

Potenziale für Cleantech im Industrie- und Dienstleistungsbereich in der Schweiz

Studie im Auftrag der Economiesuisse

Spyros Arvanitis • Thomas Bolli • Marius Ley • Tobias Stucki • Martin Wörter
KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich

Christian Soltmann, Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

Impressum

Herausgeber

KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich

© 2011 KOF Konjunkturforschungsstelle, ETH Zürich

Studie im Auftrag der Economiesuisse

Autoren

Spyros Arvanitis

Thomas Bolli

Marius Ley

Tobias Stucki

Martin Wörter

Mitarbeit

Christian Soltmann, Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

KOF

ETH Zürich
KOF Konjunkturforschungsstelle
WEH D 4
Weinbergstrasse 35
8092 Zürich

Tel. +41 44 632 42 39
Fax +41 44 632 12 18
www.kof.ethz.ch
kof@kof.ethz.ch

Vorwort

Die Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich bearbeitete die vorliegende Studie im Auftrag der *economiesuisse* zwischen Januar und Juli dieses Jahres. Sie entstand in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Christian Soltmann, Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum, Bern, der die umfangreichen patenstatistischen Auswertungen übernommen hat.

An dieser Stelle möchten wir Herrn Prof. Dr. Lucas Bretschger für die wissenschaftliche Begleitung des Projektes und für seine Vorschläge zur Verbesserung des Berichtes danken. Weiter geht unser Dank an den Vertretern der 6 Unternehmungen, die sich für Stellungnahmen zur Thematik des Projektes zur Verfügung gestellt haben. Ein besonderer Dank gebührt auch Frau Arlette Frener für ihren Beitrag bei der Zusammenstellung der zahlreichen Grafiken. „Last but not least“ danken wir Herrn Dominique Reber, *economiesuisse* für die sehr gute organisatorische Begleitung des Projektes von Seiten des Auftraggebers.

Zusammenfassung

Der Technologiebereich ‚Cleantech‘ ist in den letzten Jahren weltweit stark gewachsen. Gemessen an ‚Cleantech‘-Patenten (-Erfindungen) stieg der weltweite technologische Output von 2'694 Patenten im Jahre 2000 auf 6'129 Patenten im Jahre 2008. Die Zunahme betrug 227%. Insgesamt erhöhte sich in diesem Zeitraum der weltweite Cleantech-Patentanteil von 2.5% auf 4.1%. Der Maschinenbau ist mit einem Cleantech-Patentanteil von 30% die wichtigste Branche dieses Sektors, gefolgt von der Chemie-Branche.

Jedoch beteiligten sich nicht alle Länder gleichermassen an diesem technologischen Aufschwung. Die Schweiz zählt dabei zur Gruppe von Ländern mit etwas stärker unterdurchschnittlicher internationaler Spezialisierung im Cleantech-Bereich. Dänemark, Österreich und Japan weisen hingegen den weltweit stärksten Spezialisierungsgrad auf.

Zu den Schweizer Branchen mit den höchsten Anteilen von Cleantech-Patenten gehören die Wirtschaftsbereiche Metallherzeugnisse, Metallherzeugung und der Maschinenbau, gefolgt von den nichtmetallischen Mineralstoffen, der Grundstoffchemie und dem Fahrzeugbau. Nur die Metallherzeugnisse und die nicht-metallischen Mineralstoffen haben einen Cleantech-Patentanteil der auch im internationalen Branchenvergleich überdurchschnittlich ist.

Geht man nun der Frage nach, welche Faktoren den Cleantech-Spezialisierungsgrad einer Branche bestimmen, so zeigt sich, dass vor allem die Kapitalintensität, die Offenheit einer Branche hinsichtlich Export- und Importverhalten, und der Beschäftigungsanteil energieintensiver Branchen von grosser Bedeutung sind.

Die vorliegende Studie beinhaltet auch eine Untersuchung des Cleantech-Spezialisierungsmusters auf Firmenebene. Hierbei verlassen wir den engen Bereich der Patentdaten und stützen uns auf die regelmässigen von der KOF erhobenen Innovationsdaten. Der Cleantech-Bereich wird demnach auf Basis der umweltrelevanten Innovationsziele einer Unternehmung definiert. Demgemäss können 23.5% der Schweizer Unternehmen mit mehr als 5 Beschäftigte dem Cleantech-Bereich zugerechnet werden; in der Industrie sind es 32.0%, in der Bauwirtschaft 16.0% und im Dienstleistungsbereich 14.2%.

Das Angebotspotential von Cleantech-Produkten (Anteil Cleantech-Produkte am Umsatzanteil innovativer Produkte) ist bei Unternehmen der Energiewirtschaft (primär Elektrizitätswirtschaft), bei Unternehmen der Steine/Erde-Branche, und der Elektronikindustrie besonders hoch. Ein immer noch überdurchschnittliches Angebotspotenzial zeigt sich bei Unternehmen der Wirtschaftsbereiche Kunststoffe, Papier, und Chemie. Im Dienstleistungsbereich wird das Angebotspotenzial deutlich niedriger eingeschätzt, wobei lediglich die Unternehmen des Handelsbereichs und des Finanzbereichs ein nennenswertes Potential aufweisen.

Wodurch unterscheiden sich innovative Firmen mit Cleantech-Schwerpunkt von innovativen Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt? Im Industriebereich sind die Cleantech-Firmen im

Durchschnitt grösser, kapitalintensiver und produktiver als andere Unternehmen, aber etwa gleich innovativ und exportorientiert wie die Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt. Die Cleantech-Firmen in der Industrie sind in der Regel stärkerem Preisdruck ausgesetzt und sie stützen sich bei Produktneuerungen stärker auf externe Wissensquellen, z.B. Lieferanten oder Konkurrenten.

Im Dienstleistungsbereich sind die Cleantech-Unternehmen im Durchschnitt ebenfalls grösser und kapitalintensiver als die anderen Firmen, aber nicht produktiver. Ferner sind sie innovativer und stärker exportorientiert. Unterschiede zwischen Unternehmen mit Cleantech-Schwerpunkt und Unternehmen ohne Cleantech-Schwerpunkt sind vor allem bei Prozessinnovationen zu finden. Hierbei veranlasst der Preisdruck insbesondere grössere Firmen zu umweltfreundlichen Prozessinnovationen, die unter Verwendung von externem Wissen von Lieferanten, Abnehmern von Produkten, Messen/Ausstellungen und Patentschriften entwickelt werden.

In der Studie wurde schliesslich auch untersucht, ob auf Länderstufe ein Zusammenhang zwischen Verpflichtungen (Kyoto-Protokoll) zur Reduktion von Treibhausgasemissionen und der Cleantech-Spezialisierung eines Landes besteht. In der Tat zeigt sich, dass ein höherer Erreichungsgrad der Kyoto-Ziele mit einer höheren Spezialisierung einhergeht, also dass der politische Wille, im Rahmen internationaler Übereinkünfte die Emissionstätigkeit zu reduzieren, die Spezialisierung in Bezug auf Cleantech erhöht.

Résumé

Les technologies liées aux cleantech ont connu ces dernières années de forts taux de croissance. A l'échelle mondiale, le nombre de brevets d'inventions "cleantech" a bondi de 2694 à 6129 unités entre 2000 et 2008, soit une progression de 227% dans ce domaines technologique. La part des brevets cleantech au total des brevets mondiaux est passée de 2,5% à 4,1%. La construction de machines est la principale branche d'activité cleantech (la part de ce type de brevets y atteint 30%), suivie de la chimie.

Tous les Etats ne participent pas de la même manière à cet essor technologique. La Suisse fait partie des pays dont le degré de spécialisation cleantech est un peu inférieur à la moyenne internationale. Les niveaux de spécialisation les plus élevés du monde sont ceux du Danemark, de l'Autriche et du Japon.

Parmi les branches suisses ayant les plus fortes proportions de brevets cleantech figurent les secteurs de la métallurgie et de la construction de machines, suivis par ceux des produits minéraux non métalliques, de la chimie de base et de la construction de véhicules. Il n'y a toutefois que dans les entreprises de produits métalliques et des produits minéraux non métalliques que cette proportion dépasse la moyenne internationale de la branche.

Parmi les facteurs considérés comme déterminants pour le degré de spécialisation cleantech d'une branche, les plus importants sont l'intensité en capital, l'ouverture du secteur aux échanges extérieurs (exportations-importations) ainsi que le taux d'emploi dans les branches à forte intensité énergétique.

La présente étude comporte aussi une enquête la spécialisation cleantech à l'échelon des entreprises. Nous quittons ici le domaine aride des chiffres sur les brevets pour nous intéresser aux relevés effectués régulièrement par le KOF en matière d'innovation. Dans ce cadre, le secteur cleantech est défini en fonction des objectifs d'innovation d'une entreprise liés à l'environnement. Il en ressort que 23,5% des entreprises suisses comptant plus de 5 employés peuvent être rangées dans le secteur cleantech; cette proportion atteint 32% dans l'industrie, 16% dans la construction et 14,2% dans les services.

Le potentiel d'offre de produits cleantech (proportion de produits cleantech dans la part au chiffre d'affaires des produits innovants) est particulièrement élevé parmi les entreprises du secteur énergétique (principalement électrique), dans celles des industries extractives et de l'industrie électronique. Ce potentiel dépasse également la moyenne dans les entreprises des secteurs plastique, papier et chimie. Il est nettement plus réduit dans les services, où seules les entreprises du commerce et du secteur financier présentent un potentiel significatif.

En quoi les entreprises innovantes engagées dans le cleantech se distinguent-elles de celles qui n'ont pas d'orientation cleantech? Dans le secteur industriel, les entreprises cleantech sont en moyenne plus importantes, plus intensive en capital et plus productives que d'autres sociétés, tout en restant à peu près aussi innovantes et exportatrices que les entreprises sans

focalisation sur le cleantech. Les entreprises cleantech de l'industrie sont généralement soumises à une plus forte pression sur les prix; de plus, pour le renouvellement de leurs produits, elles doivent s'appuyer davantage sur des sources de connaissances extérieures, venant p. ex. de fournisseurs ou de concurrents.

Dans le secteur des services, les entreprises cleantech sont également, en moyenne, plus grandes et plus intensives en capital que les autres sociétés, mais pas plus productives. Elles sont toutefois plus innovantes et plus actives à l'exportation. Les différences entre les entreprises tournées vers le cleantech et les entreprises non cleantech se situent principalement dans les innovations au niveau des procédés. A cet égard, la pression des prix incite les grandes entreprises en particulier à mettre aux point des procédés plus respectueux de l'environnement, qu'elles développent à l'aide d'un savoir extérieur provenant de fournisseurs, d'utilisateurs de produits, de foires/expositions et de brevets.

Enfin l'étude se penche également sur l'éventualité d'un lien entre les obligations visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre (protocole de Kyoto) et la spécialisation cleantech d'un pays. Il apparaît qu'un haut degré de réalisation des objectifs de Kyoto va de pair avec un degré de spécialisation élevé, autrement dit que la volonté politique de réduire des émissions nocives dans le cadre d'accords internationaux renforce la spécialisation dans les activités cleantech.

Executive Summary

Clean technologies (cleantech) experienced worldwide a tremendous growth during the past years. The worldwide technological output grew from 2'694 patents (inventions) in 2000 to 6'129 patents in 2008; the increase amounts to 227%. The share of cleantech patents on total patents increased from 2.5% to 4.1% between 2000 and 2008. Machinery with a cleantech patent share of 30% is the most important industry in this field, followed by the chemical industry.

Not all countries contribute equally to this technological upswing. Switzerland is among the group of countries that show a degree of specialisation below average. In contrast, Denmark, Austria, and Japan are the countries with the highest degree of specialisation worldwide.

Fabricated metal products, basic metals, and machinery are industries that show the greatest share of cleantech-patents in Switzerland followed by non-metallic mineral products, basic chemical, and vehicles. Only fabricated metal products and non-metallic mineral products show a cleantech-patent share that is above average in an international comparison of industries.

If we try to answer the question which factors determine the degree of cleantech specialisation of an industry, we see that especially capital intensity, the openness of an industry in terms of export and import behaviour, and the employment share of energy-intensive industries on country level are of great importance.

The study at hand also investigates the pattern of cleantech-specialisation on a firm level. This way, we leave aside the narrow field of patent statistics and focus on innovation data collected by KOF through periodical surveys. The field of cleantech is defined through the environment-related innovation goals of a firm. According to that criterion, 23.5% of Swiss enterprises with more than 5 employees can be assigned to the cleantech sector; the figures for the manufacturing, service, and construction sector are 32.0%, 14.2%, and 16.0% respectively.

Enterprises in the energy industry (electricity primary), the non-metallic mineral products industry, and the electronic industry show a remarkable large supply potential of cleantech products (share of cleantech products on sales share of innovative products). The supply potential is still above average for enterprises in the sectors rubber and plastic products, paper, and basic chemicals. The supply potential is clearly lower in services; only trade and financial services show a noteworthy potential.

What are the differences between enterprises with cleantech priorities and enterprises without cleantech priorities? Cleantech enterprises in manufacturing are larger, more capital intensive, equal in innovation, and more export oriented compared to firms without cleantech priorities. Moreover cleantech enterprises in the manufacturing sector are exposed to greater price

pressure and they preferably use external knowledge sources (e.g. suppliers, competitors) in order to develop new products.

Cleantech enterprises are also larger, and more capital intensive compared to other enterprises in the service sector. However, they are not more productive. Moreover, they are more innovative, and more export oriented. Differences between enterprises with cleantech priorities and enterprises without cleantech priorities can be found in process innovations. Here, price pressure drives larger enterprises to environmental friendly process innovations that are developed using knowledge from suppliers, customers, exhibitions, and patents.

The study at hand also investigates on a country level the relationship between commitments to reduce greenhouse gas emissions (Kyoto-protocol) and cleantech specialisation of a country. In fact, a greater attainment level of the Kyoto goals is positively related to specialisation. Hence, the political will, embedded in international agreements to reduce emissions, increases the cleantech specialisation of a country.

1. Einleitung

Um auf das „Potenzial von Cleantech-Produkten“ (im Sinne von erwartetem Marktvolumen) für die Schweiz im internationalen Vergleich - im Minimum in Form einer Tendenzaussage – schliessen zu können, wählen wir den Weg über die Einschätzung des „Innovationspotenzials“ des Cleantech-Sektors, welches die Basis für die Markterschliessung bildet.

Zur Abgrenzung des „Cleantech-Sektors“ im Industriebereich wird nach einer eingehenden Überprüfung von existierenden Alternativen die OECD-Klassifikation verwendet. Durch die Zusammenarbeit mit dem IGE (Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum) stehen uns diese Daten nicht nur auf Länderebene sondern auch auf Branchenebene zur Verfügung. Die Zuordnung der Patentaktivitäten auf Branchen erfolgt gemäss einem anerkannten Konkordanz-Schema.

Wir versuchen in einem ersten Schritt das „Innovationspotenzial“ dieses Sektors im Industriebereich für die Schweiz im internationalen Vergleich (mit 13 Ländern) einzuschätzen. Dabei beziehen wir uns auf die technologische Entwicklung (auf Basis von Patentdaten) im „Cleantech-Sektor“ seit 2000. Zu diesem Zweck wird die internationale Positionierung der Schweiz bezüglich „Cleantech“ anhand von Patentdaten auf Länder- und Branchenebene untersucht.

Unter *technologischem Potenzial* verstehen wir in dieser Studie die technologischen Möglichkeiten, die sich aus der gegenwärtigen Lage für die Zukunft ergeben können, ohne Veränderungen der Rahmenbedingungen. Wenn ein Land beispielweise bis heute eine überdurchschnittliche Spezialisierung im Cleantech-Bereich insgesamt oder in einem Teilbereich erreicht hat, gehen wir davon aus, dass auch in der Zukunft weiterhin ein überdurchschnittlicher technologischer Impuls aus dem Gesamt- oder einem Teilbereich kommen wird.

Eine vertiefte Analyse anhand eines ökonometrischen Modells, welches den Anteil von Cleantech-Patenten einer Branche (als zu erklärende Variable) als Funktion einer Reihe von Bestimmungsfaktoren erklärt, rundet diesen Teil der Analyse ab.

In einem zweiten Schritt konzentrieren wir uns auf die Schweizer Wirtschaft und untersuchen auf der Basis von Unternehmensdaten die gegenwärtige Situation in der Schweiz in Form einer Bestandsaufnahme der Innovationsaktivitäten und der wirtschaftlichen Leistung des Cleantech-Sektors in der Schweiz. Bei dieser Analyse wird der Cleantech-Sektor aufgrund der spezifischen Orientierung der Innovationsaktivitäten auf „cleantech“-relevante Innovationsziele (Innovationsziele) unter Berücksichtigung auch des Dienstleistungssektors definiert.

Ergänzend zur deskriptiven Analyse wird in einem stärker analytisch ausgerichteten Schritt ein Innovationsmodell spezifiziert und ökonometrisch geschätzt, separat für Unternehmen des

Cleantech-Sektors und für Unternehmen, die nicht zum Cleantech-Sektor gehören. Durch den Vergleich der Ergebnisse können wir auf allfällige Spezifika des Cleantech-Bereichs schliessen.

Zur Illustration solcher Innovationsaktivitäten werden Beispiele von Produktinnovationen im Cleantech-Bereich von sechs Schweizer Unternehmen kurz präsentiert.

In einem weiteren Schritt wird die Relation zwischen den Zielen des Kyoto-Vertrags (der die sachliche Basis des vorherrschenden klimapolitischen Szenarios bildet) bzw. den Abweichungen von den Kyoto-Zielen und der Stärke der technologischen Präsenz eines Landes im Cleantech-Bereich untersucht.

In einem letzten Schritt kombinieren wir die Informationen von Schritt 1 und Schritt 2 zu einer Gesamteinschätzung.

2. Das Innovationsprofil des Schweizer Cleantech-Sektors im Industriebereich auf der Basis von Patentdaten im internationalen Vergleich

2.1 Abgrenzung des Cleantech-Sektors auf Basis der Patentstatistik (OECD-Klassifikation)

Patente sind zusammen mit F&E-Aufwendungen die am häufigsten verwendeten Innovationsindikatoren. Sie weisen zwar erhebliche Nachteile auf (nicht alle Neuerungen sind patentierbar; kleinere Unternehmen sind bei der Patentierung nachweislich im Nachteil gegenüber grossen Firmen etc.), aber die Nachteile werden im Urteil der meisten Innovationsforscher durch die Vorteile der schnellen Verfügbarkeit für ein breites Spektrum von Aktivitäten und Ländern weit übertreffen.

Mit Hilfe des IGE wurden einige Parameter festgelegt, welche für die Abgrenzung des Cleantech-Sektors und die adäquate Erfassung der benötigten Patentdaten unerlässlich waren:

- *Cleantech-Klassifikation:* Zur Auswahl standen drei Klassifikationen: die Klassifikation YO2 vom Europäischen Patentamt (EPO), die zur engsten Abgrenzung führt, die Klassifikation von Thomson/Reuters, die breiter als die anderen beiden ist, und die Klassifikation der OECD („OECD Environmental Patents“), die abgrenzungsmässig etwa dazwischen steht und den zusätzlichen Vorteil der Vergleichbarkeit mit OECD-Studien aufweist.¹ In dieser Studie verwenden wir die OECD-Klassifikation (siehe OECD 2009, p. 52 für die genaue Abgrenzung anhand von Patentklassen).
- *Erfinder oder Anmelder:* Wir verwendeten die Anmelder-Statistik, da sie am ehesten die Patentperformance nach Herkunftsländern abbildet. Dennoch musste für die USA die Erfinder-Statistik verwendet werden, da die USA im Laufe der Referenzperiode den Erfassungsmodus gewechselt haben. Um eventuelle sich daraus ergebende Verzerrungen feststellen zu können, wurde Deutschland, für welches beide Statistiken vorliegen, nach beiden Modi ausgewertet. Wie die Ergebnisse zeigen, sind kaum Unterschiede auszumachen.
- *Patente bzw. Patentfamilien (Erfindungen):* In der vorliegenden Studie wurden die einzelnen Patente zu Patentfamilien nach dem Expertenverfahren von Thomson/Reuters zusammengefasst. Eine Patentfamilie bezeichnet eine Erfindung. Dadurch wird sichergestellt, dass nur wesentliche Neuerungen in der vorliegenden

¹ **YO2:** technologies for mitigation or adaption against climate change (Y02C: capture, storage, or disposal of greenhouse gases; Y02E: reduction of greenhouse gases emission, related to energy generation, transmission or distribution); **Thomson/Reuters:** green transportation, green power sources and energy generation, green fuels, environmental awareness, pollution control/reduction, recycling/recovery of materials; **OECD:** environmental patents (air pollution control, water pollution control, solid waste management, renewable energy).

Studie berücksichtigt werden. Technologisch unwesentliche, eher strategische Patentanmeldungen werden somit nicht gesondert beachtet. Mit dem Begriff „Patente“ werden in dieser Studie somit „Patentfamilien bzw. Erfindungen“ bezeichnet.

Der Blick auf die Erfindungen statt auf Patentdokumente hat zunächst zwei Vorteile: a) Verringerung von Artefakten, welche durch unterschiedliche Patenterteilungssysteme in den verschiedenen Ländern bedingt sind; b) Verringerung von Artefakten, welche durch die unterschiedliche Anmeldekultur bedingt sind (USA: viele einzelne Anmeldungen zu einer Erfindung; Europa: eher wenige Anmeldungen zu einer Erfindung).

- *Anmeldungen bei nationalen Patentämtern oder PCT (Patent Co-operation Treaty)-Patente:* Es wurden nur PCT-Patente erfasst, da auch die OECD-Statistik darauf basiert. Diese Kategorie von Patenten ist enger als die nationalen Patente, da nicht alle Patentierende einen so umfassenden Schutz beanspruchen, wie ihn die PCT-Patente gewähren.
- *Länderauswahl:* Es wurden insgesamt 14 Länder gewählt, die wichtigsten Europäischen Länder (viele von ihnen auch direkte Konkurrenten der Schweiz),² die beiden grossen Länder USA und Japan und China als der wichtigste Vertreter der „emerging economies“.
- *Zeitraum:* Es wurde die Periode 2000-2008 untersucht, d.h. die Periode wurde bewusst auf den Zeitraum unmittelbar vor der Finanzkrise limitiert.

2.2 Technologische Entwicklung des Cleantech-Sektors weltweit anhand der Patentstatistik

Die Cleantech-Patente machen zwar einen kleinen Anteil des weltweiten technologischen Portfolios aus, dieser Anteil ist aber zwischen 2000 und 2008 von ca. 2.5% auf ca. 4.1% angestiegen (Grafik 2.1). Dies bedeutet, dass die Anzahl von Patenten im Cleantech-Bereich in der betreffenden Periode beträchtlich stärker gewachsen ist als die Anzahl von Patenten insgesamt. Noch eindrucksvoller ist die Zunahme in absoluten Zahlen; sie stieg von 2'694 auf 6'129 Patente, also um etwa 227%.

2.3 Technologische Länderprofile im Cleantech-Sektor insgesamt

Zur Charakterisierung der Länderprofile verwenden wir die folgenden drei Indikatoren:

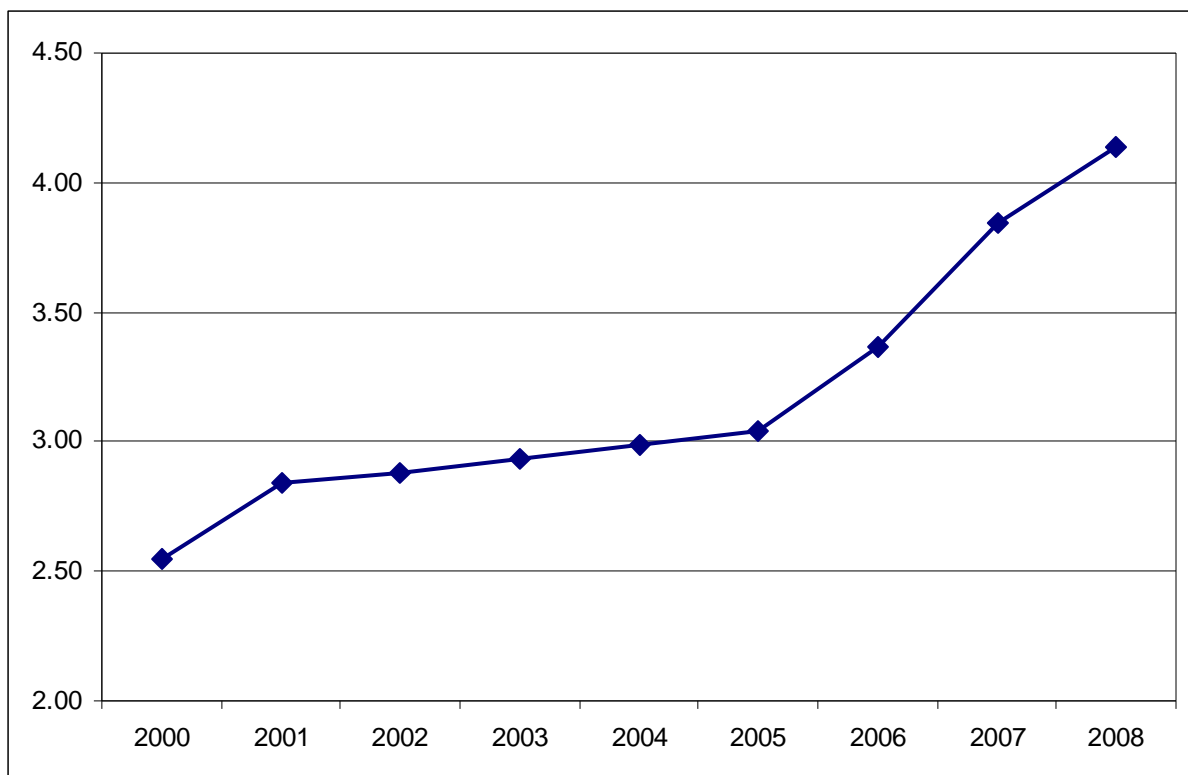
² Deutschland, Grossbritannien, Frankreich, Italien, Niederlande, Irland, Österreich, Dänemark, Schweden und Finnland.

(a) Anteil eines Landes an den Cleantech-Patenten weltweit. Dadurch wird die *relative Bedeutung* eines Landes im Cleantech-Bereich gemessen.

(b) Quotient des Anteils Cleantech-Patente eines Landes an den Patenten insgesamt dieses Landes zum Anteil der Cleantech-Patente weltweit an den Patenten insgesamt weltweit („Revealed Technological Advantage“ RTA), der den *internationalen Spezialisierungsgrad* eines Landes im Cleantech-Bereich misst; Werte höher als 1 weisen auf eine überdurchschnittliche Spezialisierung, Werte niedriger als 1 auf eine unterdurchschnittliche Spezialisierung hin. Der Wert 1 entspricht einer Spezialisierung wie im Weltdurchschnitt.

(c) Anteil der Cleantech-Patente an den Patenten insgesamt eines Landes. Dadurch wird der nationale Spezialisierungsgrad gemessen.

Grafik 2.1: Anteil der Cleantech-Patente an den Patenten insgesamt weltweit



Entwicklung der Cleantech-Anteile der Länder

Die Grafik 2.2 zeigt die Entwicklung der Anteile der in dieser Studie berücksichtigten Länder an den Cleantech-Patenten weltweit in der Periode 2000-2008. Nach dem Weltanteil lassen sich die Länder in drei Gruppen unterteilen, dazu die Sonderfälle Irland und China. Die erste Gruppe enthält die grösseren Länder USA, Japan und Deutschland, deren Anteile im Bereich 17%-35% liegen. Während die Anteile von den USA und Deutschland im Zeitverlauf von

34% (2000) auf 25% (2008) bzw. relativ geringfügig von 19% auf 18% abnahmen, wuchs der Japan-Anteil von ca. 18% auf etwa 22%.

Die zweite Gruppe besteht aus den beiden mittelgrossen Ländern Grossbritannien und Frankreich mit Anteilen zwischen 5% und 6%. In beiden Ländern veränderte sich der Cleantech-Anteil in der Periode 2000-2008 nur wenig, wobei für Frankreich eher eine steigende, für Grossbritannien aber (seit 2005) eher eine fallende Tendenz zu verzeichnen ist.

