisen eine «Unterallokation» für die gesamte Industrie auf.

Abbildung 1-4: Ländervergleich: Emissionen der Industrie (exkl. Energiesektoren und Luftverkehr) sowie Über- und Unterallokation mit Gratiszuteilungen
(Durchschnitt der Jahre 2013/2014)

Land	Industrie (ohne Energiesektor): Durchschnitt 2013/2014	
	Emissionen [t CO ₂ /Jahr]	Überallokation (+) Unterallokation (-)
Schweden	12.8	49%
Lettland	0.9	47%
Ungarn	6.6	31%
Rumänien	8.2	28%
Tschechien	13.3	22%
Irland	2.7	19%
Italien	63.6	18%
Niederlande	30.1	17%
Belgien	24.9	16%
Finnland	12.8	13%
Dänemark	2.9	12%
Slovakei	6.4	11%
Deutschland	121.9	9%
Spanien	53.7	8%
Slowenien	1.6	8%
Polen	37.6	6%
Portugal	10.3	4%
Frankreich	51.9	3%
Griechenland	13.5	2%
Estland	1.3	-1%
Norwegen	10.6	-6%
Grossbritannien	51.2	-7%
Kroatien	5.0	-12%
Zypern	1.4	-13%
Litauen	5.4	-14%
IS / LI / LU / MT	3.0	-14%
Österreich	21.7	-14%
Bulgarien	19.5	-31%
Total EU ETS	594.8	7%
Schweiz	4.6	-2%

Quelle: Auswertungen Ecoplan aus dem Emissionshandelsregister der Schweiz (www.emissionsregistry.admin.ch) und EU-ETS-Daten von EU Transaction Log (EUTL) (www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-eu-ets-data-from-citl-7).

Nachfolgend gehen wir der Frage nach, wieso die Schweizer Industrie im Vergleich zur EU relativ weniger Gratiszuteilungen erhält. Dabei beschränken wir uns auf einige wenige grundsätzliche Einschätzungen. Die Abbildung 1-5 zeigt die Emissionen und Gratiszuteilungen für die Gesamtheit der industriellen Unternehmen (exkl. Energiesektor und Luftverkehr) im CH EHS und dem EU ETS. Die Gesamtheit dieser industriellen Unternehmen muss im CH EHS mit einer «Unterallokation» von -2% rechnen, dagegen wird im EU ETS die Gesamtheit aller industriellen Unternehmen mit 7% «überalloziert», d.h. die Gratiszuteilungen sind grösser als die Emissionen (im Durchschnitt der Jahre 2013/2014).

Weiter zeigt die Abbildung 1-5, dass die Sektoren Zement, Chemie und insbesondere Papier sowie Eisen und Stahl im EU ETS doch deutlich «überalloziert» sind. Einzig die Raffinerien und die restlichen Unternehmen sind im EU ETS «unteralloziert», d.h. die Emissionen sind höher also die gratis zugeteilten Emissionsrechte.

Abbildung 1-5: Sektorenvergleich: Emissionen der einzelnen Industriesektoren mit Über- und Unterallokation mit Gratiszuteilungen im CH EHS und EU ETS
(Durchschnitt der Jahre 2013/2014)

Sektor	Industrie (ohne Energiesektor): Durchschnitt 2013/2014		
	Gratiszuteilung [Mio. t CO ₂ /Jahr]	Emissionen [Mio. t CO ₂ /Jahr]	Überallokation (+) Unterallokation (-)
Schweiz: CH EHS			
Zement	3.00	2.86	5%
Raffinerien	0.71	0.97	-27%
Chemie	0.26	0.34	-23%
Papier	0.30	0.18	63%
Eisen und Stahl	0.17	0.16	8%
Rest	0.05	0.06	-19%
Nichteisenmetalle	0.00	0.00	--
Total	4.49	4.57	-2%
EU: EU ETS			
Zement	200.7	183.2	10%
Raffinerien	106.8	129.0	-17%
Chemie	87.1	79.6	9%
Papier	34.8	28.4	23%
Eisen und Stahl	178.6	138.4	29%
Rest	14.6	21.5	-32%
Nichteisenmetalle	14.8	14.6	--
Total	637.4	594.8	7%

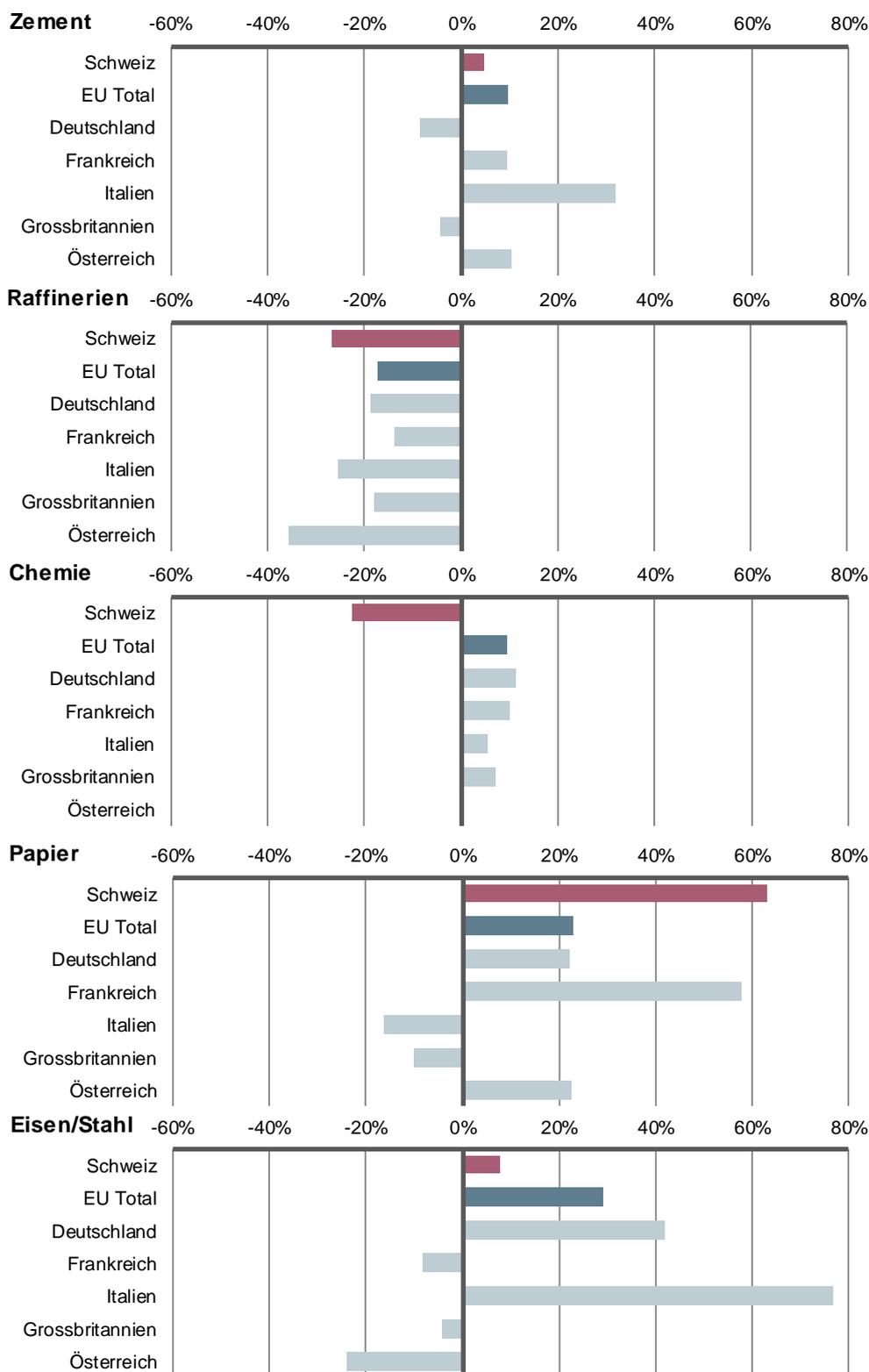
Quelle: Auswertungen Ecoplan aus dem Emissionshandelsregister der Schweiz (www.emissionsregistry.admin.ch) und EU-ETS-Daten von EU Transaction Log (EUTL) (www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-eu-ets-data-from-citl-7).

Der Hauptgrund für die «Unterallokation» der Industrieunternehmen in der Schweiz ist die treibhausgasintensivere Produktion. Einzig in der Papierindustrie produzieren die Schweizer Unternehmen treibhausgas-effizienter als der Durchschnitt der industriellen Unternehmen in der EU (vgl. dazu die nachfolgende Abbildung 1-6). Dies ist auf den hohen Anteil von recycelter Biomasse zurückzuführen.¹² In allen anderen Sektoren produzieren die Schweizer Industrieunternehmen treibhausgasintensiver als die EU-Unternehmen. Dies trifft auch für die Sektoren Zement sowie Eisen und Stahl zu. Zwar weisen beide Sektoren in der Schweiz eine «Überallokation» aus. Die «Überallokation» bei den Unternehmen im EU ETS fällt aber noch deutlich höher aus. Die Gründe für die treibhausgasintensivere Produktion in der Schweiz können Skaleneffekte sein: Grössere Unternehmen produzieren in der Regel treibhausgas-effizienter. Weiter spielt aber auch der von den Unternehmen produzierte Produktmix eine grosse Rolle. Mit den Benchmarks kann nicht die ganze Komplexität dieses Produktmix bzw. der diversen Produktionsprozesse eines Unternehmens oder Contractors erfasst werden. Weiter gibt es Abgrenzungsprobleme zum Energiesektor. So wird bspw. ein Teil der Prozesswärme für die Schweizer Chemie von einem eigenen Unternehmen bereitgestellt, welches im Energiesektor subsummiert ist. Dies erschwert die Vergleichbarkeit zwischen den Sektoren einzelner Länder.

Trotz all dieser Einschränkungen und Schwierigkeiten beim Vergleich von Sektoren und Länder kann doch festgehalten werden, dass die im CH EHS subsummierte Schweizer Industrieunternehmung nicht generell treibhausgas-effizienter produziert als die Unternehmen im EU ETS. Die Abbildung 1-6 zeigt auch, dass sich jeweils grosse Unterschiede in Bezug auf die sektorale «Über- bzw. Unterallokation» je Land ergeben.

¹² In der Papierproduktion fällt als Nebenprodukt Schwarzlaug an, welche als Brennstoff dienen kann. Schwarzlaug (Kochlaug) ist ein energie- und ligninreiches Nebenprodukt bei der Zelluloseherstellung nach dem Sulfatverfahren in der Papierindustrie. Sie entsteht bei der Trennung des Lignins vom Zellstoff, der dann die Papierfasern bildet.

Abbildung 1-6: Sektorenvergleich: Über- und Unterallokation mit Gratiszuteilungen im CH EHS, EU ETS sowie ausgewählten EU-Länder
(Durchschnitt der Jahre 2013/2014)



Quelle: Auswertungen Ecoplan aus dem Emissionshandelsregister der Schweiz (www.emissionsregistry.admin.ch) und EU-ETS-Daten von EU Transaction Log (EUTL) (www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-union-emissions-trading-scheme-eu-ets-data-from-citl-7).

Vierte Periode 2021 bis 2030

Im Fokus dieser Studie steht die Periode 2021 bis 2030. Die nachfolgend diskutierten Szenarien beziehen sich auf diese Periode. In Bezug auf die «Mechanik» des Emissionshandelssystems werden aber im Vergleich zur aktuellen Periode 2013 bis 2020 keine wesentlichen Änderungen unterstellt. Die wesentlichsten Änderungen sind:

- Der Absenkpfad wird verstärkt von 1.74% auf 2.2% jährlich.
- Internationale Zertifikate werden annahmegemäss nicht mehr angerechnet.

Abbildung 1-7: Hauptsächliche Änderungen der Periode 2021 bis 2030 gegenüber aktueller Periode 2013 bis 2020 (gilt sinngemäss für CH EHS und EU ETS)

	Aktuelle Periode 2013 bis 2020	Künftige Periode 2021 bis 2030
Teilnehmende Unternehmen	Obligatorisch für emissionsintensive Unternehmen Opt-in für mittelgrosse Unternehmen weiterhin möglich	keine massgeblichen Änderungen
Cap/Absenkpfad	Jährliche Minderung um 1.74%	Jährliche Minderung um 2.20%
Zuteilung	Industrie: grossmehrheitlich kostenlos mit Benchmarking Stromsektor (nur EU): Auktionierung	keine massgeblichen Änderungen
Internationale Zertifikate	Max. 11% der Emissionsrechte (CERs aus CDM und ERUs aus Joint Implementation)	Keine Anrechnung mehr

2 Rahmenentwicklung und Szenarien

2.1 Rahmenentwicklung, Referenz- und Zielszenarien

Die Rahmenentwicklung, die Referenz- und Zielszenarien stammen aus folgenden Quellen:

- Schweiz: Arbeiten im Rahmen des Klima- und Energielenkungssystems (KELS) und der im Rahmen der bundesrätlichen Energiestrategie erstellten Energieperspektiven 2050.¹³
- EU: Referenz-Szenario 2013¹⁴ und Impact Assessment 2014.¹⁵
- Rest der Welt (ROW): World Energy Outlook 2012 (WEO) der IEA.¹⁶

Die IEA hat unterdessen weitere Updates des World Energy Outlooks publiziert. Für diese Studie haben wir auf den WEO 2012 referenziert, da dieser kompatibel ist mit den aktuellsten verfügbaren Studien zu Referenzentwicklungen und Zielszenarien in der EU und der Schweiz.

Internationale Preisentwicklung für fossile Energieträger

Die Annahmen zu den internationalen Preisen für die fossilen Energieträger Öl, Gas und Kohle stützen sich WEO 2012.

Abbildung 2-1: Entwicklung der internationalen Preise für Öl, Gas und Kohle

EU-Importpreise	2010	2011	2020	2030
Öl (in \$2010 pro BOE)	80	110	115	121
Öl (in Euro2010 pro BOE)	60	83	86	91
Gas (in Euro2010 pro BOE)	38	48	62	65
Kohle (in Euro2010 pro BOE)	16	20	23	24
EU-Importpreise im Vergleich zum Benchmarkjahr 2011				
Öl		100	105	110
Gas		100	129	135
Kohle		100	117	122

Quelle: IEA, WEO 2012 (Preise 2010, 2020, 2030), der Preis für 2011 stützt sich beim Öl auf IEA-Statistiken¹⁷ und für Kohle und Gas auf Weltbank-Statistiken. Die Annahmen zur Entwicklung der internationalen Energiepreise sind in ihrer Grössenordnung kompatibel mit den Schweizer Studien zur Energiestrategie 2050 und zum Klima- und Lenkungssystem als auch dem EU Impact Assessment (vgl. die weiteren Ausführungen zur Wirtschafts- und CO₂-Emissionsentwicklung für die Schweiz und die EU).

¹³ Ecoplan (2015), Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030. Prognos (2012), Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050.

¹⁴ European Commission (2013), Energy, Transport und GHG Emissions – Trends to 2050, Reference Scenario 2013.

¹⁵ European Commission (2014), Impact Assessment, Accompanying the document «A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030».

¹⁶ IEA – International Energy Agency (2013) World Energy Outlook 2012.

¹⁷ Ölpreis für Rohölimporte nach Deutschland (<http://www.iea.org/statistics/topics/pricesandtaxes/>).

