

Auslegeordnung «Ressourceneffiziente IKT»

Schlussbericht
Februar 2011



Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Ökonomie und Umweltbeobachtung, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

Ernst Basler + Partner AG

Autorinnen/Autoren

Katrin Bernath, Denise Fussen, Andreas Gattlen, Peter de Haan

Begleitung BAFU

Christian Hochstrasser, Loa Buchli

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Ernst Basler + Partner AG
Zollikerstrasse 65
8702 Zollikon
Telefon +41 44 395 11 11
info@ebp.ch
www.ebp.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Ziele	1
1.3	Definition und Systemabgrenzung	2
2	Ansatzpunkte für ressourceneffiziente IKT	5
2.1	Chancen und Risiken aus Umweltsicht	5
2.2	Massnahmen zur Reduktion von negativen Umwelteffekten	8
2.3	Exkurs: Rebound-Effekt	9
2.4	Umweltpolitische Instrumente im Überblick	10
2.5	Auslegeordnung zu staatlichen Massnahmen	12
3	Fazit	27
3.1	Schlussfolgerungen zu staatlichen Massnahmen	27
3.2	Weiterführende Fragestellungen	28

Anhänge

- A1 Literaturverzeichnis
- A2 Experteninterviews

1 Einleitung

In der vorliegenden Auslegeordnung zum Thema "Ressourceneffiziente Informations- und Kommunikationstechnologien" werden Erkenntnisse aus einer Dokumentenanalyse und Expertengesprächen zusammengestellt. Der Kontext und die Ziele dieser Auslegeordnung sowie zentrale Begriffe werden im einleitenden Kapitel erläutert.

1.1 Ausgangslage

Die zunehmende Verwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ist aus Umweltsicht mit Chancen und Risiken verbunden. Die Chancen liegen in der Substitution von herkömmlichen, umweltbelastenden Prozessen und Produkten durch energie- und ressourceneffiziente IKT-Produkte und IKT-Dienstleistungen (z.B. Ersatz von Geschäftsreisen durch Videokonferenzen). Demgegenüber ist die Herstellung, Nutzung und Entsorgung von IKT-Produkten mit negativen Umweltwirkungen verbunden, wie beispielsweise dem Verbrauch von natürlichen Ressourcen wie seltenen Metallen sowie dem Ausstoss von umweltschädigenden Emissionen in Wasser, Luft und Boden.

Die Erhöhung der Ressourceneffizienz bei der Verwendung von IKT ist eines der sechs Handlungsfelder für eine Grüne Wirtschaft, die der Bundesrat im Oktober 2010 vorgestellt hat.¹⁾ Effizienzsteigerungen sollen sowohl durch den Einsatz von IKT als auch beim Energie- und Ressourcenverbrauch über den Lebensweg von IKT-Produkten erreicht werden. Das UVEK ist nun beauftragt, in Zusammenarbeit mit dem EVD konkret aufzuzeigen, welche Möglichkeiten für eine Erhöhung der IKT-Ressourceneffizienz bestehen und die Grundlagen für die Umsetzung von entsprechenden Massnahmen zu erarbeiten. Vor diesem Hintergrund ist Basler + Partner (EBP) vom BAFU beauftragt worden, die bestehenden (nationalen und internationalen) Grundlagen zu diesem Thema auszuwerten und in einer Auslegeordnung darzustellen.

1.2 Ziele

Die *Ziele* der Untersuchung sind:

- Erstellung einer **Auslegeordnung zu umweltökonomischen Marktunvollkommenheiten** auf dem Lebensweg von IKT-Produkten.

1) <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/20804.pdf>

- Aufzeigen von konkreten **Ansatzpunkten für staatliches Handeln** zur Internalisierung von externen Effekten und zur Förderung der Energie- und Ressourceneffizienz in den verschiedenen Phasen des Lebenswegs.
- Beschreibung von **besonders relevanten Aspekten** in den einzelnen Phasen und Identifikation von **offenen Fragen**.

Der Lebensweg von IKT-Produkten wird aus umwelt- und ressourcenökonomischer Sicht analysiert. Technische und ökologische Aspekte werden nicht im Detail betrachtet. Leitende *Fragestellungen* dabei sind:

- In welchen Phasen auf dem Lebensweg von IKT-Produkten bestehen umweltökonomische Marktunvollkommenheiten? In welchen Phasen können Marktmechanismen zu einer material- und energieeffizienten Nutzung führen?
- Welche Ansatzpunkte in den konkreten Phasen auf dem Lebensweg von IKT-Produkten sind international umgesetzt oder im Gespräch? Welche sind insbesondere aus Sicht der staatlichen Behörden in der Schweiz interessant?
- Welche Stakeholder sind bei welchen Ansatzpunkten für eine Lösung von Marktunvollkommenheiten von besonderer Bedeutung?

1.3 Definition und Systemabgrenzung

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)

IKT-Güter werden gemäss OECD folgendermassen klassiert: "Die IKT-Güter müssen entweder dafür bestimmt sein, die Funktion der Informationsverarbeitung und Kommunikation durch elektronische Mittel zu erfüllen (inkl. Übertragung und Anzeige) oder elektronische Datenverarbeitung verwenden, um physikalische Phänomene zu erfassen, zu messen und/oder aufzuzeichnen oder einen physikalischen Prozess zu kontrollieren." ²⁾

Neben den hier genannten Gütern bzw. Produkten werden unter dem Begriff IKT auch Dienstleistungen und Anwendungen zusammengefasst (Infras 2009):

- IKT-Produkte: Endgeräte (Mobiltelefon, Laptop, Server, etc.) und Infrastruktur (Netze, Übertragungs- und Zugangstechnologien, etc.)
- IKT-Dienstleistungen: Software, Internet, IKT-Beratung, etc.
- IKT-Anwendungen: Smart-grid/Smart Metering, E-Banking, E-Government, etc.

In der vorliegenden Untersuchung stehen IKT-Produkte im Zentrum, auch IKT-Dienstleistungen werden einbezogen. Auf die verschiedenen Anwendungen wie Smart Grid, Smart Logistics, Elektronisierung von administrativen Prozessen (e-Government, e-Health, e-Learning, etc.) wird nicht eingegangen.

2) http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/16/04/key/approche_globale.informations.30601.306.html

Phasen des Lebensweges

Die Auslegeordnung orientiert sich am Lebensweg von IKT-Produkten. Dieser Lebensweg kann in sechs Phasen aufgeteilt werden, die in Abbildung 1 im Überblick dargestellt und anschließend beschrieben werden.



Abbildung 1: Überblick über die Phasen im Lebensweg von IKT-Produkten

- Die erste Phase des Lebensweges ist der *Abbau der Rohstoffe* für IKT-Produkte. Diese bestehen unter anderem aus Kunststoff, Glas, Stahl, Aluminium und seltenen Metallen wie Lithium, Indium etc (EMPA 2007). In der Abbauphase enthalten ist auch die Aufbereitung von stofflichen und energetischen Rohstoffen, z.B. die Herstellung von Aluminium.
- In der Phase der *Herstellung* entstehen aus den aufbereiteten Rohstoffen und unter Einsatz von weiteren Produktionsmitteln die Komponenten und schliesslich die eigentlichen IKT-Produkte.
- Die Phase des *Transportes* fasst die verschiedenen Transporte der Zwischen- oder Endprodukte zusammen (z.B. der Transport der Rohstoffe zu den Fabrikationseinheiten, der Transport der IKT-Produkte von der Fabrikationseinheit zum Händler etc.).
- Die Phase der *Implementierung* umfasst die Beschaffung (d.h. die Kaufentscheide) und Installation der IKT-Produkte (Endgeräte und Infrastruktur) sowie die Bereitstellung der Übertragungs- und Zugangstechnologien (z.B. Installation von Mobilfunkantennen, Einrichtung von einem Firmennetzwerk für die Anbindung der Mitarbeiter an einen gemeinsamen Server, Implementierung eines Videokonferenzsystems, etc.).
- In der Phase der *Nutzung* erfolgt die eigentliche Anwendung der IKT-Produkte (z.B. Abhalten von Videokonferenzen, Arbeiten am Computer/Server, etc.). Dies umfasst den Betrieb der Endgeräte und der Infrastruktur (wie z.B. zentrale Server, Übertragungs- und Zugangstechnologien). Darin enthalten ist auch die Wiederbenützung durch weitere Personen, die das IKT-Produkt in seiner ursprünglichen Funktion weiter benutzen (z.B. Abgabe eines Laptops an Mitarbeitende zur privaten Nutzung).
- Die Phase der *Entsorgung* beginnt, wenn das IKT-Produkt nicht mehr in seiner Funktion benutzt wird. Die Entsorgung kann auf verschiedene Wege erfolgen. Das IKT-Produkt oder einzelne Teile können zu anderen Zwecken weiterverwendet werden (z.B. Waste-to-Art). Andererseits kann man Teile des IKT-Produkts für die Reparatur von Second Hand Computern wiederverwerten (Refurbishing) oder die Einzelstoffe nach der Auftrennung in E-Waste Recycling Anlagen wieder in die Herstellung von neuen Produkten einfliessen lassen (Recyc-

ling). Zu Recycling zählt auch die (kontrollierte) Verbrennung zur Wärmenutzung. Wenn die Entsorgung der IKT-Produkte nicht geregelt ist, kann es auch geschehen, dass diese mit dem normalen Hausabfall entsorgt werden. Ein Teil der IKT-Produkte wird in Entwicklungs- und Schwellenländer exportiert.

Räumliche Abgrenzung

Die Kernfrage nach Ansatzpunkten für staatliches Handeln wird aus der Perspektive der Schweiz betrachtet. Dabei wird jedoch der ganze Lebensweg einbezogen, auch wenn insbesondere die Phasen des Rohstoffabbaus und der Herstellung weitgehend im Ausland stattfinden und sich der Handlungsspielraum der Schweiz vor allem auf die Implementierungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase konzentrieren.