Zur dritten Gruppe der kleineren Länder mit Anteilen von 1% bis 3.5% gehören die restlichen Länder inklusiv Schweiz, aber ohne Irland, das einen Anteil aufweist, der niedriger als 1% ist. China als aufstrebendes Schwellenland bildet eine Referenzgruppe für sich (Anteil von etwa 3.5% im Jahr 2008). Von diesen Ländern weist Dänemark das mit Abstand höchste relative Anteilswachstum auf; in der betrachteten Periode wurde der Cleantech-Anteil von 1.7% auf 3.4% verdoppelt. Auch Italien zeigt eine Anteilszunahme von 1.2% auf 2.4%. Für Schweden, Österreich und die Niederlande ist eine fallende Tendenz festzustellen, der Anteil Finnlands stagnierte im Referenzzeitraum.

Der Anteil Irlands blieb in der ganzen Periode unter 1%. China als „Newcomer“ in diesem Bereich vergrösserte seinen Anteil von 1% auf ca. 3.5%. Es ist auch in der Zukunft mit einer stärkeren Präsenz Chinas im Cleantech-Bereich zu rechnen.

Die *Schweiz* gehört zur dritten Gruppe. Der Schweizer Anteil blieb praktisch konstant, er betrug 2.6% (2000) bzw. 2.8% (2008) mit geringfügigen Schwankungen in beide Richtungen in den Jahren dazwischen.

Internationale Spezialisierung

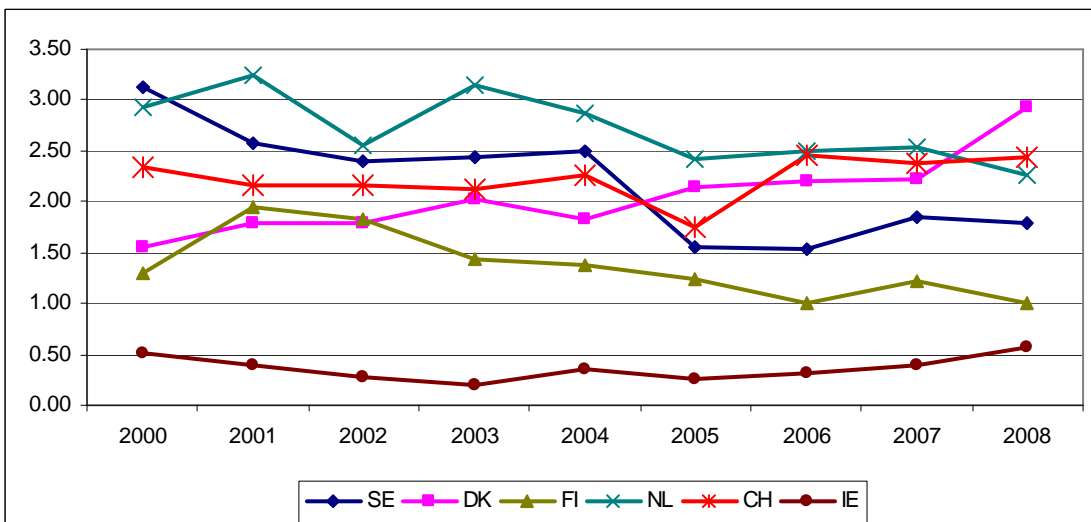
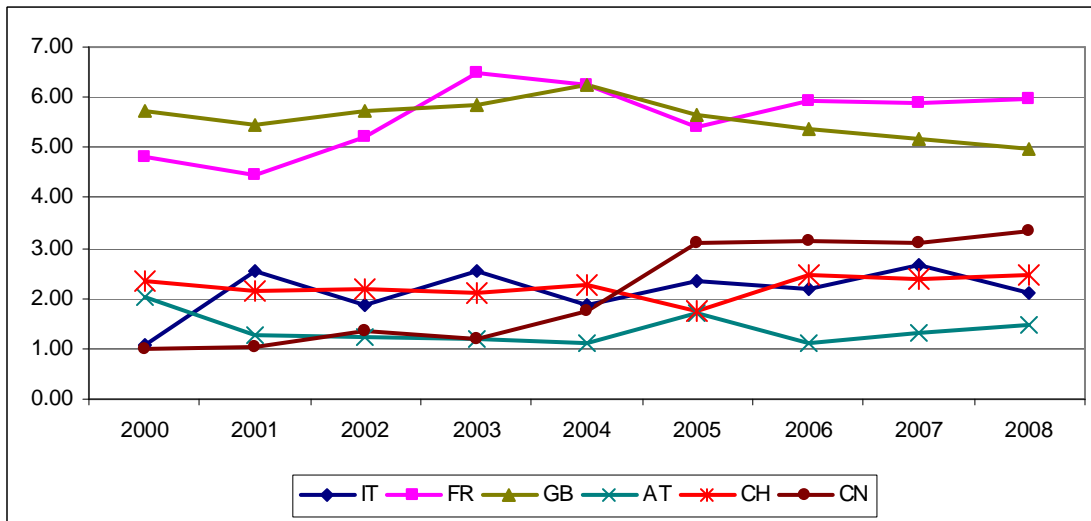
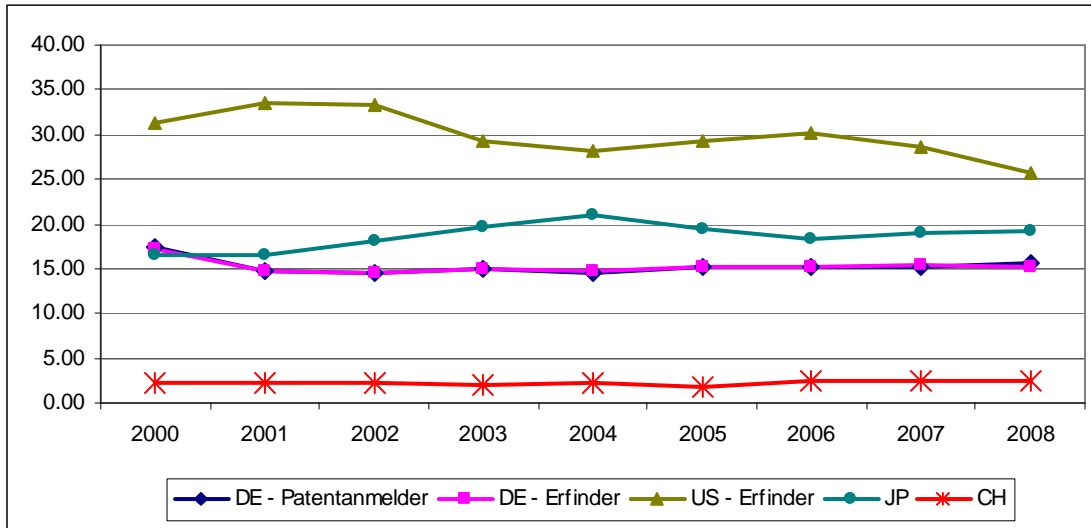
Grafik 2.3 enthält die *durchschnittlichen* RTA-Werte für die Periode 2000-2008 nach Ländern. Wir verzichten hier auf eine Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Spezialisierung, da die Kerninformation bereits im Mittelwert (in Kombination mit der Entwicklung des Weltanteils in Grafik 2.1) enthalten ist. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Spezialisierung einen Prozess der Kumulierung von Wissen und Kompetenz in einem bestimmten Bereich darstellt, der relativ langsam vor sich geht.

Dänemark weist die mit Abstand höchste Spezialisierung im Cleantech-Bereich auf, gefolgt von Österreich und Japan, alle drei Länder, die auch einen wachsenden Weltanteil verzeichnen. Deutschland ist das vierte Land mit einer – wenn auch eher schwachen – überdurchschnittlichen Spezialisierung. Eine Reihe von Ländern sind durch praktisch keine (Frankreich) bzw. nur schwach unterdurchschnittliche Spezialisierung (Italien, Irland, Grossbritannien und Finnland) gekennzeichnet. Die *Schweiz* gehört zur dritten Kategorie von Ländern mit etwas stärker unterdurchschnittlicher Spezialisierung im Cleantech-Bereich. Dazu gehören auch Schweden und die USA. China weist ebenfalls eine unterdurchschnittliche Spezialisierung in diesem Bereich auf.

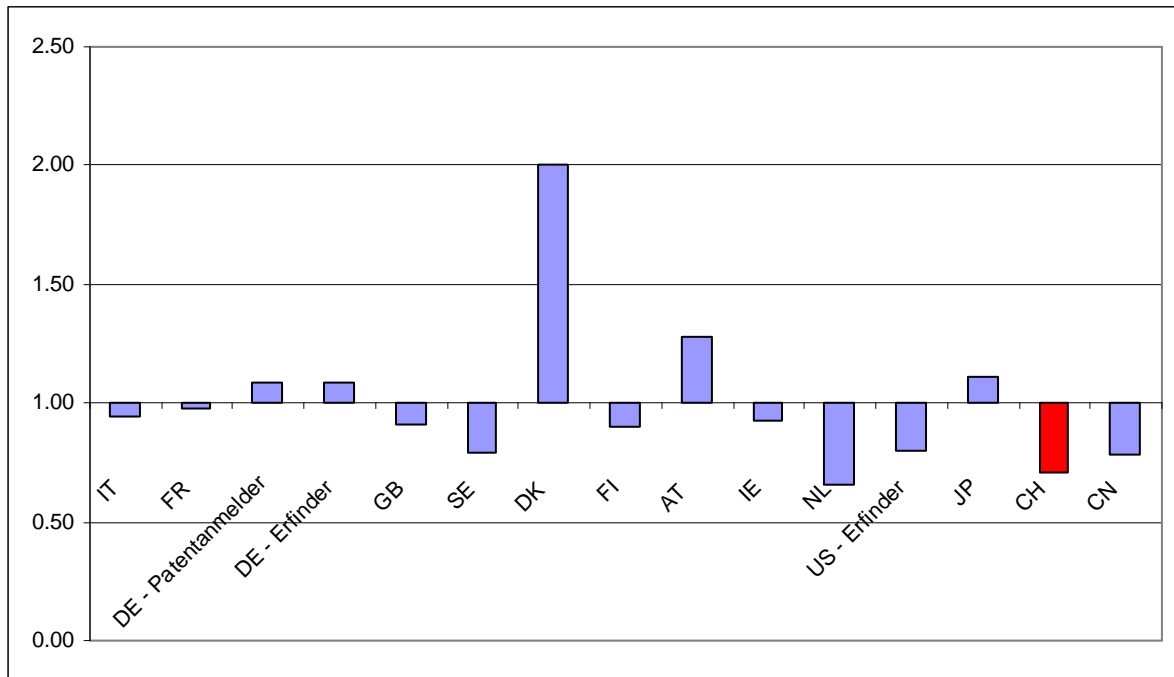
Nationale Spezialisierung

Grafik 2.4 enthält die *durchschnittlichen* Anteile der Cleantech-Patente an den Patenten insgesamt eines Landes (*nationale* Spezialisierung). Auch in diesem Fall werden nur die Mittelwerte über die Periode 2000-2008 gezeigt. Das Bild sieht ähnlich aus wie in der Grafik 2.1. Überdurchschnittliche Anteile (d.h. höher als der durchschnittliche Anteil von Cleantech-Patenten weltweit von ca. 3.2%) weisen auch hier an erster Stelle Dänemark gefolgt von Österreich und Japan und – mit grösserem Abstand – Deutschland auf. Italien, Frankreich, Grossbritannien, Irland und Finnland zeigen etwa eine durchschnittliche nationale Spezialisierung. In den Ländern USA, Niederlande, Schweden und der *Schweiz* ist die Cleantech-Spezialisierung bezogen auf andere technologische Bereiche im gleichen Land unterdurchschnittlich. Dies ist auch in China der Fall.

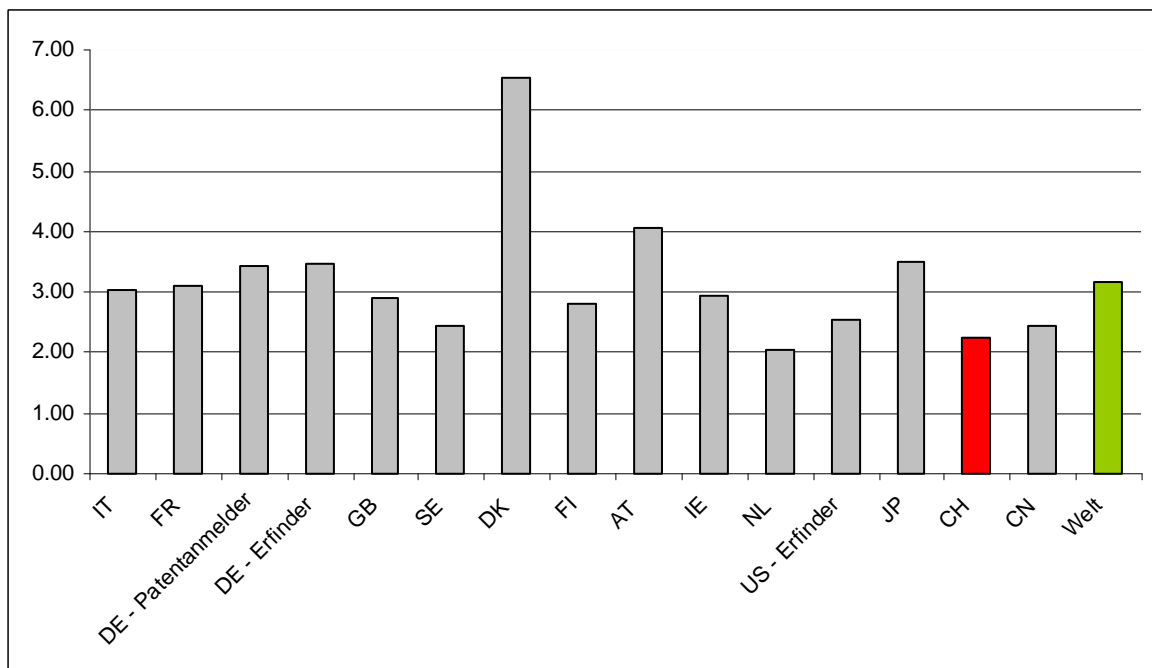
Grafik 2.2 Entwicklung der Anteile der Cleantech-Patente der Länder an den Cleantech-Patenten insgesamt



Grafik 2.3: Durchschnittliche internationale Spezialisierung (Mittelwert der RTA-Werte 2000-2008)



Grafik 2.4: Durchschnittliche nationale Spezialisierung (Mittelwert der Anteile der Cleantech-Patente an den Patenten insgesamt eines Landes 2000-2008)



2.3 Technologische Profile in Teilbereichen des Cleantech-Sektors

Gemäss der OECD-Spezifikation sind die Cleantech-Patente (environmental patents) in vier Teilbereiche eingeteilt: Luftverschmutzungsschutz (air pollution control), Wasserverschmutzungsschutz (water pollution control), Bewirtschaftung von festen Abfällen (solid waste management) und erneuerbare Energien (renewable energy). In den folgenden Teilgrafiken der Grafik 2.5 werden die RTA-Werte des jeweiligen Teilbereichs (internationale Spezialisierung) und zwar im Durchschnitt der Periode 2000-2008 präsentiert.

Internationale Spezialisierung in Teilbereichen

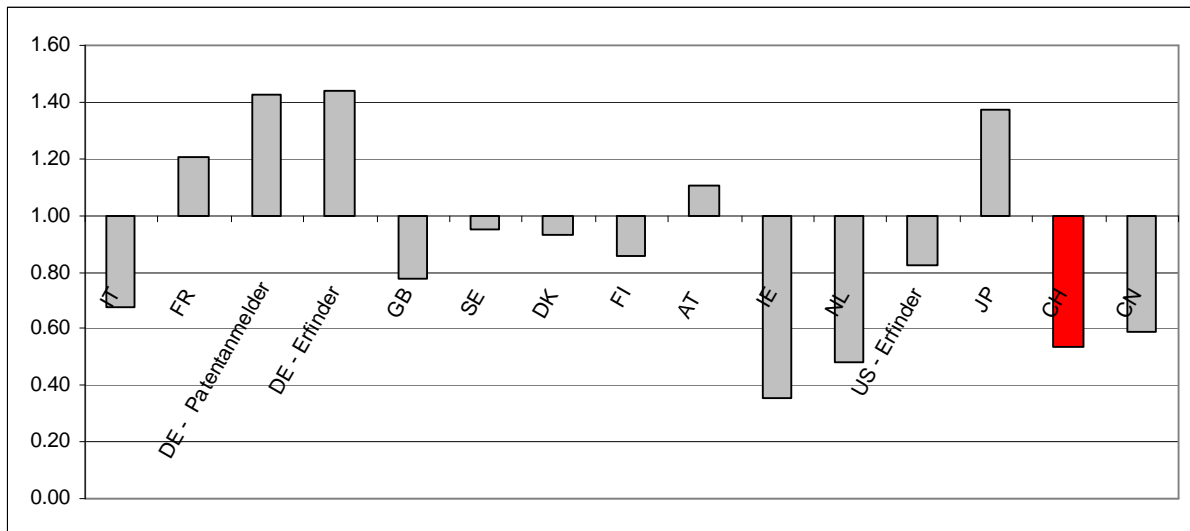
Die Analyse der Spezialisierung in den Teilbereichen des Cleantech-Sektors führt zu zusätzlichen Einsichten, welche über diejenigen der Analyse des Aggregats „Cleantech-Bereich insgesamt“ hinausgehen.

Die *Schweiz* weist in allen vier Teilbereichen eine *unterdurchschnittliche* Spezialisierung aus, insbesondere bei den Technologien, die mit dem Luftverschmutzungs- und Wasserverschmutzungsschutz zusammenhängen, am wenigsten bei der *Bewirtschaftung von festen Abfällen* und den *erneuerbaren Energien* (praktisch im Weltdurchschnitt). Angesichts der relativ starken Präsenz der EAWAG in der Grundlagen- aber auch in der angewandten Forschung im Bereich der Wasserchemie und des Wasserschutzes (siehe auch Tabelle 2.2) ist es etwas erstaunlich, dass nicht auch der Patentoutput in diesem Bereich überdurchschnittlich ist. Offenbar wird in der Schweiz in diesem Bereich viel geforscht, aber wenig patentiert.

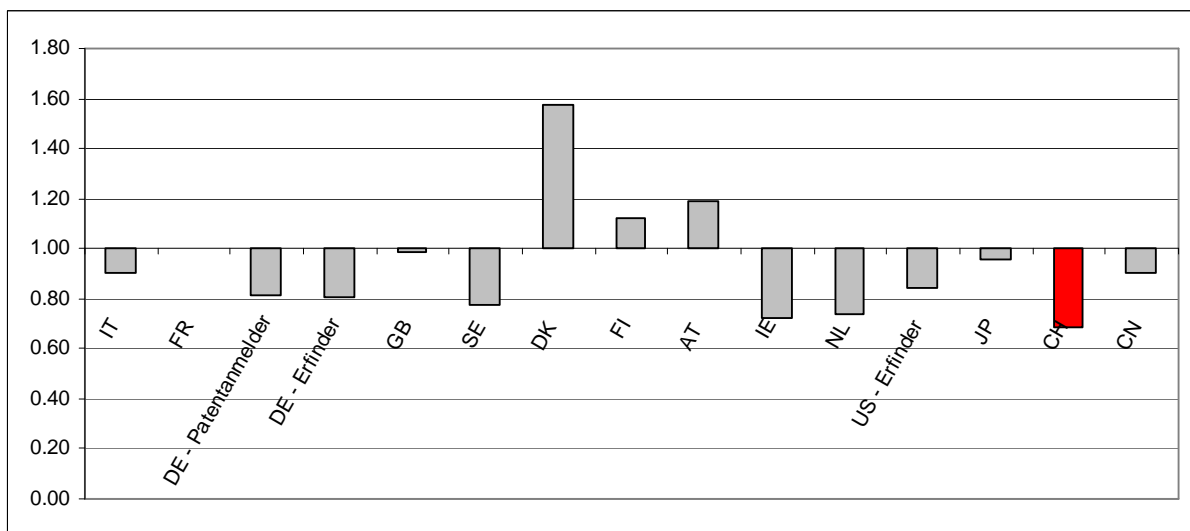
Bei den anderen Ländern zeigen Deutschland und Japan eine stark überdurchschnittliche Spezialisierung im Bereich Luftverschmutzungsschutz. Auch Frankreich und Österreich weisen eine leicht überdurchschnittliche Leistung in diesem Bereich auf. Dänemark ist am stärksten spezialisiert in „water pollution control“, mit grossem Abstand gefolgt von Österreich und Finnland. Irland ist stark spezialisiert in der Bewirtschaftung von festen Abfällen. Dänemark, Finnland, Österreich, Italien und – in kleinerem Ausmass – Grossbritannien weisen eine überdurchschnittliche Spezialisierung in diesem Bereich auf. Schliesslich ist Dänemark bei den erneuerbaren Energien der unbestrittene „Champion“. Nur leicht überdurchschnittlich in diesem Bereich sind Österreich, Deutschland und Japan. Generell sind bei den erneuerbaren Energien – mit Ausnahme von Dänemark – die Spezialisierungsunterschiede unter den hier betrachteten Ländern eher gering.

Grafik 2.5: Internationale Spezialisierung nach Teilbereichen des Cleantech-Sektors

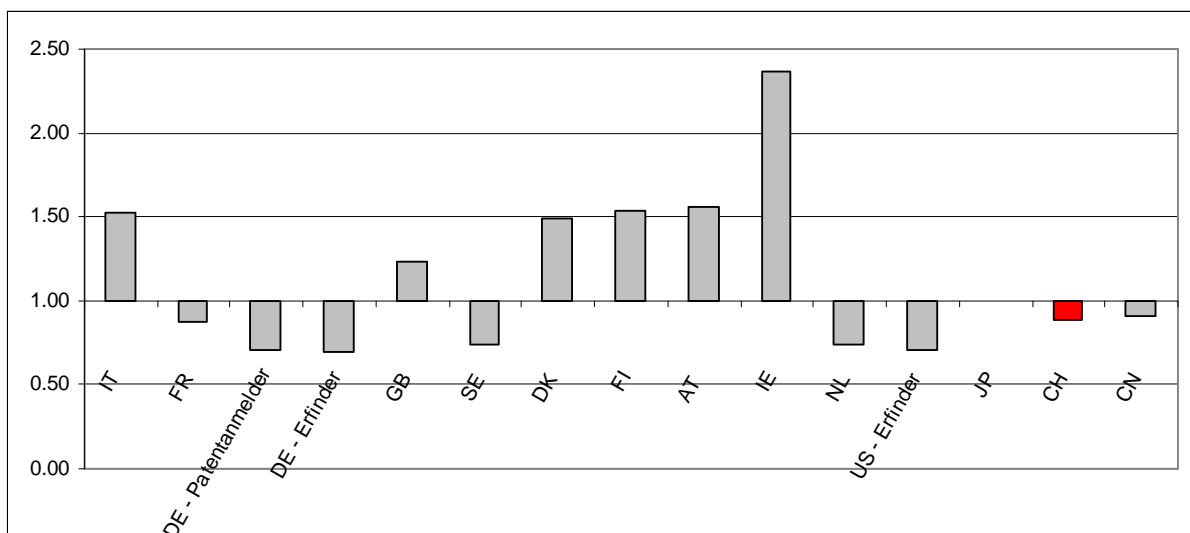
Luftverschmutzungsschutz (air pollution control) (RTA-Werte)



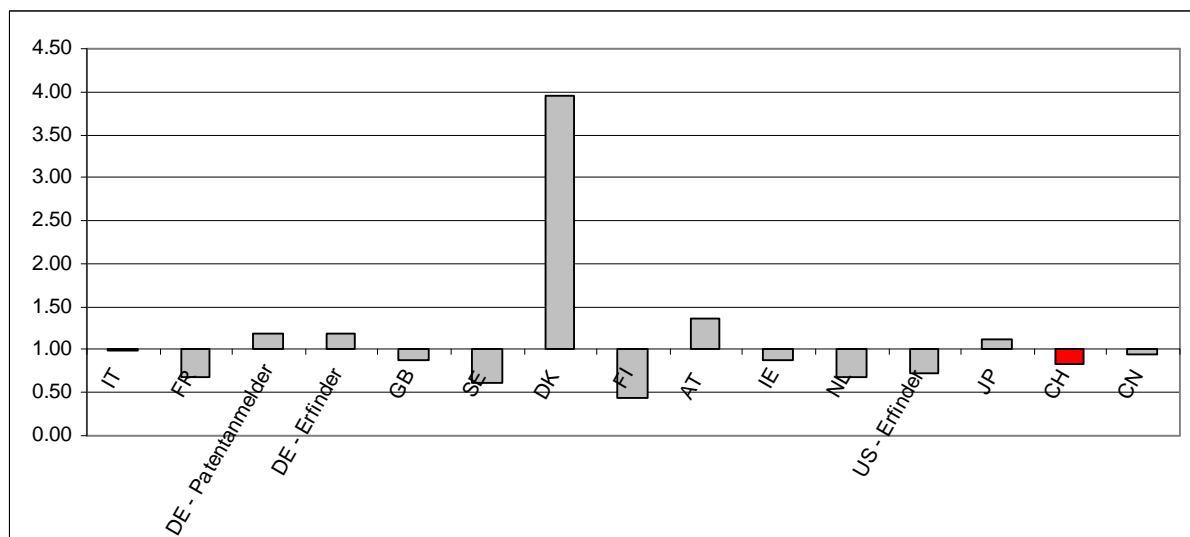
Wasserverschmutzungsschutz (water pollution control) (RTA-Werte)



Bewirtschaftung von festen Abfällen (solid waste management) (RTA-Werte)



Erneuerbare Energien (renewable energy) (RTA-Werte)



2.4 Technologische Profile im Cleantech-Sektor nach Branchen

Auf der Basis eines Korrespondenzschlüssels (siehe Schmoch et al. 2003) ist es möglich, die Patentklassen nach der international üblichen Klassifikation den Industriebranchen nach NACE bzw. NOGA zuzuordnen. Diese Zuordnung erlaubt nun die Berechnung der Anteile der Cleantech-Patente an den Patenten insgesamt einer Branche für 22 Branchen und für jedes der hier betrachteten Länder.

In Grafik 2.6 betrachten wir die zeitliche Entwicklung der Anteile der Cleantech-Patente einer bestimmten Branche an den Cleantech-Patenten insgesamt weltweit. Es werden die 11 Branchen mit den höchsten Cleantech-Patentanteilen berücksichtigt. Der Maschinenbau ist mit einem über die Zeit beinahe konstanten Anteil von 30% die wichtigste Branche im Cleantech-Sektor. Die Chemie-Branche weist über die gesamte Periode den zweithöchsten Anteil auf. Dieser Anteil ist aber von ca. 35% (2000) auf etwa 18% (2008) gefallen. Eine weitere Branche, deren Anteil ebenfalls eine – wenn auch eher schwache – fallende Tendenz zeigt, ist der Bereich Metallerzeugung. Dafür haben die Anteile von drei anderen Branchen in dieser Periode zugenommen: Nachrichtentechnik, Radio, Fernsehen von etwa 5% auf 15%, Metallerzeugnisse von 4% auf 6% und Elektrizitätserzeugung/-verteilung von 2% auf ca. 4%. Praktisch konstant sind die Anteile der restlichen der in Grafik 2.6 aufgetragenen Branchen geblieben. Vermutlich haben die chemische Industrie und die Metallindustrie früher als die anderen Branchen mit Cleantech-Neuerungen angefangen, andere Branchen holten jedoch auf, so dass ihre Anteile – insbesondere jener von der chemischen Industrie – fallen mussten.

Damit die präsentierte Information überblickbar bleibt, verwenden wir auch in den 13 Länderteilgrafiken der Grafik 2.7 die Durchschnitte der Periode 2000-2008. Zudem wird in den Teilgrafiken dem Länderanteil der Weltanteil für jede Branche beigegefügt, so dass ein

Vergleich möglich ist, der die Bestimmung der *Cleantech-Spezialisierung* auch auf *Branchenstufe* erlaubt.