Exkurs: Referenzszenario

Das Referenzszenario ist für die Schweiz wie folgt definiert:

Abbildung 2-2: Referenzszenario

Szenario	EHS	nonEHS mit Abgabebefreiung und ZV	CO ₂ -Abgabe	Treibstoffe
Referenzszenario *)	Instrument CH EHS und EU ETS getrennt	Zielvereinbarung (Minderung bis GK = 50% CO ₂ -Abgabe)	84 CHF/t CO ₂	Grenzvermeidungskosten in der Höhe der CO ₂ -Abgabe
	Ziel	-1.74%	leicht tiefere Emissionen als das Szenario «Weiter wie bisher WWB» gemäss Energiestrategie 2050	

Rahmenentwicklung, Referenz- und Zielszenarien für die Schweiz

Für die Abschätzung der Auswirkungen eines Linkings des CH EHS mit dem EU ETS müssen Annahmen zur Rahmenentwicklung und zur zukünftigen Klima- und Energiepolitik getroffen werden. Wir analysieren die Auswirkungen eines Linkings unter der Annahme, dass sowohl die Schweiz als auch die EU weitere klima- und energiepolitische Massnahmen umsetzen, damit sie ihre beabsichtigte Reduktion der Treibhausgase auch erreichen. Die wirtschaftlichen Auswirkungen eines Linkings, wie sie im Kapitel 4 vorgestellt werden, gelten also für das sogenannte Zielszenario, bei welchem die vom Bundesrat vorgeschlagenen CO₂- und Treibhausgasziele bis 2030 erreicht werden. In der Sensitivitätsanalyse (im Kapitel 6.3) werden die wirtschaftlichen Auswirkungen eines Linkings unter der Hypothese einer unveränderten Klima- und Energiepolitik (Referenzszenario) diskutiert.

Die Annahmen zur Rahmenentwicklung und zu den Referenz- und Zielszenarien für die Schweiz stützen sich auf:

- *Rahmentwicklung* (Bevölkerung / BIP-Wachstumsraten) und Referenzszenario: Arbeiten im Rahmen des Klima- und Energielenkungssystems (KELS)¹⁸
- *Referenzszenario*: Das Referenzszenario (vgl. Exkurs) beschreibt die Entwicklung ohne zusätzliche Massnahmen, aber unter der Annahme, dass die beschlossene Klima- und Energiepolitik unverändert fortgesetzt wird.
- *Zielszenario*: Das Zielszenario -40% gemäss den Arbeiten im Rahmen des Klima- und Energielenkungssystem (KELS, vgl. Ecoplan 2015) liegt auch diesem Bericht zugrunde. In diesem Zielszenario -40% sollen die energiebedingten CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 um 40% gesenkt werden. Diese Zielsetzung entspricht einer Reduktion aller Treibhausgase um 30% und ist konsistent mit den Energieverbrauchszielen gemäss Entwurf des Energiegesetzes vom 4. September 2013. Der Bundesrat schlägt mit dem vorgeschlagenen Art. 3, Abs. 1 im Rahmen der zur Diskussion gestellten Revision des Energiegesetzes eine Senkung des durchschnittlichen Energieverbrauchs pro Person vor: „Beim

¹⁸ Ecoplan (2015), Auswirkungen eines Klima- und Energielenkungssystems für 2030.

durchschnittlichen Energieverbrauch pro Person und Jahr ist gegenüber dem Stand im Jahr 2000 eine Senkung um 16 Prozent bis zum Jahr 2020 und eine Senkung um 43 Prozent bis zum Jahr 2035 anzustreben.“ Wird das Energieverbrauchsziel auf energiebedingte CO₂-Emissionen und das Jahr 2030 umgerechnet, entspricht dies einer CO₂-Minderung im Vergleich zum Jahr 1990 um rund 40%.

Abbildung 2-3: Bevölkerungs-, Wirtschaftsentwicklung und Annahmen zum Referenz- und Zielszenario in Bezug auf die CO₂-Emissionen für die Schweiz

CH	Reference			Reference	Ziel -40% i.Vgl. 1990	
	2005	2010	2020	2030 i.Vgl. 2005	2030	i.Vgl. 2005
Bevölkerung [Mio.]		7.9	8.4	8.8		8.8
BIP [Mrd. CHF, 2010]		606	685	745		
THG-Emissionen 2005/10 bzw. Cap 2020/30 im EHS						
Total THG im ETS	6.1	5.9	4.9	3.9	-37%	3.6 -41%
...davon geogene CO ₂ -Emissionen	1.8	1.9	1.7	1.7	-8%	1.7 -8%
...davon restliche (meist energiebedingte)	4.3	4.0	3.2	2.2	-49%	1.9 -55%
CO ₂ -Emissionen (energiebedingt)	42.4	40.8	35.1	31.5	-26%	24.5 -42%
...davon übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	38.1	36.8	31.8	29.3	-23%	22.6 -41%

Abbildung 2-4: BIP-Entwicklung, CO₂-Minderungsziele im Vergleich zum Benchmarkjahr 2011 für die Schweiz

	2011	Reference 2020	Reference 2030	Ziel -40% i.Vgl. 1990 2030
BIP	100	112	122	
ETS energiebedingt	100	87	59	52
übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	100	88	81	62
Total energiebedingt	100	88	79	61

Rahmenentwicklung und Minderungsziele für die EU

Die Annahmen zur Rahmenentwicklung und zu den Referenz- und Zielszenarien für die EU stützen sich auf:

- Rahmentwicklung (Bevölkerung / BIP-Wachstumsraten) und Referenzszenario: Referenz-Szenario 2013¹⁹
- Zielszenario: Impact Assessment 2014²⁰

Abbildung 2-5: Bevölkerungs-, Wirtschaftsentwicklung und Annahmen zum Referenz- und Zielszenario in Bezug auf die CO₂-Emissionen für die EU

EU	Reference			Reference		GHG40	
	2005	2010	2020	2030	i.Vgl. 2005	2030	i.Vgl. 2005
Bevölkerung [Mio.]		504	517	525		525	
BIP [Mrd. Euro, 2010]		12'301	14'246	16'668			
Totale THG-Emissionen [Mio. t CO₂eq]	5'322	4'847	4'297	3'844	-28%	3'399	-36%
...davon im ETS	2'514	2'180	1'913	1'606	-36%	1'433	-43%
...davon übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	2'808	2'667	2'383	2'238	-20%	1'966	-30%
CO₂-Emissionen (energiebedingt)	4'138	3'780	3'265	2'876	-31%	2'464	-40%
...Stromproduktion / Fernwärme	1'483	1'342	1'045	790	-47%	645	-57%
...Restlicher Energiesektor	174	160	140	125	-28%	87	-50%
...Industrie	641	520	509	484	-24%	336	-48%
...Haushalte	491	458	393	360	-27%	320	-35%
...Dienstleistungen	266	249	196	160	-40%	142	-47%
...Transport	1'083	1'051	984	957	-12%	935	-14%
CO₂-Emissionen (nicht energiebedingt)	280	236	274	240	-15%	233	-17%
Nicht CO₂-Gas-Emissionen	903	831	758	728	-19%	702	-22%
Reduktion THG-Emissionen i.Vgl. zu 1990	-6.4%	-14.7%	-24.4%	-32.4%		-40.0%	

Abbildung 2-6: BIP-Entwicklung, CO₂-Minderungsziele im Vergleich zum Benchmarkjahr 2011 sowie prognostizierte ETS-Preise für die EU

	2011	2020	Reference	GHG40
			2030	2030
BIP	100	114	133	
ETS energiebedingt	100	85	70	54
übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	100	90	85	80
Total energiebedingt	100	88	77	66
ETS-Preise, CO ₂ -Schattenpreise [Euro/t CO ₂]		10	35	40

¹⁹ European Commission (2013), Energy, Transport und GHG Emissions – Trends to 2050, Reference Scenario 2013.

²⁰ European Commission (2014), Impact Assessment, Accompanying the document «A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030».

Rahmenentwicklung und Minderungsziele für die übrigen Länder (ROW)

Die Annahmen zur Rahmenentwicklung und zu den Referenz- und Zielszenarien für die übrigen Länder (ROW) stützen sich auf:

- World Energy Outlook 2012 (WEO) der IEA.²¹

Abbildung 2-7: Bevölkerungs-, Wirtschaftsentwicklung für die übrigen Länder (ROW)

Bevölkerung [Mio.]	2010	2011	2020	2'030
Welt	6'896	6'974	7'693	8'331
Welt [Wachstumsraten] *)		1.1%	0.8%	
EU	504	505	517	525
ROW	6'392	6'470	7'176	7'806
BIP [Mrd. US\$]				
Welt	65'589	68'264	97'087	132'621
Welt [Wachstumsraten] *)		4.0%	3.2%	
EU	16'948	17'303	20'059	24'135
EU [Wachstumsraten] *)		1.7%	1.9%	
ROW	48'641	50'961	77'028	108'487
ROW [Wachstumsraten] *)		4.7%	3.5%	

*) Wachstumsraten 2010-2020 bzw. 2020-2030

Abbildung 2-8: Annahmen zum Referenz- und Zielszenario in Bezug auf die CO₂-Emissionen für die übrigen Länder (ROW)

	2010	2011	2020	2'030
Current Policies (World Energy Outlook 2012)=Reference				
Welt	98	100	118	134
EU	101	100	93	93
ROW (Welt abzgl. EU)	98	100	121	139
New Policies (World Energy Outlook 2012)=Zielszenario				
Welt	99	100	113	118
EU	101	100	91	81
ROW (Welt abzgl. EU)	98	100	116	123
450 Scenarios (World Energy Outlook 2012)				
Welt	100	100	104	82
EU	102	100	83	59
ROW (Welt abzgl. EU)	99	100	106	85
EU-Referenzszenario 2013 = Reference				
EU		100	88	77
EU-GHG40-Szenario = Zielszenario				
EU		100	88	66

²¹ IEA – International Energy Agency (2013), World Energy Outlook 2012.

Abbildung 2-9: BIP-Entwicklung, CO₂-Minderungsziele im Vergleich zum Benchmarkjahr 2011 für die übrigen Länder

ROW			Reference *)	New Policies
	2011	2020	2030	2030
BIP	100	151	213	
CO ₂ -Emissionen (total energiebedingt)	100	121	139	123

*) Reference = Szenario Current Policies

2.2 ETS-Szenarien

Die vorliegende Studie untersucht die volkswirtschaftlichen Unterschiede zwischen getrennten Emissionshandelssystemen der Schweiz und der EU und einem gelinkten System. Wie die nachfolgende Abbildung zeigt, unterscheiden sich die beiden zu vergleichenden Hauptszenarien «mit Linking» und «ohne Linking» einzig in dieser Frage. Die Zielvorgaben zu den Sektoren ausserhalb des EHS (nonEHS mit Abgabebefreiung und Zielvereinbarungen, CO₂-Abgabe und Treibstoffe) sind identisch. Der Unterschied zwischen dem Szenario «ohne Linking» und «mit Linking» ist folgender:

- Bei einem eigenständigen Schweizer Emissionshandelssystem (Szenario «ohne Linking») ergeben sich zwei unterschiedliche Preise für die CO₂-Emissionsrechte im Schweizer EHS und dem EU ETS. Die CO₂-Emissionsrechte sind zwischen dem Schweizer EHS und dem EU ETS nicht handelbar.
- Bei einem Linking (Szenario «mit Linking») sind die CO₂-Emissionsrechte von Schweizer Unternehmen und Unternehmen in der EU handelbar. Die Preise für die CO₂-Emissionsrechte sind also für die Schweizer und die EU-Unternehmen identisch.

Abbildung 2-10: Die Szenarien im Überblick

Szenario		EHS	nonEHS mit Abgabefreiung und ZV	CO ₂ -Abgabe	Treibstoffe
Die beiden Hauptszenarien MIT / OHNE Linking					
Szenario «ohne Linking»	Instrument	CH EHS und EU ETS getrennt, EHS-Preis von 23 CHF/t CO ₂ im 2020 und 268 im 2030 **)	Zielvereinbarung (Minderung bis GK = 50% CO ₂ -Abgabe)	CO ₂ -Abgabe von 309 CHF/t CO ₂ im Jahr 2030 *)	Grenzvermeidungskosten in der Höhe der CO ₂ -Abgabe
	Ziel	-2.2%/a	-30% für alle Treibhausgase bzw. -40% für energiebedingte CO ₂ -Emissionen ²²		
Szenario «mit Linking»	Instrument	CH-EHS gelinkt mit EU ETS	dito Szenario «getrennte EHS-Systeme»		
	Ziel	dito Szenario «getrennte EHS-Systeme»			
Alternativszenarien zum Linking					
EHS-Sektoren neu mit Zielvereinbarung: Szenario ETS_ZV	Instrument	Zielvereinbarung (Minderung bis GK=50% CO ₂ -Abgabe)	dito Szenario «getrennte EHS-Systeme»		
	Ziel	dito Szenario «getrennte EHS-Systeme»			
EHS-Sektoren mit CO ₂ -Abgabe: Szenario ETS_TAX	Instrument	Endogene CO ₂ -Abgabe *)	dito Szenario «getrennte EHS-Systeme»		
	Ziel	dito Szenario «getrennte EHS-Systeme»			

■ = Änderungen gegenüber dem Szenario «getrennte EHS-Systeme»

*) Damit die Studie kompatibel mit den Arbeiten an der KELS-Studie ist (Ecoplan 2015), wird eine CO₂-Abgabe von 309 CHF/t CO₂ im Jahr 2030 unterstellt (entspricht den Grenzvermeidungskosten der Sektoren, welche nicht im EHS sind und keine Zielvereinbarung haben – vgl. Ecoplan (2015), Abbildung 4-8). Bei gegebenen Minderungszielen kann damit der unterstellte autonome technische Fortschritt berechnet werden. Abbildung 4-3 in der hier vorliegenden Studie zeigt, dass der für die Schweiz unterstellte technische Fortschritt im Bereich ausserhalb des EHS ziemlich genau dem auch im EU-Impact-Assessment unterstellten technischen Fortschritt entspricht.

**) Die EHS-Preise 2020 und 2030 haben wir auf Basis einer ökonomischen Schätzung (vgl. Ecoplan 2016) und dem hier für die Berechnung der Szenarien verwendeten Gleichgewichtsmodell abgeschätzt. Die Entwicklung der energiebedingten CO₂-Emissionen im EHS leiten wir ab aus Ecoplan 2016. In Ecoplan 2016 werden mit einem ökonomischen Ansatz die Treibhausgasemissionen im Sektor Zement und der übrigen EHS-Sektoren bis zum Jahr 2020 abgeschätzt. Es resultiert per 2020 eine kleine Ziellücke für die energiebedingten CO₂-Emissionen von zusätzlichen -2.8%, welche noch gemindert werden müssen. Aus dem Gleichgewichtsmodell ergibt sich ein EHS-Preis von 23 CHF/t CO₂, welche für die Schliessung der Ziellücke notwendig ist. Für das Jahr 2030 gehen wir davon aus, dass sich die autonome jährliche Reduktion der energiebedingten CO₂-Emissionen von -1.2% (Jahr 2011 bis 2020) auf -2.0% steigert (leicht höherer technischer Fortschritt). Daraus lässt sich im Jahr 2030 eine Ziellücke von -19% bestimmen, welche gemäss Gleichgewichtsmodell ein EHS-Preis im Jahre 2030 von 268 CHF/t CO₂ ergibt. Es handelt sich um grobe Abschätzungen, welche mit grossen Unsicherheiten verbunden sind. In der Sensitivitätsanalyse haben wir aufgezeigt, wie sich die volkswirtschaftlichen Auswirkungen eines Linkings ändern, wenn sich im Szenario «ohne Linking» höhere bzw. tiefere EHS-Preise einstellen würden.

²² Vgl. die Ausführungen zum Schweizer Zielszenario im Kapitel 2.1.

Zusätzlich zum Vergleich dieser beiden Hauptszenarien werden weitere Alternativen zu einem Linking untersucht:

- Szenario **ETS_ZV**: In diesem Szenario wird das Zielvereinbarungssystem auf die bisherigen CH-EHS-Unternehmen ausgedehnt.
- Szenario **ETS_TAX**: In diesem Szenario werden die bisherigen CH-EHS-Unternehmen der CO₂-Abgabe unterstellt.