2 Ansatzpunkte für ressourceneffiziente IKT

Für eine zielgerichtete Förderung von positiven bzw. Vermeidung von negativen Auswirkungen von IKT auf Umwelt und Ressourcen braucht es entsprechende Grundlagen zu ökologischen und technischen Aspekten. Die Aufarbeitung dieser Grundlagen ist nicht Teil der vorliegenden Untersuchung, bei der Ansatzpunkte für staatliches Handeln im Zentrum stehen. Zur Einordnung der in Kapitel 2.5 zusammengestellten staatlichen Massnahmen werden hier einleitend jedoch einige Überlegungen dargestellt zu ökologischen Aspekten (Kapitel 2.1), zu technischen und verhaltensbezogenen Massnahmen (Kapitel 2.2) sowie zu umweltpolitischen Instrumenten und Gründen für staatliches Handeln (Kapitel 2.4). Weiter werden einige Überlegungen zum Rebound-Effekt dargestellt, die bei Massnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz bei IKT zu berücksichtigen sind (Kapitel 2.3).

2.1 Chancen und Risiken aus Umweltsicht

Auswirkungen auf die Umwelt können in verschiedenen Phasen des Lebensweges von IKT-Produkten auftreten, wie anhand des Modells dargestellt wird (Abbildung 2). Die Umweltbelastung durch IKT in den verschiedenen Phasen des Lebensweges sowie allfällige positive Effekte durch die Substitution von anderen Produkten und Leistungen werden in Lebensweganalysen (Ökobilanzen) ermittelt. Diese zeigen, dass in der Nutzungsphase positive Auswirkungen auf die Umweltbilanz möglich sind (durch Verhaltensänderungen und Substitution von anderen Produkten und Dienstleistungen), in den anderen Phasen jedoch negative Auswirkungen durch die Nutzung von Ressourcen oder den Ausstoss von umweltschädigenden Stoffen im Vordergrund stehen. Dabei fällt die grösste Umweltbelastung in der Phase der Herstellung (inkl. Rohstoffabbau) an (EMPA 2009).

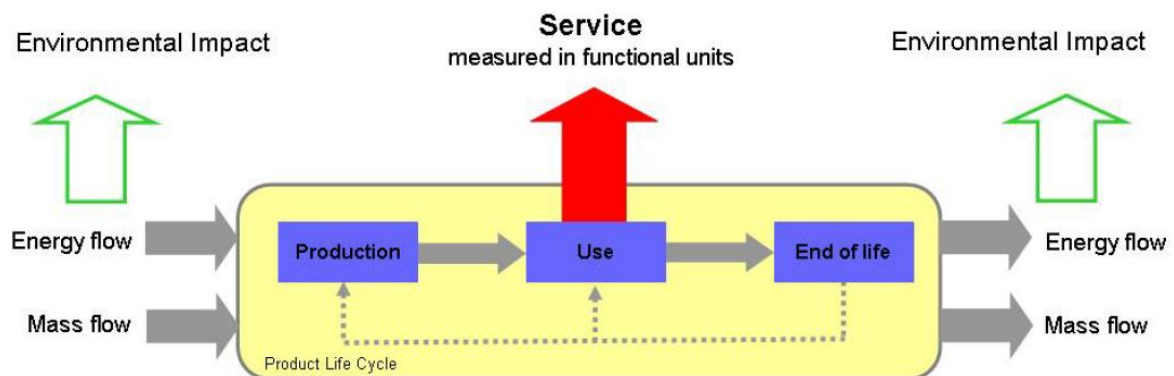


Abbildung 2: Generelles Modell des Lebensweges von IKT-Produkten (Hilty et al 2009, S. 27)

Negative Umwelteinflüsse entstehen u.a. durch den Einsatz von (zum Teil seltenen) Metallen und anderen Rohstoffen sowie durch den hohen Energieverbrauch bei der Herstellung (EMPA 2010a). Bei der Nutzung der IKT-Produkte entscheidet der Strom-Mix über die Umweltbelastung. Die Umweltbilanz in der Entsorgungsphase kann je nach Art der Entsorgung und Anteil von Recycling sogar positiv sein (Abbildung 3).

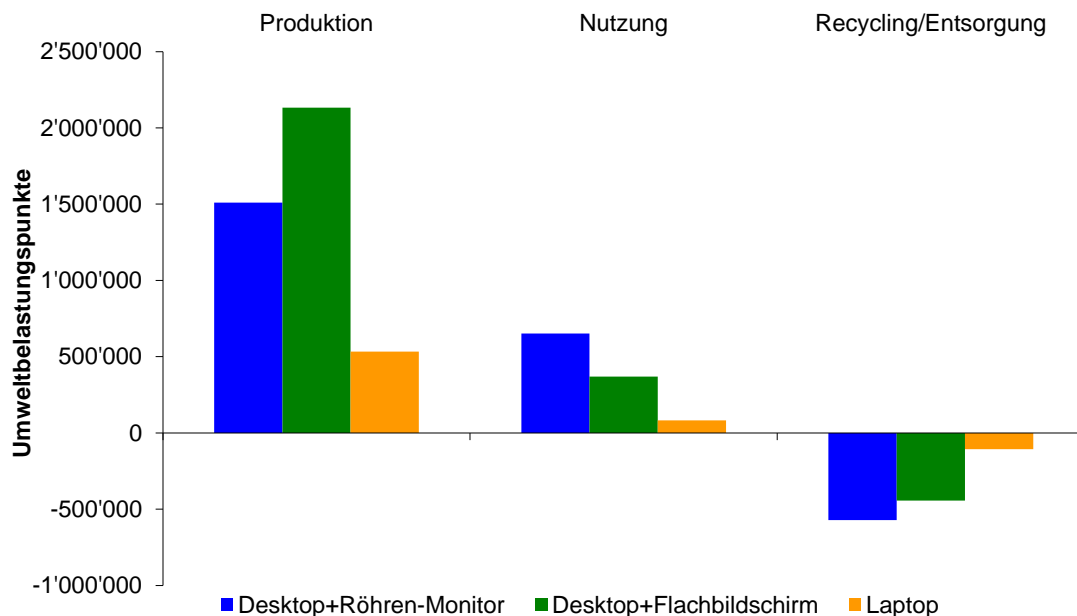


Abbildung 3: Totale Umweltbelastung von elektrischen und elektronischen Geräten
(Quelle: Empa 2009)

Die folgende Auflistung weist – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – auf verschiedene Umwelt-Risiken in den einzelnen Phasen des Lebensweges sowie auf Chancen in der Nutzungsphase hin.

Rohstoffabbau

- Umweltschäden durch den Einsatz von belastenden Verfahren und Stoffen beim Rohstoffabbau (Emissionen in Wasser, Luft und Boden), z.B. Einsatz von Quecksilber in Goldminen
- Verbrauch knapper Ressourcen beim Abbau von Rohstoffen (Energie, Wasser, Boden, mineralische Rohstoffe)
- Beeinträchtigung der Biodiversität, insbesondere durch Tagebau-Minen

Herstellung Komponenten & Produkte

- Einsatz toxischer Chemikalien (schädigende Auswirkungen auf die Mitarbeitenden und auf die Umwelt)
- Umweltschäden durch Herstellungsprozesse (Emissionen in Wasser, Luft und Boden)
- Verbrauch knapper Ressourcen (Energie, Wasser, Boden), für Produktionsprozesse und -stätten

Transport

- Treibhausgas-Emissionen durch Materialtransporte
- Verbrauch von Boden, Zerschneidung der Landschaft durch Transportinfrastruktur

Implementierung

- Beeinträchtigung Landschaftsbild durch Übertragungsinfrastruktur
- Elektromagnetische Strahlung von Übertragungsinfrastruktur & Zugangstechnologien

Nutzung

- Energiekonsum der IKT-Produkte und ihrer Anwendung (inkl. Übertragungsinfrastruktur, Server, etc.)
- Elektromagnetische Strahlung
- +/- Senkung des Papierverbrauchs durch elektronische Datenverwaltung vs. Erhöhung durch gesteigerte Leistungsfähigkeit (Reboundeffekt)
- + Substitution von Reisen und Transporten durch IKT-Lösungen (z.B. Videokonferenzen)
- + Effizientere Organisation von Logistik und Transporten
- + Effizientere Energienutzung durch Einsatz von IKT in verschiedenen Bereichen (z.B. Verkehrssysteme, Gebäudetechnik, Stromnetze etc.)

Diese Punkte weisen auf positive Effekte von neuen Anwendungsmöglichkeiten von IKT hin. Damit verbunden ist aber auch eine Nachfragesteigerung, welche die positiven Effekte in der Gesamtbilanz vermindert (vgl. Exkurs Rebound-Effekt, Kapitel 2.3).

Entsorgung / Recycling

- Umweltschäden durch unsachgemäße Entsorgung von IKT-Produkten (Emissionen in Wasser, Luft und Boden)
- Irreversible Verluste von Rohstoffen: Obwohl die Rückgewinnung für einzelne Stoffe in state-of-the-art Recycling Anlagen sehr effizient ist (Hagelücken 2006b), kann nicht vermieden werden, dass ein Teil der wertvollen und oft seltenen Metalle irreversibel verloren geht. Durch die Feinverteilung der Stoffe in IKT Produkte ist nur ein Teil der Stoffe ökonomisch und ökologisch sinnvoll (bezüglich Kosten und Energieaufwand) wiederzugewinnen. Gerade bei seltenen Metallen (z.B. Indium) fallen diese Verluste stark ins Gewicht. Von Bedeutung sind hier insbesondere die Leiterplatten, die gleichzeitig die umweltschädlichsten und wertvollsten (Edelmetalle wie Gold, Silber, Platin und Palladium) Stoffe beinhalten.
- Ein Teil der IKT-Produkte wird in Entwicklungs- und Schwellenländer exportiert, wo ein späteres effizientes Recycling sehr unwahrscheinlich ist.
- + Recycling von wertvollen Stoffen (für IKT-Produkte) und dadurch Verminderung des Abbaus von Rohstoffen
- + Verminderung von negativen Effekten der Entsorgung durch die Weiterverwendung von Produkten oder Komponenten für andere Zwecke.

2.2 Massnahmen zur Reduktion von negativen Umwelteffekten

Die oben genannten negativen Auswirkungen in verschiedenen Phasen des Lebensweges können durch technische Massnahmen und durch Verhaltensänderungen reduziert werden. Beispiele solcher Massnahmen werden – auch hier ohne Anspruch auf Vollständigkeit – in der nachfolgenden Aufzählung genannt.