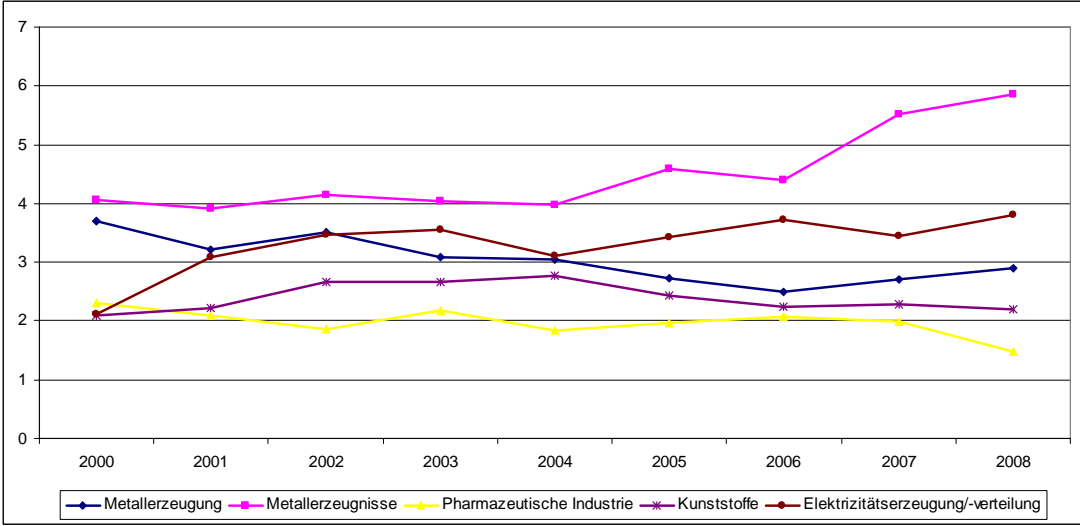
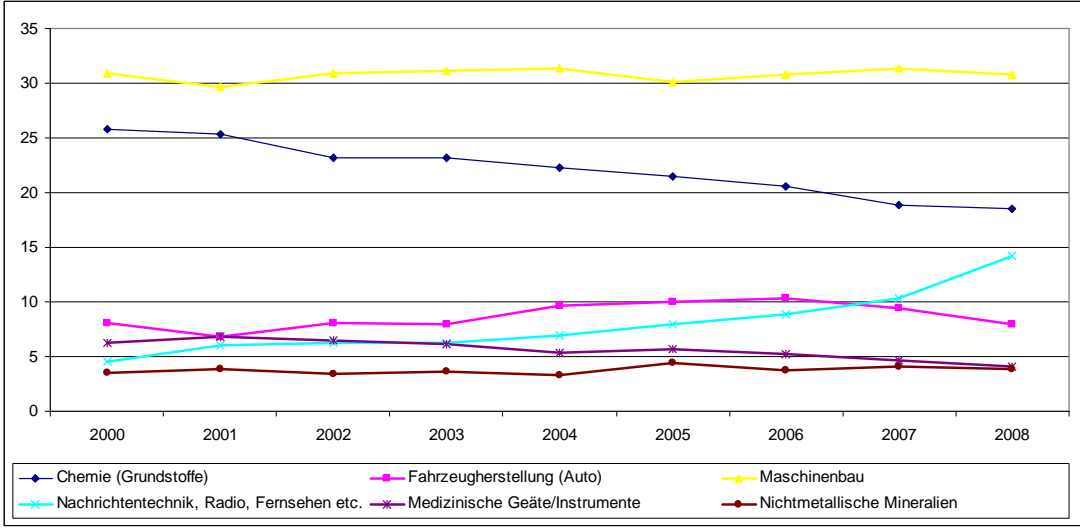
Branchenprofil der Schweiz

Wir betrachten die Angaben in der Teilgrafik für die Schweiz unter zwei Gesichtspunkten. Erstens interessiert hier die Identifizierung der Branchen mit den höchsten Anteilen von Cleantech-Patenten, da ja diese nach unserer Betrachtung auch die Branchen mit dem höchsten technologischen Potenzial sein sollen. Zu diesen Branchen – wenn man von der Mineralölverarbeitung absieht, die unbedeutend für die Schweiz ist – gehören die Wirtschaftsbereiche Metallerzeugnisse (ca. 12%), Metallerzeugung und Maschinenbau (ca. 7%), nichtmetallische Mineralien, Grundstoffchemie und Fahrzeugbau (etwa 5%). Die restlichen Branchen liegen unter 5%. Zweitens, ist es auch von Bedeutung, ob die für die Schweiz relevanten Cleantech-Branchen auch weltweit als solche zu betrachten sind. Tatsächlich – wenn man hier von der Mineralölverarbeitung absieht – gehören alle Branchen mit Anteilen höher als 5% zu den auch weltweit relevanten Cleantech-Branchen, allerdings sind die entsprechenden Anteile weltweit höher als in der Schweiz, mit Ausnahme der Bereiche Metallerzeugnisse und nichtmetallische Mineralstoffe (Steine & Erden). Die Differenzen sind aber nicht gross, wie der Vergleich der CH-Balken mit den Balken für die Weltanteile in der ersten Teilgrafik in Grafik 2.7 zeigt. Die Schweiz weist nur in zwei Bereichen eine überdurchschnittliche Cleantech-Spezialisierung auf.

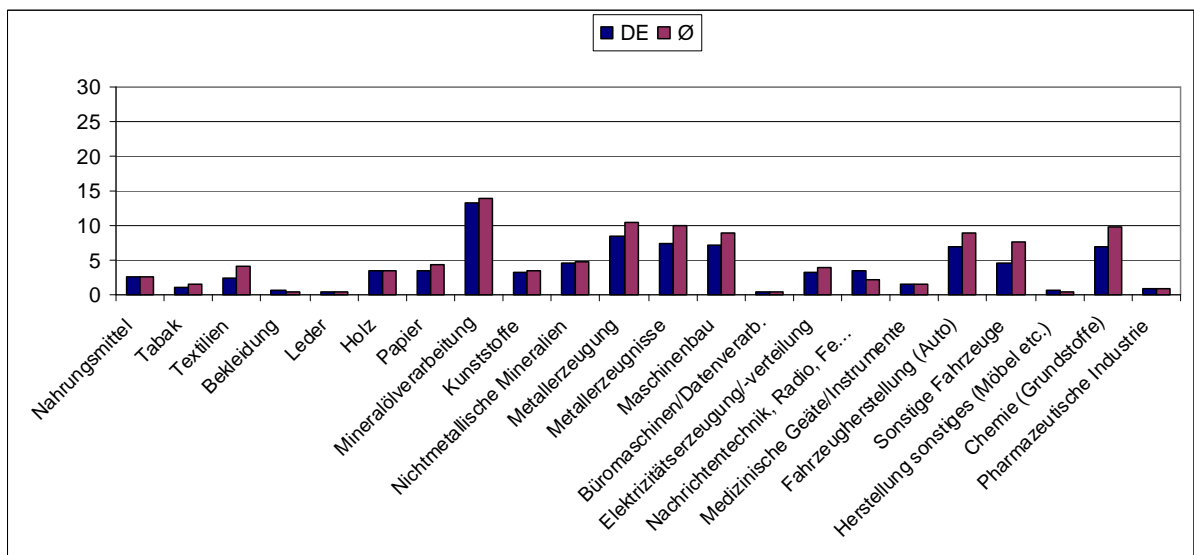
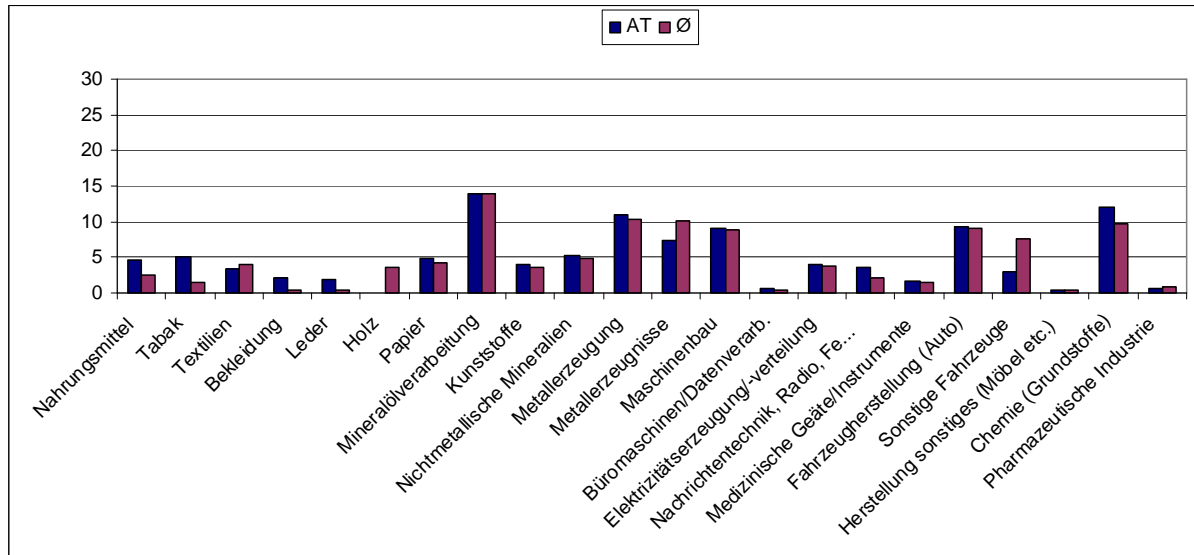
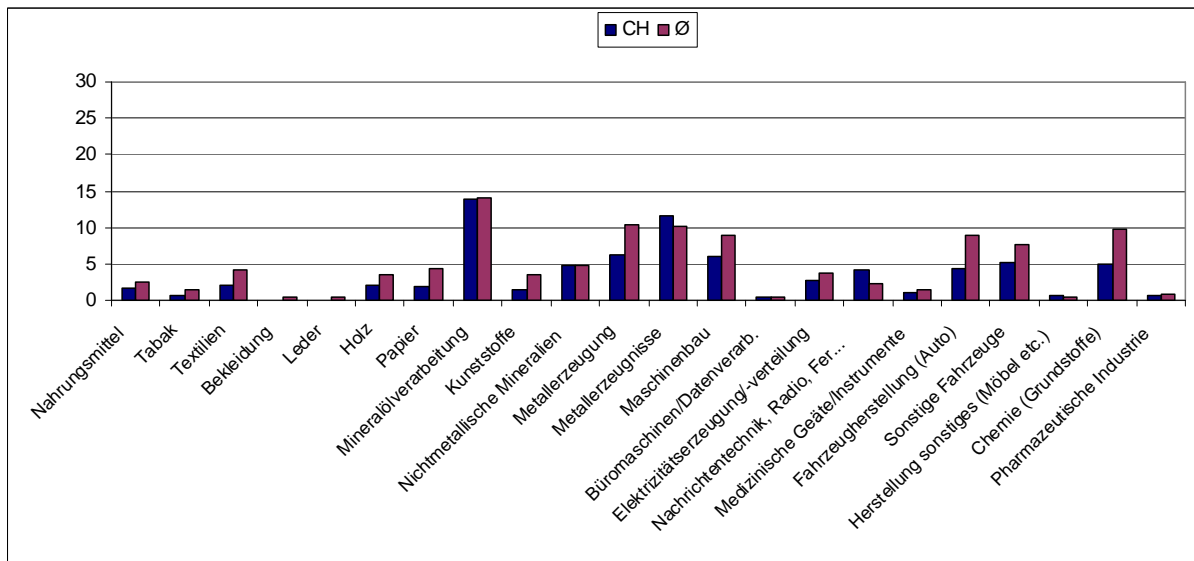
Profile anderer Länder

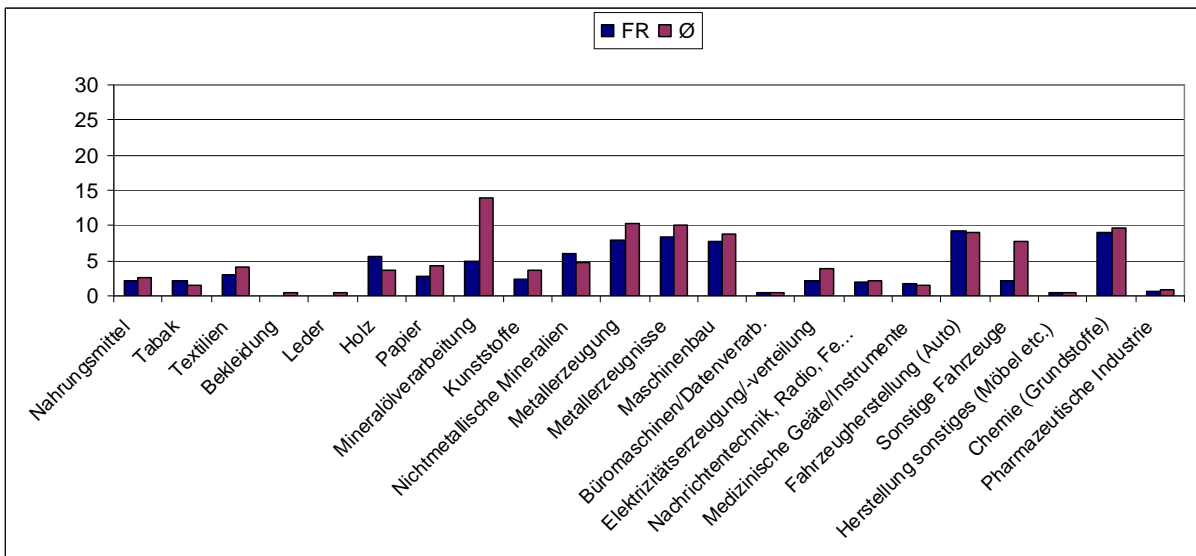
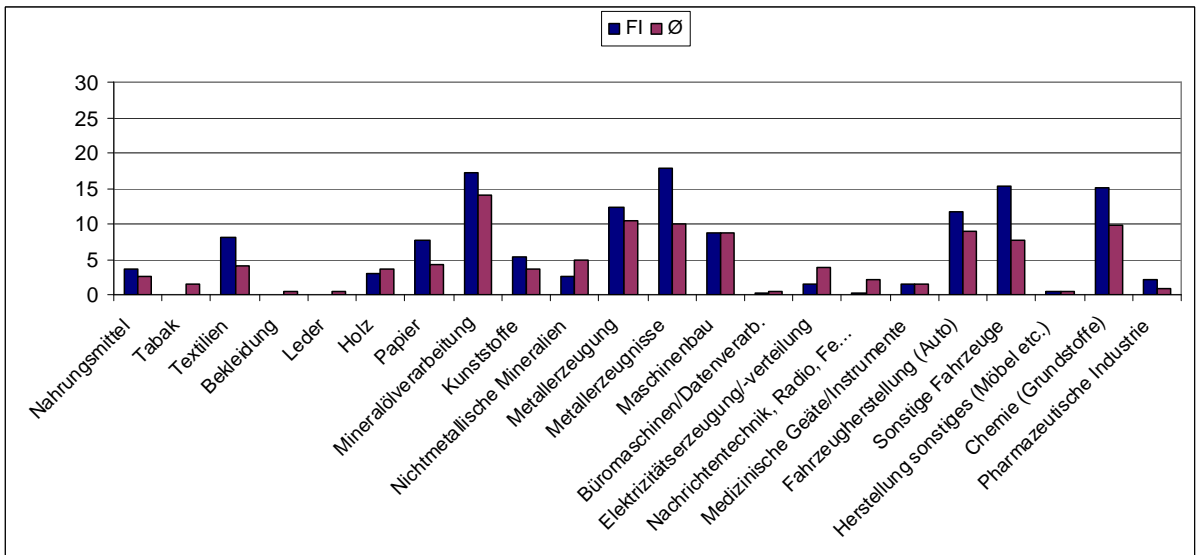
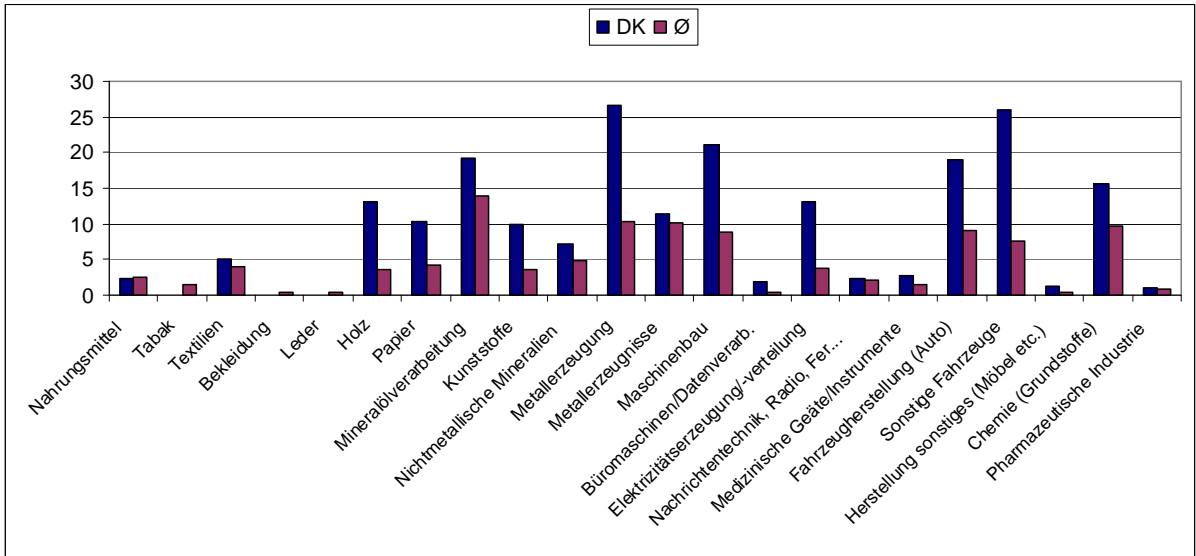
Dänemark und Finnland sind die Länder, die bei den weltweit „cleantech-relevanten“ Bereichen (Metallindustrie, Maschinen- und Fahrzeugbau und Grundstoffchemie) eine überdurchschnittliche Spezialisierung aufweisen. Auch Irland hat – wenn auch nur leicht - überdurchschnittlich hohe Cleantech-Anteile in den „cleantech-relevanten“ Branchen; Grossbritannien ist in diesen Bereichen nur durchschnittlich spezialisiert. Bei den restlichen Ländern verzeichnen nur einzelne Branchen eine überdurchschnittliche Spezialisierung: Österreich und Schweden in der Grundstoffchemie, Japan und die USA in der Automobilherstellung.

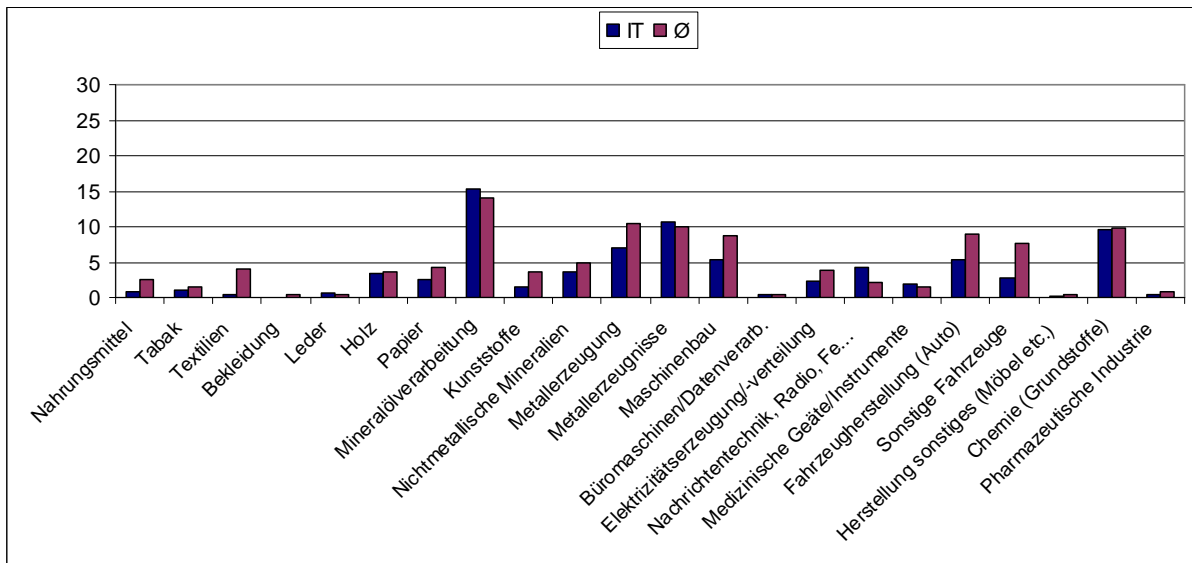
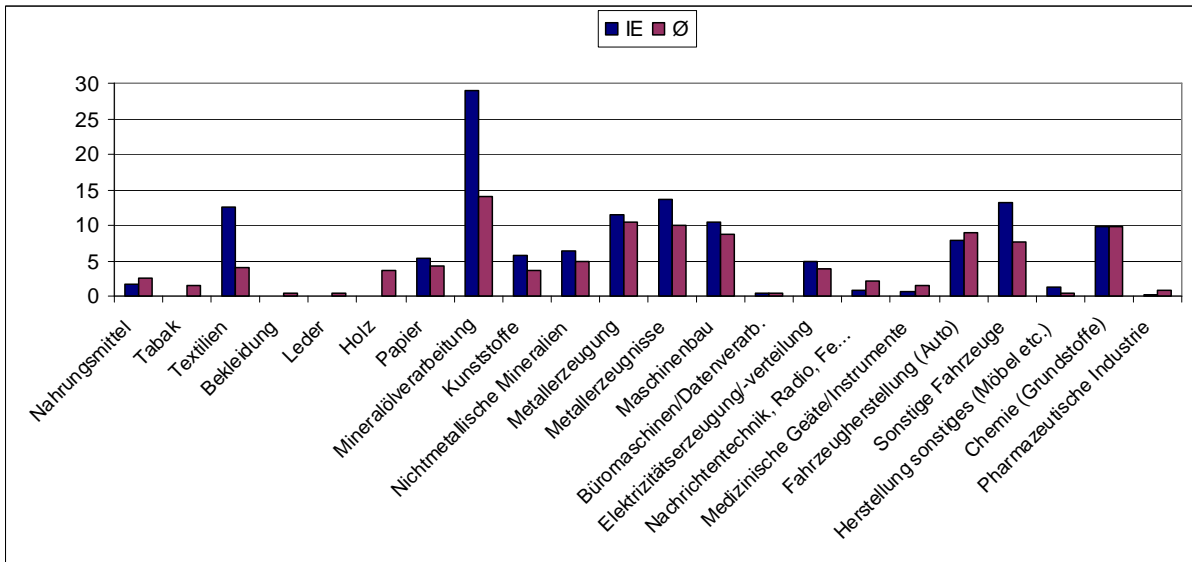
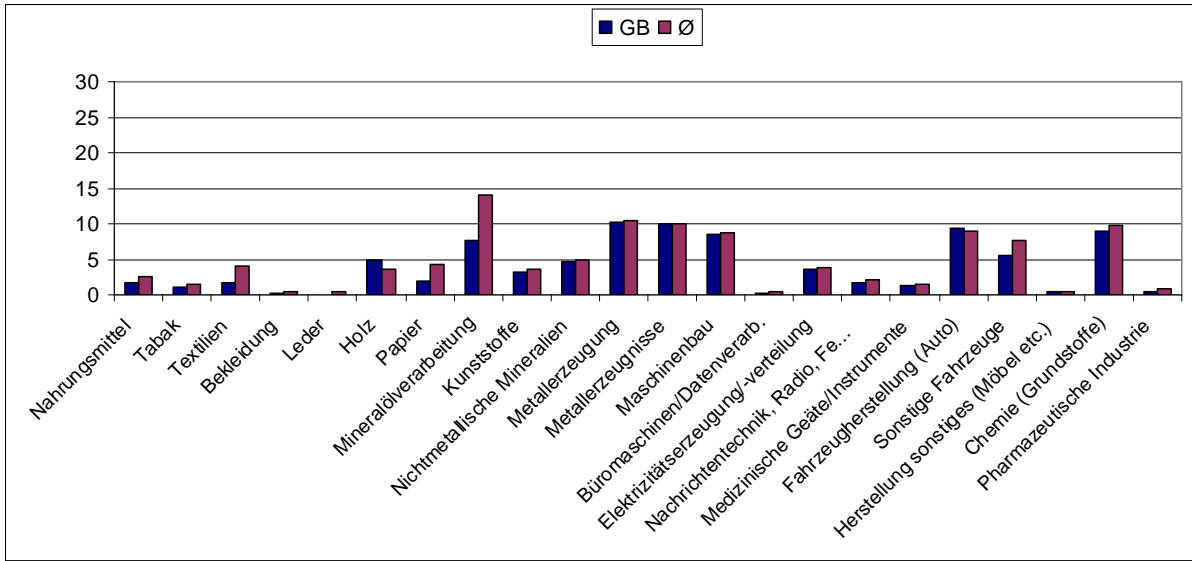
Grafik 2.6: Anteile der Cleantech-Patente einer bestimmten Branche an den Cleantech-Patenten insgesamt weltweit