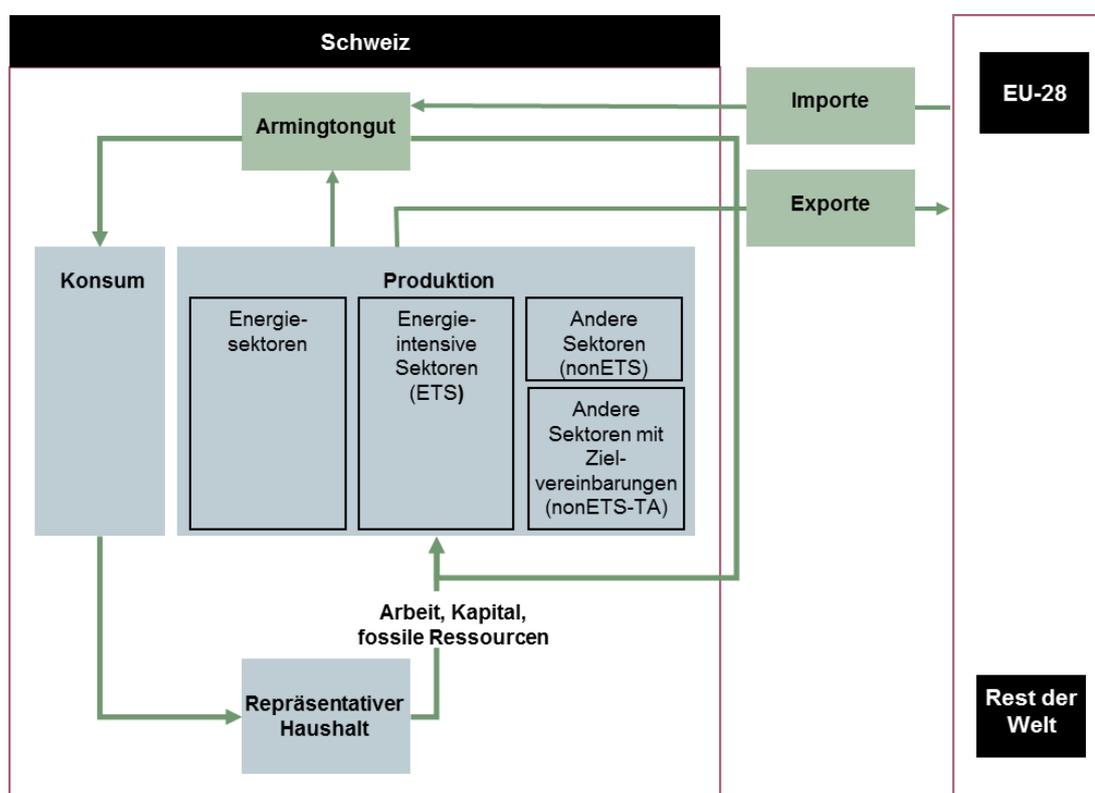
Das Szenario «**ohne Linking**» dient als **Vergleichsszenario**. Die anderen Szenarien («mit Linking», ETS_ZV und ETS_TAX) werden jeweils im Vergleich zum Szenario «ohne Linking» dargestellt.

3 Modell und Daten

Mehrländergleichgewichtsmodell

Zur Analyse nationaler und internationaler Klimapolitik und ihre Rückwirkungen auf die Schweizer Wirtschaft ist die Analyse in einem Mehrländer-, Mehrsektorenkontext notwendig. Auch der für den grössten Teil der Treibhausgas-Emissionen verantwortliche Energiemarkt ist detailliert abzubilden. Im hier verwendeten Modell werden nur die energetischen CO₂-Emissionen berücksichtigt. Die nachfolgende Grafik zeigt schematisch die Modellstruktur.

Abbildung 3-1: Modellstruktur (schematisch, Pfeile zeigen Güterfluss)



Das verwendete Mehrländergleichgewichtsmodell kann wie folgt charakterisiert werden:

- Statisches Mehrländergleichgewichtsmodell mit fixem Arbeitsangebot pro Land/Region. Der Faktor Arbeit ist zwischen den Wirtschaftssektoren mobil, aber ohne Migration zwischen Ländern/Regionen. Die Substitutionsmöglichkeiten zwischen Kapital (K), Arbeit (L) Energie (E) und Vorleistungen (M) werden durch die KLEM-Elastizitäten beschrieben.
- Drei Länder/Regionen: Schweiz, EU28 (inkl. dem EU ETS angeschlossenen EFTA-Staaten), Rest der Welt.

- 17 Sektoren: 8 ETS-Sektoren (Stromproduktion, Chemie, Papier, Eisen und Stahl, Zement, Nichteisenmetalle, Raffinerien und Flugverkehr²³), 3 Energiesektoren (Rohöl, Erdgas und Kohle), 2 Sektoren mit Zielvereinbarungen (Nahrung, Textil), 4 restliche Sektoren (Restindustrie, Transport (Land- und Wassertransport), Dienstleistung, Landwirtschaft).
- Ein repräsentativer Haushalt pro Land/Region, welcher jeweils seinen Nutzen aus dem Konsum maximiert.

Daten und Parametrisierung

Die ökonomischen und energetischen Grundlagendaten stammen aus der GTAP9-Datenbank. Die Vorgaben zur Wirtschaftsentwicklung, den fossilen Weltmarktpreisen, den CO₂-Emissionsminderungszielen sind dem Kapitel 2.1 zu entnehmen.

²³ Der Flugverkehr wurde im ETS miteinbezogen, aber nicht im Detail modelliert. Auf eine Resultatinterpretation für den Flugverkehr wird daher verzichtet.

4 Auswirkungen MIT und OHNE Linking mit EU ETS

Welche wirtschaftlichen Auswirkungen zeigen sich, wenn das Schweizer EHS mit dem EU ETS ab 2020 gelinkt werden? Dies zeigen wir nachfolgend anhand des im Kapitel 2.1 beschriebenen Zielszenarios und den Jahren 2020 und 2030. Die Analyse fokussiert dabei auf den stationären Bereich, also exkl. Luftverkehr.²⁴

Keine nennenswerten wirtschaftlichen Auswirkungen im Jahr 2020

Die Vermeidungskosten sind im Jahr 2020²⁵ bei getrennten Emissionshandelssystemen sowohl im EU ETS mit 12.3 CHF/tCO₂²⁶ als auch im CH EHS mit 23.0 CHF/t CO₂ tief (vgl. Abbildung 4-1). Dementsprechend sind zu diesem Zeitpunkt von einem Linking des CH EHS mit dem EU ETS keine nennenswerten wirtschaftlichen Auswirkungen zu erwarten. Die Effekte eines Linkings auf das Schweizer BIP und die Wohlfahrt sind kaum messbar (+0.001 BIP%). Auch zeigt das Linking im Jahr 2020 keine nennenswerten strukturellen Auswirkungen.

Längerfristig zeigen sich positive Auswirkungen eines Linkings für die Schweiz für den stationären Bereich

Im Jahr 2030 ergeben sich für die Schweiz bei einem getrennten Emissionshandelssystem für den stationären ETS-Bereich deutlich höhere Vermeidungskosten als in der EU. In der Schweiz berechnen wir Vermeidungskosten bzw. eine CH-EHS-Preis bei einem getrennten Emissionshandelssystem von 267.9 CHF/t CO₂, welches zu einer CO₂-Minderung im CH-EHS-Bereich von -48% i.Vgl. zum Jahr 2011 führt. Die EU berechnet im Zielszenario in ihrem Impact-Assessment²⁷ einen ETS-Preis von umgerechnet 49.7 CHF/t CO₂ im Jahr 2030 und erreicht damit eine CO₂-Minderung von -46% i.Vgl. zum Jahr 2011. Die sehr grossen Unterschiede in den Grenzvermeidungskosten zwischen der Schweiz und der EU sind im Wesentlichen auf den Stromproduktionssektor zurückzuführen. Im Stromproduktionssektor können sehr grosse Mengen an CO₂ zu geringen Kosten gemindert werden. Dieser Vorteil hat allerdings nur das EU ETS, da in der Schweiz die Stromproduktion beinahe CO₂-frei ist und keine grossen, günstigen CO₂-Minderungspotenziale in diesem Sektor vorhanden sind.

Bei solch grossen Differenzen in den CO₂-Vermeidungskosten im ETS-Bereich zwischen der Schweiz und der EU zeigt ein Linking positive wirtschaftliche Auswirkungen für die Schweiz. Die Wohlfahrt (Konsummöglichkeiten der Konsumenten) kann im Jahr 2030 um 0.037 BIP% gesteigert werden. Selbstverständlich ist dieser positive Wohlfahrtseffekt gesamtwirtschaftlich

²⁴ Der Luftverkehr wurde modellmässig als EU-ETS-Sektor berücksichtigt. Wir verzichten im Rahmen dieser Studie auf die Darstellung der Resultate für den Luftverkehr, da der Luftverkehrssektor detaillierter modellmässig zu erfassen wäre, um zu belastbaren Resultaten zu gelangen.

²⁵ Wir haben hier auf das Jahr 2020 referenziert, da für dieses Jahr die notwendigen Daten vorlagen. Das Linking ist erst auf das Jahr 2021 geplant.

²⁶ Die Resultate werden in exakten Grössen wiedergegeben, damit der Bezug zu den Abbildungen nachvollziehbar ist. Selbstverständlich sind die Resultate mit Unsicherheit verbunden und dürfen nur als Grössenordnung interpretiert werden.

²⁷ European Commission (2014). Impact Assessment, Accompanying the document «A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030».

nicht gross, da das Linking nur rund 55 energieintensive Unternehmen betrifft. Die +0.037 BIP% im Jahr 2030 entsprechen aber immerhin rund 270 Mio. CHF.

In einer ähnlichen Grössenordnung wie die Wohlfahrtseffekte bewegen sich auch die Auswirkungen auf das Bruttoinlandprodukt (BIP). Im Jahr 2020 wären bei einem Linking aufgrund der – absolut gesehen – geringen Differenzen der CO₂-Preise in den Emissionshandelssystemen der Schweiz und EU keine nennenswerten Effekte auf das BIP festzustellen. Längerfristig – bis ins Jahr 2030 – würde sich durch ein Linking das BIP um 0.044 BIP% oder 320 Mio. CHF erhöhen.

Strukturell ergeben sich in der Regel keine grösseren Veränderungen. Der Grund dafür liegt darin, dass sowohl im CH EHS als auch im EU ETS wie auch in einem gelinkten ETS-System die Sektoren eine Gratisausstattung an Emissionsrechten erhalten.

Abbildung 4-1: Auswirkungen eines Linkings im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») im Zielszenario: Jahr 2020

	Schweiz, Jahr 2020		EU, Jahr 2020	
	ohne Linking	mit Linking	ohne Linking	mit Linking
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	23.0	12.4	12.3	12.4
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42.0	42.1	12.3	12.3
- nicht ETS Rest	84.0	84.1	12.3	12.3
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		0.16		-0.16
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		-0.00		0.00
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		0.001%		0.000%
- BIP [%]		0.001%		0.001%
- Exporte [%]		0.008%		0.000%
- Importe [%]		0.009%		0.000%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		0.014%		0.001%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		0.003%		0.000%
- nicht ETS Rest		0.001%		0.000%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		0.053%		0.002%
- Zement		0.003%		-0.001%
- Raffinerien		0.177%		0.002%
- Chemie		0.023%		0.001%
- Papier		0.009%		0.001%
- Eisen und Stahl		0.004%		0.002%
- Nichteisenmetalle		0.001%		0.001%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		0.006%		-0.001%
- Nahrungsmittelindustrie		0.002%		0.000%
Strukturelle Effekt auf nonETS restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		0.001%		0.000%
- Transportgewerbe		0.002%		0.000%
- Dienstleistungssektoren		0.001%		0.001%
- Landwirtschaft		0.001%		0.000%

Abbildung 4-2: Auswirkungen eines Linkings im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») im Zielszenario: Jahr 2030

	Schweiz, Jahr 2030		EU, Jahr 2030	
	ohne Linking	mit Linking	ohne Linking	mit Linking
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	267.9	49.7	49.4	49.7
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	154.5	158.7	49.4	49.4
- nicht ETS Rest	309.0	313.2	49.4	49.4
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		1.23		-1.23
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		-0.00		-0.00
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		0.037%		0.001%
- BIP [%]		0.044%		0.002%
- Exporte [%]		0.088%		0.000%
- Importe [%]		0.076%		0.001%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		0.195%		0.001%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		0.032%		0.001%
- nicht ETS Rest		0.033%		0.002%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		0.694%		0.011%
- Zement		0.205%		-0.009%
- Raffinerien		3.395%		0.004%
- Chemie		0.295%		-0.002%
- Papier		0.046%		0.004%
- Eisen und Stahl		0.035%		0.005%
- Nichteisenmetalle		0.036%		-0.002%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		0.015%		-0.002%
- Nahrungsmittelindustrie		0.036%		0.001%
Strukturelle Effekt auf nonETS restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		0.016%		0.000%
- Transportgewerbe		0.074%		0.001%
- Dienstleistungssektoren		0.046%		0.002%
- Landwirtschaft		0.002%		0.001%

Linking ist eine «Rückversicherung» für den Fall einer langsameren technologischen Entwicklung

Die Vorwärtsprojektion unseres Mehrländergleichgewichtsmodells auf die Jahre 2020 bzw. 2030 beruht auf Abschätzungen der Energieverbrauchsentwicklung der Energiestrategie 2050 für die Schweiz, des Impact Assessments der EU und des World Energy Outlooks für den Rest Welt.²⁸ Ein Teil der CO₂-Minderung erfolgt durch die CO₂-Massnahmen (bspw. CO₂-Abgabe oder ETS). Einen grossen Anteil an der CO₂-Minderung bis 2030 hat allerdings der technische Fortschritt, der sogenannte AEEI (Autonomous Energy Efficiency Improvement). Die nachfolgende Abbildung zeigt in der Spalte AEEI 100 die unterstellte autonome Verbesserung der Energieeffizienz im Zielszenario, bis zum Jahr 2030. Dabei zeigt sich, dass in der Schweiz ein jährlicher autonomer Effizienzfortschritt von 2.3% unterstellt ist und in der EU ein solcher von 2.6%. Die Unterschiede im totalen AEEI zwischen der Schweiz und der EU sind auf den ETS-Bereich zurückzuführen. Für die Sektoren ausserhalb des ETS sind sowohl für die Schweiz als auch für die EU AEEIs von 2.3% unterstellt. In der Schweiz rechnen wir auch für den EHS-Bereich mit diesen 2.3%. Für den ETS-Bereich in der EU ergibt sich ein höherer AEEI von 3.1%. Dies kann mit dem Stromproduktionssektor erklärt werden, welcher durch einen stärkeren nicht preisinduzierten technischen Fortschritt geprägt ist als die anderen Sektoren.

In der Literatur finden sich wenig empirisch erhärtete Werte für den AEEI. In den älteren Studien wurden relativ tiefe AEEI ausgewiesen, 0.4% bis 1.5% gemäss Manne, Richels (1994). In der neueren Literatur finden sich Werte von bis zu 2.6%, vgl. Webster et al. (2008). Mit den unterstellten Werten von 2.3% für die Schweiz und 2.6% für die EU liegen die unterstellten AEEI im oberen Bereich der in der Literatur gefundenen Werte. Aus diesem Grunde untersuchen wir die Auswirkungen eines Linkings unter der Annahme eines tieferen bzw. eines langsamen technologischen Fortschritts. Wir rechnen zwei zusätzliche Fälle (vgl. dazu die nachfolgende Abbildung):

- AEEI 75: tieferer technologischer Fortschritt bezüglich Energieeffizienz, AEEI beträgt 75% der in den Basisannahmen unterstellten AEEI.
- AEEI 50: langsamer technologischer Fortschritt bezüglich Energieeffizienz, AEEI beträgt nur mehr 50% der in den Basisannahmen unterstellten AEEI.