Rohstoffe

- Anwendung möglichst umweltschonender und energieeffizienter Abbauverfahren
- Substitution von direkt abgebauten durch recycelte Rohstoffe

Herstellung

- Anwendung möglichst umweltschonender und energieeffizienter Produktionsprozesse
- Reduzierter Einsatz von Ressourcen in den Geräten (kleine, leichte Geräte)
- Verwendung von biologisch abbaubaren Materialien, z.B. für Gehäuse
- Nutzung von Recyclingprodukten und -komponenten
- Substitution von besonders umweltbelastenden Komponenten und Verfahren, z.B. bromierte Flammschutzmittel in den Gehäusen, Quecksilber in den Bildschirmen, PVC in der Verkabelung

Transport

- Gewichtsreduktionen und weniger Verpackungsmaterial durch leichtere / kleinere Komponenten
- Produktionsstätten nahe der Nutzungsstätten; räumlich konzentrierte Produktionsstätten

Implementierung

- Kaufentscheid auf Ressourcen- und Energieeffizienz des gesamten Lebensweg von IKT-Produkten ausrichten (Privathaushalte, Unternehmen, öffentliche Verwaltungen); Bereitstellung entsprechender Entscheidungsgrundlagen
- Anschaffung von möglichst wenigen und an Bedürfnisse angepassten Geräten und Infrastruktur, z.B. Multifunktionsgeräte versus separater Drucker, Kopierer und Scanner
- Gemeinsame Nutzung der Infrastruktur (z.B. gemeinsames Übertragungsnetz durch mehrere Mobiltelefon-Anbieter)

Nutzung

- Substitution von energie- und materialintensiven Produkten und Diensten durch die Nutzung von IKT, z.B. Nutzung von Videokonferenzsystemen
- Energiesparende Verhaltensweise der Nutzer, z.B. Ausschalten statt Stand-by
- Nachfrageorientierte Steuerung der Leistung, z.B. von Servern, PC
- Effiziente Nutzung der Hardware durch entsprechende Software, z.B. Virtualisierung von Servern

- Optimierung von Kühlsystemen: gezielte Kühlung, Trennung von gekühlten und nicht gekühlten Systemen, Nutzung von Abwärme, höhere Raumtemperatur in Severräumen³⁾
- Erhöhung der Lebensdauer der Produkte, z.B. durch lange Garantiefrist, Update-Möglichkeiten, Ersatz von einzelnen Komponenten (technisch möglich und Komponenten verfügbar)

Entsorgung

- Handeln nach dem Grundsatz „Reduce, Reuse and Recycle“ in allen Phasen des Lebensweges
- Vermeidung der irreversiblen Verluste aufgrund der Feinverteilung (Design for Recycling), d.h. von stark verdünnten (nicht-recyclebaren) Mengen an Stoffen in Geräten
- Verlängerung des Produktlebenszyklus
- Wiederverwendung der Geräte oder Komponenten
- Anwendung möglichst umweltschonender und energieeffizienter Recyclingverfahren (z.B. nach dem "Best of two Worlds"-Ansatz⁴⁾ Recyclingschritte dort durchführen, wo dies am effizientesten möglich ist).

2.3 Exkurs: Rebound-Effekt

Als Rebound-Effekt wird die durch Effizienzsteigerungen induzierte Mehrnachfrage bezeichnet, deren Auswirkungen den Effekt der ursprünglichen Effizienzsteigerung zumindest teilweise kompensieren (de Haan 2009). Unterschieden werden der direkte (energieeffizientere Computer haben niedrigere Betriebskosten, weshalb die Nachfrage steigt) und der indirekte Reboundeffekt (reduzierte Energiekosten erlauben die Nachfragen nach anderen Gütern).

Der Reboundeffekt ist eine Folge normalen wirtschaftlichen Handelns. Er kann nicht auf Null reduziert werden. Der Effekt wird nicht nur durch Kosteneinsparungen sondern auch durch veränderte Verhaltensweisen hervorgerufen. Bei Produkten für den Endverbrauch ist oft die subjektive wahrgenommene Umweltbelastung entscheidend: Ein neuer Geschirrspüler wird häufiger benutzt, weil davon ausgegangen wird, dass der Energie- und Wasserverbrauch durch die erhöhte Effizienz abgenommen hat.

Der Rebound-Effekt ist besonders auch für die IKT Branche relevant. IKT-Produkte wie Laptops oder Server benötigen zwar aufgrund des technologischen Fortschritts über die Zeit weniger Energie für die gleiche Rechenleistung. Auch führt die kontinuierliche Miniaturisierung der Elektronik-Komponenten zu einem reduzierten Ressourcenbedarf in der Herstellung. Dieser Effekt kann aber durch die stetige Leistungssteigerung der Produkte und durch sich ausbreitende An-

3) vgl. z.B. BFE-Studie: Energieeffizientes Kühlen von IT-Räumen, A. Altenburger, Herbst 2004

4) "Die Idee ist, dass der in Entwicklungsländern anfallende Elektronikschrott von Hand zerlegt wird und gewisse Fraktionen wie Leiterplatten zurück nach Europa kommen, in diejenigen Anlagen, die es ermöglichen, seltene Metalle ökoefizient zurückzugewinnen." (Swiss Engineering STZ 2010)

wendungsgebiete von IKT teilweise oder vollständig kompensiert werden. Bei der Diskussion von Rebound-Effekten steht oft der Energieverbrauch im Vordergrund, aber auch weitere ökologische Aspekte oder zeitliche Effizienzsteigerungen werden thematisiert (Hilty et al. 2006). Empirische Beispiele beziehen sich bisher in erster Linie auf die Energieeffizienz, da die Reboundforschung im energiepolitischen und -ökonomischen Kontext entstanden ist.

In der Reboundforschung gelten IKT als Paradebeispiel für so genannte "general purpose technologies" (UK ERC 2007a). Beispiele sind die Dampfmaschine, der Elektromotor und eben Computertechnologie. Bei solchen Technologien kann der Reboundeffekt gar grösser als 100% sein (auch "backfire"-Effekt genannt). Dies würde bedeuten, dass die höhere Energieeffizienz zu einer Steigerung der gesamten Energienachfrage führt. Empirisch konnte dies jedoch kaum je belegt werden (UK ERC 2007b). Allgemein akzeptiert ist aber, dass das Ausmass des Rebounds besonders hoch ist in der frühen Marktpenetrationsphase von "general purpose technologies". Bei IKT fällt vor allem die Herstellung ins Gewicht, der grösste Teil des Reboundeffekts fällt in dieser Phase des Lebensweges an (van der Bergh 2009).

Bei staatlichen Massnahmen ist darauf zu achten, keine Markteingriffe vorzusehen, die den Reboundeffekt verstärken. Je grösser die mögliche Substitution bisheriger Technologien durch neue, energieeffiziente Technologien, desto eher ist mit Reboundeffekten zu rechnen. Daraus lässt sich folgern, dass staatliche Massnahmen nicht technologie-orientiert (z.B. Förderung effizienter Geräte) sondern ressourcen-orientiert (Internalisierung externer Kosten, höhere Energiepreise) sein sollten. Allgemein kann Rebound dann vermieden werden, wenn es gelingt, die reduzierten Ressourcenkosten (z.B. niedrigere Energiekosten) aufzufangen durch höhere Kosten an einem andern Ort (z.B. Energiesteuer), so dass die entsprechende Technologie oder Energiedienstleistung zwar ressourceneffizienter, aber nicht günstiger wird. Erste Hinweise zur Gestaltung staatlicher Massnahmen zur Eindämmung des Rebounds finden sich in de Haan et al (2009), van der Bergh (2011) sowie Maxwell und McAndrew (2011).

2.4 Umweltpolitische Instrumente im Überblick

Die oben beschriebenen Massnahmen zur Reduktion von negativen Effekten oder zur Verstärkung von positiven Effekten werden von den Unternehmen und privaten Anwendern zum Teil umgesetzt. Gründe dafür sind beispielsweise ökonomische Anreize oder freiwilliges Engagement für umweltschonendes Handeln. Bedarf für zusätzliches staatliches Handeln besteht bei Marktinvollkommenheiten, die wie folgt begründet sein können:

- *Negative externe Effekte:* Die Nutzung von Ressourcen oder Emissionen von schädigenden Stoffen in die Umwelt werden nicht oder nur ungenügend über Marktpreise abgebildet. Dies gilt insbesondere für die Phasen des Rohstoffabbaus und Herstellung, aber auch für negative Effekte durch den Energieverbrauch in der Nutzungsphase.

- *Informationsdefizite*: Umweltaspekte werden in den Kauf-/Beschaffungsentscheid oder bei der Nutzung der Geräte nicht miteinbezogen, weil die entsprechenden Informationen nicht transparent dargelegt werden.
- *Monopol/Oligopol*: Das Fehlen von Konkurrenz kann zu einem mangelnden Angebot an energie- und ressourceneffizienten Produkten führen (kein Konkurrent, der umweltfreundliche Produkte anbietet). Dies gilt auch für die Monopolstellung, die Unternehmen durch die vertragliche Kundenbindung erhalten (z.B. beschränktes Angebot an Modems oder Settop-Boxen durch Betreiber der Infrastruktur).

Aus diesen Gründen kann Handlungsbedarf für staatliche Eingriffe in verschiedenen Phasen des Lebensweges von IKT bestehen. Dabei können verschiedene Typen von politischen Instrumenten eingesetzt werden (basierend auf BUWAL 2005):

- *Auflagen, Ver- und Gebote*: In Gesetzen und Verordnungen festgelegte Grenzwerte, Produkt-Standards etc.
- *Marktwirtschaftliche Instrumente*: Internalisierung der negativen externen Effekte, Steuerung des erwünschten Verhaltens durch finanzielle Anreize (Steuern, Subventionen, Handelbare Zertifikate, Haftungsrechtliche Regelungen etc.)
- *Service- und Infrastrukturinstrumente*: Bereitstellung von Dienstleistungen oder Infrastrukturen, die umweltschonendes Verhalten fördern bzw. Einschränkung/Abbau von hemmenden Leistungen und Infrastrukturen (z.B. eine zentrale öffentlich oder von verschiedenen Unternehmen gemeinsam bereitgestellte Infrastruktur).
- *Verhandlungen, Vereinbarungen*: freiwillige Verpflichtung zur Einhaltung von Grenzwerten, zum Verzicht auf den Einsatz von schädigenden Stoffen und Verfahren etc.
- *Unterstützung Bildung, Forschung & Entwicklung*: Forschungsaufträge, Beiträge für Aus- und Weiterbildungsangebote etc.
- *Information und Kommunikation*: Sensibilisierung und Herstellung von Transparenz z.B. durch Labelling

In der Übersicht zu staatlichen Massnahmen im folgenden Abschnitt werden die hier aufgelisteten Arten von Instrumenten und Kombinationen berücksichtigt. Als weitere Kategorie werden Strategien genannt, in denen Ziele und Massnahmen auf einer übergeordneten Ebene definiert werden.