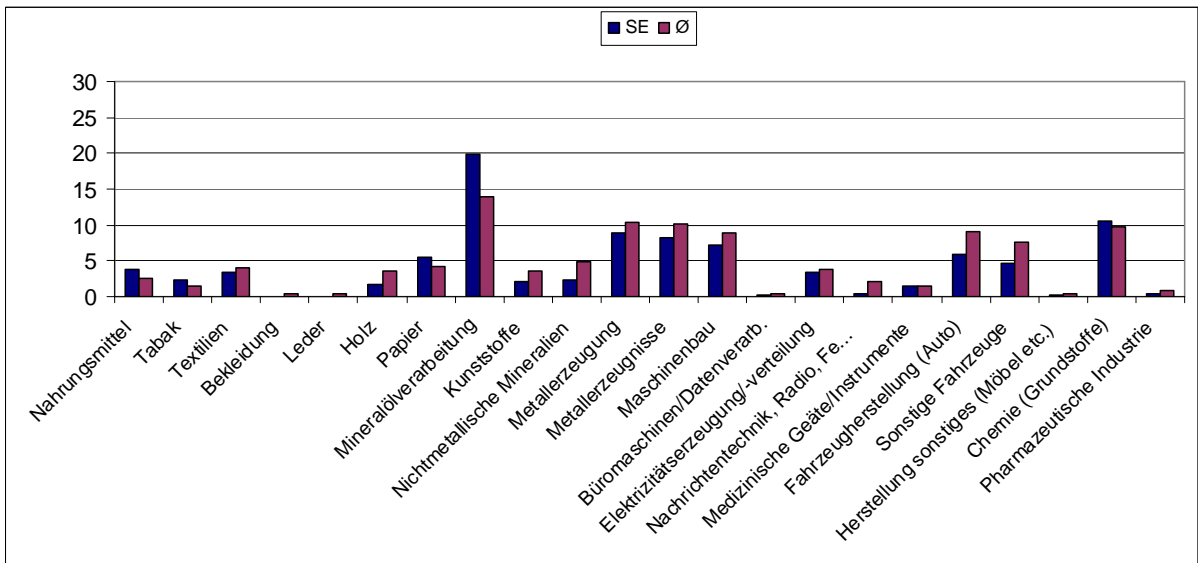
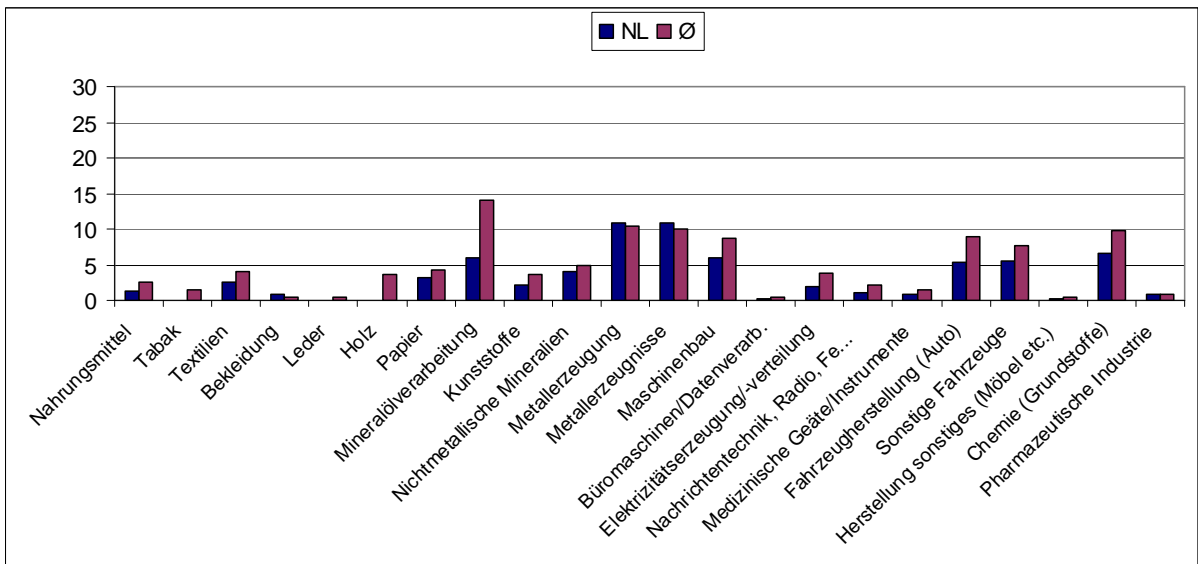
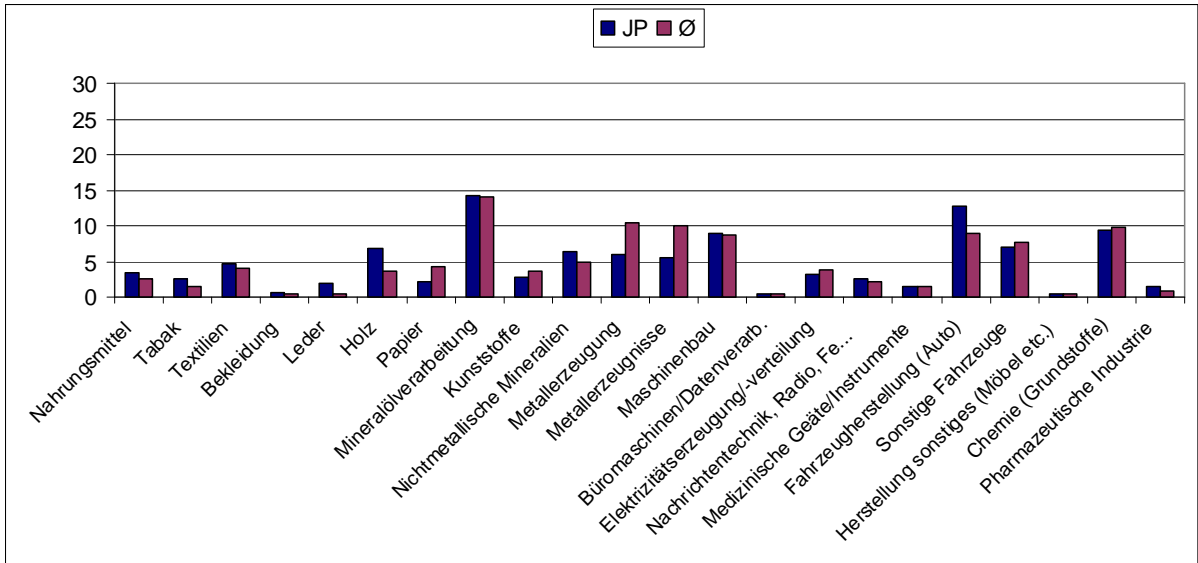


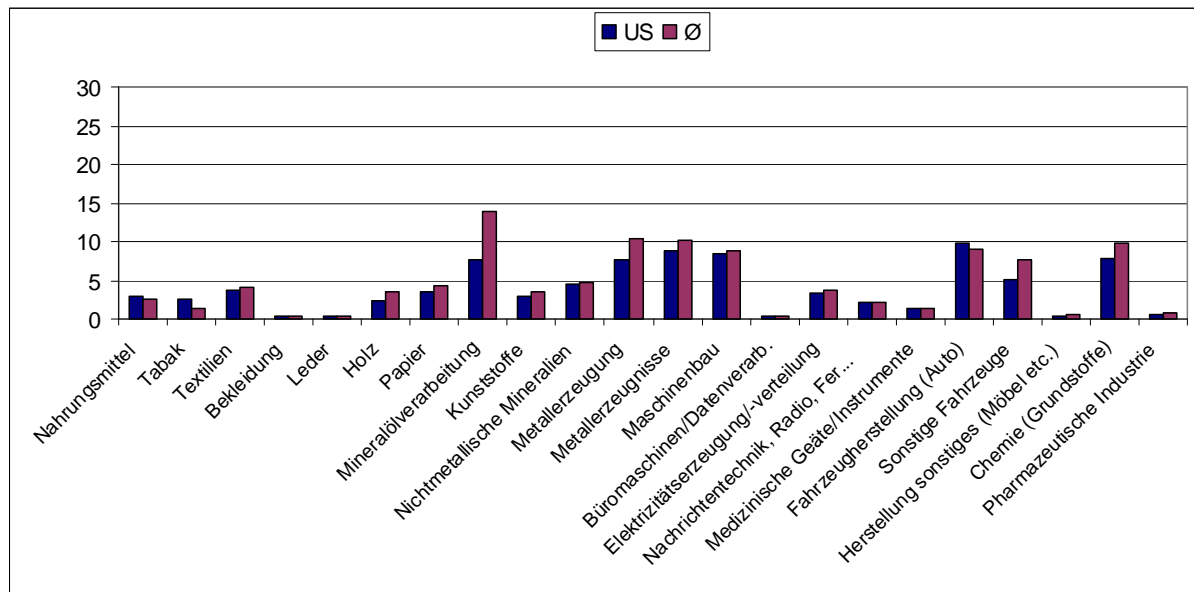
Grafik 2.7: Cleantech-Spezialisierung nach Branchen (durchschnittliche Anteile der Cleantech-Patente an den Patenten insgesamt einer Branche)











2.5 Bestimmungsfaktoren der Cleantech-Spezialisierung

In einem weiteren Schritt wurde der Versuch unternommen, die „fundamentalen“ Determinanten (also ohne Politikfaktoren) der Cleantech-Spezialisierung auf Branchenstufe ökonomisch zu untersuchen.³ Die dazu benötigten Daten stammen bis auf die Patentangaben, die speziell für diese Studie zusammentragen wurden, aus der OECD-Datenbank STAN. Für die Periode 2000-2008 standen Daten für 13 Länder (also alle in dieser Studie berücksichtigten Länder mit Ausnahme von China) und 23 Branchen zur Verfügung. Auf der Basis dieser Daten wurde ein *Branchenpanel* für 13 Länder und 9 Jahre gebildet.

Unser Modell enthält die Variable „Anteil der Cleantech-Patenten an den Patenten insgesamt einer Branche“ als Mass für die nationale Spezialisierung. Sie ist die zu erklärende (abhängige) Variable. Als erklärenden (unabhängigen) Variablen wurden die folgenden Grössen eingeführt:

- *Kapitalintensität* gemessen durch den Buchwert des Kapitalbestands pro Beschäftigten (in logarithmischer Form)
- *Innovationsintensität* gemessen durch die Anzahl von Patenten insgesamt pro Beschäftigten
- *Offenheit* einer Branche gegenüber dem Weltmarkt (als Mass der internationalen Konkurrenzfähigkeit einer Branche) gemessen durch die folgende Formel:
Offenheit = $1 - \frac{|EX - IM|}{EX + IM}$, wobei EX: Exporte und IM: Importe
- *Branchengrösse* gemessen durch die Anzahl Beschäftigte (in logarithmischer Form)

³ Es sind uns nur einzelne ähnliche Studien aus der Literatur bekannt; siehe z.B. de Vries and Medhi (2008). Zur durch Veränderungen der Energiepreise induzierten Innovation siehe Popp (2002); für einen Überblicksartikel zum Fragenkomplex Energie, Umwelt und technologischer Wandel siehe Popp et al. (2009).

- *Energieintensität* auf Länderstufe gemessen durch den Beschäftigungsanteil (an der gesamten industriellen Beschäftigung) bzw. das Quadrat des Beschäftigungsanteils der energieintensiven Branchen eines Landes. Es wurde angenommen, dass ein nicht-linearer Ansatz adäquater die Relation zur Cleantech-Spezialisierung abbilden würde. Die Definition der energieintensiven Branchen beruht auf den Angaben zur Energieintensität (Energieaufwendungen als Umsatzanteil) auf Branchenstufe, die für die Schweizer Industrie in der KOF-Energieumfrage 2009 erhoben wurden:
 - = *Hohe* Energieintensität: Textil, Papier, Kunststoffe, Steine & Erden, Metallherstellung
 - = *Mittlere* Energieintensität: Nahrungsmittel, Holz, Metallerzeugnisse, Elektronik/Instrumente
 - = *Niedrige* Energieintensität: Bekleidung, Druck, Chemie/Pharma, Maschinenbau, Elektrotechnik, Fahrzeugbau, übrige Industrie (u.a. Möbel).

Die Energieintensität dient hier auch als grobe Proxy-Variable für die Energiepreise, die wir hier nicht explizit berücksichtigt haben, da sie ohne Steuern bzw. Lenkungsabgaben weder branchen- noch länderspezifisch sind. Die Energiesteuern sind zwar länderspezifisch, je nach Land eventuell auch branchenspezifisch, sie sind aber eine politische Variable. Eine Berücksichtigung der im Energiebereich bekanntlich besonders relevanten Politikvariablen würde allerdings den Rahmen dieser Studie sprengen.

Für alle erklärenden Variablen erwarten wir *positive* Effekte auf den Cleantech-Anteil.

Tabelle 2.1 zeigt die Ergebnisse der ökonometrischen Untersuchung. Um Endogenitätsprobleme zu minimieren, wurden für die unabhängigen Variablen jeweils die Werte des Vorjahres (1-Jahr-Lag) eingesetzt.

Bei der Niveau-Schätzung zeigen die folgenden drei Faktoren statistisch signifikante positive Effekte: die Kapitalintensität, die Offenheit der Branche und die Energieintensität. Bei der letzteren ist der Effekt wie erwartet nichtlinear und hat eine invertierte U-Form. Das bedeutet, dass wir in Ländern mit relativ niedrigem Beschäftigungsanteil energieintensiver Branchen einen positiven Zusammenhang zur Cleantech-Spezialisierung einer Branche erwarten. Ist jedoch der Beschäftigungsanteil energieintensiver Branchen relativ hoch, so erwarten wir einen negativen Zusammenhang zur Cleantech-Spezialisierung einer Branche. Eher unerwartet ist das Ergebnis, das die Innovationsintensität der Branche *insgesamt* nicht relevant für die Cleantech-Spezialisierung ist. Auch die Grösse der Branche scheint nicht von Bedeutung zu sein.

Die Koeffizienten der geschätzten Gleichung geben an, wie stark die einzelnen Determinanten auf den Anteil von Cleantech-Patenten einer Branche einwirken, wenn alle anderen Faktoren konstant gehalten werden. Beispielweise geht eine Erhöhung der Kapitalintensität einer Branche um 1% mit einer Erhöhung des Cleantech-Anteils um 1.1% einher. Unter der Annahme, dass die Modellparameter in der Zukunft unverändert bleiben, könnte unser Modell

auch dazu dienen, die künftigen Effekte von Veränderungen der statistisch signifikanten Determinanten (Kapitalintensität, Energieintensität, Offenheit) auf die Cleantech-Branchenspezialisierung im Durchschnitt der in der Schätzung berücksichtigten Branchen (und Länder) im Sinne von Alternativszenarien zu schätzen.

Tabelle 2.1: Bestimmungsfaktoren des Anteil von „Cleantech“-Patenten an Patenten insgesamt einer Branche (2000-2008)

	Niveau
Kapitalintensität	0.011** (0.005)
Innovationsintensität	-0.049 (0.237)
Offenheit der Branche	0.059* (0.032)
Branchengrösse	0.015 (0.015)
Energieintensität: Beschäftigungsanteil der energieintensiven Branchen	1.377** (0.557)
Beschäftigungsanteil im Quadrat	-1.523** (0.678)
N	1202
F-Test	2.810***

Ergebnisse über 23 Branchen, 13 Länder und 9 Jahre; „Fixed Effects“-Regression. Die Schätzgleichungen enthalten auch Zeit-Dummyvariablen. Für die erklärenden Variablen sind jeweils die Werte des Vorjahres (1-Jahr-Lag) eingesetzt. *, ** bzw. *** bedeuten statistische Signifikanz auf dem 10%-, 5%- bzw. 1%-Testniveau.

2.6 Einschätzung des technologischen Potenzials für die Schweiz I

Unter technologischem Potenzial verstehen wir hier – wie bereits in der Einleitung erwähnt – die technologischen Möglichkeiten, die sich aus der gegenwärtigen Lage für die Zukunft ergeben können, ohne Veränderungen der Rahmenbedingungen. Wenn ein Land bis heute eine *überdurchschnittliche Spezialisierung* im Cleantech-Bereich insgesamt oder in einem Teilbereich erreicht hat, gehen wir davon aus, dass auch in der Zukunft weiterhin ein überdurchschnittlicher technologischer Impuls aus dem Gesamt- oder einem Teilbereich kommen wird. Demnach zeigen Länder mit überdurchschnittlicher Spezialisierung auch ein überdurchschnittliches technologisches Potenzial im Cleantech-Bereich.

Der Schweizer Anteil an den Cleantech-Patenten weltweit blieb während der Periode 2000-2008 praktisch *konstant*. Er betrug 2.6% (2000) bzw. 2.8% (2008) mit geringfügigen Schwankungen in beiden Richtungen in den Jahren dazwischen.

Wir unterscheiden zwischen verschiedenen Ländergruppen (überdurchschnittliche, leicht unterdurchschnittliche, stärker unterdurchschnittliche internationale Cleantech-Spezialisierung), wobei die Schweiz zur dritten Gruppe der Länder mit *stärker unterdurchschnittlicher* Spezialisierung gehört.

In der Schweiz, in den USA, in den Niederlanden und in Schweden ist die Cleantech-Spezialisierung bezogen auf andere technologische Bereiche im gleichen Land (nationale Spezialisierung) *unterdurchschnittlich*. Im Gegensatz dazu ist die Cleantech-Spezialisierung in den Ländern, Dänemark, Österreich, Japan und Deutschland *überdurchschnittlich*.

Auch in allen vier Teilbereichen des Cleantech-Sektors weist die Schweiz eine *unterdurchschnittliche* Spezialisierung aus, insbesondere bei den Technologien, die mit dem Luftverschmutzungs- und Wasserverschmutzungsschutz zusammenhängen, am wenigsten bei der *Bewirtschaftung von festen Abfällen* und den *erneuerbaren Energien* (praktisch im Weltdurchschnitt).

Zu den Schweizer Branchen mit den höchsten Anteilen von Cleantech-Patenten (die nach unserer Betrachtung auch die Branchen mit dem höchsten technologischen Potenzial sein sollen) gehören – wenn man von der Mineralölverarbeitung absieht, die unbedeutend für die Schweiz ist – die Wirtschaftsbereiche *Metallerzeugnisse* (ca. 12%), *Metallerzeugung* und *Maschinenbau* (ca. 7%), *nichtmetallische Mineralien*, *Grundstoffchemie* und *Fahrzeugbau* (etwa 5%). Die restlichen Branchen liegen unter 5%. Zudem gehören – wenn man hier von der Mineralölverarbeitung absieht – alle Branchen mit Anteilen höher als 5% zu den auch weltweit relevanten Cleantech-Branchen, allerdings sind die entsprechenden Anteile weltweit höher als in der Schweiz, mit Ausnahme der Bereiche *Metallerzeugnisse* und *nichtmetallische Mineralstoffe*. Die Differenzen sind aber nicht gross, wie der Vergleich der CH-Balken mit den Balken für die Weltanteile in der ersten Teilgrafik in Grafik 2.7 zeigt. Die Schweiz weist also nur in zwei Bereichen eine überdurchschnittliche Cleantech-Spezialisierung auf.

Ergänzende Information zu „cleantech-relevanten“ wissenschaftliche Publikationen

Die Schweiz belegt die dritte Position unter den in Tabelle 2.2 aufgeführten Ländern bezüglich der Spezialisierung in drei wichtigen „cleantech“-relevanten Forschungsbereichen („climate change“, „air and chemical pollutants“ und „bioversity“). Insgesamt belegt sie den 2. Platz nach den USA (siehe Spalte 4). Der Spezialisierungsgrad bei den Cleantech-Patenten in den vier Teilbereichen (siehe Grafik 2.5) ist jedoch stark unterdurchschnittlich.

Es besteht also eine erhebliche Diskrepanz zwischen der Performance bei den Publikationen und der Performance bei den Patenten, die auf Schwächen bei der Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Cleantech-Bereich hindeuten könnte.

Tabelle 2.2: Spezialisierungsgrad in ausgewählten umweltrelevanten Forschungsgebieten ausgewählter Länder auf der Basis von wissenschaftlichen Publikationen

	Climate change	Air and chemical pollutants	Biodiversity	Durchschnitt
<i>Schweiz</i>	214	201	237	217
Deutschland	114	100	134	116
Grossbritannien	219	179	244	214
Frankreich	111	82	107	100
Italien	64	59	57	60
Schweden	181	225	183	196
Finnland	Nv	Nv	nv	
Dänemark	Nv	Nv	246	
Niederlande	191	181	217	196
Österreich	Nv	Nv	nv	
Japan	23	46	26	32
USA	223	240	209	224

Spezialisierungsgrad: Länderanteil an umweltrelevanten Publikationen/Länderanteil an Publikationen insgesamt 2001-2006 (x100); Wert über 100: überdurchschnittlich spezialisiert; Wert unter 100: unterdurchschnittlich spezialisiert. Quelle: OECD (2009).

3. Das Innovationsprofil des Cleantech-Sektors in der Schweiz erweitert um den Dienstleistungssektor auf der Basis der KOF-Unternehmensdaten

3.1. Definition des CLEANTECH-Sektors

Daten

Für die Analyse werden Unternehmensdaten aus zwei Quellen eingesetzt: (a) die Innovationserhebungen 2002 und 2008 (Daten für 4727 Firmen)⁴ und (b) die Umfrage zur Entwicklung und Verbreitung von energiesparenden Technologien, welche die KOF im Frühling 2009 im Auftrag des Bundesamtes für Energie durchgeführt hat (Daten für 2324 Firmen). Alle drei Umfragen liefern Informationen nicht nur zu den Innovationsaktivitäten aller Unternehmen in der Perioden 2000-2002 bzw. 2006-2008 sondern auch spezifische Informationen zu Unternehmen, welche in Bereichen der Cleantech-Technologien innovieren. Auf der Basis dieser Daten ist eine Umschreibung der konkreten Innovationsaktivitäten von „cleantech“-orientierten Unternehmen möglich. Darüber hinaus finden sich in der Innovationserhebungen 2002 und 2008 auch Angaben zu den Innovationszielen der innovierenden Firmen, darunter vier „cleantech“-spezifische Innovationsziele (Entwicklung umweltfreundlicher Produkte, Senkung des Energiekostenanteils, Senkung des Materialkostenanteils, Reduktion der Umweltbelastung im Produktionsprozess), die eine Abgrenzung des „Cleantech“-Sektors erlauben. Schliesslich enthält die Innovationsumfrage 2008 auch Informationen zum Qualifikationsprofil der Arbeitskräfte sowie zu Weiterbildungsaktivitäten.

Vorgehen

Da es um die Einschätzung des *Innovationsprofils* bzw. *-potenzials* geht, verwenden wir eine Definition des Cleantech-Sektors, die auf bestimmten Merkmalen des *Innovationsverhaltens* der Unternehmen basieren. Deswegen schlagen wir eine Abgrenzung der Cleantech-Firmen anhand der vier „cleantech“-spezifischen Innovationsziele in den Innovationsumfragen 2002 und 2008 vor. Die Definition des Cleantech-Sektors (CLEANTECH) lautet folgendermassen:⁵

Ein Unternehmen wird dieser Kategorie zugerechnet, wenn dieses Unternehmen bei der Innovationserhebung 2008 (a) nach eigenen Angaben in der Periode 2006-2008 Innovationen eingeführt hat und (b) die Werte 4 oder 5 auf einer fünfstelligen Likert-Skala (1: „keine

⁴ Leider wurden in der Innovationsumfrage 2005 keine Angaben zu den Innovationszielen erhoben.

⁵ Das Bundesamt für Berufsbildung und Technologie verwendet die Definition des „Cleantech“-Sektors auf der Basis der Abgrenzung in Ernst Basler+Partner (2009, Anhang 1). Eine Sichtung der dort enthaltenen Branchen zeigt, dass die vorgenommene Abgrenzung zwar zweckmässig für die Einschätzung z.B. der Beschäftigungsrelevanz von „Cleantech“-Aktivitäten sein mag. Sie ist aber wenig zielführend, wenn es um die Einschätzung des Innovationspotenzials geht. Es gibt (noch) keine internationale Standard-Abgrenzung des Cleantech-Bereichs nach Wirtschaftsbranchen, wohl aber nach Patentklassen.

Bedeutung“; 5: „sehr grosse Bedeutung“) für *mindestens eines* der folgenden vier Innovationsziele angekreuzt hat:⁶

- (1) Entwicklung von *umweltfreundlichen Produkten* (Produktinnovation);
- (2) Reduktion des *Materialkostenanteils* (Prozessinnovation);
- (3) Reduktion des *Energiekostenanteils* (Prozessinnovation);
- (4) Reduktion der *Umweltbelastung im Produktionsprozess* (Prozessinnovation)

CLEANTECH-Unternehmen bzw. -Branchen

Der Anteil der Cleantech-Unternehmen nach unserer Definition betrug im Durchschnitt der beiden hier betrachteten Perioden 23.5%. Die entsprechenden Anteile nach Sektoren waren: 32.0% in der Industrie, 16.0% in der Bauwirtschaft und 14.2% im Dienstleistungssektor (Tabelle 3.1).

Auf die innovierenden Firmen bezogen waren die Cleantech-Anteile merklich höher (Tabelle 3.2). Diese Anteile erwiesen sich als sehr stabil (mit Ausnahme der Bauwirtschaft) im relativ langen Zeitraum 2000-2008, welcher von unseren Daten abgedeckt wird. Wie erwartet liegt der Schwerpunkt des Cleantech-Sektors im Industriebereich.

Tabelle 3.3 enthält die Angaben zu den Anteilen von Cleantech-Unternehmen nach Branchen für das Aggregat CLEANTECH (Spalte 1) und die vier zugrunde liegenden Innovationsziele. Nach der breiten Definition CLEANTECH meldeten 44.2% der innovierenden Industrieunternehmen cleantech-relevante Innovationsziele. Wir gehen davon aus, dass die von ihnen eingeführten Neuerungen in den Perioden 2000-2002 bzw. 2006-2008 zur Erreichung von mindestens einem der vier erwähnten Innovationsziele beigetragen haben. Drei der vier Ziele sind prozessorientiert. 24.5% der innovierenden Unternehmen konzentrieren sich auf die Entwicklung von umweltfreundlichen Produkten. Diese zweite Gruppe ist besonders interessant hinsichtlich der Entwicklung von marktfähigen Neuerungen innerhalb des Cleantech-Sektors. Die restlichen Ziele werden intensiv verfolgt von 21.2% (Materialverbrauch), 15.4% (Energieverbrauch) bzw. 15.0% (umweltfreundliche Produktionsprozesse).

Die Angaben in Tabelle 3.4 zeigen, dass zum Teil beträchtliche Unterschiede zwischen den KMU und den grossen Unternehmen bestehen. Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten („grosse“ Unternehmen) sind häufiger als KMU in einer der fünf Cleantech-Kategorien anzutreffen.

⁶ Wir haben folgende Alternativdefinitionen überprüft, sie aber schliesslich verworfen, da sie sich zahlenmässig als sehr restriktiv und daher wenig aufschlussreich erwiesen haben: (a) Unternehmen, die bei allen vier „cleantech-relevanten“ Innovationsziele einen Durchschnitt der Meldungen aufweisen, der höher als 4 (18 Beobachtungen in beiden Umfragen) bzw. 3 (163 Beobachtungen in beiden Umfragen, davon 51 Dienstleistungsfirmen) beträgt; (b) zusätzliche Bedingung: der Durchschnitt aller anderen Innovationsziele, die nicht „cleantech-relevant“ sind, beträgt weniger als 4 (8 Firmen).

Tabelle 3.5 identifiziert die Industriebranchen mit *überdurchschnittlich* vielen Firmen im CLEANTECH-Sektor. Chemie, Energie und Steine/Erden belegen die drei ersten Ränge sowohl in Bezug auf CLEANTECH als auch die umweltfreundlichen Produkte. Die Chemie gehört zu den drei am stärksten „cleantech-orientierten“ Branchen auch bezüglich der restlichen drei Innovationsziele! Auf den Rängen 4, 5 und 6 für CLEANTECH folgen die Bereiche Holz, Elektrotechnik/Nahrungsmittel und Kunststoffe, auf den Rängen 4, 5 und 6 bezüglich des Ziels „umweltfreundliche Produkte“ die Branchen Metallverarbeitung/Graf. Industrie, Kunststoffe und Nahrungsmittel/Fahrzeugbau. Auffallend ist, dass der Maschinenbau insgesamt nicht zu den cleantech-intensiven Branchen gehört, wohl aber der Fahrzeugbau und einzelne Teilbranchen des Maschinenbaus (z.B. die Bereiche Pumpen, Kompressoren, Antriebselemente, Kälte-/Lufttechnische Erzeugnisse).

Im Dienstleistungssektor betrug der Anteil der Cleantech-Unternehmen 29.6% (Tabelle 3.6, Spalte 1). Die Anteile für die einzelnen umweltrelevanten Innovationszielen betragen wie folgt: 10.5% (Reduktion des Materialsverbrauchs), 10.3% (Reduktion des Energieverbrauchs), 10.2% (umweltfreundliche Prozesse) und 18.9% (umweltfreundliche Produkte). Die im Vergleich zur Industrie (auch zur Bauwirtschaft) beträchtlich niedrigeren Anteile Cleantech-Firmen lassen sich weitgehend durch den niedrigen Anteil von „Hardware“ im Dienstleistungssektor erklären. Im Gegensatz zu den anderen Sektoren ist bei den Dienstleistungen kaum ein Grösseneffekt erkennbar.

Die Branchen persönliche Dienstleistungen, Gross- und Detailhandel sowie Gastgewerbe scheinen am stärksten cleantech-relevante Innovationsziele zu verfolgen. Wir gehen davon aus, dass es sich in diesen Branchen meistens um die Übernahme von Technologien und Verfahren handelt (erstmaliger Einsatz in einer Unternehmung) und keine echten Neuerungen. Insbesondere bezüglich des Innovationsziels „Entwicklung umweltfreundlicher Produkte“ besteht bei den Handelsfirmen ein merklicher Messfehler, da einerseits die Zuordnung zum Handel die ebenfalls industrielle Produktion verdeckt (z.B. Migros, Coop, Liebherr Baumaschinen), andererseits bei einigen Handelsfirmen eine Verwechslung zwischen den eigenen Neuerungen und den Neuerungen vorkommt, die in den von ihnen vertriebenen Produkten enthalten sind. Die restlichen Branchen, darunter die wissensintensiven Bereiche Finanzdienstleistungen, Informatik und Geschäftsdienstleistungen, verzeichnen aufgrund des starken Software-Charakters ihrer Dienstleistungen niedrige Anteile von Cleantech-Unternehmen.

Tabelle 3.1: CLEANTECH-Unternehmen als Anteil aller Unternehmen 2002, 2008

Sektor	Anzahl CLEANTECH- Unternehmen(*)	%-Anteil aller Unternehmen
Industrie	778	32.0
Bauwirtschaft	67	16.0
Dienstleistungssektor	267	14.2
Total	1112	23.5

(*) Eigentlich Beobachtungen, da viele Unternehmen in beiden Erhebungen vorkommen.