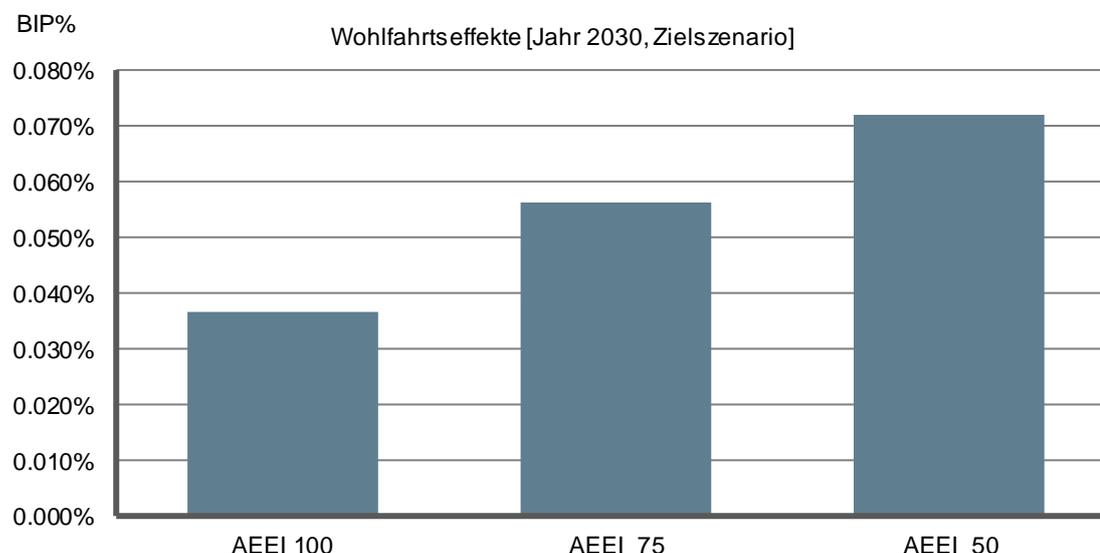
²⁸ Für die Frage des Linkings interessiert einzig die Entwicklung in der Schweiz und der EU. Daher konzentrieren wir uns im Folgenden auf die Schweiz und die EU.

Abbildung 4-3: Autonome Verbesserung der Energieeffizienz (AEEI)
(Zielszenario, Jahr 2030)

Autonome Verbesserung der Energieeffizienz (AEEI)			
	AEEI 100	AEEI 75	AEEI 50
	Basisannahme	tieferer technologischer Fortschritt	langsamer technologischer Fortschritt
Schweiz			
- ETS-Sektoren	2.3%	1.7%	1.1%
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	2.3%	1.6%	1.1%
- Total	2.4%	1.7%	1.1%
EU			
- ETS-Sektoren	3.1%	2.3%	1.6%
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	2.3%	1.7%	1.2%
- Total	2.6%	1.9%	1.4%

Die nachfolgende Abbildung zeigt, dass sich ein Linking für die Schweiz bei einem langsamen technologischen Fortschritt noch mehr auszahlt. In den vorhergehenden Berechnungen haben wir gezeigt, dass das Linking der Schweiz einen Wohlfahrtsgewinn in der Grössenordnung von 0.037 BIP% oder 270 Mio. CHF im Jahr 2030 bringt. Bei einem tieferen bzw. langsameren autonomen Energieeffizienzfortschritt erhalten wir sogar einen Wohlfahrtsgewinn von 0.056 BIP% (420 Mio. CHF) bei AEEI 75 und 0.072 BIP% (540 Mio. CHF) bei AEEI 50. Das Linking ist somit für die Schweiz eine Art «Rückversicherung» für den Fall einer langsameren technologischen Entwicklung.

Abbildung 4-4: Auswirkungen eines Linkings auf die Wohlfahrt der Schweiz (in BIP%) bei unterschiedlichen technologischen Entwicklungen
(Zielszenario, Jahr 2030)



Linking bringt grössere Planungssicherheit für Schweizer Unternehmen

Ein Haupteffekt des Linkings ist, dass die Schweizer EHS-Unternehmen bei einem Linking mit dem EU ETS weniger Unsicherheiten in Bezug auf den künftigen CO₂-Preis haben. Die Preisschwankungen sind in einem System mit über 11'000 Unternehmen geringer als in einem System mit nur 55 Unternehmen. Insbesondere fallen die Preisausschläge nach oben beim EU-ETS-System geringer aus als im Schweizer EHS.²⁹ In diesem Sinne bringt das Linking des CH EHS mit dem EU ETS mehr Planungssicherheit für die Schweizer EHS-Unternehmen.

Abbildung 4-5: Auswirkungen der technologischen Entwicklung auf den resultierenden ETS-Preis (Zielszenario, Jahr 2020 und 2030)

ETS-Preis bei unterschiedlichem technischen Fortschritt			
	AEEI 100	AEEI 75	AEEI 50
	Basisannahme	tieferer technologischer Fortschritt	langsamer technologischer Fortschritt
Jahr 2020			
- EHS-Preis Schweiz	23	44	68
- ETS-Preis EU	12	19	26
Jahr 2030			
- EHS-Preis Schweiz	268	451	688
- ETS-Preis EU	49	122	229

²⁹ Sofern ein tiefer technologischer Fortschritt unterstellt wird, resultieren CO₂-Preise im CH-EHS für die Jahre 2020 bis 68 CHF/t CO₂ (vgl. Abbildung 4 5). Im EU ETS steigt der Preis auf maximal 26 CHF/t CO₂. Für das Jahr 2030 ist bei langsamem technologischem Fortschritt mit 229 CHF/t CO₂ zu rechnen, in der Schweiz bis 688 CHF/t CO₂.

5 Alternativszenarien zum Linking

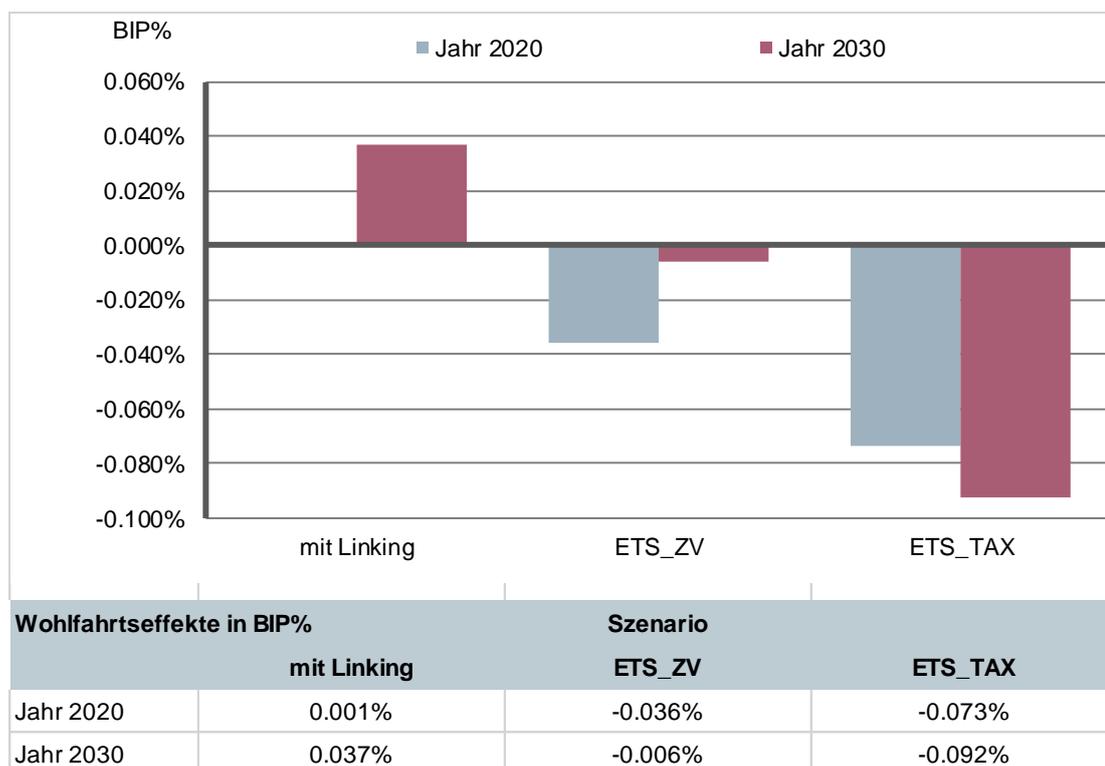
Im vorhergehenden Kapitel haben wir aufgezeigt, was ein Linking im Vergleich zu einer Situation ohne Linking bringt. Nachfolgend zeigen wir die Auswirkung zweier Alternativszenarien zum Linking auf:

- Szenario **ETS_ZV**: In diesem Szenario wird das Zielvereinbarungssystem auf die bisherigen CH-EHS-Unternehmen ausgedehnt.
- Szenario **ETS_TAX**: In diesem Szenario werden die bisherigen CH-EHS-Unternehmen der CO₂-Abgabe unterstellt.

Alternativen sind wohlfahrtsmässig schlechter als das Linking

Die Abbildung 5-1 zeigt die Wohlfahrtseffekte (ausgedrückt in BIP%) der beiden Szenarien ETS_ZV und ETS_TAX im Vergleich zu einer Situation ohne Linking. Als Vergleich stellen wir die bereits ausgeführten Wohlfahrtseffekte eines Linkings im Vergleich zu einer Situation ohne Linking dar. Das Szenario ETS_ZV zeigt negative Wohlfahrtseffekte zur heutigen Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS. Im Vergleich zum Linking schneidet das Szenario ETS_ZV wohlfahrtsmässig für beide Jahre 2020 und 2030 um rund -0.03 BIP% schlechter ab. Noch deutlicher sind die negativen Auswirkungen im Szenario ETS_TAX: Die Wohlfahrtsverluste sind in diesem Szenario sowohl gegenüber einer Situation ohne Linking als auch einem Linking deutlich negativer und nehmen bis ins Jahr 2030 noch zu. Die beiden Alternativen zum Linking – ETS_ZV und ETS_TAX – führen beide zu Wohlfahrtseinbussen.

Abbildung 5-1: Wohlfahrtseffekte von drei Szenarien im Vergleich zum Szenario «ohne Linking» – Alternativen zum Linking führen zu Wohlfahrtseinbussen



Alternativen zeigen insbes. längerfristig deutlich höhere Grenzvermeidungskosten

Die nachfolgende Abbildung zeigt, welche CO₂-Preise sich ergeben bzw. wie hoch die CO₂-Grenzvermeidungskosten in den betrachteten Szenarien sind:

- Im Szenario «mit Linking» ergeben sich insbesondere im Jahr 2030 aufgrund des Linkings tiefere CO₂-Preise für die Schweizer ETS-Sektoren. Wie die Abbildung 4-2 zeigt, kann dadurch der Output im Vergleich zum Szenario «ohne Linking» um 0.195% ganz leicht gesteigert werden. Dies führt zu erhöhter Vorleistungsnachfrage in den anderen Sektoren. Da das CO₂-Budget für diese Sektoren auf dem Zielniveau fixiert ist, muss die CO₂-Abgabe ganz leicht – von 309 auf 313 CHF/t CO₂ - angehoben werden, um das CO₂-Budget einzuhalten.
- Im Szenario ETS_ZV ergeben sich im Jahr 2020 höhere CO₂-Preise für die ehemaligen EHS-Sektoren (37 statt 23 CHF/t CO₂). Bei gegebenem CO₂-Budget für die ganze Schweiz sinken die Grenzvermeidungskosten in den Sektoren ausserhalb des EHS ohne Zielvereinbarungen (nonETS Rest) von 84 auf 75 CHF/t CO₂ - dies als Folge der tieferen Grenzvermeidungskosten in den ehemaligen EHS-Sektoren im Vergleich zu den Sektoren ausserhalb des EHS. Im Jahr 2030 liegt der CO₂-Preis der EHS-Sektoren mit 162 CHF/ t CO₂, die im Szenario ETS_ZV neu Zielvereinbarungssektoren sind, unter dem CO₂-Preis von 268 CHF/t CO₂ im Szenario «ohne Linking».
- Im Szenario ETS_TAX ergeben sich im Jahr 2020 höhere CO₂-Preise für die ehemaligen EHS-Sektoren, die neu der CO₂-Abgabe unterstellt werden (65 statt 23 CHF/t CO₂). Bei gegebenem CO₂-Budget für die ganze Schweiz sinken die Grenzvermeidungskosten in den Sektoren ausserhalb des EHS ohne Zielvereinbarungen (nonETS Rest) von 84 auf 65 CHF/t CO₂ - dies als Folge der tieferen Grenzvermeidungskosten in den ehemaligen EHS-Sektoren im Vergleich zu den Sektoren ausserhalb des EHS. Im Jahr 2030 liegt der CO₂-Preis der EHS-Sektoren mit 284 CHF/ t CO₂, die im Szenario ETS_ZV neu der CO₂-Abgabe unterstellt sind, sogar über dem CO₂-Preis von 268 CHF/t CO₂ im Szenario «ohne Linking». Die höheren Grenzvermeidungskosten für die neu der Abgabe unterstellten EHS-Sektoren erklären die vorgängig festgestellten negativen Wohlfahrtseffekte des Szenarios ETS_TAX.

Abbildung 5-2: CO₂-Preise / Grenzvermeidungskosten für unterschiedliche Szenarien

CO ₂ -Preise / Grenzvermeidungskosten Schweiz [CHF, 2011]	Szenario			
	ohne Linking	mit Linking	ETS_ZV	ETS_TAX
Jahr 2020				
- ETS-Sektoren	23	12	37	65
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42	42	37	32
- nicht ETS Rest	84	84	75	65
Jahr 2030				
- ETS-Sektoren	268	50	162	284
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	155	159	162	142
- nicht ETS Rest	309	313	325	284

Alternativen zum Linking haben negative Auswirkungen auf die Sektoren

Die nachfolgenden Abbildung 5-3 bis Abbildung 5-6 zeigen für die beiden Alternativen ETS_ZV und ETS_TAX, dass in der Schweiz in fast allen Sektoren leicht weniger produziert wird als im Szenario «ohne Linking». Mit den grössten Einbussen müssen die ETS-Sektoren rechnen.