2.5 Auslegeordnung zu staatlichen Massnahmen

Die Übersicht zu Beispielen staatlicher Massnahmen ist nach den Phasen des Lebensweges von IKT gegliedert. Die Beispiele werden anhand der folgenden Kriterien beschrieben:

- *Problem:* Warum sind Massnahmen notwendig? Oft besteht das Problem in negativen Auswirkungen auf die Umwelt, die nicht über Märkte abgegolten werden. Weitere Probleme sind Fehlanreize, die wiederum zu negativen Umweltwirkungen führen oder zu mangelnder Umsetzung von Aktivitäten mit positiven Auswirkungen.
- *Massnahme:* Wie kann der Staat eingreifen? Im Vordergrund stehen Handlungsmöglichkeiten des Bundes. Neben nationalen Massnahmen wird auch die Einflussnahme der Schweiz auf Aktivitäten im Ausland und internationale Lösungen thematisiert.
- *Stakeholder:* Wer ist von der Massnahme direkt betroffen bzw. wer ist für eine Lösung einzubeziehen? Mögliche Stakeholder sind die Rohstoffindustrie, Hersteller von IKT-Produkten (Komponenten, Endgeräte, Infrastruktur), Handel & Verkauf (von Endgeräten, Infrastruktur, Rechenzentren, Diensten), Forschung, Nutzer (von Geräten, Infrastruktur und Dienstleistungen im privaten, geschäftlichen und öffentlichen Bereich), Branchen-Verbände, NGO, internationale Gemeinschaft (internationale Organisationen, Abkommen).
- *Beispiel:* Wo und wie wird die Massnahme bereits umgesetzt? Die Beispiele beziehen sich in erster Linie auf IKT, es können aber auch aus anderen Bereichen übertragbare Massnahmen sein.
- *Quelle:* Für Hinweise zu Handlungsempfehlungen, Strategien und möglichen Massnahmen, die direkt aus der Literatur entnommen wurden, wird die jeweilige Quelle angegeben. Beispiele, welche durch EBP-interne oder die befragten Experten genannt wurden, sind als „Expertenangaben“ bezeichnet.

In der Auslegeordnung werden auch Massnahmen erläutert, die nicht spezifisch für IKT gelten. Ähnliche Problemstellungen sind auch in anderen Bereichen anzutreffen und die entsprechenden Massnahmen sind auf einer übergeordneten Ebene zu betrachten (z.B. Förderung von Energieeffizienz, Recycling von knappen und umweltbelastenden Rohstoffen).

Wie die Literaturrecherchen und -auswertungen zeigten, stehen technische und ökologische Aspekte in zahlreichen Publikationen und Forschungsprojekten im Vordergrund. Umweltökonomische Fragestellungen und staatliche Handlungsmöglichkeiten werden weniger oft und eher auf einer übergeordneten Ebene im Rahmen von Strategien und Konzepten thematisiert. So finden sich in der folgenden Aufstellung viele Hinweise zu möglichen Ansatzpunkten für staatliche Massnahmen, ohne dass konkrete Umsetzungsbeispiele dazu genannt werden können.

Viele interessante Hinweise auf konkrete Massnahmen liefern die folgenden Studien:

- „Towards Green ICT Strategies and the Environment“ (OECD 2009a): Die Studie gibt einen Überblick der konkreten Massnahmen der verschiedenen Staaten betreffend IKT zur Reduktion der direkten Umwelteinflüssen der IKT. Insgesamt wurden 92 Initiativen von verschiedenen Staaten aus der ganzen Welt analysiert.
- „Zukunftsmarkt Energieeffiziente Rechenzentren“ (Fichter 2007): Der Report diskutiert die Handlungsmöglichkeiten für energieeffiziente Rechenzentren zur Reduktion der negativen Umwelteinwirkungen des IKT-Sektors.
- European Research Consortium for Informatics and Mathematics „ERCIM News“ (ERCIM EEIG 2009): Die Ausgabe Nr. 79 des Magazins widmet sich dem Spezialthema „Towards Green ICT“. Es ist eine Zusammenstellung von Beiträgen diverser Autoren über Themen wie mögliche Strategien zur Erhöhung des Bewusstseins bezüglich Energieverbrauch von IKT und dessen Reduktion, sowie Beiträge der Computerwissenschaften zur Verbesserung der Energieeffizienz von IKT-Produkten.

Phase: Abbau der Rohstoffe

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Die negativen Umwelteinflüsse des Rohstoffabbaus sind nicht im Preis der IKT-Produkte internalisiert.	<i>Marktwirtschaftliche Instrumente:</i> Verteuerung Rohstoffe mit stark negativen Umwelteinflüssen	Rohstoffindustrie Hersteller internationale Gemeinschaft	Lenkungsabgabe beim Kauf von Rohstoffen Da die Rohstoffe überwiegend aus dem Ausland stammen, stehen internationale Regelungen im Vordergrund. Eine Möglichkeit ist eine Lenkungsabgabe beim Import, wobei Einschränkungen aus handelspolitischer Sicht zu berücksichtigen sind.	Expertenangaben
	<i>Verhandlungen, Vereinbarungen:</i> Unterstützung von internationalen Initiativen zur Reduktion von negativen Effekten beim Rohstoffabbau	Rohstoffindustrie Hersteller Verbände NGO	Unterstützung der „Extractive Industries Transparency Initiative“ (EITI) - Förderung von Transparenz bei Einnahmen aus Bergbaukonzessionen in Entwicklungsländern und gute Unternehmensführung im Rohstoffsektor. Unterstützung der Schweiz im Rahmen der wirtschaftlichen Entwicklungszusammenarbeit durch eine Beteiligung mit drei Millionen Dollar.	SATW (2010), S.28 SECO (2009)
	<i>Information & Kommunikation:</i> Förderung von Transparenz zu den eingesetzten Rohstoffen und Verfahren der Rohstoffwirtschaft	Hersteller Nutzer NGO	Förderung von Labels, welche die Umwelteinflüsse über den gesamten Lebensweg der Produkte berücksichtigen.	OECD (2009a), S. 17 Wup Inst (2009c)
	<i>Information & Kommunikation; Vereinbarungen und/oder Auflagen:</i> Richtlinien für Einhaltung von Mindeststandards (Zertifizierungen); Einsatz für entsprechende Initiativen auf internationaler Ebene	Rohstoffindustrie Hersteller Handel & Verkauf internationale Gemeinschaft	Initiative des deutschen Bundesamtes für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zur Zertifizierung der Rohstoffgewinnung (Rohstoffpolitik), Konzept zur Unterstützung der nachhaltigen Entwicklung in spezifischen Projekten; Initiative des BGR in Zertifizierungs- und Standardisierungsprozessen in Handelsketten im Bereich der Rohstoffwirtschaft	BGR (2007), S. 7-8, 11 BGR (2007), S. 46
Marktmechanismen setzen ungenügende Anreize für eine aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive optimale Allokation knapper Rohstoffe (v.a. seltener Metalle) und die langfristige Sicherstellung der Versorgung.	<i>Strategien:</i> Nationale und internationale Initiativen zur Senkung des Verbrauchs von knappen Rohstoffen	Rohstoffindustrie Hersteller internationale Gemeinschaft	EU-Kommission: Bericht und Empfehlungen zum Thema "Kritische Rohstoffe für die EU"; Empfehlungen wie Substitution, Recycling, Steigerung der Materialeffizienz vor dem Hintergrund der Versorgungssicherheit; Synergien mit ökologischen Zielsetzungen	EC (2010)
	<i>Unterstützung F&E:</i> Förderung der Entwicklung von Technologien und Verfahren zur Substitution von knappen Rohstoffen	Forschung Hersteller	Forschung nach möglichen Substituten von knappen Rohstoffen Die Förderung innovativer Ansätze zur Substitution strategischer Metalle und Industriemineralien ist ein	Expertenangaben BMBF (2010)

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
			zentrales Anliegen der Förderrichtlinie "r ³ - Innovative Technologien für Ressourceneffizienz - Strategische Metalle und Mineralien" des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung.	
	<i>Information & Kommunikation:</i> Staatliche Initiativen zur Senkung der Nachfrage nach knappen Rohstoffen: Förderung von Qualitätsverbesserung, Instandhaltung und Recycling von IKT-Produkten	Hersteller Handel & Verkauf Nutzer	Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) zur Information und Sensibilisierung der Nutzer der Produkte Staatliche Initiativen mit Fokus auf die Entsorgung & Recycling von IKT-Produkten (vgl. Abschnitt zu Recycling)	OECD (2009a), S. 17, 23 Expertenangaben