Quelle: Innovationserhebungen 2002, 2008.

Tabelle 3.2: CLEANTECH-Unternehmen als Anteil der innovierenden Unternehmen 2002, 2008

Sektor	Anzahl CLEANTECH- Unternehmen	%-Anteil der innovierenden Unternehmen
Industrie		
2002	434	43.8
2008	344	44.6
Bauwirtschaft		
2002	33	50.8
2008	34	44.7
Dienstleistungssektor		
2002	143	29.6
2008	124	29.7

Quelle: Innovationserhebungen 2002, 2008.

Tabelle 3.3: CLEANTECH-Unternehmen und cleantech-relevante Innovationsziele nach Branchen 2002, 2008; INDUSTRIE, BAU

Branche	CLEANTECH	Reduktion des Materialverbrauchs	Reduktion des Energieverbrauchs	Umweltfreundliche Produkte	Umweltfreundliche Prozesse
Nahrungsmittel	47.4	18.5	22.2	28.2	17.0
Textil/Bekleidung	38.7	21.0	16.1	21.0	12.9
Holz	51.8	12.5	14.3	33.9	5.4
Papier	42.2	26.7	17.8	28.9	15.6
Graf. Industrie	42.2	23.3	10.0	17.8	18.9
Chemie	66.7	28.6	27.2	43.5	29.9
Kunststoffe	46.9	16.1	16.1	30.9	18.5
Steine, Erden	56.4	27.3	30.9	32.7	21.8
Metallerzeugung	33.3	5.6	16.7	19.4	16.7
Metallverarbeitung	41.5	21.7	16.5	19.3	19.3
Maschinenbau	37.8	17.9	9.1	22.3	9.1
Elektrotechnik	47.8	24.4	16.7	23.3	10.0
Elektronik/Instrumente	36.9	27.0	9.0	12.6	9.0
Uhren	18.6	13.6	11.9	6.8	6.8
Fahrzeugbau	43.3	33.3	30.0	26.7	16.7
Übrige Industrie	50.9	15.8	12.3	29.8	15.8
Energie	68.2	15.9	15.9	52.3	22.7
<i>Industrie total</i>	<i>44.2</i>	<i>21.2</i>	<i>15.4</i>	<i>24.5</i>	<i>15.0</i>
Bauwirtschaft	47.5	23.4	19.2	27.7	22.0

Spalte 1: Prozentualer Anteil der Unternehmen, welche die Werte 4 oder 5 auf einer 5-stufigen Likert-Skala für die Bedeutung mindesten eines der 4 clean-relevanten Ziele gemeldet haben (CLEANTECH); Spalten 2, 3, 4 und 5: Prozentualer Anteil der Unternehmen, welche die Werte 4 oder 5 auf einer 5-stufigen Likert-Skala für die Bedeutung eines bestimmten Innovationsziels gemeldet haben. Basis: innovierende Unternehmen. Quelle: Innovationserhebungen 2002, 2008; eigene Berechnungen.

Tabelle 3.4: CLEANTECH-Unternehmen und cleantech-relevante Innovationsziele nach Grössenklassen; INDUSTRIE

Grössenklassen	CLEANTECH	Reduktion des Materialverbrauchs	Reduktion des Energieverbrauchs	Umweltfreundliche Produkte	Umweltfreundliche Prozesse
5-49 Beschäftigte	42.4	16.9	14.5	24.2	14.5
50-249 Beschäftigte	42.6	21.2	14.4	22.0	12.4
> 250 Beschäftigte	51.5	30.6	19.8	30.6	21.9
<i>Industrie total</i>	<i>44.2</i>	<i>21.2</i>	<i>15.4</i>	<i>24.5</i>	<i>15.0</i>

Spalte 1: Prozentualer Anteil der Unternehmen, welche die Werte 4 oder 5 auf einer 5-stufigen Likert-Skala für die Bedeutung mindestens eines der 4 clean-relevanten Ziele gemeldet haben (CLEANTECH); Spalten 2, 3, 4 und 5: Prozentualer Anteil der Unternehmen, welche die Werte 4 oder 5 auf einer 5-stufigen Likert-Skala für die Bedeutung eines bestimmten Innovationsziels gemeldet haben. Basis: innovierende Unternehmen. Quelle: Innovationserhebungen 2002, 2008; eigene Berechnungen.

Tabelle 3.5: Reihung der Branchen mit überdurchschnittlich hohem Anteil von CLEANTECH-Unternehmen bzw. Unternehmen, welche eines der cleantech-relevanten Ziele als bedeutend einstufen; INDUSTRIE, BAU

Rang	CLEANTECH	Reduktion des Materialverbrauchs	Reduktion des Energieverbrauchs	Umweltfreundliche Produkte	Umweltfreundliche Prozesse
1	Energie	Fahrzeugbau	Steine/Erden / Fahrzeugbau	Energie	Chemie
2	Chemie	Chemie	Chemie	Chemie	Energie
3	Steine/Erden	Steine/Erden / Elektronik/Instrumente / Papier	Nahrungsmittel	Holz	Steine/Erden
4	Holz	Elektrotechnik	Papier	Steine/Erden	Metallverarbeitung Graf. Industrie
5	Elektrotechnik / Nahrungsmittel	Graf. Industrie	Elektrotechnik / Metallverarbeitung	Kunststoffe	Kunststoffe
6	Kunststoffe	-	-	Übrige Ind.	Nahrungsmittel / Fahrzeugbau
7	-	-	-	Papier / Nahrungsmittel	-
8	-	-	-	Fahrzeugbau	-

Tabelle 3.6: CLEANTECH-Unternehmen und cleantech-relevante Innovationsziele nach Branchen und Grössenklassen; DIENSTLEISTUNGEN

<i>Branche</i>	CLEANTECH	Reduktion des Materialverbrauchs	Reduktion des Energieverbrauchs	Umweltfreundliche Produkte	Umweltfreundliche Prozesse
Grosshandel (*)	45.6	15.4	11.8	31.3	13.3
Detailhandel (*)	32.5	9.2	8.3	21.7	8.3
Gastgewerbe (*)	43.6	21.8	23.1	23.1	12.8
Transport/Telekommunikation	23.0	8.7	14.4	13.9	14.4
Banken/Versicherungen	14.0	3.3	2.0	8.7	2.0
Informatik	16.9	7.8	6.5	13.0	5.2
Unternehmensnahe DL	23.4	8.9	7.4	14.6	10.8
Persönliche DL (*)	58.8	17.7	47.1	29.4	41.2
<i>Firmengrösse</i>					
5-49 Beschäftigte	28.4	9.9	7.9	17.8	8.8
50-249 Beschäftigte	29.0	11.2	12.3	19.9	10.5
250 Beschäftigte und mehr	33.7	11.1	13.3	19.9	13.3
<i>Dienstleistungen total</i>	<i>29.6</i>	<i>10.5</i>	<i>10.3</i>	<i>18.9</i>	<i>10.2</i>

Spalte 1: Prozentualer Anteil der Unternehmen, welche die Werte 4 oder 5 auf einer 5-stufigen Likert-Skala für die Bedeutung mindestens eines der 4 clean-relevanten Ziele gemeldet haben (CLEANTECH); Spalten 2, 3, 4 und 5: Prozentualer Anteil der Unternehmen, welche die Werte 4 oder 5 auf einer 5-stufigen Likert-Skala für die Bedeutung eines bestimmten Innovationsziels gemeldet haben. Basis: innovierende Unternehmen. (*): Die Angaben zu diesen Branchen sind mit Vorsicht zum geniessen (siehe dazu die Bemerkungen im Text. Quelle: Innovationserhebungen 2002, 2008; eigene Berechnungen.

3.2 Charakterisierung des CLEANTECH-Bereichs

Die Charakterisierung der Unternehmen des Cleantech-Bereichs erfolgt separat für Industrie (inkl. Bau) und Dienstleistungen durch den Vergleich mit den Unternehmen ohne Cleantech-Schwerpunkt anhand von 9 Indikatoren: Beschäftigtenzahl (als Mass der Firmengrösse), Bruttoinvestitionen pro Beschäftigten (als Mass der Kapitalintensität), F&E-Intensität (als Mass des Innovationsinputs), Anteil der Beschäftigten mit tertiärer Ausbildung (als Mass der Humankapitalintensität), Umsatzanteil von neuen bzw. erheblich modifizierten Produkten bzw. die Summe dieser beiden Umsatzanteile (als Mass des Innovationsoutputs), Exportintensität (als Mass der internationalen Wettbewerbsfähigkeit) und Bruttowertschöpfung pro Beschäftigten (als Mass der gesamten Leistungsfähigkeit) (Tabelle 3.7 und Tabelle 3.8).

Bei der Industrie (inkl. Bau) sind die Unterschiede bezüglich der gewählten Struktur- und Leistungsmerkmale gering. Statistisch signifikante Unterschiede zugunsten der Cleantech-Unternehmen ergeben sich bezüglich der durchschnittlichen Firmengrösse, der Kapitalintensität, des Umsatzanteils an erheblich modifizieren Produkten (inkrementelle Innovation) und der Arbeitsproduktivität. Das bedeutet, dass Cleantech-Firmen im Industriebereich (inkl. Bau) im Durchschnitt grösser, kapitalintensiver und produktiver aber nicht unbedingt innovativer (mit Ausnahme des Umsatzanteils erheblich modifizierter Produkte) sind als Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt.

Bei den Dienstleistungsunternehmen sind die Unterschiede grösser. Die Cleantech-Firmen in diesem Fall sind grösser, kapitalintensiver, exportintensiver und innovativer als die restlichen Unternehmen, selbst wenn sie etwa die gleiche F&E-Intensität, die gleiche Produktivität und sogar eine niedrigere Humankapitalintensität aufweisen.

Tabelle 3.7: Charakterisierung des CLEANTECH-Bereichs; INDUSTRIE, BAU, 2008

	Mittelwert CLEANTECH	Mittelwert ohne CLEANTECH	Stat. Signif. Diff.
Anzahl Beschäftigten (in Vollzeitäquivalenten)	350	175	*
Bruttoinvestitionen pro Beschäftigten	19'393	16'786	(*)
F&E-Aufwendungen als %-Anteil des Umsatzes	2.5	2.2	ns
%-Anteil der Beschäftigten mit Ausbildung auf der tertiären Stufe	22.1	21.1	ns
Umsatz aus <i>neuen</i> Produkten als %-Anteil des Gesamtumsatzes	16.5	16.0	ns
Umsatz aus <i>erheblich modifizierten</i> Produkten als %-Anteil des Gesamtumsatzes	18.8	17.1	(*)
Umsatz aus <i>neuen</i> und <i>erheblich modifizierten</i> Produkten als %-Anteil des Gesamtumsatzes	35.3	33.2	ns
Exporte als %-Anteil des Umsatzes	41.7	39.0	ns
Bruttowertschöpfung pro Beschäftigten	176'859	163'714	*

Bemerkungen: ns: nicht statistisch signifikant beim Testniveau von 10%. * bzw. (*) statistisch signifikant beim Testniveau von 5% bzw. 10%. Quelle: Innovationserhebung 2008; eigene Berechnungen.

Tabelle 3.8: Charakterisierung des CLEANTECH-Bereichs; DIENSTLEISTUNGEN, 2008

	Mittelwert CLEANTECH	Mittelwert ohne CLEANTECH	Stat. Signif. Diff.
Anzahl Beschäftigten (in Vollzeitäquivalenten)	1386	418	*
Bruttoinvestitionen pro Beschäftigten	25'613	16'556	*
F&E-Aufwendungen als %-Anteil des Umsatzes	2.7	1.7	ns
%-Anteil der Beschäftigten mit Ausbildung auf der tertiären Stufe	22.7	30.7	*
Umsatz aus <i>neuen</i> Produkten als %-Anteil des Gesamtumsatzes	18.7	12.9	*
Umsatz aus <i>erheblich modifizierten</i> Produkten als %-Anteil des Gesamtumsatzes	19.3	17.0	ns
Umsatz aus <i>neuen</i> und <i>erheblich modifizierten</i> Produkten als %-Anteil des Gesamtumsatzes	38.0	29.9	*
Exporte als %-Anteil des Umsatzes	14.1	9.6	*
Bruttowertschöpfung pro Beschäftigten	212'436	216'098	ns

Bemerkungen: ns: nicht statistisch signifikant beim Testniveau von 10%. * bzw. (*) statistisch signifikant beim Testniveau von 5% bzw. 10%. Quelle: Innovationserhebung 2008; eigene Berechnungen.

3.3 Ergänzende Informationen aus der KOF-Energieumfrage 2009

Die KOF-Energieumfrage 2009, die im Auftrag des BFE durchgeführt wurde, lieferte detaillierte Information (a) über den Verbreitungsgrad von *energiesparenden Technologien* in der Schweizer Wirtschaft (Diffusion) und b) über die Innovationsaktivitäten im Bereich dieser Technologien (siehe Arvanitis und Ley 2010). Der Bereich der energiesparenden Technologien ist zwar enger als der hier anvisierte Cleantech-Bereich definiert, die erhaltenen Informationen sind jedoch wegen ihrer Detailliertheit aufschlussreicher bezüglich des Innovationspotenzials in diesem für den gesamten Cleantech-Sektor zentralen Teilbereich.

Tabelle 3.9 zeigt, in welchen Branchen Neuerungen im Bereich der energiesparenden Technologien generiert werden. Es sind dies die Wirtschaftszweige Energie, Elektrotechnik, Fahrzeugbau, Maschinenbau, Elektronik/Instrumente und Informatik. In diesen Bereichen führten über 20% der Unternehmen, welche in der Periode 2006-2008 Innovationen gemeldet haben, Innovationen im Bereich der energiesparenden Technologien durch. Vergleicht man diese Angaben mit denjenigen in Tabelle 3.3, Spalte 1, merkt man, dass bei einer engeren Definition des Gegenstands der Innovationstätigkeit auch der Kreis der involvierten Firmen merklich kleiner wird. Tabelle 3.10 liefert Informationen über die Art der eingeführten Innovationen bei den energiesparenden Technologien. Am häufigsten werden energiesparende Technologien in elektromechanischen und elektronischen Anwendungen gemeldet, gefolgt von bautechnischen Anwendungen.

Tabelle 3.9: Prozentualer Anteil der innovierenden Firmen, welche Innovationen im Bereich der *energiesparenden Technologien* gemeldet haben, nach Branchen 2009

Branche	N	in %
Nahrungsmittel	1	1.5
Textil, Bekleidung	2	8.0
Holz	2	11.1
Papier	2	8.3
Graf. Industrie	0	0.0
Chemie	5	7.0
Kunststoffe	4	10.8
Steine, Erden	0	0.0
Metallerzeugung	4	18.2
Metallverarbeitung	14	12.6
Maschinenbau	43	28.1
Elektrotechnik	19	41.3
Elektronik, Instrumente	23	21.9
Uhren	1	4.0
Fahrzeugbau	6	31.6
Übrige Industrie	1	3.6
Energie	14	51.9
Informatik/F&E	4	20.5
Unternehmensnahe DL	8	11.4
Bauwirtschaft	8	5.1
Total (N=162)	162	15.7

Quelle: KOF-Energieumfrage 2009.

Tabelle 3.10: Spezialisierungsmuster der im Energiebereich innovierenden Unternehmen 2009

Technologiefelder	N	in %
<i>Energiesparende Technologien in elektromechanischen und elektronischen Anwendungen, nämlich:</i>	118	72.8
- in elektrischen Maschinen und Antrieben	60	37.0
- in informations- und Kommunikationstechnik	34	21.0
- in Haushalts- und Unterhaltungselektronik	14	8.6
- in verfahrenstechnischen Komponenten (Kompressoren, Pumpen, Wärmetauscher etc.)	60	37.0
- in verfahrenstechnischen Prozessen	53	32.7
- in Brennstoffzellen	13	8.0
- in Turbinentechnik	13	8.0
<i>Energiesparende Technologien in Fahrzeugen und verkehrstechnischen Anwendungen, nämlich:</i>	51	31.5
- in Antriebssysteme für Fahrzeuge	27	16.7
- in Fahrzeughüllen (z.B. Verbesserungen des Gewichtes/der Aerodynamik)	10	6.2
- basierend auf Wasserstoff als Energieträger	7	4.3
- basierend auf Elektrizität	28	17.3
- in Verkehrsleitsystemen	6	3.7
<i>Energiesparende Technologien in bautechnischen Anwendungen, nämlich:</i>	86	53.1
- in Gebäudeisolation	35	21.6
- in Beleuchtung (inkl. Steuerungssysteme)	42	25.9
- in Heizung (inkl. Steuerungssysteme)	52	32.1
- in Kühlung/Beschattung	38	23.5
- in Belüftung und Klimatechnik	37	22.8
<i>Technologien zur Elektrizitätserzeugung und -übertragung, nämlich:</i>	53	32.7
- Photovoltaik	32	19.8
- Elektrizität aus Biomasse	16	9.9
- Windenergie	16	9.9
- Wärme-Kraftkopplung auf der Basis von Biomasse	11	6.8
- Wärme-Kraftkopplung auf der Basis von Öl/Gas/Kohle	12	7.4
- Dezentrale Wärme-Kraft-Kopplung („microgeneration in buildings“)	6	3.7
- Wasserkraftwerke	17	10.5
- Kraftwerke auf der Basis von Öl/Gas/Kohle	7	4.3
- Kraftwerke auf der Basis von nuklearen Energieträgern	9	5.6
- Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung	4	2.5
- Verwendung von Supraleitern	1	0.6
<i>Technologien zur Wärmeerzeugung, nämlich:</i>	71	43.8
- Solartechnik (Sonnenwärme)	29	17.9
- Wärmeerzeugung aus Biomasse	14	8.6
- Geothermie	8	4.9
- Wärmepumpen (Umweltwärme)	26	16.0
- Wärmerückgewinnungssysteme	37	22.8
- Fernwärmenutzungssysteme	12	7.4
<i>Technologien zur Lagerung von CO₂</i>	4	2.5
<i>Total</i>	162	100

In der zweiten Kolonne: prozentualer Anteil der im Energiebereich innovierenden Firmen (N=162). Quelle: KOF-Energieumfrage 2009.

3.4 Innovationsprofil der Cleantech-Unternehmen

Theoretischer Hintergrund und Spezifikation der empirischen Modelle: Bestimmungsfaktoren des Innovationsverhaltens

Die im Folgenden spezifizierte Innovationsgleichung enthält die wichtigsten Bestimmungsfaktoren gemäss der neueren Literatur (siehe dazu Dosi 1988, Cohen/Levin 1989, Cohen 1995). Im Zentrum des zugrundeliegenden theoretischen Konzepts steht die einzelne Unternehmung, die in einer Marktumgebung mit unvollständigem Wettbewerb (monopolistische Konkurrenz) operiert, bei welcher also nicht nur das Niveau sondern auch die Preiselastizität der Nachfrage, somit der Konkurrenzdruck, eine wichtige Rolle spielt. Die Firma verwendet bei der Herstellung ihrer Produkte neben den traditionellen Inputs auch innovatives Wissen als Produktionsfaktor. Der Einsatz neuen Wissens wirkt entweder kostensenkend (Prozessinnovationen) oder nachfrageerhöhend (Produktinnovationen). Einen Teil des benötigten innovationsrelevanten Wissens bringt die Unternehmung selbst hervor, einen anderen bezieht sie extern. Durch die Unterscheidung dieser zwei Quellen neuerungsträchtigen Wissens wird die Wechselwirkung zwischen unternehmensinternem bereitgestelltem und extern bezogenem Wissen in den Vordergrund gestellt. Die Firma ist daran interessiert, dass ihr eigenes Wissen möglichst wenig zur Konkurrenz durchsickert, dass sie sich also möglichst viel von den Erträgen dieses Wissens aneignen kann. Gleichzeitig ist sie aber darauf angewiesen, dass ihr das erforderliche Wissen aus externen Quellen zur Verfügung steht. Ferner, benötigt die Unternehmung für ihre Innovationsaktivitäten Ressourcen, dabei primär Qualifikationen und Know-how der Mitarbeiter.

Tabelle 3.11 zeigt die Modellspezifikation im Detail. Die Innovationsgleichung enthält als Erklärungsfaktoren 1) die erwartete Entwicklung der Nachfrage (Variable D), 2) die Wettbewerbsbedingungen erfasst durch die Intensität der Preiskonkurrenz aber auch der Konkurrenz bezüglich nichtpreislicher Wettbewerbsdimensionen wie Qualität, Service, Technologie usw.; Variablen IPC und INPC) sowie der Anzahl Konkurrenten (NCOMP), 3) die Notwendigkeit des Schutzes innovationsbedingter Wettbewerbsvorteile vor Imitation (COPY), 4) die technologischen Möglichkeiten, die erfasst sind a) durch das technologische Potenzial in den Tätigkeitsbereichen der Firma (d.h. das weltweit verfügbaren Bestandes an technologischem Wissen, das für das Hervorbringen marktfähiger Neuerungen im Tätigkeitsbereich einer Unternehmung genutzt werden kann; Variable TPOT) und b) durch die Bedeutung von verschiedenen firmenexternen Quellen des Wissens im Innovationsprozess (Variablen USER, SUPPL, COMP, GROUP, UNIV, PATENT und EXHIB für die Industrie). Für alle diese Variablen erwarten wir – mit Ausnahme der Variablen NCOMP – grundsätzlich positive Effekte. Für die Variable NCOMP gehen wir von einem negativen Effekt aus: Je höher die Anzahl Konkurrenten weltweit, d.h. je polypolistischer der Absatzmarkt, desto niedriger die Innovationsneigung (sog. Schumpeterscher Effekt). Aufgrund von früheren Studien wissen wir, dass ein solcher Effekt durchaus der Marktsituation vieler Schweizer

Firmen entspricht, die dank hoher Spezialisierung und Qualität der Produkte in Marktnischen operieren. Sowohl bei Prozess- wie auch bei Produktneuerungen wird der gleiche Satz von Erklärungsfaktoren verwendet.

Eine weitere wichtige Variable ist die Unternehmensgrösse, die in Form des natürlichen Logarithmus der Beschäftigtenzahl einbezogen wird. Diese Variable deckt den Einfluss von grössenabhängigen Faktoren ab, die im Modell nicht spezifiziert wurden (z.B. Diversifikationsgrad der Unternehmensaktivitäten, allfällige Vorteile der grossen Organisation etc.).

Schliesslich enthält die Innovationsgleichung als Kontrollgrössen Dummy-Variablen für die Branchen und eine Dummy-Variable für das Jahr 2002. Die Zeitdummy dient u.a. dazu, allfällige Konjunkturreffekte zu erfassen, die über die bereits berücksichtigte Nachfragevariable hinaus, einen Einfluss ausüben. Wir kontrollieren auch für Unternehmungen, die sich mehrheitlich in ausländischem Besitz befinden sowie für das Firmenalter.

Die Innovationsgleichung für die Industrieunternehmen lautet somit:

$$\begin{aligned} INNOV_t = & a_0 + \alpha_1 D_t + \alpha_2 IPC_t + \alpha_3 INPC_t + \alpha_4 NCOMP_t + \alpha_5 COPY_t + \alpha_6 TPOT_t + \alpha_7 \\ & USER_t + \alpha_8 SUPPL_t + \alpha_9 COMP_t + \alpha_{10} GROUP_t + \alpha_{11} UNIV_t + \alpha_{12} PATENT_t + \alpha_{13} EXHIB_t \\ & + \alpha_{14} QUAL_t + \alpha_{15} AGE_t + \alpha_{16} LEMPL_t + \alpha_{17} FOREIGN_t + \text{Kontrollvariablen (Branche;} \\ & \text{Jahr)} + u_t \end{aligned} \quad (1)$$

Die abhängige Variable INNOV wird alternativ durch drei ordinale Variablen repräsentiert, die in Tabelle 3.11 beschrieben sind.

Resultate

Einleitende Bemerkungen

Wir ermitteln das Innovationsprofil der Cleantech-Unternehmen separat für die Industrie und den Dienstleistungssektor insgesamt und für Produkt- bzw. Prozessinnovationen. In einigen Regressionen werden die nichtinnovierenden Firmen als Referenz verwendet (Tabellen 3.12 und 3.14), womit der Vergleich gegenüber den Nichtinnovatoren sowohl der Cleantech-Innovatoren als auch der Innovatoren ohne Cleantech-Schwerpunkt ermöglicht wird. Es werden aber auch die innovierenden Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt als Referenz gewählt (Tabellen 3.13 und 3.15), so dass der Vergleich zwischen den beiden Kategorien von Innovatoren (mit / ohne Cleantech-Schwerpunkt) ebenfalls vorgenommen werden kann.

Bei den Schätzungen für den Dienstleistungssektor wurden die Handelsfirmen aus den bereits erwähnten Gründen nicht berücksichtigt.

Vergleich innovierende (mit oder ohne Cleantech-Schwerpunkt) / nichtinnovierende Unternehmen

Industrie

Bei den Produktinnovationen bestehen nur geringe Unterschiede zwischen Cleantech-Firmen und Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt bezüglich der Innovationsdeterminanten. Der wichtigste Unterschied bezieht sich auf die Relevanz des Imitationsschutzes als Innovationshemmnis. Für die Cleantech-Firmen ist der Imitationsschutz ein relevanteres Hindernis als für die restlichen Firmen. Genauer: das Problembewusstsein scheint ausgeprägter zu sein. Dies ist der Fall auch bei Prozessinnovationen. Dazu kommt bei Prozessinnovationen die stärkere Bedeutung von Lieferanten als Wissensquelle.

Dienstleistungen

Mit Ausnahme der Humankapitalintensität zeigen die produktorientierten Cleantech-Unternehmen das gleiche Muster von Erklärungsfaktoren der Innovationsneigung (gegenüber den nichtinnovierenden Firmen) wie die Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt. Der Effekt des Humankapitals ist negativ, was nicht ganz nachvollziehbar ist.

Bei den prozessorientierten Cleantech-Firmen sind einige Unterschiede gegenüber den restlichen innovierenden Firmen festzustellen: Das technologische Potenzial scheint nicht relevant zu sein, dafür aber der Druck der preislichen Konkurrenz. Ferner benötigen die Firmen bei der Entwicklung der eher inkrementellen Neuerungen externes Wissen, das von den Produktabnehmern und Lieferanten stammt.

Vergleich innovierende (mit Cleantech-Schwerpunkt) / innovierende (ohne Cleantech-Schwerpunkt) Unternehmen

Industrie

Die Unternehmen mit Cleantech-Schwerpunkt im Produktbereich weisen ein Innovationsprofil aus, welches sich in einigen Punkten von demjenigen der Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt unterscheidet: Stärkere Abhängigkeit von den Nachfrageerwartungen (D), dem Preisdruck (IPC) und der Leichtigkeit der Imitation von Neuerungen (COPY), Nutzung von innovationsrelevantem externem Wissen, das von Lieferanten (SUPP), Konkurrenten (COMP) bzw. Firmen des selben Konzerns (GROUP) stammen. Es zeichnet sich also das Bild von Cleantech-Firmen ab, die Produktneuerungen unter intensiver Nutzung von externem Wissen aus verschiedenen Quellen einführen, reagierend auf Nachfrageanreize and Preisdruck. Die Tatsache, dass die Firmen eher auf Preisdruck als auf nichtpreisliche Wettbewerbsparameter reagieren in Kombination mit der intensiver Nutzung von Lieferanten- und Konkurrentenwissen, deutet darauf hin, dass die eingeführten Neuerungen eher inkrementeller Natur sind.