Abbildung 5-3: Auswirkungen des Szenarios ETS_ZV im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») im Zielszenario: Jahr 2020

	Schweiz, Jahr 2020		EU, Jahr 2020	
	ohne Linking	ETS_ZV	ohne Linking	ETS_ZV
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	23.0	37.5	12.3	12.3
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42.0	37.5	12.3	12.3
- nicht ETS Rest	84.0	74.9	12.3	12.3
Energiebedingte CO ₂ -Emissionen [Veränderung in Mio. t CO ₂]				
- ETS-Sektoren		-0.28		-0.00
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		0.28		-0.02
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		-0.036%		0.000%
- BIP [%]		-0.047%		0.000%
- Exporte [%]		-0.003%		0.001%
- Importe [%]		-0.005%		0.001%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		-0.086%		0.005%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		-0.022%		-0.001%
- nicht ETS Rest		-0.025%		-0.001%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		-0.079%		0.002%
- Zement		-0.319%		0.009%
- Raffinerien		-0.177%		0.008%
- Chemie		-0.100%		0.002%
- Papier		-0.079%		0.002%
- Eisen und Stahl		-0.088%		0.003%
- Nichteisenmetalle		-0.069%		-0.002%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		-0.122%		-0.001%
- Nahrungsmittelindustrie		-0.015%		-0.001%
Strukturelle Effekt auf nonETS restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		-0.044%		-0.001%
- Transportgewerbe		-0.183%		-0.002%
- Dienstleistungssektoren		-0.038%		0.000%
- Landwirtschaft		-0.057%		-0.001%

Abbildung 5-4: Auswirkungen des Szenarios ETS_ZV im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») im Zielszenario: Jahr 2030

	Schweiz, Jahr 2030		EU, Jahr 2030	
	ohne Linking	ETS_ZV	ohne Linking	ETS_ZV
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	267.9	162.4	49.4	49.4
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	154.5	162.4	49.4	49.4
- nicht ETS Rest	309.0	324.7	49.4	49.4
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		0.29		-0.00
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		-0.29		-0.00
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		0.006%		0.000%
- BIP [%]		0.028%		0.000%
- Exporte [%]		0.013%		0.001%
- Importe [%]		0.016%		0.001%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		0.138%		0.006%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		0.005%		-0.001%
- nicht ETS Rest		0.053%		-0.001%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		0.217%		-0.005%
- Zement		0.855%		0.017%
- Raffinerien		2.290%		0.009%
- Chemie		0.038%		-0.002%
- Papier		0.285%		0.008%
- Eisen und Stahl		0.314%		0.005%
- Nichteisenmetalle		0.111%		-0.005%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		0.262%		-0.002%
- Nahrungsmittelindustrie		0.013%		0.000%
Strukturelle Effekt auf nonETS restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		0.049%		-0.002%
- Transportgewerbe		0.128%		0.003%
- Dienstleistungssektoren		0.082%		0.000%
- Landwirtschaft		0.007%		-0.001%

Abbildung 5-5: Auswirkungen des Szenarios ETS_TAX im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») im Zielszenario: Jahr 2020

	Schweiz, Jahr 2020		EU, Jahr 2020	
	ohne Linking	ETS_TAX	ohne Linking	ETS_TAX
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	23.0	64.7	12.3	12.4
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42.0	32.3	12.3	12.3
- nicht ETS Rest	84.0	64.7	12.3	12.3
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		-0.63		-0.00
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		0.63		-0.04
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		-0.073%		0.000%
- BIP [%]		-0.091%		0.000%
- Exporte [%]		-0.003%		0.001%
- Importe [%]		-0.006%		0.001%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		-0.150%		0.009%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		-0.042%		-0.002%
- nicht ETS Rest		-0.043%		-0.001%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		-0.194%		0.005%
- Zement		-0.504%		0.014%
- Raffinerien		-0.109%		0.014%
- Chemie		-0.198%		0.004%
- Papier		-0.111%		0.003%
- Eisen und Stahl		-0.129%		0.005%
- Nichteisenmetalle		-0.123%		-0.003%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		-0.202%		-0.002%
- Nahrungsmittelindustrie		-0.030%		-0.002%
Strukturelle Effekt auf nonETS restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		-0.081%		-0.002%
- Transportgewerbe		-0.341%		-0.004%
- Dienstleistungssektoren		-0.065%		0.000%
- Landwirtschaft		-0.112%		-0.002%

Abbildung 5-6: Auswirkungen des Szenarios ETS_TAX im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») im Zielszenario: Jahr 2030

	Schweiz, Jahr 2030		EU, Jahr 2030	
	ohne Linking	ETS_TAX	ohne Linking	ETS_TAX
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	267.9	283.8	49.4	49.4
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	154.5	141.9	49.4	49.4
- nicht ETS Rest	309.0	283.8	49.4	49.4
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		-0.25		-0.00
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		0.25		-0.02
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		0.092%		0.000%
- BIP [%]		0.131%		0.001%
- Exporte [%]		0.017%		0.002%
- Importe [%]		0.022%		0.002%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		0.301%		0.015%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		0.053%		-0.003%
- nicht ETS Rest		0.095%		-0.002%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		0.098%		0.002%
- Zement		1.379%		0.031%
- Raffinerien		3.053%		0.024%
- Chemie		0.291%		0.003%
- Papier		0.367%		0.010%
- Eisen und Stahl		0.447%		0.010%
- Nichteisenmetalle		0.245%		-0.007%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		0.460%		-0.005%
- Nahrungsmittelindustrie		0.025%		-0.002%
Strukturelle Effekt auf nonETS restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		0.136%		-0.003%
- Transportgewerbe		0.466%		-0.001%
- Dienstleistungssektoren		0.145%		-0.001%
- Landwirtschaft		0.144%		-0.003%

6 Sensitivitätsanalyse

Nachfolgend untersuchen wir, welchen Einfluss veränderte Modellannahmen oder Zielvorgaben auf die Beurteilung der Vorteilhaftigkeit des Linkings im Vergleich zu einer Situation ohne Linking und im Vergleich zu den beiden untersuchten Alternativen hat. Als zentrale Grösse zur Beurteilung des Linkings dient die Wohlfahrt.

6.1 Höherer technischer Fortschritt in den CH-EHS-Sektoren

Der unterstellte autonome technische Effizienzfortschritt (AEEI) ist für die Sektoren ausserhalb des ETS in den Schweizer Energieperspektiven und dem EU-Impact-Assessment beinahe identisch (2.3% pro Jahr bis 2030, vgl. Abbildung 4-3). Für die Schweizer EHS-Sektoren rechnen wir ebenfalls mit rund 2.3%/Jahr. Das EU-Impact-Assessment rechnet dagegen mit einem höheren AEEI von 3.1%. Der höhere AEEI im EU-ETS-Bereich kann durch den stärkeren technologischen Wandel im Stromproduktionssektor erklärt werden. Da der Stromproduktionssektor im EU-ETS eine grosse Rolle spielt und in der Schweiz aber kaum von Bedeutung ist, erscheint in der Tendenz ein höherer AEEI im EU-ETS-Bereich plausibel.

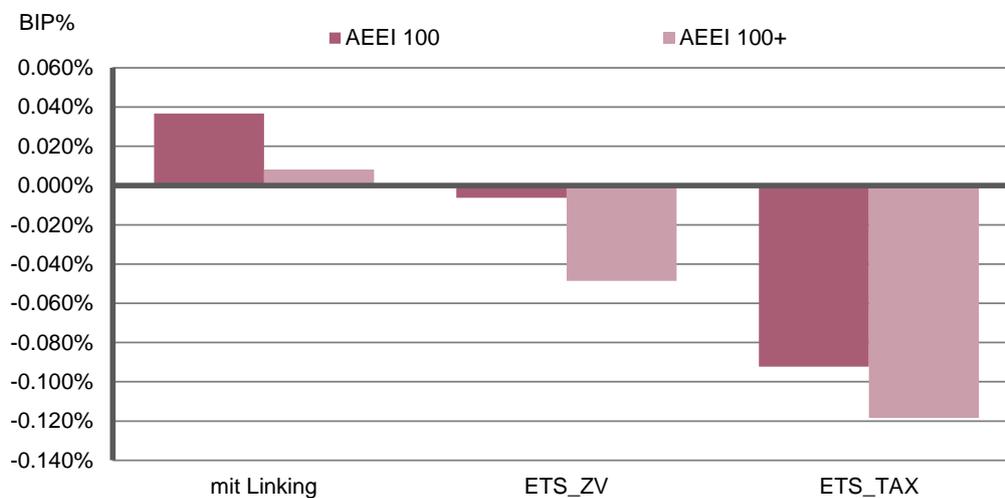
Nachfolgend wollen wir untersuchen, welche Auswirkungen ein Linking hätte, wenn auch für den Schweizer EHS-Bereich ein AEEI unterstellt wird, der demjenigen des EU-ETS-Bereichs entspricht. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Sensitivität AEEI 100+ mit einem höheren AEEI für den Schweizer EHS-Bereich.

Abbildung 6-1: Autonome Verbesserung der Energieeffizienz (AEEI) – Basisannahme (AEEI 100) vs. höherer AEEI+ in den CH-EHS-Sektoren
(Zielszenario, Jahr 2030)

Autonome Verbesserung der Energieeffizienz (AEEI)		
	AEEI 100	AEEI 100+
	Basisannahme	höherer techn. Fortschritt im CH-EHS-Bereich
Schweiz		
- EHS-Sektoren	2.3%	3.1%
- übrige Sektoren (ausserhalb EHS)	2.3%	2.3%
- Total	2.3%	2.4%
EU		
- ETS-Sektoren	3.1%	3.1%
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)	2.3%	2.3%
- Total	2.6%	2.6%

Wie die nachfolgende Abbildung 6-2 zeigt, schmälert ein höherer AEEI für den Schweizer EHS-Bereich die Wohlfahrtsgewinne eines Linkings im Vergleich zu einer Situation ohne Linking (für welchen selbstredend die höheren AEEI-Annahmen auch gelten). Der Grund liegt darin, dass mit einem höheren AEEI im Schweizer EHS-Bereich die Differenzen in den CO₂-Preisen für das Jahr 2030 zwischen CH EHS und EU ETS kleiner werden (vgl. dazu die Abbildung 6-3 mit der Abbildung 5-2). Die potenziellen Wohlfahrtsgewinne eines Linkings sinken damit. Auch die Alternativen zum Linking zeigen höhere Wohlfahrtsverluste bei einem höheren AEEI im EHS-Bereich.

Abbildung 6-2: Wohlfahrtseffekte von drei Szenarien im Vergleich zum Szenario «ohne Linking» – Basisannahmen (AEEI 100) vs. höherer AEEI in den CH-EHS-Sektoren (AEEI 100+), Jahr 2030



Wohlfahrtseffekte in BIP%, Jahr 2030	Szenario		
	mit Linking	ETS_ZV	ETS_TAX
AEEI 100	0.037%	-0.006%	-0.092%
AEEI 100+	0.008%	-0.049%	-0.118%

Abbildung 6-3: CO₂-Preise / Grenzvermeidungskosten bei höherem AEEI+ für CH-EHS-Sektoren

CO ₂ -Preise / Grenzvermeidungskosten Schweiz [CHF, 2011]	Szenario			
	ohne Linking	mit Linking	ETS_ZV	ETS_TAX
Jahr 2020				
- ETS-Sektoren	12	12	36	62
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42	42	36	31
- nicht ETS Rest	84	84	72	62
Jahr 2030				
- ETS-Sektoren	133	50	146	260
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	155	156	146	130
- nicht ETS Rest	309	310	293	260

6.2 Alternative Schweizer EHS-Preise im Szenario «ohne Linking»

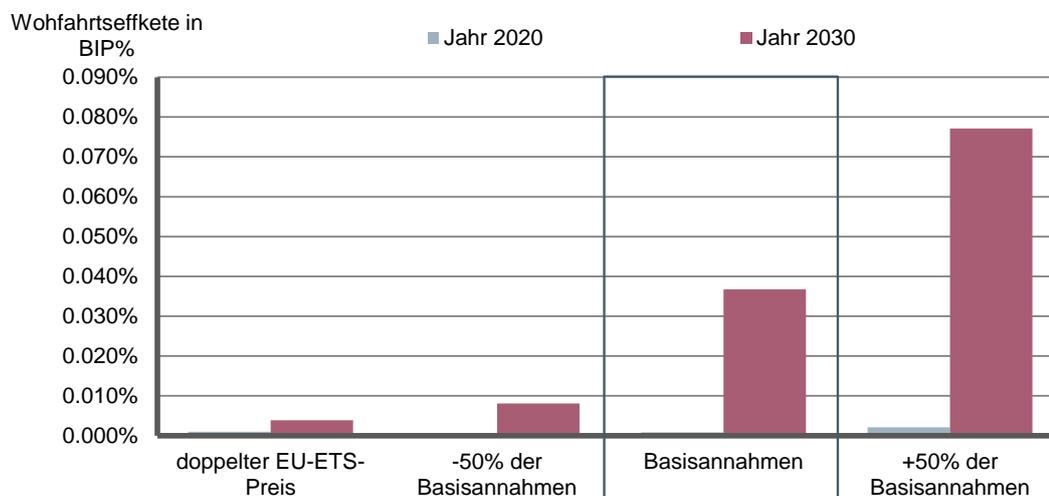
Die wirtschaftlichen Auswirkungen des Linkings sind abhängig davon, wie stark sich die Preise im Schweizer Emissionshandelssystem und dem EU ETS unterscheiden, wenn die beiden Emissionshandelssysteme getrennt wären. Unterscheiden sich die Preise nicht, ergeben sich auch keine positiven oder negativen wirtschaftlichen Auswirkungen. Im Kapitel 2.2 schätzen wir den Schweizer EHS-Preis im Jahre 2030 auf 268 CHF/t CO₂. Eine Schätzung der Grenzvermeidungskosten über einen so langen Horizont für eine kleine Anzahl von Unternehmen ist mit relativ grosser Unsicherheit verbunden. Daher zeigen wir nachfolgend, wie sich die Wohlfahrtseffekte verändern, wenn in einem eigenständigen Schweizer EHS im Vergleich zu den bisher unterstellten Basisannahmen mit höheren oder tieferen Grenzvermeidungskosten zu rechnen ist (die unterschiedlichen Schweizer EHS-Preisvorgaben sind in der untersten Tabelle der nachfolgenden Abbildung 6-4 zu finden):

- **Doppelter EU-ETS-Preis:** Alle Berechnungen mit dem Gleichgewichtsmodell zeigen zumindest längerfristig Grenzvermeidungskosten im Schweizer EHS, die mindestens doppelt so hoch sind wie die Grenzvermeidungskosten im EU-ETS.
- **-50% der Basisannahmen:** Die Grenzvermeidungskosten im Schweizer EHS liegen 50% unter den in Kapitel 2.2 abgeschätzten Basisannahmen.
- **+50% der Basisannahmen:** Die Grenzvermeidungskosten im Schweizer EHS liegen 50% über den in Kapitel 2.2 abgeschätzten Basisannahmen.

Die Abbildung 6-4 zeigt, dass sich im Jahr 2020 keine nennenswerten Wohlfahrtseffekte eines Linkings ergeben. Dies als Folge davon, dass die Unterschiede in den Preisen zwischen dem Schweizer EHS und dem EU ETS relativ gering sind und dementsprechend auch keine grossen Effekte eines Linkings zu erwarten sind.

Im Jahr 2030 zeigen sich hingegen sehr deutliche Unterschiede je nach Schweizer EHS-Preis, der sich bei einem eigenständigen Emissionshandelssystem einstellen würde. Die Sensitivitätsberechnungen ergeben eine Bandbreite für die Wohlfahrtsgewinne eines Linkings von +0.004 BIP% bis +0.077 BIP%. Die gesamten Wohlfahrtsgewinne sind relativ gering, da das Linking nur rund 55 grössere Unternehmen direkt betrifft.