Phase: Herstellung Komponenten & Produkte

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Die negativen Einflüsse auf Mensch und Umwelt durch die Herstellung der IKT-Produkte (z.B. Einsatz toxischer Chemikalien, Emissionen in die Luft) sind nicht im Preis der IKT-Produkte internalisiert.	<i>Verhandlungen, Vereinbarungen / Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Unterstützung von internationalen Initiativen zur Einführung und Einhaltung von Mindeststandards bei Produkten und Produktionsverfahren (auf freiwilliger oder obligatorischer Basis)	Hersteller Internationale Gemeinschaft	Festlegung von Mindeststandards, die bei der Herstellung von Produkten eingehalten werden müssen (z.B. Emissionsgrenzwerte) Verbot von bromhaltigen Flammschutzmitteln und weiteren Substanzen in der Stockholmer Konvention (Stockholmer Übereinkommen zu persistenten organischen Schadstoffen) Abkehr der bisherigen Strategie auf internationaler Ebene, giftige Flammschutzmittel durch ähnliche unerforschte Substanzen zu ersetzen. Stattdessen: Ersatz aller organischen Halogenverbindungen durch alternative Flammschutzmittel wie Metalle, Lacke oder Aluminiumhydroxid	Expertenangaben SR 0.814.03 NZZ (2010)
	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Verbot des Einsatzes von besonders umweltschädigenden Stoffen oder Komponenten (auf internationaler Basis)	Hersteller Internationale Gemeinschaft	Beispiel aus Nicht-IKT-Bereichen: Verbot von Einsatz FCKW in Produkten (Resultat aus Protokoll von Montréal) - besonders toxische Chemikalien könnten aus den Produkten verbannt werden	Expertenangaben
	<i>Unterstützung F&E:</i> Substitution von toxischen Chemikalien	Forschung Hersteller	Unterstützung der F&E zur Verwendung von Ersatzstoffen für toxische Chemikalien (z.B. als Flammschutzmittel)	Expertenangaben

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
	<i>Information & Kommunikation:</i> Förderung von Transparenz betreffend besonders umweltschädlicher Herstellungsmethoden Auszeichnungen für Vorzeigelösungen im Bereich Ressourceneffizienz	Hersteller Nutzer Verbände NGO	„Black-Lists“ von Ländern/Firmen, die besonders umweltschädliche Herstellungsmethoden benützen Hervorheben von ökologisch und sozial vorbildlichen Produktionsbedingungen (z.B. Label für Arbeiterschutz) Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc), welche die Umweltbelastungen über den gesamten Lebensweg berücksichtigen Wettbewerbe mit Preisgeldern für Vorzeigelösungen Erstellen von Benchmarks und Good Practice-Beispielen als „Vorzeigemodell“	Expertenangaben OECD (2009a), S. 17 Wup Inst (2009a)
Tiefe Energie- und Wasserpreise setzen keine Anreize für effiziente Herstellungsprozesse.	<i>Marktwirtschaftliche Instrumente:</i> Einführung einer Lenkungsabgabe auf Energie und Wasser; Einsatz für international koordiniertes Vorgehen	Hersteller Internationale Gemeinschaft	Ähnlich wie bei der CO ₂ -Abgabe auf Brennstoffe werden durch eine Lenkungsabgabe Anreize für einen effizienten Einsatz von Energie und Wasser gesetzt Ein international koordiniertes Vorgehen verhindert, dass die Produktion in Länder verlagert wird, in denen es keine Lenkungsabgabe gibt.	Expertenangaben
	<i>Unterstützung F&E</i> Unterstützung von Innovations- und Pilotprojekten	Forschung Hersteller	Durch den Aufbau von "Clean Production Centers" hat die Schweiz die Möglichkeit, mittels Technologie- und Know-how-Transfer die ressourceneffiziente Herstellung von IKT zu fördern. Ziele dabei sind z.B. Verbesserung von Produktionstechniken und die Förderung von ökoeffizienten Verarbeitungsverfahren. Beispiele sind das Cleaner Production Center Austria - ein Informationszentrum für umweltgerechte Produktion	Expertenangaben CPC (2010)
	<i>Information & Kommunikation:</i> Förderung von Transparenz betreffend Herstellung von bestimmten Produkten	Hersteller Nutzer	Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) zur Sensibilisierung der Nutzer der Produkte Messung und Kommunikation des Wasserverbrauchs mit der Methode des "Water Footprint"	OECD (2009a), S. 17 www.waterfootprint.org

Phase: Transport

Die im Bereich „Transport“ identifizierten Umweltprobleme sind nicht spezifisch auf IKT-Produkte zurückzuführen. Es handelt sich hier nicht um spezielle Marktunvollkommenheiten der IKT sondern generell des Güterverkehrs. Die möglichen Massnahmen befinden sich aus diesem Grund auf einer globaleren Ebene wie zum Beispiel die Entwicklung intelligenter Transportmöglichkeiten mit möglichst kleinem Energie- und Schadstoffausstoss oder der Bevorzugung von Produkten die in der Nähe produziert werden (Produkte aus Europa anstelle von Produkten aus China).

Phase: Implementierung (inkl. Kaufentscheid)

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Die negativen Einflüsse auf Mensch und Umwelt über den gesamten Lebensweg von IKT-Produkten sind nicht im Preis der IKT-Produkte internalisiert und werden bei Kaufentscheid nicht einbezogen.	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Mindestvorgaben für IKT-Geräte (bzgl. Energie- und Ressourceneffizienz.)	Handel & Verkauf Nutzer	Vorgaben zum Import von Produkten mit Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) – bis zu Verbot von Import ohne Eco-Label Australia's Minimum Energy Performance Scheme (gesetzlich verpflichtende Minimum-Standards bezüglich Energie-Effizienz welche ein Produkt erreichen muss, um in Australien verkauft werden zu dürfen)	Expertenangaben OECD (2009a), S. 12 Freehills (2007)
	<i>Information und Sensibilisierung / Serviceinstrumente:</i> Unterstützung von privaten und öffentlichen Institutionen bei einer umweltgerechten Beschaffung	Handel & Verkauf Nutzer (Firmen, öffentliche Hand)	Bereitstellung von Informationen zu Kriterien für eine umweltgerechte Beschaffung von IKT-Produkten Beschreibung von guten Beispielen ("Best Practice") Erstellung einer Internetplattform wie z.B. IKT-Beschaffung.de - Leitfaden Umweltempfehlungen Desktop-PCs (Hilfestellung für Berücksichtigung von Umweltaspekten bei der IKT-Beschaffung) Green IT Beratungsbüro (D) (Unterstützung professioneller Anwender bei Umsetzung von Green IT-Projekten)	Expertenangaben Hartmann (2010) www.ikt-beschaffung.de; www.beschaffung-info.de Green-IT-Beratungsbüro.de
	<i>Marktwirtschaftliche Instrumente:</i> Förderung von besonders effizienten, umweltschonenden Produkten	Handel & Verkauf Nutzer	Setzen von finanziellen Anreizen für den Kauf von umwelt- und energieeffizienten IKT-Produkten (z.B. Förderbeiträge, Lenkungsabgaben)	Expertenangaben

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Tiefe Energiepreise setzen wenig Anreize für die Anschaffung und Implementierung von energieeffiziente IKT-Produkten	<i>Auflagen / Information & Kommunikation:</i> Öffentliche Hand als Vorbild in der Beschaffung umweltfreundlicher Produkte (als grosser Konsument von IKT-Produkten, stimuliert die Wirtschaft und gibt Signale)	Handel & Verkauf Nutzer (öffentliche Hand, Firmen)	Gemäss der Zusammenstellung der OECD zu nationalen Strategien und Programmen zum Thema "ICT & Environment" haben verschiedene Staaten Richtlinien zur Beschaffung entwickelt, z.B. <ul style="list-style-type: none">Die Green ICT Strategy (UK) definiert konkrete Massnahmen innerhalb der Regierung betreffend IKT-ProduktenIn Österreich werden quantitative und qualitative Kriterien für die öffentliche Beschaffung vorgegeben.	OECD (2009a), S. 14
	<i>Information & Kommunikation:</i> Bewusstsein schaffen bei der Aus- und Weiterbildung im IT-Bereich	Hersteller Handel & Verkauf	Aufnahme von Nachhaltigkeitsthemen in IT-Aus- und Weiterbildungen	ERCIM EEIG (2009) S.16
	<i>Verhandlungen, Vereinbarungen:</i> Unterstützung von internationalen Initiativen zur Entwicklung von freiwilligen Massnahmen.	Handel & Verkauf Nutzer (v.a. Firmen)	Unterstützung bei der Umsetzung des "EU Code of Conduct for Data Center" Das Ziel des von der Europäischen Kommission im November 2008 veröffentlichten Verhaltenskodexes ist die Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren.	Fichter (2007), S. 45 JRC (2010)
	<i>Marktwirtschaftliche Instrumente:</i> Energie-Zertifizierung von Rechenzentren (verpflichtend ab einer bestimmten Grösse)	Nutzer	TÜV & IBM; DEKRA & IBM (Vereinbarung zur Energie-Zertifizierung von Rechenzentren) eco Datacenter Star Audit (Qualitätsstandard für Rechenzentren – Gütesiegel, welches objektiv die Infrastruktur und Leistung der Datenzentren prüft und beurteilt) TÜV Saarland Gruppe (tekit Consult Bonn GmbH zertifiziert seit April 2008 Services und Produkte in den Bereichen Informationstechnologie und Telekommunikation)	Fichter, K. (2008) S.25 eco (2010) tekit (2010)
	<i>Unterstützung F&E:</i> Unterstützung der Computer Science zur Entwicklung energiesparender IKT-Lösungen	Forschung Hersteller	Entwicklung energie-effizienter Produkte (z.B. Cluster, Datacenters, Router, etc.)	ERCIM EEIG (2009)