Bei den prozessorientierten Cleantech-Unternehmen sind Unterschiede ebenfalls bezüglich des Imitationsschutzes und der Nutzung von Lieferanten- und Konkurrentenwissen zu verzeichnen. Dazu kommt eine stärkere (nichtlineare) Abhängigkeit von der Unternehmensgrösse (LEMPL). Dies interpretieren wir als Hinweis darauf, dass prozessorientierte Neuerungen im Cleantech-Bereich, die eher systemischen Charakter aufweisen, primär für grössere Firmen ökonomisch sinnvoll erscheinen (z.B. Gebäudeisolation, Energienutzung)

Dienstleistungen

Bei Produktneuerungen beschränken sich die Unterschiede gegenüber innovierenden Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt auf die schwächere Beanspruchung von Humankapital (QUAL; siehe auch Tabelle 3.8) und die intensivere Nutzung von Universitäts- und Patentwissen, wobei die letzteren Effekte relativ schwach sind (und gewissermassen im Widerspruch zum Humankapitaleffekt stehen). Bis auf die Nutzung von Humankapital scheinen sich also die Cleantech-Firmen im Dienstleistungssektor bezüglich Produktinnovationen nicht gross von den restlichen Unternehmen zu unterscheiden.

Im Prozessbereich treten grössere Unterschiede auf. Offenbar veranlasst der Preisdruck insbesondere grössere Firmen zu umweltfreundlichen Prozessinnovationen, die unter Verwendung von externem Wissen aus Lieferanten, Abnehmern der Produkte, Messen/Ausstellungen und Patentschriften entwickelt werden. Auch bei den prozessorientierten Cleantech-Unternehmen ist die Nutzung von Humankapital schwächer als bei Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt.

Tabelle 3.11: Definition der Variablen des Innovationsmodells

Variable	Beschreibung
Bestimmungsgleichung der Innovationsneigung 2002-2008	
<i>Abhängige Variablen</i>	
	<p>Ordinale Variablen mit 3 Ausprägungen:</p> <p>Variante „Innovationen total“:</p> <p>0 Unternehmen, die <i>keine</i> Produkt- bzw. Prozessinnovationen in den betreffenden Perioden eingeführt haben</p> <p>1 Innovierende Unternehmen, die <i>keines</i> der vier cleantech-relevanten Ziele intensiv (Wert 4 oder 5 einer fünfstelligen Likert Skala) verfolgt haben</p> <p>2 Innovierende Unternehmen, die <i>mindestens 1</i> der vier cleantech-relevanten Ziele intensiv (Wert 4 oder 5 einer fünfstelligen Likert Skala) verfolgt haben</p> <p>Variante „Prozessinnovationen“ bzw. „Produktinnovationen“:</p> <p>0 Unternehmen, die <i>keine</i> Produkt- bzw. Prozessinnovationen in den betreffenden Perioden eingeführt haben</p> <p>1 Innovierende Unternehmen, die nicht unter 2 fallen</p> <p>2 Innovierende Unternehmen, die <i>mindestens 1</i> der drei <i>prozessorientierten</i> cleantech-relevanten Ziele bzw. das einzige <i>produktorientiertes</i> cleantech-relevantes Innovationsziel intensiv (Wert 4 oder 5 einer fünfstelligen Likert Skala) verfolgt haben</p>
<i>Unabhängige Variablen: Determinanten der Innovation</i>	
D	<p>1. <i>Marktbedingungen</i></p> <p>Durchschnitt der Nachfrageerwartungen für die bezüglich des Erhebungsjahres letzten bzw. nächsten drei Jahre</p>
IPC	Intensität der Preiskonkurrenz auf dem Absatzmarkt
INPC	Intensität der nichtpreislichen Konkurrenz (z.B. bezüglich Qualität, Technologie, Kundenservice) auf dem Absatzmarkt
NCOMP	Anzahl Hauptkonkurrenten auf dem Absatzmarkt weltweit
COPY	<p>2. <i>Schutz der Eigentumsrechte</i></p> <p>Leichtigkeit der Kopierbarkeit der Innovation durch andere Unternehmen als Innovationshindernis</p>
TPOT	<p>3. <i>Ausschöpfung technologischer Möglichkeiten</i></p> <p>Technologisches Potenzial, d.h. verfügbares wissenschaftliches und technologisches Wissen, das für die Innovationstätigkeit eines Unternehmens relevant ist.</p>
USER	Externe Wissensquellen: Kunden
SUPP	Lieferanten von Material/Komponenten, Ausrüstungsgütern
COMP	Konkurrenten
GROUP	Firmen des gleichen Konzerns
UNIV	Universitäten, Fachhochschulen
PATENT	Patentschriften

EXHIB	Messen, Ausstellungen <i>4. Verfügbarkeit von Humankapital</i>
QUAL	Anteil der Beschäftigten mit Ausbildung auf der tertiären Stufe <i>5. Unternehmensgrösse</i>
LEMP	Natürlicher Logarithmus der Beschäftigtenzahl (in Vollzeitäquivalenten) <i>Andere Variablen</i>
AGE	Alter des Unternehmens: 2008-Gründungsjahr
FOREIGN	Unternehmen in (mehrheitlich) ausländischem Besitz

Die unabhängigen Variablen mit Ausnahme von QUAL, LEMPL und AGE und NCOMP sind binäre Variablen, die folgendermassen konstruiert wurden: Ausprägung 1: für die Werte 4 und 5 der ursprünglichen fünfstufigen ordinalen Likert-Skala; Ausprägung 0: Werte 1, 2 und 3 der ursprünglichen Likert-Skala). Die Variable NCOMP ist eine fünfstufige ordinale Variable mit folgenden Ausprägungen: 1: weniger als 5 Konkurrenten, 2: 6-10 Konkurrenten, 3: 11-15 Konkurrenten, 4: 16-50 Konkurrenten, 5: mehr als 50 Konkurrenten.

Tabelle 3.12 Innovationsprofil der CLEANTECH-Unternehmen: Bestimmungsfaktoren der Innovation im Vergleich zu den innovierenden Unternehmen ohne Cleantech; Referenz: nichtinnovierende Unternehmen; INDUSTRIE, BAU

	InnovationenTotal		Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	Cleantech	Ohne Cleantech	Cleantech	Ohne Cleantech	Cleantech	Ohne Cleantech
D	0.353*** (0.079)	0.293*** (0.071)	0.344*** (0.088)	0.309*** (0.068)	0.423*** (0.092)	0.288*** (0.071)
IPC	0.212* (0.131)	-0.042 (0.119)	0.202 (0.143)	0.011 (0.115)	0.212 (0.156)	-0.088 (0.121)
INPC	0.566*** (0.127)	0.532*** (0.119)	0.534*** (0.139)	0.549*** (0.115)	0.634*** (0.145)	0.620*** (0.120)
NCOMP	-0.132*** (0.042)	-0.126*** (0.039)	-0.147*** (0.046)	-0.120*** (0.037)	-0.110** (0.049)	-0.153*** (0.040)
COPY	0.147*** (0.046)	0.014 (0.044)	0.152*** (0.051)	0.038 (0.042)	0.157*** (0.055)	0.057 (0.045)
TPOT	0.655*** (0.142)	0.491*** (0.137)	0.671*** (0.153)	0.520** (0.133)	0.766*** (0.164)	0.577*** (0.141)
External sources:						
USER	0.060 (0.125)	0.038 (0.117)	0.111 (0.138)	0.022 (0.112)	0.012 (0.145)	0.071 (0.119)
SUPPL	0.193 (0.149)	-0.120 (0.147)	0.350** (0.162)	-0.139 (0.141)	0.134 (0.170)	-0.123 (0.153)
COMP	-0.276** (0.131)	-0.560*** (0.130)	-0.279** (0.144)	-0.498*** (0.123)	-0.206 (0.149)	-0.541** (0.130)
GROUP	0.161 (0.160)	-0.103 (0.157)	0.143 (0.172)	-0.042 (0.151)	0.274 (0.184)	-0.197 (0.156)
UNIV	0.136 (0.166)	0.138 (0.159)	0.165 (0.177)	0.125 (0.155)	0.028 (0.189)	0.136 (0.159)
PATENT	0.350 (0.255)	0.317 (0.246)	0.322 (0.266)	0.332 (0.240)	0.374 (0.284)	0.444* (0.247)
EXHIB	0.011 (0.130)	-0.045 (0.123)	0.060 (0.142)	-0.051 (0.118)	-0.117 (0.151)	0.062 (0.124)
QUAL	0.014*** (0.004)	0.014*** (0.004)	0.014*** (0.004)	0.014*** (0.004)	0.012*** (0.005)	0.014*** (0.004)
AGE	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	0.002 (0.001)	-0.000 (0.002)	0.001 (0.001)
FOREIGN	-0.244 (0.180)	-0.355** (0.171)	-0.186 (0.190)	-0.359** (0.166)	-0.355* (0.209)	-0.213 (0.168)
LEMP	0.411*** (0.043)	0.363*** (0.044)	0.485*** (0.052)	0.343*** (0.043)	0.395*** (0.054)	0.389*** (0.045)
Const.	-4.378*** (0.453)	-3.038*** (0.413)	-5.183*** (0.505)	-2.863*** (0.396)	-4.993*** (0.523)	-3.158*** (0.413)
N	2590		2590		2590	
LR chi2	547.9***		540.7***		589.9***	
Pseudo R2	0.129		0.131		0.167	

Bemerkung: Multinomiale Logit-Schätzung mit gepoolten Daten 2002, 2008. ***, ** bzw. * bedeuten statistische Signifikanz auf dem Testniveau von 1%, 5% bzw. 10%. Referenzsektor: Bauwirtschaft. Sämtliche Schätzungen enthalten 18 Branche-Dummyvariablen (Referenzbranche: Lebensmittelindustrie) und eine Zeit-Dummyvariable (Referenzjahr: 2008).

Tabelle 3.13: Innovationsprofil der CLEANTECH-Unternehmen: Bestimmungsfaktoren der Innovation im direkten Vergleich zu den innovierenden Unternehmen ohne Cleantech; Referenz: innovierende Unternehmen ohne Cleantech; INDUSTRIE, BAU

	Innovationen Total Cleantech	Prozessinnovationen Cleantech	Produktinnovationen Cleantech
D	0.060 (0.068)	0.035 (0.075)	0.136* (0.081)
IPC	0.254** (0.114)	0.192 (0.125)	0.299** (0.137)
INPC	0.034 (0.105)	-0.015 (0.113)	0.015 (0.122)
NCOMP	-0.006 (0.038)	-0.027 (0.041)	0.043 (0.045)
COPY	0.133*** (0.043)	0.113*** (0.046)	0.101** (0.051)
TPOT	0.165 (0.113)	0.151 (0.121)	0.188 (0.134)
External sources:			
USER	0.022 (0.109)	0.089 (0.117)	-0.060 (0.129)
SUPPL	0.313** (0.130)	0.487*** (0.140)	0.257* (0.150)
COMP	0.284** (0.116)	0.219* (0.122)	0.335*** (0.133)
GROUP	0.265** (0.133)	0.185 (0.138)	0.471*** (0.153)
UNIV	-0.002 (0.127)	0.041 (0.136)	-0.108 (0.151)
PATENT	0.033 (0.167)	-0.010 (0.175)	-0.070 (0.195)
EXHIB	0.055 (0.110)	0.112 (0.118)	-0.179 (0.131)
QUAL	-0.000 (0.003)	0.000 (0.003)	-0.002 (0.004)
AGE	-0.000 (0.001)	0.000 (0.001)	-0.001 (0.001)
FOREIGN	0.110 (0.144)	0.173 (0.150)	-0.142 (0.171)
LEMP	0.048 (0.040)	0.141*** (0.043)	0.006 (0.048)
Const.	-1.340*** (0.406)	-2.320*** (0.443)	-1.835*** (0.472)
N	2590	2590	2590
LR chi2	547.9***	540.7	589.9***
Pseudo R2	0.129	0.131	0.167

Bemerkung: Multinomiale Logit-Schätzung mit gepoolten Daten 2002, 2008. Es wird nur die Schätzung für die Cleantech-Unternehmen gezeigt. ***, ** bzw. * bedeuten statistische Signifikanz auf dem Testniveau von 1%, 5% bzw. 10%. Referenzsektor: Bauwirtschaft. Sämtliche Schätzungen enthalten 18 Branche-Dummyvariablen (Referenzbranche: Lebensmittelindustrie) und eine Zeit-Dummyvariable (Referenzjahr: 2008).

Tabelle 3.14 Innovationsprofil der CLEANTECH-Unternehmen: Bestimmungsfaktoren der Innovation im Vergleich zu den innovierenden Unternehmen ohne Cleantech; Referenz: nichtinnovierende Unternehmen; DIENSTLEISTUNGEN

	Innovationen Total		Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	Cleantech	Ohne Cleantech	Cleantech	Ohne Cleantech	Cleantech	Ohne Cleantech
D	0.280*	0.335***	0.436***	0.305***	0.410**	0.285***
	(0.163)	(0.103)	(0.207)	(0.099)	(0.204)	(0.113)
IPC	0.147	-0.061	0.518*	-0.100	-0.295	0.073
	(0.245)	(0.159)	(0.316)	(0.155)	(0.291)	(0.172)
INPC	0.591***	0.286*	0.510*	0.331**	0.590**	0.322*
	(0.240)	(0.178)	(0.291)	(0.164)	(0.285)	(0.176)
NCOMP	0.043	-0.024	0.050	-0.021	0.096	-0.042
	(0.073)	(0.049)	(0.087)	(0.047)	(0.089)	(0.052)
COPY	0.113	0.012	0.146	0.016	0.179	0.067
	(0.096)	(0.066)	(0.115)	(0.064)	(0.111)	(0.073)
TPOT	0.734***	0.461**	0.494	0.524***	0.767**	0.425**
	(0.265)	(0.203)	(0.323)	(0.196)	(0.311)	(0.211)
External sources:						
USER	0.367*	0.036	0.538**	0.037	0.333	0.160
	(0.224)	(0.162)	(0.265)	(0.157)	(0.275)	(0.173)
SUPPL	0.747**	0.117	0.853**	0.163	0.402	0.398
	(0.313)	(0.248)	(0.357)	(0.237)	(0.411)	(0.254)
COMP	0.053	0.049	-0.041	0.075	0.114	-0.000
	(0.223)	(0.167)	(0.273)	(0.162)	(0.262)	(0.179)
GROUP	0.007	0.086	-0.215	0.110	0.423	-0.078
	(0.296)	(0.206)	(0.360)	(0.202)	(0.338)	(0.221)
UNIV	0.259	-0.049	0.032	0.013	0.598*	0.015
	(0.292)	(0.224)	(0.363)	(0.215)	(0.317)	(0.238)
PATENT	0.701	-0.183	1.088	-0.182	0.642	-0.540
	(0.648)	(0.735)	(0.720)	(0.726)	(0.657)	(0.740)
EXHIB	0.241	-0.158	0.396	-0.154	0.400	-0.032
	(0.272)	(0.208)	(0.315)	(0.201)	(0.308)	(0.214)
QUAL	-0.012**	0.006**	-0.007	0.004	-0.015**	0.004
	(0.006)	(0.004)	(0.007)	(0.004)	(0.007)	(0.004)
AGE	0.000	-0.001	0.001	-0.001	0.002	-0.001
	(0.003)	(0.002)	(0.003)	(0.002)	(0.003)	(0.002)
FOREIGN	0.065	-0.280	-0.132	-0.230	0.173	-0.333
	(0.339)	(0.254)	(0.412)	(0.245)	(0.397)	(0.274)
LEMP	0.453***	0.346***	0.521***	0.344***	0.332***	0.378***
	(0.075)	(0.053)	(0.088)	(0.052)	(0.088)	(0.055)
Const.	-4.176***	-3.405***	-5.552***	-3.150***	-4.654***	-3.639***
	(0.838)	(0.632)	(1.058)	(0.606)	(0.970)	(0.996)
N	1030		1030		1030	
LR chi2	219.0***		220.0		200.8***	
Pseudo R2	0.136		0.144		0.149	

Bemerkung: Multinomiale Logit-Schätzung mit gepoolten Daten 2002, 2008. ***, ** bzw. * bedeuten statistische Signifikanz auf dem Testniveau von 1%, 5% bzw. 10%. Referenzsektor: Bauwirtschaft. Sämtliche Schätzungen enthalten 6 Branche-Dummyvariablen (Referenzbranche: persönliche DL) und eine Zeit-Dummyvariable (Referenzjahr: 2008).

Tabelle 3.15 Innovationsprofil der CLEANTECH-Unternehmen: Bestimmungsfaktoren der Innovation im direkten Vergleich zu den innovierenden Unternehmen ohne Cleantech; Referenz: innovierende Unternehmen ohne Cleantech; DIENST-LEISTUNGEN

	Innovationen Total Cleantech	Prozessinnovationen Cleantech	Produktinnovationen Cleantech
D	-0.055 (0.167)	0.131 (0.207)	0.125 (0.210)
IPC	0.209 (0.246)	0.618** (0.316)	-0.368 (0.293)
INPC	0.305 (0.239)	0.179 (0.313)	0.269 (0.285)
NCOMP	0.067 (0.072)	0.071 (0.085)	0.138 (0.089)
COPY	0.101 (0.096)	0.131 (0.115)	0.112 (0.111)
TPOT	0.273 (0.256)	-0.030 (0.311)	0.342 (0.314)
External sources:			
USER	0.331 (0.227)	0.502* (0.263)	0.173 (0.280)
SUPPL	0.630** (0.321)	0.691** (0.355)	0.003 (0.423)
COMP	0.003 (0.222)	-0.116 (0.268)	0.114 (0.264)
GROUP	-0.079 (0.281)	-0.325 (0.347)	0.501 (0.335)
UNIV	0.309 (0.283)	0.018 (0.350)	0.583* (0.315)
PATENT	0.884 (0.587)	1.271* (0.680)	1.182* (0.682)
EXHIB	0.399 (0.270)	0.550* (0.308)	0.432 (0.301)
QUAL	-0.018*** (0.007)	-0.011* (0.006)	-0.020*** (0.003)
AGE	0.002 (0.003)	0.002 (0.004)	0.002 (0.003)
FOREIGN	0.345 (0.333)	0.098 (0.400)	0.506 (0.399)
LEMPL	0.107 (0.072)	0.177** (0.085)	-0.047 (0.085)
Const.	-0.771 (0.877)	-2.401** (1.079)	-1.064 (1.022)
N	1030	1030	1030
LR chi2	219.0***	220.0***	200.8***
Pseudo R2	0.136	0.144	0.149

Bemerkung: Multinomiale Logit-Schätzung mit gepoolten Daten 2002, 2008. Es wird nur die Schätzung für die Cleantech-Unternehmen gezeigt. ***, ** bzw. * bedeuten statistische Signifikanz auf dem Testniveau von 1%, 5% bzw. 10%. Referenzsektor: Bauwirtschaft. Sämtliche Schätzungen enthalten 6 Branche-Dummyvariablen (Referenzbranche: persönliche DL) und eine Zeit-Dummyvariable (Referenzjahr: 2008).

3.5 Einschätzung des technologischen Potenzials für die Schweiz II

Branchen mit einem überdurchschnittlichen Anteil von innovativen Cleantech-Firmen betrachten wir als Branchen mit einem überdurchschnittlichen Innovationspotenzial im Cleantech-Bereich auch in der Zukunft (analog zum Verständnis von Innovationspotenzial im Abschnitt 2.6).

Tabelle 3.5 identifiziert die Industriebranchen mit *überdurchschnittlich* vielen Firmen im Cleantech-Sektor bzw. für ein der restlichen drei Ziele. *Chemie, Energie* und *Steine/Erden* belegen die drei ersten Ränge sowohl in Bezug auf Cleantech insgesamt als auch in Bezug auf das Innovationsziel „Entwicklung von umweltfreundlichen Produkten“. Die Chemie gehört zu den drei am stärksten „cleantech-orientierten“ Branchen auch bezüglich der restlichen drei prozessorientierten Innovationszielen.

Die im Vergleich zur Industrie (auch zur Bauwirtschaft) beträchtlich niedrigeren Anteile von Cleantech-Firmen im Dienstleistungssektor lassen sich weitgehend durch den niedrigen Anteil von „Hardware“ im Dienstleistungssektor erklären. So verzeichnen die wissensintensiven Bereiche Finanzdienstleistungen, Informatik und Geschäftsdienstleistungen aufgrund des starken Software-Charakters ihrer Dienstleistungen niedrige Anteile von Cleantech-Unternehmen.

Sind die innovativen Cleantech-Unternehmen anders bezüglich einer Reihe Struktur- und Leistungsmerkmale (siehe Tabelle 3.7 und 3.8) als andere innovative Unternehmen ohne Cleantech-Schwerpunkt?

Bei der Industrie (inkl. Bau) sind die Unterschiede bezüglich der gewählten Struktur- und Leistungsmerkmale gering. Statistisch signifikante Unterschiede zugunsten der Cleantech-Unternehmen ergeben sich bezüglich der durchschnittlichen Firmengrösse, der Kapitalintensität, des Umsatzanteils an erheblich modifizierten Produkten (inkrementelle Innovation) und der Arbeitsproduktivität. Das bedeutet, dass Cleantech-Firmen im Industriebereich (inkl. Bau) im Durchschnitt grösser, kapitalintensiver und produktiver aber nicht unbedingt innovativer (mit Ausnahme des Umsatzanteils erheblich modifizierter Produkte) sind als Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt.

Bei den Dienstleistungsunternehmen sind die Unterschiede grösser. Die Cleantech-Firmen in diesem Fall sind grösser, kapitalintensiver, exportintensiver und innovativer als die restlichen Unternehmen, selbst wenn sie etwa die gleiche F&E-Intensität, die gleiche Produktivität und sogar eine niedrigere Humankapitalintensität aufweisen.

4. Beispiele von Cleantech-Innovationen von ausgewählten Schweizer Unternehmen

Auf der Basis eines kurzen Fragebogens wurden im Rahmen dieses Projektes ausgewählte Schweizer Unternehmen nach Neuerungen im Cleantech-Bereich gefragt, welche sie in den letzten Jahren entwickelt bzw. eingeführt haben. Alle Firmen erwähnten in ihren Antworten neben ökonomischen Motiven für ihre Cleantech-Innovationen auch das eher „intrinsische“ Motiv des Beitrags zur Nachhaltigkeit. Im Folgenden werden die Antworten von sechs Firmen präsentiert: drei Industrie- und drei Dienstleistungsunternehmen.

Industriebereich

Clariant, AG, Muttenz, Spezialitäten-Chemie:

Wichtigste Produktinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Nichthalogenierte Flammschutzmittel: **Exolit**
- Vollständig abbaubares Reinigungsmittel: **Genaminox**
- Chrom- und aldehydfreies Gerbungsmittel für Leder: **EasyWhiteTan**
- Mittel zur Abscheidung von Kleberrückständen in der Papierproduktion: **Cartaspers PSM**
- Mittel zur umweltfreundlichen Färbung von Jeans: **Advanced Denim**

Wichtigste Prozessinnovation im Cleantech-Bereich:

- Abscheidung von CO₂ aus Abgasstrom und Aufarbeitung zur Lebensmittelqualität: Reduktion der Emission um 95%

Die Unternehmung schätzt den Umsatzanteil, der auf Produktinnovationen im Cleantech-Bereich zurückgeht im Jahr 2010 auf ca. 30%. Die künftige Marktentwicklung schätzt die Unternehmung positiv ein: man geht von zweistelligen Wachstumsraten aus.

Siemens Schweiz AG, Zürich, Gebäudeautomation („Building Technologies“), Fahrleittechnik:

Wichtigste Produktinnovationen im Cleantech-Bereich (einzelne Beispiele):

- Schaffung neuer energiesparender Funktionen für Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Beschattung, Wassererwärmung etc. bei der Gebäudeautomation
- Entwicklung von Mini-LEU (Lineside Electronic Unit): Dies ist ein elektronisches System, welches den Fahrbegriff eines Eisenbahnsignals auf eine Balise im Gleis überträgt, von wo aus er wiederum über Datenfunk an die Triebfahrzeuge übermittelt wird und welches ohne externe Stromversorgung auskommt. Der stark reduzierte

Energiebedarf wird durch Solar-Panels abgedeckt, welche den Gehäusedeckel bedecken.

- Verbesserung des bereits existierenden Eisenbahn-Leitssystems Iltis in Richtung Erhöhung der Energieeffizienz des Bahnbetriebs.

Wichtigste Prozessinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Drastische Reduktion der Verpackungsvolumina und Straffung der Logistikketten durch Lieferanteneinbindung
- Konsequente Eliminierung von schädlichen Stoffen in Prozessen und Produkten über gesetzliche Erfordernisse hinaus
- Implementierung von Umweltnormen zur umweltgerechten Produktgestaltung in die Prozesse.

Die Unternehmung schätzt den Umsatzanteil, der auf Produktinnovationen im Cleantech-Bereich zurückgeht im Jahr 2010 auf ca. 36%. Die künftige Marktentwicklung schätzt die Unternehmung positiv ein: man geht von zweistelligen Wachstumsraten aus.

Novartis AG, Basel, pharmazeutische Industrie:

Wichtigste Prozessinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Nutzung von eigenen Abfällen zur Energiegewinnung, so dass der Energiebedarf zur Herstellung von Zwischen- und Endprodukten reduziert wird
- Abfall-Management zur Optimierung der Rezyklierungsrate bei industriellen als auch Haushalts-Abfällen, so dass der Materialbedarf der Produkte reduziert wird
- Einsatz von Wärmepumpen in Neubauten.

Axpo Holding AG, Baden, Energieunternehmung:

Wichtigste Produktinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Aufbau des CO₂-Geschäftsfeldes: Beratung der Kunden bezüglich des Aufbaus und der Umsetzung einer Klimaschutzstrategie: Identifizierung des „Carbon Footprint“, Reduktion des CO₂-Ausstosses etc.
- Kundenberatung bezüglich Energieeffizienz (Initiative „clever heizen – 1000x belohnt“, Ersatz von veralteten Elektroheizungen durch moderne Wärmepumpen etc.)
- Entwicklung, Bau und Betrieb von Biogasanlagen (Axpo Kompogas AG).

Wichtigste Prozessinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Wasserkraft: Optimierung von Flusskraftwerken mittels des Einbaus von leistungsfähigeren Turbinen und Generatoren sowie einer Optimierung im Engineering
- Aufbau von Geothermie-Knowhow über die Beteiligung an einem Erdwärmeprojekt in Taufkirchen, Deutschland
- Aufbau von Know-how im Bereich der Off-Shore-Windkraft über die Beteiligung am Off-Shore Windpark Global Tech I

Die Unternehmung schätzt den Umsatzanteil, der auf Produktinnovationen im Cleantech-Bereich zurückgeht im Jahr 2010 auf ca. 1%.

Die zukünftige Entwicklung geht stark in Richtung Ausbau der neuen erneuerbaren Technologien und zunehmende Nachfrage von CO₂-effizienten und energieeffizienten Dienstleistungen.

Credit Suisse AG, Zürich, Finanzunternehmung:

Wichtigste Produkt- und Prozessinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Etablierung einer „Cleantech Investment“-Gruppe im Asset-Management
- Etablierung eines auf erneuerbare Energien spezialisierten Teams im Investment Banking
- Mitentwicklung einer LED-Stehleuchte, die jeweils für zwei oder vier Arbeitsplätze von Credit Suisse-Mitarbeitenden zur Anwendung kommen.