Abbildung 6-4: Wohlfahrtseffekte eines Linkings von drei alternativen Annahmen zur Entwicklung des Schweizer EHS-Preises im Szenario «ohne Linking», Jahre 2020 und 2030



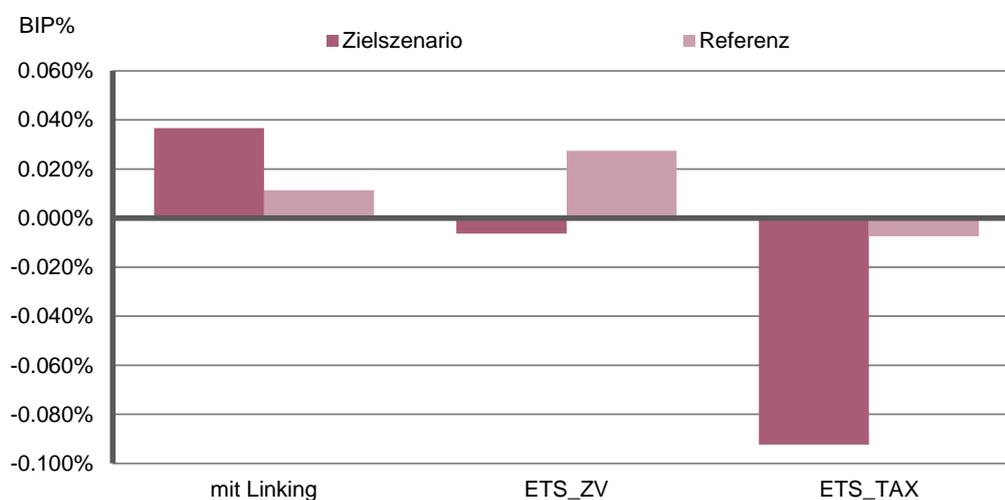
	Wohlfahrtseffekte in BIP%		Senario «mit Linking»	
	doppelter EU-ETS-Preis	-50% der Basisannahmen	Basisannahmen	+50% der Basisannahmen
Jahr 2020	0.001%	0.000%	0.001%	0.002%
Jahr 2030	0.004%	0.008%	0.037%	0.077%

	CHF/t CO2			
	doppelter EU-ETS-Preis	-50% der Basisannahmen	Basisannahmen	+50% der Basisannahmen
CH-EHS-Preis im Szenario «ohne Linking»				
Jahr 2020	25	12	23	35
Jahr 2030	99	133	268	402
EU-ETS-Preis im Szenario «ohne Linking»				
Jahr 2020	12	12	12	12
Jahr 2030	49	49	49	49

6.3 Linking bei weniger ambitionierten CO₂-Zielen (Referenzentwicklung)

Die bisherigen Ausführungen haben wir auf Basis des Zielszenarios durchgeführt (-30% Reduktion der gesamten Treibhausgase bzw. -40% energiebedingte CO₂-Emissionen in der Schweiz). In dieser Sensitivität untersuchen wir den Effekt eines Linkings unter der *Hypothese*, dass sowohl in der Schweiz als auch in der EU gegenüber den heute bereits installierten Massnahmen keine zusätzlichen klimapolitischen Anstrengungen mehr unternommen werden. Nachfolgend zeigen wir auf, mit welchen Wohlfahrtseffekten zu rechnen ist, wenn sowohl für die Schweiz als auch für die EU die Referenzentwicklung anstelle des Zielszenarios unterstellt wird (vgl. Kapitel 2.1).

Abbildung 6-5: Wohlfahrtseffekte von drei Szenarien im Vergleich zum Szenario «ohne Linking» – Referenzentwicklung vs. Zielszenario, Jahr 2030



Wohlfahrtseffekte in BIP%, Jahr 2030	Szenario		
	mit Linking	ETS_ZV	ETS_TAX
Zielszenario	0.037%	-0.006%	-0.092%
Referenz	0.011%	0.027%	-0.007%

Da die Referenzentwicklung und das Zielszenario für das Jahr 2020 dieselben CO₂-Ziele unterstellen, ergeben sich für dieses Jahr keine Unterschiede in den Wohlfahrtsauswirkungen zwischen der Referenzentwicklung und dem Zielszenario (vgl. Abbildung 5-1).

Im Jahr 2030 zeigen sich jedoch erhebliche Differenzen: Aufgrund der wenig ambitionierten Ziele in den Sektoren ausserhalb des ETS in der Referenzentwicklung bleiben die CO₂-Preise bzw. CO₂-Grenzvermeidungskosten im Jahr 2030 relativ tief (vgl. Abbildung 6-6). Davon können die EHS-Sektoren profitieren, wenn sie aus dem Schweizer EHS in ein Zielvereinbarungssystem wechseln (Szenario ETS_ZV). Auch wenn die EHS-Sektoren mit einer CO₂-Abgabe belastet würden (Szenario ETS_TAX), ergeben sich im Vergleich zum Szenario «ohne Lin-

king», mit einem Reduktionspfad von jährlich -1.74% für die EHS-Sektoren, eine tiefere Abgabebelastung. Insgesamt ergeben sich bei der moderaten CO₂-Abgabe von 88 CHF/t CO₂ keine wesentlichen Wohlfahrtsverluste im Vergleich zum Szenario «ohne Linking».

Zu erwähnen ist, dass das Linking im Vergleich zum Szenario «ohne Linking» weiterhin leicht positive Wohlfahrtseffekte aufweist.

Abbildung 6-6: CO₂-Preise / Grenzvermeidungskosten bei der Referenzentwicklung

CO ₂ -Preise / Grenzvermeidungskosten Schweiz [CHF, 2011]	Szenario			
	ohne Linking	mit Linking	ETS_ZV	ETS_TAX
Jahr 2020				
- ETS-Sektoren	23	12	37	65
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42	42	37	32
- nicht ETS Rest	84	84	75	65
Jahr 2030				
- ETS-Sektoren	138	43	50	88
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42	43	50	44
- nicht ETS Rest	84	85	101	88

7 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie bestätigt die bereits in EcoPlan (2010) dargelegten Vorteile eines Linkings des Schweizer Emissionshandelssystems mit dem EU ETS. Die wichtigsten Erkenntnisse aus den vorliegenden Abklärungen beziehen sich auf den *stationären Bereich* und sind:

Die EU kann CO₂ kosteneffizienter vermeiden als die Schweiz

Vor allem im ETS-Bereich kann die EU deutlich günstiger CO₂ vermeiden als die Schweiz. Verantwortlich dafür ist in erster Linie der Stromsektor, der relativ günstige Vermeidungskosten aufweist und in der EU ein grosses Potenzial hat. Dieses Potenzial kann die Schweiz für sich alleine nicht nutzen, weil ihre Stromproduktion schon beinahe CO₂-frei ist und deshalb nicht im CH EHS eingebunden ist.

Die wirtschaftlichen Vorteile eines Linkings zeigen sich erst längerfristig

Die CO₂-Vermeidungskosten im Schweizer stationären ETS-Bereich und dem EU-ETS-Bereich beginnen sich erst nach dem Jahr 2020 auseinanderzuentwickeln. Bei gleichem CO₂-Minderungspfad von jährlich -2.2% im CH EHS und dem EU ETS steigen die Vermeidungskosten gemäss EU-Impact-Assessment auf rund 50 CHF/t CO₂ bis ins Jahr 2030. Für die Schweiz berechnen wir dagegen Grenzvermeidungskosten von 270 CHF/t CO₂ bis ins Jahr 2030.

Bei solch grossen Differenzen in den CO₂-Vermeidungskosten im stationären ETS-Bereich zwischen der Schweiz und der EU zeigt ein Linking positive wirtschaftliche Auswirkungen für die Schweiz. Die Wohlfahrt (Konsummöglichkeiten der Konsumenten) kann im Jahr 2030 um 0.037 BIP% gesteigert werden. Selbstverständlich ist dieser positive Wohlfahrtseffekt gesamtwirtschaftlich nicht gross, da das Linking im stationären Bereich nur rund 55 energieintensive Unternehmen betrifft. Die +0.037 BIP% im Jahr 2030 entsprechen aber immerhin rund 270 Mio. CHF. Weiter ist darauf hinzuweisen, dass der künftige Schweizer EHS-Preis bei einem eigenständigen EHS nur mit grosser Unsicherheit abschätzbar ist. Berücksichtigen wir diese Unsicherheit, erhalten wir grosse Bandbreiten der Wohlfahrtsgewinne eines Linkings zwischen 0.004 BIP% und 0.077 BIP%.

In einer ähnlichen Grössenordnung wie die Wohlfahrtseffekte bewegen sich auch die Auswirkungen auf das Bruttoinlandprodukt (BIP). Im Jahr 2020 wären bei einem Linking aufgrund der – absolut gesehen – geringen Differenzen der CO₂-Preise in den Emissionshandelssystemen der Schweiz und EU keine nennenswerten Effekte auf das BIP festzustellen. Längerfristig – bis ins Jahr 2030 – würde sich durch ein Linking das BIP um +0.044 BIP% oder 320 Mio. CHF erhöhen (Bandbreite von 0.005 BIP% bis 0.092 BIP%).

Linking bringt die grössten Vorteile bei ambitionierten CO₂-Minderungszielen

Je ambitionierter die CO₂-Minderungsziele im ETS-Bereich sind, desto grösser sind die wirtschaftlichen Vorteile für die Schweiz. Umgekehrt gilt, dass bei wenig ambitionierten CO₂-Minderungszielen ein Linking aus wirtschaftlicher Sicht keine Vorteile mehr bringt.

Linking ist eine «Rückversicherung» für den Fall einer langsameren technologischen Entwicklung

Ein Linking für die Schweiz zahlt sich bei einer langsameren technologischen Entwicklung noch mehr aus. Bei weniger schnellem autonomem Energieeffizienzfortschritt erhalten wir einen Wohlfahrtsgewinn aus dem Linking von 0.056 BIP% (420 Mio. CHF im Jahr 2030) bis 0.072 BIP% (540 Mio. CHF). Das Linking ist somit für die Schweiz eine Art «Rückversicherung» für den Fall einer langsameren technologischen Entwicklung.

Linking bringt grössere Planungssicherheit für Schweizer Unternehmen

Ein Haupteffekt des Linkings ist, dass die Schweizer EHS-Unternehmen bei einem Linking mit dem EU ETS weniger Unsicherheiten in Bezug auf den künftigen CO₂-Preis haben. Die Preisschwankungen sind in einem System mit über 11'000 Unternehmen geringer als in einem System mit nur 55 Unternehmen. Insbesondere fallen die Preisausschläge nach oben im EU-ETS-System geringer aus als im Schweizer EHS. In diesem Sinne bringt das Linking des CH EHS mit dem EU ETS mehr Planungssicherheit für die Schweizer EHS-Unternehmen.

Keine sinnvollen Alternativen zum Linking

Ausser dem Linking oder dem Beibehalt eines eigenständigen Schweizer Emissionshandelsystems wurden zwei Alternativen untersucht: Bisherige EHS-Sektoren werden neu der CO₂-Abgabe unterstellt bzw. werden zu Zielvereinbarungen verpflichtet. Für beide Alternativen gelten dieselben CO₂-Reduktionsziele wie für das Linking. Beide Alternativen schneiden bei den angenommenen ambitionierten CO₂-Reduktionszielen längerfristig schlechter ab als das Linking mit dem EU ETS oder die Beibehaltung eines eigenständigen Schweizer EHS.

8 Anhang A: Mehrländer-Gleichgewichtsmodell

Nachfolgend wird im Kapitel 8.1 das Modell mit seinem methodischen Ansatz vorgestellt. Das Kapitel 8.2 fasst die Datengrundlagen und Parametrisierung des Modells zusammen.

8.1 Das Modell

Methodischer Ansatz und allgemeine Modellstruktur

Die quantitative Analyse der wirtschaftlichen und emissionsseitigen Auswirkungen von Klimapolitiken erfolgt mit einem komparativ statischen Mehrländermodell der Weltwirtschaft. Wirtschaftstheoretische Grundlage des Modells ist die Allgemeine Gleichgewichtstheorie. Modelle vom Typ des Allgemeinen Gleichgewichts sind in der angewandten Wirtschaftsforschung bei der Analyse handels-, finanz- und umweltpolitischer Fragestellungen weit verbreitet. Auf der Grundlage mikroökonomisch fundierter Verhaltensannahmen sind sie in hohem Masse dazu geeignet, die Allokationseffekte veränderter Rahmenbedingungen für die Gesamtwirtschaft aufzuzeigen. Hierzu zählen die Auswirkungen auf sektorale Produktionsstrukturen, Konsum und Investitionen, Aussenhandel, Beschäftigung oder funktionale Einkommensverteilung. Ein geschlossener analytischer Ansatz gewährleistet methodische Konsistenz bei der Berücksichtigung von Wechselwirkungen auf nationalen und internationalen Märkten. Die Differenzierung nach Regionen und Industriesektoren erlaubt eine disaggregierte Untersuchung der wirtschaftlichen Auswirkungen von Politikmassnahmen.

Zur Analyse nationaler und internationaler Klimapolitik und ihre Rückwirkungen auf die Schweizer Wirtschaft ist die Analyse in einem Mehrländer-, Mehrsektorenkontext notwendig. Mit dem Mehrländermodell werden auch Terms-of-Trade-Effekte (TOT) berücksichtigt. Auch der für den grössten Teil der Treibhausgas-Emissionen verantwortliche Energiemarkt ist detailliert abzubilden. Im hier verwendeten Modell werden nur die energetischen CO₂-Emissionen berücksichtigt.

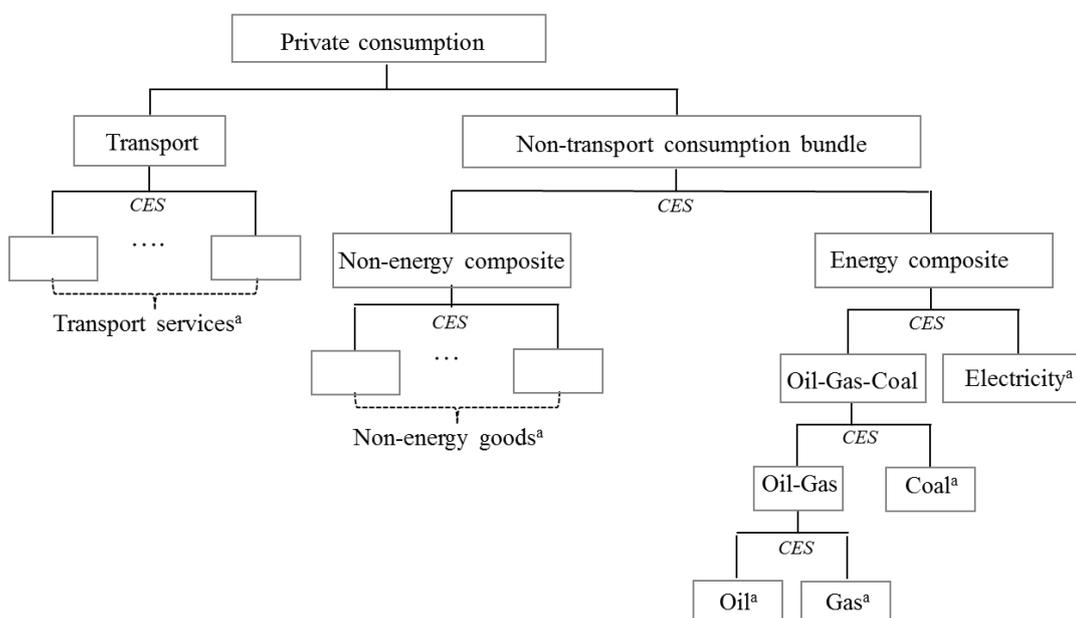
Berücksichtigung bereits bestehender Steuern und Massnahmen

Die bereits bestehenden CO₂-Minderungsmassnahmen und deren Vermeidungskosten wurden explizit als «Vorbelastung» im Modell berücksichtigt. Diese «Vorbelastung» wurde aus den aktuellsten verfügbaren Unterlagen für die Schweiz, die EU und den restlichen Ländern aufbereitet und im Modell vorgegeben. Damit wird berücksichtigt, dass weitergehende CO₂-Minderungen über die bereits bestehende «Vorbelastung» hinaus kostenintensiver sind, da es immer schwieriger und teurer wird, weiter CO₂ zu reduzieren. Dem wirkt allerdings der technische Fortschritt entgegen. Dieser bringt «gratis» eine Reduktion der CO₂-Emissionen. Welche wirtschaftlichen Auswirkungen ein Linking zeigt, hängt im Wesentlichen von dieser «Vorbelastung» und vom technischen Fortschritt ab.

Repräsentativer Haushalt

Pro Region gibt es einen repräsentativen Haushalt, der ausgestattet wird mit Arbeit, Kapital und fossilen Ressourcen. Der Faktor Arbeit ist zwischen den Wirtschaftssektoren mobil, aber immobil zwischen den einzelnen Ländern/Regionen. Der repräsentative Haushalt maximiert seinen Nutzen aus dem Konsum, welcher sich nachfragemässig mittels konstanter Substitutionselastizität³⁰ zusammensetzt aus Energie- und Nicht-Energie-Gütern. Die nachfolgende Abbildung 8-1 zeigt die genestete Nutzenfunktion der Haushalte.