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
	<i>Information & Kommunikation:</i> Standardisierung der Information betreffend Leistung und Energieverbrauch von IKT-Produkten (Energieeffizienzkennzahlen, etc.)	Nutzer	Die Leistungsmessung von Rechenzentren, Servern und anderen Komponenten kann die Kaufentscheidung und das Nutzungsverhalten beeinflussen. Save Energy Now Initiative in USA; Software-Tool Data Center Energy Profiler (Messung und Anzeige Energieverbrauch) Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) zur Information von Nutzern	Fichter (2007), S. 38 OECD (2009a), S. 16
	<i>Information & Kommunikation:</i> Unterstützung von Initiativen zur Deklaration des Energieverbrauchs	Hersteller Handel & Verkauf NGO Verbände Nutzer	Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) zur Sensibilisierung der Nutzer Bereitstellung von Informationen zum Energieverbrauch bei Kaufentscheidungen, z.B. bei Produktvergleichen im Internet oder in Fachzeitschriften Beispiel: Tipten	OECD (2009a), S. 23 www.tipten.ch
	<i>Information & Kommunikation:</i> Vermittlung von möglichen Massnahmen zur Förderung der Energieeffizienz beim Bau und Betrieb von Rechenzentren Informationsveranstaltungen, Workshops, Fachdialoge, etc.	Nutzer Verbände NGO	Beispiele konkreter Massnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines Leuchtturmprojektes "energieeffizientestes Rechenzentrum" • Entwicklung eines Konzepts für regelmässige Energie-Checks • Aufnahme/Ausweis der Stromkosten in der Kostenstelle des Rechenzentrums (Energieaudits) • Durchführung von Informationskampagnen zusammen mit Verbänden • BMU-Fachdialog zum Thema "Energiesparpotenziale durch Thin-Client-Server-Computing" & „Zukunftsmarkt ‚grüne‘ Rechenzentren" 	Hartmann (2010), S.16ff Fichter (2007), S. 38, 45
	<i>Information & Kommunikation:</i> Bekanntmachung von guten Beispielen zur Förderung von Virtualisierung & anderen Energiespartechniken	Nutzer Hersteller	Umgesetzte Beispiele "Good Practice": <ul style="list-style-type: none"> • Virtualisierung bei Raiffeisenbanken: Serverzahl wurde von 157 auf 2 reduziert • IBM hat seit 1990 ihren Energieverbrauch in Rechenzentren um die Hälfte senken können (durch Konsolidierungen und andere Massnahmen) • Luftkühlungssysteme für Zentralen / Rechenzentren führt zu Reduktion des Stromverbrauchs von bis zu 90% (Swisscom: Projekt Mistral) • Outsourcing der IT (von Firmen an die Swisscom) 	INFRAS (2009), S. 14 IBM (2008), S. 10, 16-17 Swisscom Dialogue (2010), S. 9

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
	<i>Infrastrukturinstrumente:</i> Initiativen zum Bau energieeffizienter Rechenzentren	Nutzer	Public-Private-Partnerships für energieeffiziente Rechenzentren (Empfehlung eines Berichtes der US Environmental Protection Agency)	Fichter (2007), S. 38
Marktangebote führen zu „falschen“ Anreizen und einem Konsumverhalten, das die Kurzlebigkeit der IKT-Produkte fördert (z.B. Gratis Mobiltelefone bei Abonnenten-Abschluss; wenig Reparaturmöglichkeiten von IKT-Geräten)	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Hersteller "in die Pflicht" nehmen	Hersteller	Obligatorische Garantie von IKT-Produkten für mindestens 5 Jahre Obligatorische Reparaturpflicht von IKT-Produkten	Expertenangaben
	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Vorschriften zu Verkaufskonditionen	Handel & Verkauf	Vorgaben bezüglich Abo-Konditionen (keine Bindung von Abonnements an IKT-Geräte, keine verbilligte oder kostenlose Abgabe von Mobiltelefonen bei Vertragsabschluss, etc.)	Expertenangaben
	<i>Marktwirtschaftliche Instrumente:</i> Förderung von Massnahmen zur Verlängerung der Lebensdauer von IKT-Produkten	Hersteller Handel & Verkauf Nutzer	Förderbeiträge, Wettbewerbe, etc. zur Unterstützung von Initiativen zur <ul style="list-style-type: none"> Steigerung der Produkt-Qualität und Langlebigkeit Erhöhung der Reparaturmöglichkeiten von IKT-Produkten 	Expertenangaben
	<i>Unterstützung F&E</i> Unterstützung von Entwicklungen zur Förderung der Langlebigkeit der IKT-Produkte	Forschung Hersteller	Forschung und Entwicklung bezüglich <ul style="list-style-type: none"> Technischer Massnahmen (Ersatz einzelner Komponenten etc.) Konsumverhalten: Präferenzen, Verhaltensänderungen 	Expertenangaben
Lizenzvergaben setzen Anreize, die einem ressourceneffizienten Einsatz von IKT-Produkten widersprechen (z.B. Doppelführung von Infrastruktur, Mobilfunknetz)	<i>Service- und Infrastrukturinstrumente / Verhandlungen, Vereinbarungen</i> Anpassung der Lizenzbedingungen	Handel & Verkauf	Anpassung der Lizenzbestimmungen oder Verhandlungen mit verschiedenen Betreibern, s.d. Anreize oder Vorgaben zur Nutzung einer gemeinsamen Infrastruktur bestehen	Expertenangaben
	<i>Infrastruktur und Serviceinstrumente</i> Förderung einer zentralen Infrastruktur	Handel & Verkauf	Unterstützung bei der Einführung einer zentralen Infrastruktur (z.B. öffentliches W-Lan anstelle von privaten Modems); Beispiel: St. Gallen	Expertenangaben

Phase: Nutzung

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Tiefe Energiepreise setzen wenig Anreize für energieeffiziente Massnahmen bei der Nutzung von IKT-Produkten	<i>Strategien:</i> Erstellen von Leitbildern, Branchenroadmaps, Action Plans, etc. für energieeffiziente IKT & ihre Anwendung	Hersteller Handel & Verkauf Nutzer Verbände	Erstellte Leitbilder, Action Plans, etc.: <ul style="list-style-type: none"> • Denmark's Action Plan for Green IT • Green-IT Pionier Deutschland • Green IT (Dänemark) • Greening Government ICT (GB) & Environmental IT Leadership Team (EILT) 	OECD (2009a), S.12 INFRAS (2009), S. 15
	<i>Auflagen, Ver- und Gebote / Verhandlungen, Vereinbarungen:</i> Freiwillige oder verpflichtende Richtlinien zur Steigerung der Energieeffizienz (auf nationaler oder internationaler Ebene)	Hersteller Verbände Nutzer	EU-Energieeffizienzrichtlinie, EU-Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung energiebetriebener Produkte Öko-Design, EU-Energy Star Programm EU Code of Conduct for Broadband equipment / for data centres Anforderungen an die Energieeffizienz von netzbetriebenen Set-Top-Boxen bzw. von Netzgeräten	Fichter (2007), S. 36 OECD (2009a), S. 16 EnV (SR 730.01) Anhang 2.9, 2.11
	<i>Marktwirtschaftliche Instrumente:</i> Finanzielle Anreize zur Reduktion des Energieverbrauchs	Nutzer Hersteller	Lenkungsabgaben auf Energie (ähnlich CO ₂ -Abgabe)	Expertenangaben
	<i>Verhandlungen, Vereinbarungen:</i> Freiwillige Energieeffizienzziele für Branchen	Verbände Handel & Verkauf	Freiwilliges Abkommen zur Effizienzsteigerung des privaten Sektors in den Niederlanden Vereinbarung mit grossen Firmen (und Stromverbrauchern) der IKT-Branche, z.B. Festlegung von absoluten und relativen Zielen zur Reduktion des Energieverbrauchs	Verhagen (2010) S. 4 Expertenangaben
	<i>Unterstützung F&E:</i> Stimulation von Forschung und Entwicklung und Innovation (Leuchtturmprojekte)	Hersteller	Kühlung von Computer durch Wasser (Studie ETH & IBM) Japan's Green IT Project (co-development of energy efficient technologies by industry and academia) „Das grüne Rechenzentrum“ (Forschungsprojekt von ETH, IBM & ZKB)	Aargauer Zeitung (2009) OECD (2009a), S. 5- 6, 13-14 IBM (2008), S. 11

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
	Unterstützung F&E: Erstellung von Technologie- Plattformen und Initiativen	Forschung Hersteller Verbände	<p>EU Initiativen zur Förderung von Technologieplattformen</p> <p>Erstellung von "firm clusters & innovation networks" (diverse Staaten):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intelligent Energy-Europe (IEE) – Unterprogramm des EU Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) – fördert die Verbreitung und Nutzung von IKT, Energieeffizienz und Nutzung erneuerbarer Energien • Green IT Promotion Council (Japan) zur stärkeren Zusammenarbeit zwischen akademischen, staatlichen und industriellen Experten • Aktionsplan: Green IT-Pionier Deutschland (Deutschland) – Kooperation zwischen Firmen und Industrie für innovative Ideen für nachhaltiges Wirtschaften 	<p>Hilty et al (2009), S. 25-26</p> <p>OECD (2009a), S. 15</p> <p>BWT (2008)</p>
	Verhandlungen, Vereinbarungen: Unterstützung von privaten & Unternehmens-Initiativen, Institutionen	Forschung Nutzer	<p>Brancheninitiativen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The Green Grid (Informationsplattform für Rechenzenter-Manager betreffend Effizienz, Berechnungshilfen, etc.) • Climate Savers Computing Initiative (Netzwerk der 100 führenden Firmen für grünere IT) • Initiative 80 plus (nordamerikanische Initiative zur Förderung von PC-Netzteilen, die einen Wirkungsgrad von 80% oder höher aufweisen - Zertifizierung) <p>Unternehmensinitiativen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Big Green and Green IT Power (IBM) – Investition über 3-5 Jahre von IBM in Projekte betreffend Energie-Fragen • Strato AG: Aktivitäten in den Themen Energieeffizienz, Ziel von Energiekonsum durch 100% Ökostrom/CO2-neutralem Strom <p>Institutionen: Energie-Agentur Deutschland (vergleichbar mit EnergieSchweiz)</p>	<p>Fichter (2008), S. 24, Fichter (2007), S. 37, 40 VTM (2010)</p> <p>WWF (2010)</p> <p>Strato AG (2010)</p>