Sunstar-Hotels, Liestal:

Wichtigste Produkt- und Prozessinnovationen im Cleantech-Bereich:

- Erarbeiten der Zertifizierung für das Steinbock-Label (Gütesiegel für Nachhaltigkeit im Tourismus)

5. Einschätzung des Potenzials für Cleantech-Produkte in der Schweiz anhand der KOF-Innovationsdaten

5.1 Vorgehen bei der Berechnung der Umsatzanteile von Cleantech-Produkten

In diesem Kapitel wird der Versuch unternommen, Schätzungen über die Anteile von Cleantech-Produkten am Umsatz insgesamt auf Branchenstufe zu gewinnen. Dabei wird von den Einschätzungen zum Cleantech-Innovationspotenzial im Kapitel 3 ausgegangen, die ihrerseits auf den KOF-Innovationsdaten beruhen. Diese Daten erlauben eine Unterscheidung von sechs Innovationszielen: Erhaltung/Steigerung des Marktanteils, Ersatz für auslaufende Produkte, Erweiterung der Produktpalette, Erschliessung neuer regionaler Absatzmärkte, Verbesserung der Qualität der Produkte, Entwicklung umweltfreundlicher Produkte. Die Grundidee ist einfach. Es werden nur diejenigen Unternehmen berücksichtigt, welche in der Periode 2006-2008 *Produktinnovationen* eingeführt haben und im Rahmen ihrer Innovationsaktivitäten dem *Innovationsziel* „Entwicklung umweltfreundlicher Produkte“ eine hohe Bedeutung (Werte 4 oder 5 auf einer fünfstufigen Likert-Skala: 1; ‚keine Bedeutung‘; 5: ‚sehr grosse Bedeutung‘) beimessen. Die Haupthypothese lautet, dass die Struktur der Innovationsziele unmittelbar in der Umsatzstruktur einer Unternehmung abgebildet werden kann. Da keine weiteren Informationen über die mögliche Gewichtung der sechs in Frage kommenden Ziele verfügbar sind, wird jedem Ziel das gleiche Gewicht 1 zugeordnet. Es werden also die Unternehmen ermittelt, welche unterschiedliche Zielkombinationen nach dem Kriterium „Bedeutung: Werte 4 oder 5“ aufweisen, und jeder Kombination wird ein Faktor zugeordnet. Dieser Faktor misst die relative Bedeutung des Zieles „umweltfreundliche Produkte“. Die Zuordnungsregeln lauten wie folgt:

- a) Bei 1 weiterem Ziel mit den Werten 4 oder 5: insgesamt 2 „bedeutende“ Ziele, 5 mögliche Kombinationen → Faktor 0.50
- b) Bei 2 weiteren Zielen mit den Werten 4 oder 5: insgesamt 3 „bedeutende“ Ziele, 10 mögliche Kombinationen → Faktor 0.33
- c) Bei 3 weiteren Zielen mit den Werten 4 oder 5: insgesamt 4 „bedeutende“ Ziele, 9 mögliche Kombinationen → Faktor 0.25
- d) Bei 4 weiteren Zielen mit den Werten 4 oder 5: insgesamt 5 „bedeutende“ Ziele, 3 mögliche Kombinationen → Faktor 0.20
- e) Bei 5 weiteren Zielen mit den Werten 4 oder 5: insgesamt 6 „bedeutende“ Ziele, 1 mögliche Kombination → Faktor 0.16

Die Faktoren dienen zur Berechnung des Cleantech-Anteils des Umsatzes (Anteil_i) an innovativen Produkten (Gliederung 1: Summe neue + erheblich modifizierte Produkte; siehe Fragebogen der Innovationserhebung 2008, Frage 2.2b: http://www.kof.ethz.ch/static_media/upload/filer/public/2011/05/06/fb_inno_2008_de.pdf).

Berechnung: $Anteil_i = Faktor_i * Umsatzanteil\ innovativer\ Produkte_i$

Die Umsatzschätzungen auf Unternehmensstufe werden anschliessend auf Branchenstufe hochgerechnet:

$Umsatzanteil\ von\ Cleantech-Produktinnovationen\ der\ Branche\ j = \frac{\sum_j (Umsatz_i * Anteil_i)}{\sum Umsatz_i}$; i : Firma

Aufgrund des Berechnungsvorgehens sind die so berechneten Werte als *Höchstwerte* anzusehen.

5.2 Resultate

Tabelle 5.1 enthält die Angaben zu den Umsatzanteilen von innovativen Cleantech-Produkten auf Branchenstufe für den Industriebereich und die Bauwirtschaft (Spalte 1). Ergänzend werden in der Tabelle auch die Umsatzanteile von innovativen Produkten insgesamt (Spalte 2) sowie das Verhältnis der Umsätze von Cleantech-Produkten und innovativen Produkten insgesamt (Spalte 3) abgebildet. Diese Angaben reflektieren zwar die Lage im Zeitraum 2002-2008, können aber als Hinweise für die Zukunftsmöglichkeiten angesehen werden. Wir gehen also davon aus, dass Branchen mit relativ hohen Umsatzanteilen von innovativen Cleantech-Produkten auch künftig eine starke Präsenz im Cleantech-Bereich aufweisen werden.

Die Umsatzanteile von innovativen Cleantech-Produkten bewegen sich zwischen 0.0% (Uhrenindustrie) und 8.4% (Energiewirtschaft). Im Durchschnitt der Industrie beträgt der entsprechende Anteil 4.2%, in der Bauwirtschaft 2.5%. Aufschlussreicher bezüglich der Angebotspotenziale der einzelnen Branchen ist die Information in Spalte 3 in Kombination mit Spalte 2. Die drei folgenden Branchen weisen insgesamt überdurchschnittlich hohe (Industriedurchschnitt: 10.9%) Anteile von Cleantech-Produkten am Umsatz von innovativen Produkten (der das Angebotspotenzial an innovativen Produkten insgesamt reflektiert) auf: Energiewirtschaft (primär Elektrizitätswirtschaft) (29.2%), Steine/Erden (27.1%), Elektrotechnik (20.6%). Etwas niedrigere aber immer noch überdurchschnittliche Umsatzanteile von innovativen Cleantech-Produkten finden sich in den Wirtschaftsbereichen Kunststoffe (14.6%), Papier (14.4) und Chemie (12.1%). Auch die Bauwirtschaft (12.7%) liegt etwas über dem Durchschnitt der Industrie insgesamt. Von diesen insgesamt 6 Branchen (inklusive Bauwirtschaft), welche überdurchschnittliche Potenziale aufweisen, ist nur die Chemie auch insgesamt überdurchschnittlich innovativ (Umsatzanteil von innovativen Produkten insgesamt von 44.9%; Industriedurchschnitt: 38.9%). Die restlichen Bereiche sind insgesamt eher unterdurchschnittlich innovativ. Bei den innovativsten Branchen

(Elektronik/Instrumente und Maschinenbau) sind relativ niedrige Umsatzanteile von Cleantech-Produkten zu verzeichnen (6.5% bzw. 5.3%).⁷

Tabelle 5.2 enthält dieselbe Information wie Tabelle 5.1 für den Dienstleistungssektor. Der Sektordurchschnitt für den Umsatz von innovativen Cleantech-Produkten beträgt nur 1%. Dies ist beträchtlich tiefer als im Industriebereich oder in der Bauwirtschaft. Bis auf den Grosshandel liegen die Umsätze bei den restlichen Dienstleistungsbranchen unter 1%.⁸ Im Sektordurchschnitt ist auch der Anteil der Cleantech-Produkte am Umsatz der innovativen Produkte insgesamt mit 3.0% relativ tief. Neben dem Handel weist nur der Finanzsektor (Banken/Versicherungen) einen Anteil auf, der merklich höher als 1% ist.

Tabelle 5.1: Schätzung des Umsatzanteils von innovativen CLEANTECH-Produkten nach Branchen 2008; Industrie und Bauwirtschaft (Bezugsbasis: innovierende Unternehmen)

Branche	Umsatzanteil von innovativen CLEANTECH-Produkten (1)	Umsatzanteil von innovativen Produkten (2)	Anteil innovativer CLEANTECH-Produkte (1) / (2)
Nahrungsmittel	0.6	30.5	2.0
Textil/Bekleidung	2.8	32.7	8.5
Holz	4.0	36.3	10.9
Papier	4.0	27.9	14.4
Graf. Industrie	0.4	22.4	1.9
Chemie	5.4	44.9	12.1
Kunststoffe	3.4	23.4	14.6
Steine, Erden	6.2	22.8	27.1
Metallerzeugung	0.6	17.0	3.5
Metallverarbeitung	1.8	31.9	5.7
Maschinenbau	2.4	45.1	5.3
Elektrotechnik	7.4	36.1	20.6
Elektronik/Instrumente	3.1	48.7	6.5
Uhren	0.0	41.7	0.0
Fahrzeugbau	2.3	21.0	10.9
Übrige Industrie	1.5	48.8	3.0
Energie	8.4	28.9	29.2
<i>Industrie total</i>	<i>4.2</i>	<i>38.9</i>	<i>10.9</i>
Bauwirtschaft	2.5	19.3	12.7

Innovative Produkte: neue Produkte und erheblich modifizierte bestehende Produkte. Die Schätzungen beruhen auf den Angaben von 588 Industrie- und 46 Bauunternehmen. Jede der aufgeführten Branchen enthält mindestens 10 Unternehmen.

⁷ Der Bereich „übrige Industrie“ mit einem Umsatzanteil von innovativen Produkten von 48.8% ist zu heterogen, um die Innovationsperformance einer bestimmten Gütergruppe zuordnen zu können. Deswegen verzichten wir hier auf eine Kommentierung dieser Branche.

⁸ Auch hier gelten die im Kapitel 3 erwähnten Vorbehalten, was die Ergebnisse für den Handel betrifft.

Tabelle 5.2: Schätzung des Umsatzanteils von *innovativen* CLEANTECH-Produkten nach Branchen 2008; Dienstleistungssektor (Bezugsbasis: innovierende Unternehmen)

Branche	Umsatzanteil von <i>innovativen</i> CLEANTECH-Produkten (1)	Umsatzanteil von <i>innovativen</i> Produkten (2)	Anteil <i>innovativer</i> CLEANTECH-Produkte (1) / (2)
Grosshandel	5.7	35.0	16.3
Detailhandel	0.5	5.3	10.3
Gastgewerbe	0.1	40.1	0.3
Transport/Telekommunikation	0.3	69.5	0.5
Banken/Versicherungen	0.7	29.0	2.5
Informatik	0.7	51.6	1.4
Unternehmensnahe DL	0.7	51.3	1.3
Persönliche DL			
<i>Dienstleistungen insgesamt</i>	<i>1.0</i>	<i>34.3</i>	<i>3.0</i>

Innovative Produkte: neue Produkte und erheblich modifizierte bestehende Produkte. Die Schätzungen beruhen auf den Angaben von 299 Unternehmen. Jede der aufgeführten Branchen enthält mindestens 10 Unternehmen.

6. Cleantech-Profile und Treibhausmissionen

6.1 Grundidee

Dieses Kapitel untersucht, ob auf *Länderstufe* ein Zusammenhang zwischen Verpflichtungen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen, welche im Rahmen des Kyoto-Abkommens eingegangen worden sind, und dem Cleantech-Profil eines Landes besteht. Hierbei dienen zwei unterschiedliche Masse als Indikatoren für die Verpflichtungen zur Reduktion der Treibhausmissionen: einerseits das Reduktionsziel im Rahmen des Kyoto-Abkommens, andererseits die effektive Lage bezüglich Emissionsreduktion, gemessen z.B. durch die Veränderungsrate der Emissionen in einem bestimmten Jahr. Der Indikator für das Cleantech-Profil ist der bereits in Kapitel 2 diskutierte (internationale) Spezialisierungsgrad eines Landes in Bezug auf Cleantech-Patente, wobei wir uns hier auf die Veränderung des Spezialisierungsgrades konzentrieren.

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen den Verpflichtungen zu Emissionsreduktionen im Rahmen des Kyoto-Abkommens (Kyoto-Zielen) und dem Cleantech-Spezialisierungsgrad lautet unsere Hypothese, dass höhere Reduktionsverpflichtungen eines Landes mit höheren technologischen Anforderungen in diesem Bereich und somit mit einer höheren Cleantech-Spezialisierung einhergehen können, sofern nicht die benötigte Technologie weitgehend importiert wird. Darüber hinaus ist aber zu berücksichtigen, dass bei fest eingegangenen Kyoto-Verpflichtungen auch die jährliche Veränderung der Emissionen, welche die effektive Lage bezüglich Emissionsreduktion und somit die Abweichung vom Reduktionsziel misst, auch einem zusätzlichen Bedarf nach Cleantech-Produktion und somit einer höheren Cleantech-Spezialisierung führen kann.

6.2 Zeitliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen

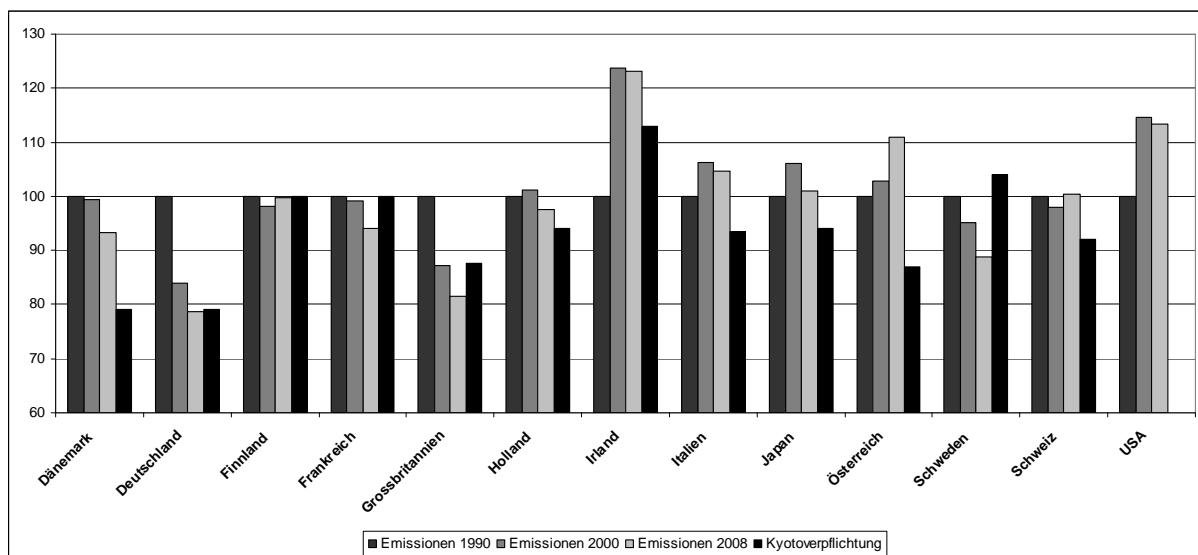
In einem ersten Schritt stellt Grafik 6.1 die Entwicklung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen (CO₂e)⁹ in den Jahren 1990, 2000 und 2008 dar, wobei die Werte auf das Jahr 1990 indexiert sind. Da sich das Kyoto-Abkommen auf die Emissionen im Jahre 1990 bezieht, erlaubt diese Darstellung einen direkten Vergleich zwischen dem realen Zielerreichungsgrad und den im Rahmen des Kyoto-Abkommens eingegangenen Verpflichtungen, welche in Grafik 6.1 als schwarze Balken dargestellt sind. So hat sich z.B. Dänemark bis 2012 zu einer Reduktion der Emissionen um 21% auf 79% des Ausstosses von 1990 verpflichtet, während sich Finnland das Niveau von 1990, also 100%, als Ziel gesetzt hat. Da die USA das Abkommen nicht ratifiziert haben, ist hier keine Verpflichtung aufgetragen.

⁹ CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen (CO₂e) bezeichnet eine gewichtete Summe von verschiedenen Treibhausgasen, wobei die Gewichte einzelner Gase aufgrund ihres Beitrages zum Treibhauseffekt innerhalb eines 100 jährigen Betrachtungshorizontes berechnet werden (siehe Forster, Ramaswamy u.a. 2007).

Grafik 6.1 zeigt, dass die Zielvorgaben des Kyoto-Abkommens zwischen den verschiedenen Ländern stark variieren (siehe UNFCCC 1998). Hierbei ist zu beachten, dass die EU zwar vereinbart hat, die Summe der Emissionen um 8% zu senken, die Beiträge der einzelnen Länder zu dieser Reduktion jedoch variieren. Während Dänemark und Deutschland sich verpflichtet haben, ihren Ausstoss um 21% abzubauen, dürfen Irland und Schweden ihre Emissionen um 13% respektive 4% erhöhen (siehe EU 2002). Da die Zielvorgaben variieren, hängt der Zielerreichungsgrad sowohl von den Ausstossveränderungen als auch den anvisierten Zielen ab.

Ein Vergleich der Veränderungen in den Treibhausgasemissionen zeigt, dass sich die untersuchten Länder in drei Gruppen aufteilen lassen. Die erste Gruppe besteht aus Ländern, welche die Treibhausgasemissionen gesenkt haben. Deutschland und Grossbritannien haben den Ausstoss am deutlichsten reduziert, gefolgt von Schweden, Dänemark und Frankreich. Die zweite Gruppe von Ländern konnte die Emissionen zumindest stabil halten. Hierzu gehören Holland, Finnland, Japan und die Schweiz. Die dritte und letzte Gruppe, bestehend aus Irland, Italien, Österreich und den USA, haben ihre CO₂-Emissionen seit 1990 sogar erhöht.

Grafik 6.1: Indizierte Entwicklung von Treibhausgasemissionen zwischen 2000 und 2008 sowie die Reduktionsverpflichtungen im Rahmen des Kyoto-Abkommens



Ein Vergleich der anvisierten und realisierten Emissionsreduktionen in Grafik 6.1 zeigt, dass lediglich die drei Länder, Frankreich, Grossbritannien und Schweden, die Zielvorgaben übertreffen. Zudem haben Deutschland und Finnland die Zielvorgaben erfüllt. Das Emissionswachstum der restlichen Länder hat die Zielvorgaben des Kyoto-Abkommens hingegen überschritten, wobei beträchtliche Unterschiede hinsichtlich der Differenz bestehen. Während Österreich und Dänemark mit Abweichungen von 24% respektive 14% weit entfernt

vom angestrebten Ziel sind, weichen die *Schweiz* und Japan nur um 8% respektive 7% ab. Für Italien und Irland beträgt die Differenz rund 10%.

Von den zwölf Ländern die das Abkommen ratifiziert haben, weisen immerhin sieben eine gleichgerichtete Veränderung auf. Ausserdem zeigt eine Korrelationsanalyse einen relativ hohen Koeffizienten von rund 0.58. Diese Daten deuten folglich auf die Existenz eines positiven Zusammenhanges zwischen Kyoto-Verpflichtung und Emissionsreduktion hin.

Allerdings kann man aus einer solchen einfachen Analyse keine Schlüsse hinsichtlich eines kausalen Effektes ziehen, da die Höhe der Verpflichtungen möglicherweise von der Situation eines Landes abhängen und deshalb die kausale Beziehung auch in die andere Richtung gehen kann. Ein Beispiel hierfür ist, dass Länder mit kostengünstigen Reduktionsmöglichkeiten ambitioniertere Ziele angegeben haben als solche, bei welchen bereits früher relativ viel Umweltschutz betrieben wurde und eine zusätzlich Reduktion deshalb sehr teuer wäre. Ausserdem kontrolliert eine simple Korrelationsanalyse nicht für weitere Einflussfaktoren, wie zum Beispiel Veränderungen in der Bevölkerungsgrösse, der Wirtschaftsleistung oder strukturelle und sektorale Verschiebungen.

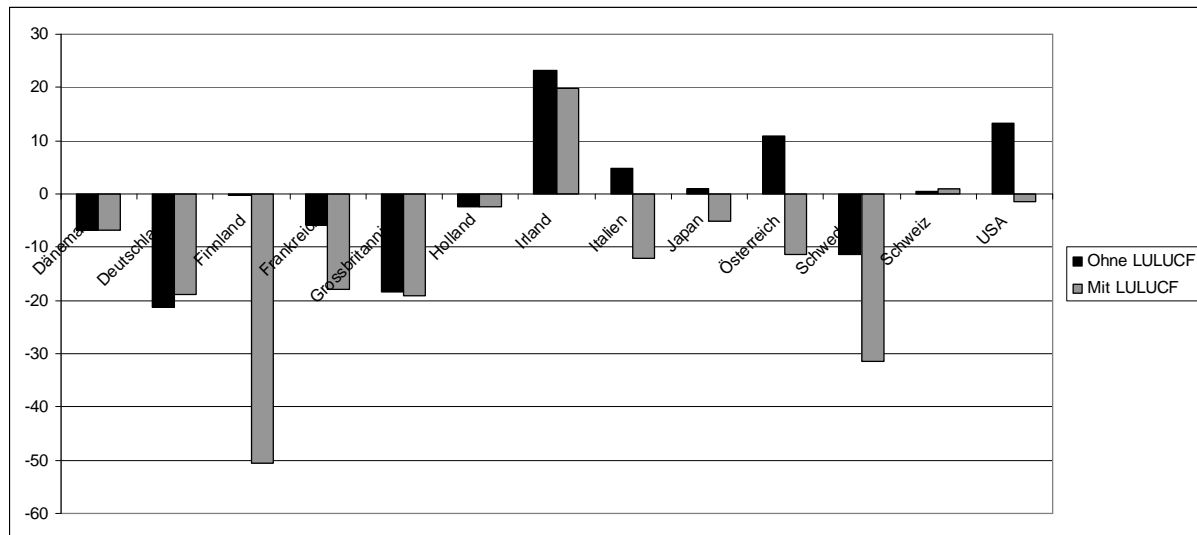
Um diese Schlussfolgerungen auf festere Beine zu stellen, wird kurz auf die existierende Literatur hinsichtlich der Determinanten von Treibhausgasemissionen eingegangen, wobei der Fokus auf dem Einfluss des Kyoto-Abkommens liegt. Basierend auf Dietz und Rosa (1997), zeigen York et al. (2003), dass der Ausstoss mit der Bevölkerungsgrösse und der Wirtschaftsleistung zunimmt. Allerdings nimmt mit höherer Wirtschaftsleistung auch deren Einfluss auf den Ausstoss ab. Dies deutet auf die sogenannte Kuznet Kurventheorie hin, welche besagt, dass die Umwelt mit zunehmendem Wohlstand weniger belastet wird. Allerdings deutet die Literatur darauf hin, dass der Wendepunkt erst auf einem momentan unerreichbaren Niveau stattfinden würde (Dinda 2003 präsentiert eine Übersicht zu dieser Thematik). York et al. (2003) zeigen ausserdem, dass ein tropisches Klima den Ausstoss senkt, während eine Urbanisierung zu einer Erhöhung führt.

Darauf aufbauend finden Grunewald und Martínez-Zarzoso (2009), dass die Ratifikation des Kyoto-Abkommens einen negativen Einfluss auf Treibhausgasemissionen aufweist, wobei für die Gruppe der reichsten Länder, welche alle in unserer Analyse berücksichtigten Länder beinhaltet, kein Einfluss nachgewiesen werden kann. Allerdings hat auch die Verwendung von Ausgleichsmassnahmen (Clean Development Masures CDM) keinen Anstieg des Ausstosses zur Folge. Iwata und Okada (2010) untersuchen den Einfluss des Kyoto-Abkommens auf den Ausstoss von verschiedenen Treibhausgasen. Sie finden, dass die Ratifikation eine negative Auswirkung auf die Emission von CO₂ und Methan hat, zeigen aber auch einen aus dem Kyoto-Abkommen resultierenden Anstieg in Treibhausgasen, welche darin nicht berücksichtigt wurden.

Allerdings gilt es zu beachten, dass Grafik 6.1 lediglich die tatsächlichen Emissionen darstellt, während die Länder zusätzlich dazu die Möglichkeit haben, ihre Ausstosstätigkeit

via Veränderungen in der Landnutzung und Forstwirtschaft zu kompensieren. Zudem erlaubt das Kyoto-Abkommen, dass Emissionstätigkeit mittels treibhausbindender Aktivitäten in anderen Ländern über sogenannte „Clean Development Mechanisms“ (CDM) kompensiert wird.

Grafik 6.2: Wachstum von CO₂ äquivalenten Treibhausgasemissionen 1990-2008 mit und ohne Änderungen in Landnutzung und Forstwirtschaft (LULUCF)



Um diese Möglichkeit zu berücksichtigen, zeigen die grauen Balken in Grafik 6.2 das Wachstum der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2008 dar, wenn man die Veränderungen in der Landnutzung und Forstwirtschaft im Jahre 2008 mitberücksichtigt.¹⁰ Zum Vergleich stellen die schwarzen Balken die entsprechenden Wachstumsraten in der reinen Emissionstätigkeit dar. Die stärkste Emissionsreduktion hat in Finnland stattgefunden. Frankreich, Italien, Österreich, Schweden, die USA haben ebenfalls relativ stark aufgeforstet, was in geringerem Ausmass auch auf Irland und Japan zutrifft. Hingegen hat sich die Landnutzung in Dänemark, Grossbritannien, Holland und der Schweiz kaum verändert. Deutschland hat sogar einen negativen, wenn auch kleinen, Beitrag der Landnutzung und Forstwirtschaft.

Während diese Betrachtungen aufzeigen, dass die Berücksichtigung alternativer Kompensationsmöglichkeiten im Rahmen des Kyoto-Abkommens durchaus relevant sein kann, fokussieren wir im Folgenden dennoch auf die Entwicklung der reinen Emissionstätigkeit. Erstens, da weder die Veränderungen in der Landnutzung und Forstwirtschaft noch der CDM-Mechanismus einen direkten Zusammenhang zur technologischen Basis eines Landes aufweisen. Zweitens sind diese Veränderungen nicht

¹⁰ In Ländern in denen die Änderungen in der Landnutzung und Forstwirtschaft 1990 einen negativen Beitrag geleistet hat, werden diese zur Berechnung der Emissionsbasis 1990 dazugezählt.

nachhaltig, denn der Änderung von Landnutzung sind durch die Verfügbarkeit von Boden natürliche Grenzen vorgegeben. Insofern haben diese Veränderungen eine natürliche Limite und können folglich das Cleantech-Potenzial lediglich in die Zukunft verschieben und nicht ersetzen.

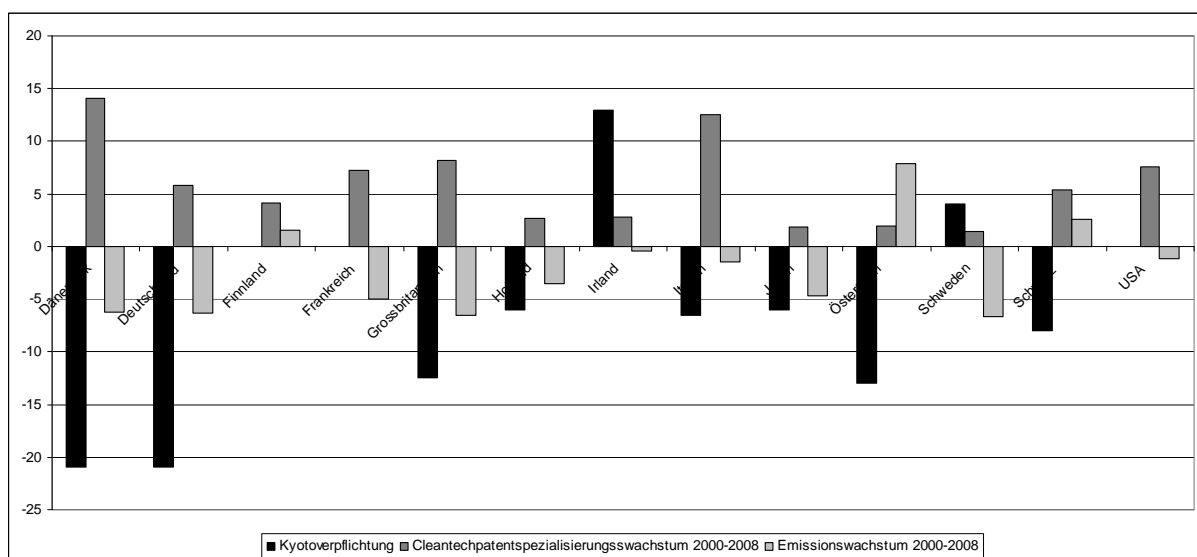
6.3 Cleantech-Spezialisierung und Treibhausgasemissionen

Nach einer Analyse der Emissionstätigkeit in den vorhergehenden Abschnitten versucht dieser Teil einen Zusammenhang zur technologischen Basis eines Landes herzustellen, welche durch den Cleantech-Spezialisierungsgrad gemessen wird. Von Interesse ist einerseits, ob die Verpflichtungshöhe im Rahmen des Kyoto-Abkommens einen Einfluss auf die Entwicklung der Spezialisierung aufweist und andererseits ob eine Vertiefung der technologischen Basis mit einer Emissionsreduktion einhergeht.

Zu diesem Zweck zeigt Grafik 6.3 neben den Kyoto-Verpflichtungen auch die Wachstumsraten der (internationalen) Cleantech-Spezialisierung eines Landes. Zudem enthält Grafik 6.3 auch das Wachstum des Treibhausgasausstosses zwischen 2000 und 2008.