Abbildung 8-1: Nutzenfunktion der Haushalte



Key: ^aArmington good

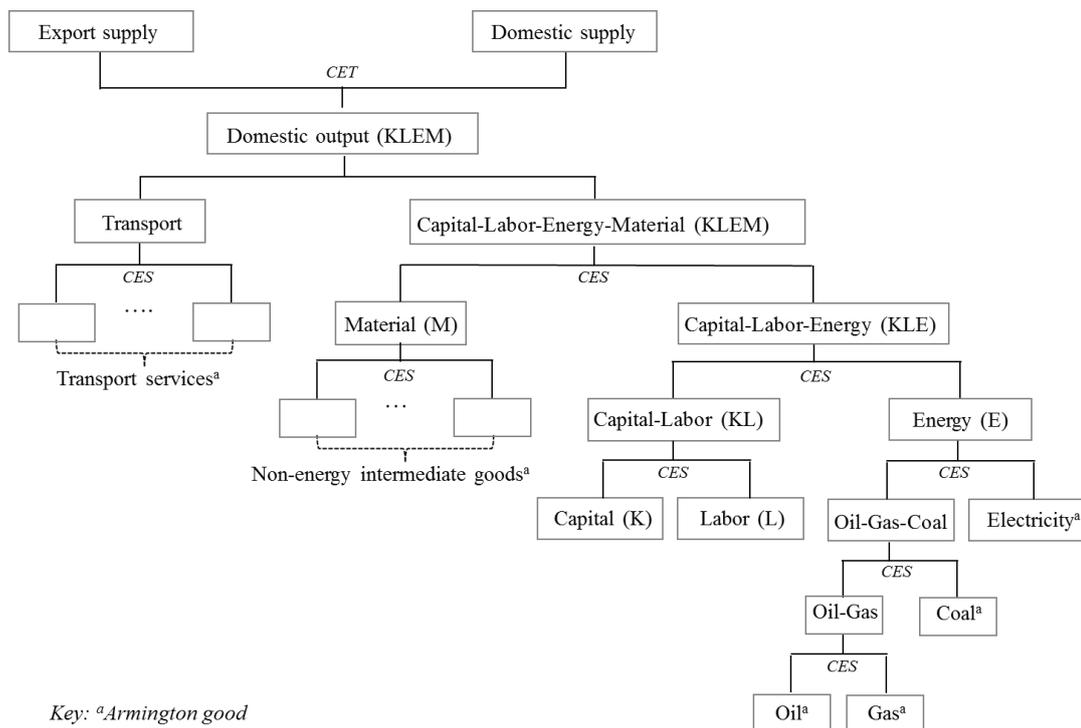
Produktion in den Nicht-Energie-Sektoren

Die Produktion wird beschrieben mit einer genesteten separablen CES-Funktion (siehe nachfolgende Abbildung 8-2): Die Wertschöpfung ergibt sich aus einem CES-Aggregat aus Kapital und Arbeit. Für die Nicht-Energie-Güter werden die Substitutionsmöglichkeiten der verschiedenen Energiegüter ebenfalls mit einer CES-Funktion beschrieben.³¹

³⁰ CES-Funktion, CES = Constant Elasticity of Substitution.

³¹ Eine spezielle Produktionsfunktion wurde für die Produktion der fossilen Ressourcen gewählt: Hier werden alle Inputs in fixen Proportionen eingesetzt und sind auf dem obersten Nest mit dem fossilen Ressourcen mit konstanter Elastizität substituierbar. Diese Substitutionselastizität wurde auf empirisch geschätzte Ölangebotselastizitäten kalibriert.

Abbildung 8-2: Produktionsfunktion für Nicht-Energie-Sektoren

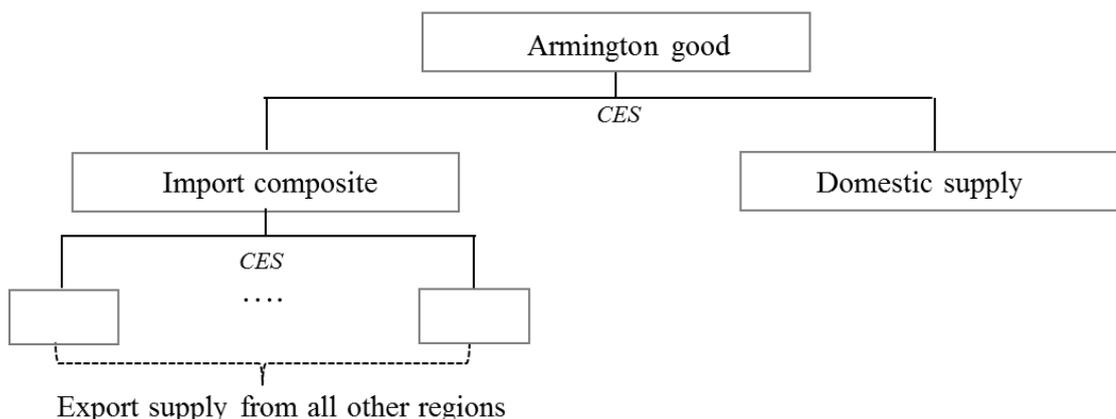


Die CO₂-Emissionen sind in fixen Proportionen (Leontief) gelinkt mit dem Verbrauch fossiler Energieträger, wobei die unterschiedliche CO₂-Intensität der verschiedenen Energieträger berücksichtigt wird. Die wesentlichen Kanäle zur Reduktion der CO₂-Emissionen sind: Fuel-Switching (also Wechsel von einem CO₂-intensiven Energieträger zu einem weniger CO₂-intensiven Energieträger) und natürlich Energieeinsparung bzw. verbesserte Energieeffizienz im Verbrauch, dies betrifft sowohl den Endverbrauch bei den Haushalten als auch die Energievorleistungen in der Produktion.

Aussenhandel - Armingtonansatz

Der Aussenhandel wird mit dem sogenannten Armingtonansatz modelliert (Armington 1969). Heimisch produzierte und importierte Güter sind dabei unvollständige Substitute. Die nachfolgende Abbildung 8-3 zeigt die Zusammensetzung des Armingtongutes.

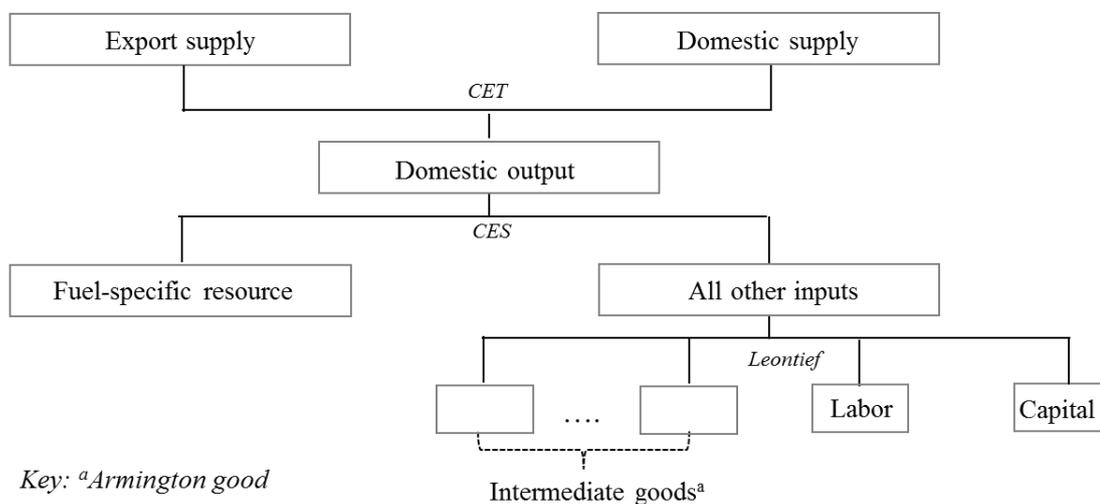
Abbildung 8-3: Zusammensetzung des Armington-Gutes



Produktion in den fossilen Energiesektoren

Die Abbildung 8-4 zeigt die Produktionsfunktion für die fossilen Energiesektoren Öl, Gas und Kohle.

Abbildung 8-4: Produktionsfunktion der fossilen Energiesektoren (Öl, Gas, Kohle)



Die von der öffentlichen Hand zu erbringenden Leistungen sind fix vorgegeben

Weiter wird unterstellt, dass sich die Ausgaben der öffentlichen Hand nicht verändern, also fix sind. Da es sich beim angewendeten Modell um ein statisches Modell handelt, sind auch die Investitionsanteile fix vorgegeben.

8.2 Daten und Parametrisierung

Die ökonomischen und energetischen Grundlagendaten stammen aus der GTAP9-Datenbank. Die Substitutionsmöglichkeiten zwischen Arbeit, Kapital, Energie und Vorleistungen werden durch die KLEM-Elastizitäten beschrieben. Die unterstellten KLEM-Elastizitäten sind in der Grössenordnung von 0.5.

Sektorale und regionale Aggregation

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die sektorale und die regionale Aggregation der GTAP9-Daten (Narayanan et al. 2015). Insgesamt werden mit der Schweiz 3 Regionen bzw. Länder unterschieden. Als Produktionsfaktoren dienen Arbeit, Kapital und fossile Ressourcen. Die 17 Produktionssektoren teilen sich auf 3 fossile Energiesektoren, 8 ETS-Sektoren (darunter die Stromproduktion) sowie 6 Sektor ausserhalb des ETS, wobei letztere für die Schweiz in 4 Sektoren ohne Zielvereinbarungen und 2 nonETS-Sektoren mit Zielvereinbarungen unterteilt wurden.

Abbildung 8-5: Aggregation der Sektoren

Sektoreinteilung gemäss GTAP		Aggregation frü vorliegende Studie	
Nr.	Code Beschreibung	Code	Aggregation
1	pdr Paddy Rice: rice, husked and unhusked	agr	ETS
2	wht Wheat: wheat and meslin	agr	nicht ETS
3	gro Other Grains: maize (corn), barley, rye, oats, other cereals	agr	nicht ETS
4	v.f Veg & Fruit: vegetables, fruit and nuts, potatoes, cassava, truffles,	agr	nicht ETS
5	osd Oil Seeds: oil seeds and oleaginous fruit; soy beans, copra	agr	nicht ETS
6	c. b Cane & Beet: sugar cane and sugar beet	agr	nicht ETS
7	pfb Plant Fibres: cotton, flax, hemp, sisal and other raw vegetable materials used in textiles	agr	nicht ETS
8	ocr Other Crops: live plants; cut flowers and flower buds; flower seeds and fruit seeds; vegetable seeds, beverage and spice crops, unmanufactured tobacco, cereal straw and husks, unprepared, whether or not chopped, ground, pressed or in the form of pellets; swedes, mangolds, fodder roots, hay, lucerne (alfalfa), clover, sainfoin, forage kale, lupines, vetches and similar forage products, whether or not in the form of pellets, plants and parts of plants used primarily in perfumery, in pharmacy, or for insecticidal, fungicidal or similar purposes, sugar beet seed and seeds of forage plants, other raw vegetable materials	agr	nicht ETS
9	ctl Cattle: cattle, sheep, goats, horses, asses, mules, and hinnies; and semen thereof	agr	nicht ETS
10	oap Other Animal Products: swine, poultry and other live animals; eggs, in shell (fresh or cooked), natural honey, snails (fresh or preserved) except sea snails; frogs' legs, edible products of animal origin n.e.c., hides, skins and furskins, raw, insect waxes and spermaceti, whether or not refined or coloured	agr	nicht ETS
11	rmk Raw milk	agr	nicht ETS
12	wol Wool: wool, silk, and other raw animal materials used in textile	agr	nicht ETS
13	fris Forestry: forestry, logging and related service activities	agr	nicht ETS
14	fsH Fishing: hunting, trapping and game propagation including related service activities, fishing, fish farms; service activities incidental to fishing	agr	nicht ETS
15	coa Coal: mining and agglomeration of hard coal, lignite and peat	coa	nicht ETS
16	oil Oil: extraction of crude petroleum and natural gas (part), service activities incidental to oil and gas extraction excluding surveying (part)	cru	nicht ETS
17	gas Gas: extraction of crude petroleum and natural gas (part), service activities incidental to oil and gas extraction excluding surveying (part)	gas	nicht ETS
18	omn Other Mining: mining of metal ores, uranium, gems, other mining and quarrying	roi	nicht ETS
19	cmt Cattle Meat: fresh or chilled meat and edible offal of cattle, sheep, goats, horses, asses, mules, and hinnies. raw fats or grease from any animal or bird.	foo	nicht ETS
20	omt Other Meat: pig meat and offal. preserves and preparations of meat, meat offal or blood, flours, meals and pellets of meat or inedible meat offal; greaves	foo	nicht ETS
21	vol Vegetable Oils: crude and refined oils of soya-bean, maize (corn),olive, sesame, ground-nut, olive, sunflower-seed, safflower, cotton-seed, rape, colza and canola, mustard, coconut palm, palm kernel, castor, tung jojoba, babassu and linseed, perhaps partly or wholly hydrogenated,inter-esterified, re-esterified or elaidinised. Also margarine and similar preparations, animal or vegetable waxes, fats and oils and their fractions, cotton linters, oil-cake and other solid residues resulting from the extraction of vegetable fats or oils; flours and meals of oil seeds or oleaginous fruits, except those of mustard; degras and other residues resulting from the treatment of fatty substances or animal or vegetable waxes.	foo	nicht ETS
22	mil Milk: dairy products	foo	nicht ETS
23	pcr Processed Rice: rice, semi- or wholly milled	foo	nicht ETS
24	sgR Sugar	foo	nicht ETS

Abbildung 8-5: Aggregation der Sektoren (Fortsetzung)

Nr.	Code	Beschreibung	Sektoreinteilung gemäss GTAP		Aggregation frü vorliegende Studie	
			Code		Code	
25	ofd	Other Food: prepared and preserved fish or vegetables, fruit juices and vegetable juices, prepared and preserved fruit and nuts, all cereal flours, groats, meal and pellets of wheat, cereal groats, meal and pellets n.e.c., other cereal grain products (including corn flakes), other vegetable flours and meals, mixes and doughs for the preparation of bakers' wares, starches and starch products; sugars and sugar syrups n.e.c., preparations used in animal feeding, bakery products, cocoa, chocolate and sugar confectionery, macaroni, noodles, couscous and similar farinaceous products, food products n.e.c.	foo		nicht ETS	nonETS-TA
26	b_1	Beverages and Tobacco products	roi			
27	tex	Textiles: textiles and man-made fibres	tex			nonETS-TA
28	wap	Wearing Apparel: Clothing, dressing and dyeing of fur	roi			
29	lea	Leather: tanning and dressing of leather; luggage, handbags, saddlery, harness and footwear	roi			
30	lum	Lumber: wood and products of wood and cork, except furniture; articles of straw and plaiting materials	roi			
31	ppp	Paper & Paper Products: includes publishing, printing and reproduction of recorded media	ppp	ETS		
32	p_c	Petroleum & Coke: coke oven products, refined petroleum products, processing of nuclear fuel	oil	ETS		
33	crp	Chemical Rubber Products: basic chemicals, other chemical products, rubber and plastics products	crp	ETS		
34	nmm	Non-Metallic Minerals: cement, plaster, lime, gravel, concrete	nmm	ETS		
35	i_s	Iron & Steel: basic production and casting	i_s	ETS		
36	nfm	Non-Ferrous Metals: production and casting of copper, aluminium, zinc, lead, gold, and silver	nfm	ETS		
37	fmp	Fabricated Metal Products: Sheet metal products, but not machinery and equipment	roi			
38	mvh	Motor Motor vehicles and parts: cars, lorries, trailers and semi-trailers	roi			
39	otn	Other Transport Equipment: Manufacture of other transport equipment	roi			
40	ele	Electronic Equipment: office, accounting and computing machinery, radio, television and communication equipment and apparatus	roi			
41	ome	Other Machinery & Equipment: electrical machinery and apparatus n.e.c., medical, precision and optical instruments, watches and clocks	roi			
42	omf	Other Manufacturing: includes recycling	roi			
43	ely	Electricity: production, collection and distribution	ely	ETS		
44	gdt	Gas Distribution: distribution of gaseous fuels through mains; steam and hot water supply	roi			
45	wtr	Water: collection, purification and distribution	roi			
46	ons	Construction: building houses factories offices and roads	roi			
47	trd	Trade: all retail sales; wholesale trade and commission trade; hotels and restaurants; repairs of motor vehicles and personal and household goods; retail sale of automotive fuel	ser		nicht ETS	
48	otp	Other Transport: road, rail, pipelines, auxiliary transport activities; travel agencies	trs		nicht ETS	
49	wtp	Water transport	trs			
50	atp	Air transport	atp	ETS		
51	cmn	Communications: post and telecommunications	ser			
52	ofi	Other Financial Intermediation: includes auxiliary activities but not insurance and pension funding (see next)	ser			
53	isr	Insurance: includes pension funding, except compulsory social security	ser			
54	obs	Other Business Services: real estate, renting and business activities	ser			
55	ros	Recreation & Other Services: recreational, cultural and sporting activities, other service activities; private households with employed persons (servants)	ser			
56	osg	Other Services (Government): public administration and defense; compulsory social security, education, health and social work, sewage and refuse disposal, sanitation and similar activities, activities of membership organizations n.e.c., extra-territorial organizations and bodies	ser			
57	dwe	Dwellings: ownership of dwellings (imputed rents of houses occupied by owners)	ser			

Abbildung 8-6: Aggregation der Regionen

Land/Region	
CHE	Schweiz
REU	EU28 inkl. Norwegen, Island
ROW	Rest der Welt

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Über- und Unterallokationen, die sich beim aktuellen Benchmarking im EU ETS und CH EHS ergeben. Diese Allokation wurde auch für die Periode ab 2020 unterstellt.