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
	<i>Information & Kommunikation:</i> Unterstützung von Initiativen zur Deklaration des Energieverbrauchs	Hersteller Handel & Verkauf NGO Verbände Nutzer	Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) zur Sensibilisierung der Nutzer Bereitstellung von Informationen zum Energieverbrauch bei Kaufentscheiden, z.B. bei Produktvergleiche im Internet oder in Fachzeitschriften Beispiel: Tipten	OECD (2009a), S. 23 www.topten.ch
	<i>Information und Kommunikation:</i> Verbesserung der Datenbasis zu Energieverbrauch und Energieeffizienz von IKT während der Nutzungsphase (Energieeffizienz-Monitoring) Energie-Checks oder Energie-Audits	Nutzer Verbände	The Green ICT scorecard (UK) – Benchmark des Umwelteinflusses der IKT des Britischen Staates GeSI's GRI Telecom Supplement – Indikatoren zur Messung und Evaluation der Qualität und des Einflusses der öffentlichen Programme Förderverein für umweltverträgliche Papiere und Büroökologie Schweiz – Leitfaden für Büroökologie; Check-Ups und Kurse Bereitstellung von zentral im Haushalt platzierten 'Energy Aware Clocks', die den aktuellen Energieverbrauch im Haus anzeigen und so das Bewusstsein für den Energieverbrauch steigern können	OECD (2009a), S.6 www.fups.ch ERCIM EEIG (2009) S. 15
	<i>Information und Kommunikation:</i> Sensibilisierungskampagnen für effiziente Nutzung der IKT Trainings für Manager und Mitarbeiter „Best Practice“-Beispiele	Nutzer	Veranstaltungen der Regierung zum Thema IKT & Energieeffizient - Fachdialog Bundesumweltministerium Deutschland zum Thema „Energieeinsparpotenziale durch Thin-Client-Server-Computing Öffentliche Sensibilisierungs-Kampagnen Gründung von Kompetenzzentren (z.B. Kompetenzzentrum Energie und Informationstechnik) Unterstützung von spezifischen Instituten (z.B. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH) Initiativen auf Regierungsebene zur Verbesserung des Energieverbrauchs: <ul style="list-style-type: none"> • Save Energy Now initiative (US), • DOE Data Center Energy Efficiency Program (US) Zusammenarbeit weltweit öffentlicher Organisationen von USAID für ein gemeinsames Labelling und Bewertungsstandards - Collaborative Labelling and Appliance Standards Program (CLASP)	Fichter (2007), S. 45 Ploetz (2009) Aebischer (2008) Borderstep Institute (2008) OECD (2009a), S. 19

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Gesundheitsrisiken durch elektromagnetische Strahlung sind nicht über Märkte internalisiert	<i>Auflagen, Ver- und Gebote</i> Vorschriften zu maximalen Strahlungswerten	Hersteller Nutzer	Immissionsgrenzwerte für Mobiltelefone wie bei der Verordnung des Bundes über den Schutz von nicht-ionisierender Strahlung (konkrete Grenzwerte im Anhang 2 der NISV)	Expertenaussagen SR 814.710
	<i>Information und Kommunikation:</i> Information zu den Strahlungswerten von Produkten	Hersteller Handel & Verkauf Nutzer	Angabe des SAR-Wertes (Spezifische Absorptionsrate) in Produktvergleichen Bereitstellung von Informationsmaterial	Expertenaussagen

Phase: Entsorgung / Recycling

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Fehlende Anreize zur Wiederbenützung oder zur sachgerechten Entsorgung von IKT-Produkten.	<i>Information & Kommunikation:</i> Förderung von Wiederbenützung und Recycling von IKT Produkten schaffen, Staat als Vorbild	Nutzer	UK: Government Disposal Services Authorities (DAS) organisiert die Entsorgung von IKT-Produkten der Britischen Regierung. Upgrade von Software bei Geräten (z.B. Lawinenverschüttung-Suchgerät von Mammüt kann mit neuer Software upgedatet werden).	OECD (2009a), S. 25
	<i>Service- und Infrastrukturinstrumente</i> Förderung von staatlichen oder privaten Initiativen zur Organisation des Recyclings (z.B. Sammelstellen etc.)		CH: SWICO Recycling, entsorgt ausrangierte Elektro- und Elektronikgeräte aus den Bereichen Informatik, Unterhaltungselektronik, Büro, Telekommunikation etc. CH: SENS ist eine unabhängige, neutrale und nicht Gewinn orientierte, gemeinnützige Stiftung mit dem Zweck, privatwirtschaftlich organisierte Entsorgungslösungen zu fördern. EU: Die WEEE (Waste of electronic and electric equipment) Richtlinie der EU bezweckt die Vermeidung von Abfällen von Elektro- und Elektronik-Geräten und darüber hinaus die Wiederverwendung und das Recycling. Die Mitgliedstaaten werden zu Massnahmen verpflichtet, die sowohl bei den Nutzern (z.B. Information, Sammelstellen) als auch bei den Herstellern (Einsatz der besten verfügbaren Behandlungs-, Verwertungs- und Recyclingtechniken) ansetzen	www.swicorecycling.ch www.sens.ch EU-Richtlinie 2002/96/EG

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Fehlendes Angebot an IKT-Produkten, die ein Recycling der Rohstoffe ermöglichen.	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Vorgabe Recycling-Quote (generell oder auf einzelne Stoffe bezogen)	Hersteller Handel & Verkauf Nutzer Verbände (z.B. SWICO)	Beispiel aus Nicht-IKT-Bereich: Recycling-Quoten bei Fahrzeugen – jedes IKT-Gerät muss zu x% recyclebar sein (bezogen auf bestimmte Stoffe) Bestimmungen, welche Stoffe extrahiert und wiederverwertet werden sollen	Expertenangaben
	<i>Information & Kommunikation:</i> Förderung von Transparenz betreffend der Möglichkeiten von Recycling von bestimmten Produkten	Hersteller Nutzer Verbände NGO	Förderung der Nachfrage nach Produkten, die ein Recycling der Rohstoffe ermöglichen durch entsprechende Information der Konsumentinnen und Konsumenten, z.B. anhand von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc)	OECD (2009a), S. 17
Zu geringe Anreize zum Recycling wegen hohen Recyclingkosten im Vergleich zu den Kosten für den Rohstoffabbau	<i>Strategien:</i> "Cradle-to-Cradle"-Prinzip	Hersteller	„Cradle-to-Cradle“ Prinzip als Staatsdoktrin in den Niederlande (vollständiges Recycling in Bau- und Produktionsprozessen); Möglichkeiten und Grenzen der Umsetzung des Prinzips prüfen (z.B. bzgl. Anwendung von Verbundmaterialien) Japan's New Action Plan towards a Global Zero Waste Society befasst sich mit dem Thema E-waste	INFRAS (2009), S. 18 OECD (2009a), S. 25
	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Extended Producer Responsibility	Hersteller Handel & Verkauf	Hersteller & Importeure werden für den gesamten Produktzyklus verantwortlich gemacht (Regelungen zu den Verantwortlichkeiten zwischen den Akteuren), z.B. durch Produzenten-Entsorger-Vereinbarungen oder Auflagen für importierte Produkte (nur mit Mindeststandards, etc.). EU: WEEE-Richtlinie Mobile Phone Partnership Initiative (MPPI): Zusammenschluss von 12 Mobiltelefonhersteller zur nachhaltigen Entsorgung und „End-of-life Management“ von Mobiltelefonen.	Expertenangaben
	<i>Information & Kommunikation:</i> Unterstützung von Aktivitäten zur Information und Sensibilisierung zu Recycling, Instandhaltung und Qualitätsverbesserung von IKT-Produkten	Hersteller Handel & Verkauf NGO Verbände Nutzer	Initiativen mit Fokus auf die Entsorgung von IKT wie WEEE-Richtlinie der EU (vgl. oben)	OECD (2009a), S. 25

Problem	Massnahme	Stakeholder	Beispiele	Quelle
Die Umweltschäden und negativen Umwelteinflüsse bei unsachgemässer Entsorgung sind nicht im Preis der IKT-Produkte internalisiert.	<i>Auflagen, Ver- und Gebote:</i> Entsorgungsvorschriften	Hersteller Nutzer	Regeln zur korrekten Entsorgung (Richtlinien, etc.) und Recycling; CH: Verordnung vom 14. Januar 1998 über die Rückgabe, die Rücknahme und die Entsorgung elektrischer und elektronischer Geräte (VREG) International: Basler Übereinkommen vom 22. März 1989 über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung	SR 814.620 SR 0.814.05
	<i>Information & Kommunikation:</i> Förderung von Transparenz betreffend des Recycling der Produkte	Nutzer (bei Beschaffung)	Förderung von Eco-Labels (Energy Star, EU Eco-Label, Der Blaue Engel, etc) mit Angaben zu Lebensdauer und Recycling-Möglichkeiten der Produkte	OECD (2009a), S. 17

3 Fazit

Aus dem Überblick von möglichen Massnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz bei Informations- und Kommunikationstechnologien lassen sich einige grundsätzliche Erkenntnisse ableiten (Kapitel 3.1). Zudem werden Hinweise für weiterführende Untersuchungen und offene Fragen in drei Themenfeldern beschrieben (Kapitel 3.2).

3.1 Schlussfolgerungen zu staatlichen Massnahmen

Wie die Ausführungen in Kapitel 2 zeigen, bestehen in allen Phasen des Lebensweges Marktunvollkommenheiten. Bei den IKT sind aus umweltökonomischer Sicht ähnliche Probleme wie auch bei anderen Produkten und Leistungen zu beobachten: Negative externe Effekte, fehlende Markttransparenz oder mangelnder Wettbewerb sind wichtige Gründe dafür, dass Marktmechanismen nicht unbedingt zu einer effizienten Nutzung von Umweltressourcen führen.

Aus der Analyse von Grundlagen lassen sich einige grundlegende Erkenntnisse ableiten, die bei der Entwicklung von Massnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz bei IKT zu berücksichtigen sind:

- Handlungsbedarf für staatliche Massnahmen besteht bei negativen Auswirkungen von IKT auf die Umwelt. Positive Effekte, beispielsweise bei der Substitution von Geschäftsreisen durch Videokonferenzen, können sich eher über Marktentwicklungen durchsetzen. Zum einen eröffnen sich damit neue Geschäftsfelder und Einkommensmöglichkeiten für Unternehmen. Zum anderen führen Massnahmen zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs oft auch zu finanziellen Einsparungen. Dies gilt insbesondere für Anwendungen in Unternehmen, für Private fallen Energiekosten oder eine vorgezogene Recyclinggebühr weniger ins Gewicht. So können bei ungenügenden Marktanreizen und aufgrund von Hürden bei der Entwicklung und Markteinführung von ressourceneffizienten Produkten und Dienstleistungen unterstützende staatliche Massnahmen notwendig sein.
- Die Märkte für IKT-Produkte sind sehr international und die Schweiz importiert die meisten Produkte. Insbesondere der Rohstoffabbau und die Herstellung (in denen die Umweltbelastung am grössten ist) finden weitgehend im Ausland statt. Damit sind die Handlungsmöglichkeiten der Schweiz beschränkt, bzw. es sind nur indirekte Eingriffe möglich. Eine wichtige Rolle spielen deshalb internationale Abkommen und Verhandlungen, sowohl zwischen Staaten als auch internationalen Initiativen der betroffenen Industrien.