Entsprechend der Erwartung, dass eine Reduktionsverpflichtungen zu Wachstum in der technologischen Basis führt, weisen acht der zwölf analysierten Länder ein gegenläufiges Vorzeichen von Kyoto-Verpflichtung und Spezialisierungswachstum auf, wobei Irland und Schweden die Ausnahmen darstellen. Eine einfache Korrelationsanalyse ergibt einen Wert von -0.48 und bestätigt damit die visuelle Einschätzung, dass Reduktionsziele und Erweiterung der technologischen Basis einhergehen.

Grafik 6.3: Reduktionsverpflichtungen im Rahmen des Kyoto-Abkommens sowie das Wachstum der Spezialisierung auf Cleantech Patente und der CO₂ - äquivalenten Treibhausgasemissionen zwischen 2000 und 2008



Unter der Annahme, dass die Verfügbarkeit von technologischem Wissen mit einem Rückgang der Emissionstätigkeit einhergeht, erwarten wir einen negativen Zusammenhang zwischen dem Wachstum in der Patentspezialisierung und dem Treibhausgasausstoss. Dies kann zwei mögliche Gründe haben. Einerseits kann die Erweiterung der technologischen Basis die Senkung von Emissionen erleichtern. Umgekehrt kann man eine Senkung der Emissionstätigkeit als politisch herbeigeführte Veränderung interpretieren, welche eine Nachfrage nach Cleantech hervorruft und so zu einem höheren Spezialisierungsgrad der technologischen Basis beiträgt. Aus dieser Perspektive reflektiert die Emissionsveränderung die Abweichung vom Kyoto-Ziel, da eine Erhöhung der Emissionen eine höhere Diskrepanz impliziert.

Auch dieses Bild wird von Grafik 6.3 gestützt, auch wenn der Zusammenhang etwas diffuser zu sein scheint. Von den 13 untersuchten Ländern weisen immerhin zehn Länder eine gegenläufige Richtung der Wachstumsraten auf. Ausnahmen sind Finnland, Österreich und die *Schweiz*, wo sowohl die Spezialisierung als auch der Treibhausgasausstoss gestiegen sind. Allerdings ist zu beachten, dass deren Spezialisierungswachstum relativ gering war. In der Summe ergibt sich eine Korrelation von -0.28, was ebenfalls darauf hindeutet, dass eine starke technologische Basis hilft, die Emissionen zu senken oder aber dass Emissionssenkungen die Spezialisierung über eine Erhöhung der Nachfrage begünstigen.

6.4 Ökonometrische Analyse

Der vorherige Abschnitt zeigt eine negative Korrelation der technologischen Basis mit Reduktionszielen und Treibhausgasemissionen auf. Eine solch einfache Korrelationsanalyse lässt jedoch keinen Rückschluss über die Wirkungsmechanismen zu, da Unterschiede zwischen den Ländern und Branchen nicht berücksichtigt werden. Ausserdem kann, wie oben dargelegt, die Einflusswirkung nicht eruiert werden. In unserer ökonometrischen Analyse fokussieren wir uns auf die zweite Wirkungsrichtung, also den Einfluss der politisch interpretierten Emissionssenkung auf die Spezialisierung der technologischen Basis. Deshalb beschreibt der folgende Abschnitt eine Erweiterung des im Abschnitt 2.5 vorgestellten ökonometrischen Modells. Konkret untersucht dieser Teil den Einfluss der Kyoto-Zielhöhe und der Veränderung der CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen auf die Spezialisierung eines Landes in Bezug auf Cleantech-Patente.

Spalte 1 in Tabelle 6.1 zeigt die Ergebnisse einer Regressionsanalyse in welcher für die Kapitalintensität, die Offenheit der Branche, die Branchengrösse, der Patentoutput (insgesamt) pro Beschäftigten und die Bedeutung von energieintensiven Branchen kontrolliert wird. Ausserdem fangen Dummy-Variablen für Zeit und Industrie unbeobachtete Unterschiede auf. Zusätzlich zu diesem im Abschnitt 2.5 verwendeten Modell enthält die Gleichung das Kyoto-Ziel, also die geplante Veränderung der Emissionstätigkeit. Wie die einfache Korrelationsanalyse erwarten lässt, zeigt Spalte 1 einen *positiven* Einfluss des

absoluten Wertes der Höhe des Kyoto-Ziels auf die Spezialisierung. Dies bedeutet, dass ein ambitionierteres Reduktionsziel zu einem Anstieg in der Spezialisierung führt. Allerdings ist zu beachten, dass diese Variable über Branchen und Zeit hinweg konstant bleibt und somit keine Korrektur für zeitkonstante, länderspezifische Eigenheiten erlaubt. So könnte man sich zum Beispiel vorstellen, dass die Sensibilität eines Landes für die Umweltproblematik sowohl eine höhere Zielvorgabe als auch eine höhere Spezialisierung hervorruft.

Deshalb untersuchen die Spalten 2 und 3 in Tabelle 6.1 den Einfluss der Emissionsveränderungen auf die technologische Spezialisierung. Da eine Emissionsenkung eine Annäherung an das zeitkonstante Kyoto-Ziel darstellt, kann man diese Variable als Abweichung vom Kyoto-Ziel interpretieren. Die Veränderung der Emissionstätigkeit über die Zeit erlaubt es, durch die Verwendung von Veränderungen über die Zeit für zeitkonstante Eigenheiten zu kontrollieren. Ausserdem kann die Wirkungsrichtung durch die Verwendung von vergangenen Werten der Emissionsveränderungen eruiert werden. Die Ergebnisse in Spalte 3 gehen noch einen Schritt weiter. Sie führen zusätzlich beobachtungsspezifische Trends ein, welche für unbeobachtete Heterogenität in der Veränderungsrate kontrollieren.

Tabelle 6.1: Anteil von „Cleantech“-Patenten/Patente insgesamt einer Branche (2000-2008) inklusive Emissionsvariablen

	Niveau (OLS)	Differenz (OLS)	Differenz (FE)
Kapitalintensität	0.006*** (0.002)	0.061 (1.071)	-0.541 (1.160)
Offenheit der Branche	-0.015 (0.011)	1.498*** (0.484)	1.820*** (0.507)
Branchengrösse	-0.008*** (0.001)	2.898 (5.129)	4.018 (5.612)
Innovationsintensität	-0.125 (0.086)	-0.149 (0.122)	-0.019 (0.144)
Energieintensität: Beschäftigungsanteil der energieintensiven Branchen	0.106 (0.095)	-0.160 (1.012)	-1.200 (1.029)
Beschäftigungsanteil im Quadrat	-0.196 (0.125)		
Kyoto-Ziel	-0.001*** (0.000)		
Differenz CO ₂ -Emission		-1.985** (0.897)	-2.122* (1.132)
N	1202	791	791
Wald chi ² /F	37.986	2.420	3.307
Prob > chi ²	0.000	0.004	0.000

Ergebnisse über max. 23 Branchen, 13 Länder und 9 Jahre; „Ordinary Least Squares“-Schätzung (OLS) und „Fixed Effects“-Schätzung (FE); Niveau-Schätzer beinhalten Industrie- und Zeit-Dummyvariablen. Differenzen-Schätzung haben Zeit-Dummyvariablen. Die unabhängigen Variablen sind um ein Jahr verschoben. Die Tabelle zeigt Koeffizienten und robuste Standardfehler in Klammern. *, ** bzw. *** zeigen Signifikanzen auf den 10%-, 5%- bzw. 1%-Testniveaus an.

Beide Modelle zeigen einen *negativen* Einfluss der Veränderung in den CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen auf die Veränderung der Spezialisierung. Diese Ergebnisse stützen die Hypothese, dass ein höherer Erreichungsgrad der Kyoto-Ziele zu einer höheren Spezialisierung führt, also dass der politische Wille, die Emissionstätigkeit zu reduzieren, die Spezialisierung in Bezug auf Cleantech erhöht.

Werden sich die Rahmenbedingungen ändern – sei es, weil neue Kyoto-Ziele beschlossen werden, sei es, weil sich bei gegebenen Zielen die Abweichungen von diesen Zielen verändern, geben die Parameter (Koeffizienten) unseres Modells an, wie gross etwa die erwartenden Effekte auf die Cleantech-Spezialisierung sein könnten.

7. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Cleantech-Spezialisierungsmuster im internationalen Vergleich auf der Basis von Patentdaten

Der Technologiebereich Cleantech ist in den letzten zehn Jahren weltweit stark gewachsen. Die Cleantech-Patente machen zwar einen kleinen Anteil des weltweiten technologischen Portfolios aus, dieser Anteil ist aber zwischen 2000 und 2008 von ca. 2.5% auf ca. 4.1% angestiegen. Noch eindrucksvoller ist die Zunahme in absoluten Zahlen, von 2'694 auf 6'129 Patente, also eine Zunahme um etwa 227%. Der Maschinenbau ist mit einem über die Zeit beinahe konstanten Anteil von 30% die wichtigste Branche im Cleantech-Sektor. Die Chemie-Branche weist über die gesamte Periode den zweithöchsten Anteil auf. Dieser Anteil ist aber von ca. 35% (2000) auf etwa 18% (2008) gefallen.

Die Schweiz beteiligte sich nur schwach an diesem Wachstum. Der Schweizer Anteil blieb praktisch konstant, er betrug 2.6% (2000) bzw. 2.8% (2008) mit geringfügigen Schwankungen in beide Richtungen in den Zwischenjahren.

Die Schweiz gehört zur Gruppe von Ländern mit etwas *stärker unterdurchschnittlicher internationaler Spezialisierung* im Cleantech-Bereich (gemessen durch das Verhältnis des nationalen Anteils zum weltweiten Anteil von Cleantech-Patenten). Dazu gehören auch Schweden und die USA. China weist ebenfalls eine unterdurchschnittliche Spezialisierung in diesem Bereich auf. Dänemark weist die mit Abstand höchste Spezialisierung im Cleantech-Bereich auf, gefolgt von Österreich und Japan. Alle drei Länder verzeichnen auch einen wachsenden Weltanteil. Deutschland ist das vierte Land mit einer – wenn auch eher schwachen – überdurchschnittlichen Spezialisierung. Eine Reihe von Ländern sind durch praktisch keine (Frankreich) bzw. nur schwach unterdurchschnittliche Spezialisierung (Italien, Irland, Grossbritannien und Finnland) gekennzeichnet.

In der Schweiz, den USA, den Niederlanden sowie in Schweden ist die Cleantech-Spezialisierung bezogen auf andere technologische Bereiche im gleichen Land (*nationale Spezialisierung*) *unterdurchschnittlich*.

Auch in allen vier Teilbereichen des Cleantech-Sektors weist die Schweiz eine *unterdurchschnittliche* Spezialisierung aus. Die ist primär bei den Technologien, die mit dem Luftverschmutzungs- und Wasserverschmutzungsschutz zusammenhängen der Fall. Am wenigsten trifft dies auf die *Bewirtschaftung von festen Abfällen* und den *erneuerbaren Energien* (praktisch *im Weltdurchschnitt*) zu.

Zu den Schweizer Branchen mit den höchsten Anteilen von Cleantech-Patenten (die nach unserer Betrachtung auch die Branchen mit dem höchsten technologischen Potenzial sein sollen) gehören – wenn man von der Mineralölverarbeitung absieht, die unbedeutend für die Schweiz ist – die Wirtschaftsbereiche *Metallerzeugnisse* (ca. 12%), *Metallerzeugung* und *Maschinenbau* (ca. 7%), *nichtmetallische Mineralien*, *Grundstoffchemie* und *Fahrzeugbau* (je

etwa 5%). Die restlichen Branchen liegen unter 5%. Zudem gehören – wenn man von der Mineralölverarbeitung absieht – alle Branchen mit Anteilen höher als 5% zu den auch weltweit relevanten Cleantech-Branchen. Allerdings sind die entsprechenden Anteile weltweit höher als in der Schweiz. Ausnahmen sind die Bereiche *Metallerzeugnisse* und *nichtmetallische Mineralstoffe*. Die Differenzen sind aber nicht gross. Die Schweiz weist nur in diesen zwei Wirtschaftsbereichen (Metallerzeugnisse, nichtmetallische Mineralstoffe) eine überdurchschnittliche Cleantech-Spezialisierung auf.

Der Vergleich des Spezialisierungsmusters bei den Cleantech-Patenten mit demjenigen der wissenschaftlichen Publikationen im Umwelt-Bereich zeigt eine erhebliche Diskrepanz zwischen der Performance bei den Publikationen und der Performance bei den Patenten. Diese Diskrepanz könnte auf Schwächen bei der Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse im Cleantech-Bereich hindeuten.

Die ökonometrische Untersuchung der Bestimmungsfaktoren des Cleantech-Spezialisierungsmusters auf Branchenstufe ergab, dass das Niveau des Spezialisierungsgrads durch die Kapitalintensität, die Offenheit der Branche und die Energieintensität eines Landes bestimmt wird.

Schweizer Cleantech-Spezialisierungsmuster auf der Basis von Innovationsdaten auf Firmenstufe

Die Analyse der „cleantech“-relevanten Innovationsaktivitäten beruhend auf den „cleantech“-relevanten Zielen der Innovationsaktivitäten Schweizer Unternehmen lieferte zusätzliche Einsichten bezüglich der Charakteristiken des Schweizer Cleantech-Sektors. Diese Analyse wurde für Unternehmen des Industriebereichs, der Bauwirtschaft und des Dienstleistungssektors durchgeführt.

Der Anteil der Cleantech-Unternehmen nach der KOF-Definition betrug im Durchschnitt der beiden hier betrachteten Perioden 23.5%. Die entsprechenden Anteile nach Sektoren waren: 32.0% in der Industrie, 16.0% in der Bauwirtschaft und 14.2% im Dienstleistungssektor.

Chemie, Energie und *Steine/Erden* belegen die drei ersten Ränge sowohl in Bezug auf Cleantech insgesamt als auch in Bezug auf das Innovationsziel „Entwicklung von umweltfreundlichen Produkten“. Die Chemie gehört zu den drei am stärksten „cleantech-orientierten“ Branchen auch bezüglich der weiteren drei prozessorientierten Innovationsziele.

Die im Vergleich zur Industrie (auch zur Bauwirtschaft) beträchtlich niedrigeren Anteile von Cleantech-Firmen im Dienstleistungssektor lassen sich weitgehend durch den niedrigen Anteil von „Hardware“ im Dienstleistungssektor erklären. So verzeichnen die wissensintensiven Bereiche Finanzdienstleistungen, Informatik und Geschäftsdienstleistungen aufgrund des starken „Software-Charakters“ ihrer Dienstleistungen niedrige Anteile von Cleantech-Unternehmen.

Einschätzung des Innovationspotenzials im Cleantech-Bereich

Unter technologischem Potenzial verstehen wir hier die technologischen Möglichkeiten, die sich aus der gegenwärtigen Lage für die Zukunft ergeben können, ohne Veränderungen der Rahmenbedingungen. Wenn ein Land beispielweise bis heute eine *überdurchschnittliche Spezialisierung* im Cleantech-Bereich insgesamt oder in einem Teilbereich erreicht hat, gehen wir davon aus, dass auch in der Zukunft weiterhin ein überdurchschnittlicher technologischer Impuls aus dem Gesamt- oder einem Teilbereich kommen wird.

Der Vergleich des Spezialisierungsmusters anhand der KOF-Innovationsdaten mit dem Spezialisierungsmuster auf Branchenstufe anhand der Patentdaten ergibt eine *relativ hohe Schnittmenge* von Branchen von technologisch überdurchschnittlicher Präsenz im Schweizer Cleantech-Sektor: Gemäss Patentstatistik sind die Bereiche Metallerzeugung, Metallerzeugnisse, Maschinenbau, Fahrzeugbau, Steine/Erden und Chemie überdurchschnittlich in der Schweiz. Nach dem Kriterium „Entwicklung umweltfreundlicher Produkte“ sind dies die Bereiche Steine/Erden, Fahrzeugbau und Chemie. Wird noch das Kriterium „umweltfreundliche Prozesse“ einbezogen, kommen die Branchen Metallerzeugung und Metallerzeugnisse hinzu. Nur beim Maschinenbau scheinen die Einschätzungen des Innovationspotenzials etwas zu divergieren.

Einschätzung des Potenzials für Cleantech-Produkte in der Schweiz anhand der KOF-Innovationsdaten

Die drei folgenden Branchen weisen insgesamt überdurchschnittlich hohe (Industriedurchschnitt: 10.9%) Anteile von Cleantech-Produkten am Umsatz von innovativen Produkten auf (der das Angebotspotenzial an innovativen Produkten insgesamt reflektiert): Energiewirtschaft (primär Elektrizitätswirtschaft), Steine/Erden, Elektrotechnik. Etwas niedrigere aber immer noch überdurchschnittliche Umsatzanteile von innovativen Cleantech-Produkten finden sich in den Wirtschaftsbereichen Kunststoffe, Papier und Chemie. Auch die Bauwirtschaft liegt etwas über dem Durchschnitt der Industrie insgesamt. Von diesen insgesamt sechs Branchen (inklusive Bauwirtschaft), welche überdurchschnittliche Potenziale aufweisen, ist nur die Chemie auch insgesamt überdurchschnittlich innovativ. Bei den innovativsten Branchen (Elektronik/Instrumente und Maschinenbau) sind relativ niedrige Umsatzanteile von Cleantech-Produkten zu verzeichnen.

Im Dienstleistungssektor beträgt der Anteil der Cleantech-Produkte am Umsatz der innovativen Produkte insgesamt lediglich 3.0%. Neben dem Handel weist nur der Finanzsektor (Banken/Versicherungen) einen Anteil auf, der merklich höher als 1% ist.

Die hier präsentierten Angaben reflektieren zwar die Lage im Zeitraum 2002-2008, können aber als Hinweise für die Zukunftsmöglichkeiten angesehen werden. Wir gehen also davon

aus, dass Branchen mit relativ hohen Umsatzanteilen von innovativen Cleantech-Produkten auch künftig eine starke Präsenz im Cleantech-Bereich aufweisen werden.

Charakterisierung des Schweizer Cleantech-Sektors

Unterscheiden sich die innovativen Cleantech-Unternehmen bezüglich einer Reihe Struktur- und Leistungsmerkmale von innovativen Unternehmen ohne Cleantech-Schwerpunkt?

Bei der *Industrie (inkl. Bau)* sind die Unterschiede bezüglich der gewählten Struktur- und Leistungsmerkmale gering. Statistisch signifikante Unterschiede zugunsten der Cleantech-Unternehmen ergeben sich bezüglich der durchschnittlichen Firmengrösse, der Kapitalintensität, des Umsatzanteils an erheblich modifizierten Produkten (inkrementelle Innovation) und der Arbeitsproduktivität. Das bedeutet, dass Cleantech-Firmen im Industriebereich (inkl. Bau) im Durchschnitt grösser, kapitalintensiver und produktiver aber nicht unbedingt innovativer (mit Ausnahme des Umsatzanteils erheblich modifizierter Produkte) sind als Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt.

Bei den *Dienstleistungsunternehmen* sind die Unterschiede grösser. Die Cleantech-Firmen sind diesem Fall grösser, kapitalintensiver, exportintensiver und innovativer als die restlichen Unternehmen. Dies gilt selbst wenn sie etwa die gleiche F&E-Intensität, die gleiche Produktivität und sogar eine niedrigere Humankapitalintensität aufweisen.

Die ökonometrische Untersuchung des Innovationsverhaltens von Cleantech-Firmen im Vergleich (a) zu nichtinnovierenden Firmen und (b) zu innovierenden Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt ergab folgende Resultate:

(a) Vergleich innovierende (mit oder ohne Cleantech-Schwerpunkt) / nichtinnovierende Unternehmen

Industrie

Es bestehen nur geringe Unterschiede zwischen Cleantech-Firmen und Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt hinsichtlich der Determinanten der Produktinnovationen. Der wichtigste Unterschied bezieht sich auf die Relevanz des Imitationsschutzes als Innovationshemmnis. Für Cleantech-Firmen ist der Imitationsschutz ein relevanteres Hindernis als für die restlichen Firmen. Genauer: das Problembewusstsein scheint ausgeprägter zu sein. Dies ist auch bei Prozessinnovationen der Fall. Zusätzlich finden wir bei Prozessinnovationen eine höhere Bedeutung der Lieferanten als Wissensquelle.

Dienstleistungen

Mit Ausnahme der Humankapitalintensität zeigen die produktorientierten Cleantech-Unternehmen das gleiche Muster von Erklärungsfaktoren der Innovationsneigung (gegenüber den nichtinnovierenden Firmen) wie die Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt. Der Effekt des Humankapitals ist negativ, was nicht ganz nachvollziehbar ist.

Bei den prozessorientierten Cleantech-Firmen sind einige Unterschiede gegenüber den restlichen innovierenden Firmen festzustellen: Das technologische Potenzial scheint nicht relevant zu sein, dafür aber der Druck der preislichen Konkurrenz. Ferner benötigen die Firmen bei der Entwicklung der eher inkrementellen Neuerungen externes Wissen, das von den Produktabnehmern und Lieferanten stammt.

(b) Vergleich innovierende (mit Cleantech-Schwerpunkt) / innovierende (ohne Cleantech-Schwerpunkt) Unternehmen:

Industrie

Die Unternehmen mit Cleantech-Schwerpunkt im Produktbereich weisen ein Innovationsprofil aus, welches sich in einigen Punkten von demjenigen der Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt unterscheidet: Stärkere Abhängigkeit von den Nachfrageerwartungen, dem Preisdruck und der Leichtigkeit der Imitation von Neuerungen, Nutzung von innovationsrelevantem externem Wissen, das von Lieferanten, Konkurrenten bzw. Firmen des selben Konzerns stammt. Es zeichnet sich also das Bild von Cleantech-Firmen ab, die Produktneuerungen unter intensiver Nutzung von externem Wissen aus verschiedenen Quellen einführen, reagierend auf Nachfrageanreize and Preisdruck. Die Tatsache, dass die Firmen eher auf Preisdruck als auf nichtpreisliche Wettbewerbsparameter reagieren in Kombination mit der intensiven Nutzung von Lieferanten- und Konkurrentenwissen, deutet darauf hin, dass die eingeführten Neuerungen eher inkrementeller Natur sind.

Bei den prozessorientierten Cleantech-Unternehmen sind ebenfalls Unterschiede bezüglich des Imitationsschutzes und der Nutzung von Lieferanten- und Konkurrentenwissen zu verzeichnen. Dazu kommt eine stärkere (nichtlineare) Abhängigkeit von der Unternehmensgrösse. Dies interpretieren wir als Hinweis darauf, dass prozessorientierte Neuerungen im Cleantech-Bereich, die eher systemischen Charakter aufweisen, primär für grössere Firmen ökonomisch sinnvoll erscheinen (z.B. Gebäudeisolation, Energienutzung).

Dienstleistungen

Bei Produktneuerungen beschränken sich die Unterschiede gegenüber innovierenden Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt auf die schwächere Beanspruchung von Humankapital und die intensivere Nutzung von Universitäts- und Patentwissen, wobei die letzteren Effekte relativ schwach sind (und gewissermassen im Widerspruch zum Humankapitaleffekt stehen). Bis auf die Nutzung von Humankapital scheinen sich also die Cleantech-Firmen im Dienstleistungssektor bezüglich Produktinnovationen nicht gross von den restlichen Unternehmen zu unterscheiden.

Im Prozessbereich treten grössere Unterschiede auf. Offenbar veranlasst der Preisdruck insbesondere grössere Firmen zu umweltfreundlichen Prozessinnovationen, die unter Verwendung von externem Wissen von Lieferanten, Abnehmern der Produkte, Messen/

Ausstellungen und Patenschriften entwickelt werden. Auch bei den prozessorientierten Cleantech-Unternehmen ist die Nutzung von Humankapital schwächer als bei Firmen ohne Cleantech-Schwerpunkt.

Insgesamt sind die Unterschiede zwischen innovierenden Cleantech-Unternehmen und innovierenden Unternehmen ohne Cleantech-Schwerpunkt bezüglich der Determinanten der Innovationsperformance nicht gross. Die festgestellten Unterschiede deuten auf spezifische Charakteristiken des Cleantech-Sektors hin, keineswegs aber auf Faktoren, die nachteilig auf die Innovationsperformance der Cleantech-Firmen auswirken.

Cleantech-Spezialisierung und Treibhausgasemissionen

Es wurde auch untersucht, ob auf *Länderstufe* ein Zusammenhang zwischen Verpflichtungen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen, welche im Rahmen des Kyoto-Abkommens eingegangen worden sind, und dem Cleantech-Profil eines Landes besteht.

Eine einfache Korrelationsanalyse ergab einen Wert von -0.48 und bestätigte damit die Vermutung, dass Reduktionsziele und Erweiterung der technologischen Basis im Cleantech-Bereich einhergehen.

Die ökonometrische Untersuchung ergab einen *negativen* Einfluss der Veränderung in den CO₂-äquivalenten Treibhausgasemissionen auf die Veränderung der Spezialisierung. Diese Ergebnisse stützen die Hypothese, dass ein höherer Erreichungsgrad der Kyoto-Ziele zu einer höheren Spezialisierung führt, also dass der politische Wille, die Emissionstätigkeit zu reduzieren, die Spezialisierung in Bezug auf Cleantech erhöht.

Werden sich die Rahmenbedingungen ändern – sei es, weil neue Kyoto-Ziele im Rahmen eines neuen verbindlichen internationalen Abkommens beschlossen werden, sei es, weil sich bei gegebenen Zielen die Abweichungen von diesen Ziele verändern, geben die Parameter (Koeffizienten) unseres Modells an, wie gross etwa die erwartenden Effekte auf die Cleantech-Spezialisierung sein könnten.

Literaturverzeichnis

- Arvanitis, S. und M. Ley (2010): Generierung und Übernahme von Energietechnologien und energiepolitische Förderung in der Schweiz – Schlussbericht., Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Zürich.
- Cohen, W.M. (1995): Empirical Studies of Innovative Activity, in: P. Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford: Blackwell, pp. 182-264.
- Dosi, G. (1988): Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation, *Journal of Economic Literature*, 26, pp. 1120-1171.
- Dietz, T. und E.A. Rosa (1997): Effects of Population and Affluence on CO2 Emissions, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94, 175-179.
- Dinda, S. (2003): Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey, *Ecological Economics*, 49, 431-455.
- De Vries, F. and N. Medhi (2008): Environmental Regulation and International Innovation in Automotive Emissions Control Technologies, in *Environmental Policy, Technological Innovation and Patents*, OECD Studies on Environmental Innovation, Paris, pp. 63-96.
- Ernst Basler+Partner (2009): Cleantech Schweiz – Studie zur Situation von Cleantech-Unternehmen in der Schweiz, Bern.
- EU (2002): http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/actions/euinitiatives_de.htm.
- Forster, P., Ramaswamy, V. et al. (2007): Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge und New York 2007, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>.
- Grunewald, N. and I. Martínez-Zarzoso (2009): Driving Factors of Carbon Dioxide Emissions and the Impact from Kyoto Protocol, *CESIFO Working Paper No. 2758*, <http://www.ifo.de/portal/pls/portal/docs/1/1186086.PDF>.
- Hiroki, I. and O. Keisuke (2010): Greenhouse gas emissions and the role of the Kyoto Protocol, *MPRA Paper No. 22299*, http://mpra.ub.uni-muenchen.de/22299/1/MPR_paper_22299.pdf.
- OECD (2009): *Science Technology and Industry Scoreboard*, Paris.
- Popp, D. (2002): Induced Innovation and Energy Prices, *American Economic Review*, 92(1), 160-180.
- Popp, D., Newell, R.G. and A.B. Jaffe (2009): *Energy, the Environment, and Technological Change*, *NBER Working Paper No. 14832*, Cambridge, Mass.
- Schmoch U., Laville F., Patel P., Frietsch R. (2003): *Linking Technology Areas to Industrial Sectors. Final Report to the European Commission, DG Research*. Karlsruhe, Paris, Brighton.
- UNFCCC (1998): Kyoto Protokoll, http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php.
- York, R., Rosa, E.A. and T. Dietz (2003): STIRPAT, IPAT and ImpACT – Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts, *Ecological Economics*, 46, 351-365.