Abbildung 8-7: Annahmen zu den Über- und Unterallokationen

Sektor Code	Auktionierung	Gratiszuteilung (Output-Base- Allocation Benchmarking)	EU 2013/14	CH 2013/14
			Überallokation (+) Unterallokation (-)	Überallokation (+) Unterallokation (-)
ppp	Papier	x	23%	63%
p_c	Raffinerien	x	-17%	-27%
crp	Chemie	x	9%	-23%
nmm	Zement	x	10%	5%
i_s	Eisen&Stahl	x	29%	8%
nfm	Nichteisenmetalle	x	1%	0%
ele	Stromproduktion	x		
atp	Luftverkehr	x	0%	0%

Abbildung 8-8: Aggregation der EHS-Tätigkeiten auf Sektoren

Tätigkeit	Sektor	Tätigkeitsnr.	
		CH-EHS	EU-ETS
Verbrennung von fossilen oder teilweise fossilen Energieträgern mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von über 20 MW	Energie	1	20
Raffination von Mineralöl	Raffinerien	2	21
Herstellung von Koks	Eisen und Stahl	3	22
Röstung oder Sinterung einschliesslich Pelletierung von Metallerz, einschliesslich Sulfiderz	Eisen und Stahl	4	23
Herstellung von Roheisen oder Stahl im Primär- oder Sekundärschmelzbetrieb, einschliesslich Stranggiessen, mit einer Kapazität über 2,5 t pro Stunde	Eisen und Stahl	5	24
Herstellung oder Verarbeitung von Eisenmetallen einschliesslich Eisenlegierungen bei Betrieb von Verbrennungseinheiten mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von über 20 MW	Eisen und Stahl	6	25
Herstellung von Primäraluminium	Nichteisenmetalle	7	26
Herstellung von Sekundäraluminium bei Betrieb von Verbrennungseinheiten mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von über 20 MW	Nichteisenmetalle	8	27
Herstellung oder Verarbeitung von Nichteisenmetallen einschliesslich der Herstellung von Legierungen, Raffinationsprodukten und Gussprodukten bei Betrieb von Verbrennungseinheiten mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von über 20 MW	Nichteisenmetalle	9	28
Herstellung von Zementklinker in Drehrohröfen mit einer installierten Produktionskapazität von über 500 t pro Tag oder in anderen Öfen mit einer Produktionskapazität von über 50 t pro Tag	Zement	10	29
Herstellung von Kalk oder Brennen von Dolomit oder Magnesit in Drehrohröfen oder in anderen Öfen mit einer installierten Produktionskapazität von über 50 t pro Tag	Zement	11	30
Herstellung von Glas einschliesslich Glasfasern mit einer Schmelzkapazität von über 20 t pro Tag	Zement	12	31
Herstellung von keramischen Erzeugnissen wie Dachziegeln, Ziegelsteinen, feuerfesten Steinen, Fliesen, Steinzeug oder Porzellan durch Brennen mit einer installierten Produktionskapazität von über 75 t pro Tag	Zement	13	32
Herstellung von Dämmmaterial aus Mineralwolle unter Verwendung von Glas, Stein oder Schlacke mit einer Schmelzkapazität von über 20 t pro Tag	Zement	14	33
Trocknen oder Brennen von Gips oder Herstellung von Gipskartonplatten und sonstigen Gipszeugnissen bei Betrieb von Verbrennungseinheiten mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von über 20 MW	Zement	15	34
Herstellung von Zellstoff aus Holz oder anderen Faserstoffen	Papier	16	35
Herstellung von Papier und Karton mit einer installierten Produktionskapazität von über 20 t pro Tag	Papier	17	36
Herstellung von Industrieruss durch Karbonisierung organischer Stoffe wie Öle, Teere, Crack- und Destillationsrückstände bei Betrieb von Verbrennungseinheiten mit einer Gesamtfeuerungswärmeleistung von über 20 MW	Chemie	18	37
Herstellung von Salpetersäure	Chemie	19	38
Herstellung von Adipinsäure	Chemie	20	39
Herstellung von Glyoxal und Glyoxylsäure	Chemie	21	40
Herstellung von Ammoniak	Chemie	22	41
Herstellung von organischen Grundchemikalien durch Cracken, Reformieren, partielle oder vollständige Oxidation oder ähnliche Verfahren, mit einer installierten Produktionskapazität von über 100 t pro Tag	Chemie	23	42
Herstellung von Wasserstoff (H ₂) und Synthesegas durch Reformieren oder partielle Oxidation mit einer installierten Produktionskapazität von über 25 t pro Tag	Chemie	24	43
Herstellung von Soda (Na ₂ CO ₃) und Natriumbicarbonat (NaHCO ₃)	Chemie	25	44
Capture of greenhouse gases under Directive 2009/31/EC	Rest	--	45
Other activity opted-in under Art. 24	Rest	0	99

Anmerkung: In der EU wird ein Contractor, der ausschliesslich die Chemiebranche beliefert, als 20 behandelt. Wir haben diese Zuteilung für den Vergleich EU-CH auch für die Schweiz angewendet.

9 Anhang B: Detailresultate Referenzentwicklung

Abbildung 9-1: Auswirkungen eines Linkings im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») in der Referenzentwicklung: Jahr 2030

	Schweiz, Jahr 2030		EU, Jahr 2030	
	ohne Linking	mit Linking	ohne Linking	mit Linking
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	137.5	43.4	43.2	43.4
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42.0	43.3	43.2	43.3
- nicht ETS Rest	84.0	85.3	43.2	43.3
Energiebedingte CO ₂ -Emissionen [Veränderung in Mio. t CO ₂]				
- ETS-Sektoren		0.68		-0.68
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		-0.00		-0.00
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		0.011%		0.001%
- BIP [%]		0.014%		0.002%
- Exporte [%]		0.044%		0.001%
- Importe [%]		0.039%		0.002%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		0.087%		0.004%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		0.014%		0.001%
- nicht ETS Rest		0.012%		0.002%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		0.324%		0.010%
- Zement		0.061%		-0.004%
- Raffinerien		1.187%		0.007%
- Chemie		0.132%		0.002%
- Papier		0.030%		0.003%
- Eisen und Stahl		0.002%		0.008%
- Nichteisenmetalle		0.008%		0.003%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		0.008%		-0.003%
- Nahrungsmittelindustrie		0.015%		0.001%
Strukturelle Effekt auf nicht ETS Restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		0.002%		0.000%
- Transportgewerbe		0.026%		0.002%
- Dienstleistungssektoren		0.015%		0.003%
- Landwirtschaft		0.003%		0.000%

Abbildung 9-2: Auswirkungen des Szenarios ETS_ZV im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») in der Referenzentwicklung: Jahr 2030

	Schweiz, Jahr 2030		EU, Jahr 2030	
	ohne Linking	ETS_ZV	ohne Linking	ETS_ZV
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	137.5	50.4	43.2	43.2
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42.0	50.4	43.2	43.2
- nicht ETS Rest	84.0	100.8	43.2	43.2
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		0.53		-0.01
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		-0.53		-0.00
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		0.027%		0.000%
- BIP [%]		0.020%		0.000%
- Exporte [%]		0.009%		0.000%
- Importe [%]		0.010%		0.000%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		0.034%		0.001%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		0.010%		0.000%
- nicht ETS Rest		0.017%		0.000%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		0.257%		-0.005%
- Zement		0.328%		0.005%
- Raffinerien		1.200%		-0.001%
- Chemie		0.057%		-0.002%
- Papier		0.140%		0.004%
- Eisen und Stahl		0.139%		0.002%
- Nichteisenmetalle		0.021%		-0.002%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		0.093%		-0.001%
- Nahrungsmittelindustrie		0.017%		0.001%
Strukturelle Effekt auf nicht ETS Restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		0.001%		0.000%
- Transportgewerbe		0.027%		0.003%
- Dienstleistungssektoren		0.026%		0.000%
- Landwirtschaft		0.036%		0.000%

Abbildung 9-3: Auswirkungen des Szenarios ETS_TAX im Vergleich zu einer Situation mit einem eigenständigen Schweizer EHS (Szenario «ohne Linking») in der Referenzentwicklung: Jahr 2030

	Schweiz, Jahr 2030		EU, Jahr 2030	
	ohne Linking	ETS_TAX	ohne Linking	ETS_TAX
ETS-Preis / Grenzvermeidungskosten im Non-ETS [CHF, 2011]				
- ETS-Sektoren	137.5	88.5	43.2	43.2
- nonETS Zielvereinbarungssektoren	42.0	44.2	43.2	43.2
- nicht ETS Rest	84.0	88.5	43.2	43.2
Energiebedingte CO2-Emissionen [Veränderung in Mio. t CO2]				
- ETS-Sektoren		0.20		0.00
- übrige Sektoren (ausserhalb ETS)		-0.20		-0.00
Makroeffekte				
- Wohlfahrtseffekte [BIP%]		-0.007%		0.000%
- BIP [%]		-0.021%		0.000%
- Exporte [%]		-0.009%		0.001%
- Importe [%]		-0.010%		0.001%
Strukturelle Effekte auf ETS/nonETS [%-Veränderung im Outputniveau]				
- ETS-Sektoren		-0.093%		0.004%
- nonETS Zielvereinbarungssektoren		-0.009%		0.000%
- nicht ETS Rest		-0.033%		0.000%
Strukturelle Effekt auf einzelne ETS-Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Stromproduktion		-0.121%		-0.002%
- Zement		-0.535%		0.011%
- Raffinerien		-1.148%		0.006%
- Chemie		-0.033%		-0.001%
- Papier		-0.170%		0.005%
- Eisen und Stahl		-0.187%		0.003%
- Nichteisenmetalle		-0.075%		-0.003%
Strukturelle Effekt auf nonETS Zielvereinbarungssektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Textil		-0.170%		-0.002%
- Nahrungsmittelindustrie		-0.002%		0.000%
Strukturelle Effekt auf nicht ETS Restliche Sektoren [%-Veränderung im Outputniveau]				
- Rest Industrie		-0.035%		-0.001%
- Transportgewerbe		-0.108%		0.002%
- Dienstleistungssektoren		-0.051%		0.000%
- Landwirtschaft		-0.017%		-0.001%

Literaturverzeichnis

- Armington P.S. (1969)
A Theory of Demand for Producers Distinguished by Place of Production. IMF Staff Papers. 1969, 16, 159-178.
- Bernard A., Vielle M. (2009)
Assessment of European Union transition scenarios with a special focus on the issue of carbon leakage. Energy Economics 31, S274–S284.
- Böhringer Christoph, Rutherford Thomas F., Tol Richard S.J. (2009)
The EU 20/20/2020 targets: An overview of the EMF22 assessment. Energy Economics 31, S268–S273.
- Burkhardt Andrea (2007)
Startschuss zum Emissionshandel in der Schweiz. In: Die Volkswirtschaft 9-2007, Seiten 7 bis 8.
- Ecoplan (2010)
Schweizer Emissionshandelssystem: Wie weiter nach 2012? Studie im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. Bern.
- Ecoplan (2015)
Auswirkungen eines Klima- und Energie-lenkungssystems für 2030. Analyse mit einem berechenbaren Gleichgewichtsmodell für die Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie, des Bundesamts für Umwelt und der Eidgenössischen Finanzverwaltung. Bern.
- Ecoplan (2016)
Kurzfristspektiven zu den Treibhausgasemissionen. Aktualisierung der Prognosen, 2015-2020. Stand 2.5.2016 (Veröffentlichung des Berichts im Laufe 2016).
- European Commission (2013)
Energy, Transport und GHG Emissions – Trends to 2050, Reference Scenario 2013.
- European Commission (2014)
Impact Assessment, Accompanying the document «A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030».
- IEA – International Energy Agency (2013)
World Energy Outlook 2012.
- Klemetsen Marit E., Rosendahl Knut E., Jakobsen Anja L. (2016)
The impacts of the EU ETS on Norwegian plants' environmental and economic performance. CREE Working Paper 03/2016, University of Oslo.
- Manne A.S, Richels R.G. (1994)
The Costs of Stabilizing Global CO₂ Emissions: A Probabilistic Analysis Based on Expert Judgements. The Energy Journal 15(1), 31-56.

Narayanan B.G., Aguiar A., McDougall R. (2015)
Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 9 Data Base. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.

Prognos (2012)
Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE).

Webster M., Paltsev S., Reilly R. (2008)
Autonomous efficiency improvement or income elasticity of energy demand: Does it matter?. Energy Economics 30, 2785–279.

Rechtliche Grundlagen

CO₂-Gesetz: Bundesgesetz über die Reduktion der CO₂-Emissionen vom 23. Dezember 2011 (Stand am 1. Januar 2013).

CO₂-Verordnung: Verordnung über die Reduktion der CO₂-Emissionen vom 30. November 2012 (Stand am 1. Januar 2016).

Faktenblätter und Vollzugshilfen des Bundesamts für Umwelt

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2013)
Emissionshandelssystem EHS. Ein Modul der Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde zur CO₂-Verordnung. Stand Dezember 2014. Bern.

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2014)
Eckdaten des Schweizer Emissionshandelssystems 2013-2020: Cap, Reserve, kostenlose Zuteilung und sektorübergreifender Korrekturfaktor. Faktenblatt vom 21.02.2014. Bern.

BAFU – Bundesamt für Umwelt (2015)
Hintergrundinformationen - Wie wird die Emissionsobergrenze (Cap) festgelegt, die kostenlose Zuteilung berechnet und der sektorübergreifende Korrekturfaktor ermittelt?