- Ein wichtiges Instrument über alle Phasen hinweg ist die Information und Kommunikation. Umweltrelevante Faktoren können nur in die Entscheidung einbezogen werden, wenn sie transparent und verständlich dargestellt werden. Durch die Kennzeichnung von Produkten anhand von umweltbezogenen Kriterien (z.B. anhand von Labels) oder die Auszeichnung von guten Beispielen werden im Wettbewerb zwischen den Unternehmen auch Umweltkriterien relevant.
- Das Tempo der technischen Entwicklungen und die Marktdynamik sind im Bereich der IKT sehr hoch. Damit verbunden ist einerseits die Chance, dass immer effizientere Produkte entwickelt werden und sich diese schnell auf dem Markt durchsetzen können. Andererseits wird dadurch der Trend zu einer immer kürzeren Lebensdauer der Produkte verstärkt. Im Hinblick auf staatliche Massnahmen bedeutet die hohe Innovationskraft der Branche, dass regulierende Eingriffe genügend Freiheiten für zukünftige Entwicklungen lassen sollen. Zudem sollten Massnahmen nicht zu spezifisch sein, da sonst das Risiko besteht, dass die Regelungen rasch von den Entwicklungen im Markt überholt werden.

3.2 Weiterführende Fragestellungen

Die staatlichen Handlungsmöglichkeiten sind zahlreich und bei der Prüfung von Massnahmen des Bundes ist eine Abstimmung mit bestehenden staatlichen und privaten Instrumenten und Initiativen wichtig. Zusätzliche Massnahmen sollten dort ansetzen, wo Marktunvollkommenheiten im Bereich IKT zu einem ineffizienten Einsatz von Ressourcen und Umweltbelastungen führen und noch keine wirkungsvollen Instrumente bestehen. Dazu braucht es einerseits weitere Grundlagen zu den Fragen, bei welchen Prozessen und Produkten die negativen Auswirkungen am grössten sind und wie diese reduziert werden können. Andererseits ist zu klären, welche Instrumente in verschiedenen Politikbereichen zu einer Lösung der jeweiligen Probleme beitragen können und wo eine Anpassung bzw. zusätzliche staatliche Massnahmen notwendig sind.

Die staatlichen Handlungsmöglichkeiten zur Steigerung der Ressourceneffizienz bei IKT sind in der vorliegenden Untersuchung aus der Perspektive von IKT beschrieben. Bei einer Konkretisierung von Massnahmen sind diese im Kontext von anderen Produkten und Anwendungen zu betrachten. Dies gilt beispielsweise für Rohstoffe, die nicht nur bei IKT sondern auch für andere (bestehende und zukünftige) Technologien eingesetzt werden (vgl. dazu z.B. SATW 2010, Angerer et al. 2009). Ein weiteres Beispiel ist der Energieverbrauch in der Nutzungsphase, hier besteht die Möglichkeit zur Steuerung über übergeordnete energie- und klimapolitische Instrumente.

In Ergänzung zu diesen allgemeinen Stossrichtungen von weiterführenden Untersuchungen identifizieren wir drei Themenfelder für vertiefte Abklärungen.

Rohstoffabbau, Herstellung und Recycling: Handlungsmöglichkeiten der Schweiz innerhalb der handelspolitischen Rahmenbedingungen

Zur Steigerung der Ressourceneffizienz von IKT sind der Rohstoffabbau und -aufbereitung sowie die Herstellung von Komponenten und Produkten von grosser Bedeutung. Durch das Recycling ist auch die Entsorgung eng damit verbunden.

Aus technischer Sicht bestehen die Herausforderungen darin, Substitute für knappe oder besonders schädliche Stoffe zu finden, oder aber ihr Recycling sicherzustellen. Priorität bei der Suche nach Substitutionsmöglichkeiten sollte dabei Anwendungen eingeräumt werden, bei denen seltene Metalle dissipativ eingesetzt werden oder wenig Potenzial zur Verbesserung der Recyclingmöglichkeiten besteht (SATW 2010). Weiter sind Verfahren zu entwickeln und verbreitet einzusetzen, die negative Umwelteinflüsse von Abbau-, Produktions- und Entsorgungsverfahren minimieren. Die Schweiz kann hier aufgrund einer starken Stellung im Cleantech-Bereich mit dem Export von Fachwissen und Technologien eine wichtige Rolle spielen. Namentlich beim Recycling ist die Schweiz führend und verfügt über Wissen und Erfahrungen, die im internationalen Kontext wertvoll sind.

In Bezug auf staatliches Handeln steht die Frage im Vordergrund, mit welchen Instrumenten die Schweiz Prozesse beeinflussen kann, die im Ausland stattfinden. Diese Frage ist im Kontext der bestehenden handelspolitischen Instrumente zu klären, wie z.B. dem WTO-Vertragswerk als wichtigstes Instrument auf multilateraler Ebene. Von Bedeutung für die Steigerung der Ressourceneffizienz und die Sicherung der Versorgung mit knappen Ressourcen ist die Frage, wie Nachhaltigkeitsaspekte in das internationale Regelwerk integriert werden können (vgl. Bundesrat 2008).

Weitere Fragen betreffen den Technologie-Transfer in den Bereichen ressourceneffiziente Produktion und Recycling (E-Waste), wie beispielsweise: Welche nationalen und internationalen Aktivitäten gibt es bereits in diesem Bereich (wie z.B. Mobile Phone Partnership Initiative MPPI im Rahmen der Basler Konvention)? Wie kann sich die Schweiz in diesem Feld positionieren? Grundlagen dazu aus internationaler Perspektive sind u.a. von der UNEP (2009) zusammengestellt worden.

Implementierung (Kaufentscheid) und Nutzung: Anreize zu ressourceneffizientem Verhalten beim Kauf sowie durch Reduktion des Energieverbrauchs und Verlängerung der Lebensdauer der Produkte

Die wichtigsten Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz bei der Nutzung von IKT für private und unternehmerische Zwecke sind 1. möglichst wenig Geräte zu kaufen (Neu- und Ersatzkäufe), 2. energie- und ressourceneffiziente Geräte anzuschaffen und 3. während der Nutzung den Stromverbrauch zu minimieren (z.B. durch Ausschalten statt Stand-by). Dazu ist eine Kombination von verschiedenen Massnahmen erforderlich.

Neben technischen Entwicklungen zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz sind verhaltensbezogene Massnahmen wichtig. Für die Entwicklung und Umsetzung von wirkungsvollen und an die jeweiligen Kundensegmente angepassten Massnahmen sind entsprechende umweltschologische und -ökonomische Grundlagen notwendig. Dabei geht es darum, die Möglichkeiten und Grenzen von Informations- und Kommunikationsmassnahmen wie beispielsweise Labels und Produktvergleichen zu erfassen. Eine weitere Frage ist, über welche Informationskanäle welche zentralen Botschaften an welches Zielpublikum vermittelt werden sollen, damit tatsächlich Verhaltensänderungen bewirkt werden können.

Im Hinblick auf staatliches Handeln stellt sich die Frage, in welcher Form der Bund entsprechende Informations- und Sensibilisierungsinstrumente unterstützen, vorschreiben und/oder selber einführen soll. Ein weiterer zentraler Aspekt ist, welche Akteure in welcher Form einbezogen werden sollen.

Implementierung und Nutzung: Minimierung des Rebound-Effektes

Trotz technischer Fortschritte zur Steigerung der Energieeffizienz steigt der Energieverbrauch in der IKT-Branche (z.B. Anbieter von Telekommunikationsdiensten, Rechenzentren) stark an. Dies ist darauf zurückzuführen, dass IKT stetig in neue Anwendungsfelder Einzug halten, weil sie leistungsfähiger und gleichzeitig günstiger werden. IKT substituieren damit andere Technologien oder Produktionsfaktoren. Diese Entwicklung ist per se nicht negativ, sondern trägt massgeblich zu unserem Wohlstandswachstum bei. Wenn IKT andere Technologien substituieren (z.B. Verdrängung des Postverkehrs durch elektronische Informationsübermittlung), wächst zwar die Ressourceninanspruchnahme durch IKT, dem stehen aber Minderbeanspruchungen an anderer Stelle gegenüber. Solche Veränderungen des Ressourcenverbrauchs sind aus der Perspektive von energetischen und nicht-energetischen Ressourcen sowie über den gesamten Lebensweg der Produkte zu analysieren.

Wenn gesteigerte Ressourceneffizienz zur einer Mehrnachfrage nach Ressourcen führt, wird dies als Reboundeffekt bezeichnet (vgl. Kapitel 2.3). Gerade im IKT-Bereich ist Rebound sehr wahrscheinlich und es stellt sich die Frage, welche möglichen staatlichen Instrumente die Reboundgefahr verstärken oder reduzieren. Dies ist im Einzelfall und insbesondere bei der Förderung von effizienzsteigernden Technologien zu betrachten. Fragen zu einzelnen technologiebezogenen Massnahmen sind beispielsweise: In welcher Phase (früh oder spät) der Marktpenetration befindet sich die jeweilige Technologie? Handelt es sich um eine "general purpose technology", die zu IKT-Anwendungen in neuen Bereichen führen kann, oder geht es um eine spezifische Massnahme zur Erhöhung der Ressourceneffizienz? Was sind Möglichkeiten, Kosteneinsparungen (durch reduzierten Ressourcenverbrauch) zu neutralisieren? Letzteres kann beispielsweise realisiert werden über höhere Energiepreise (inkl. Ökostrom) oder über technische Vorgaben/Normen, die das Produkt verteuern.

Die Rebound-Forschung und empirische Beispiele konzentrierten sich ursprünglich stark auf Fragen zur Energieeffizienz. Die Übertragung der Erkenntnisse ist im Hinblick auf die Ressourceneffizienz über den gesamten Lebensweg von IKT-Produkten zu betrachten. Darüber hinaus stellt sich auch die Frage nach empirischen Beispielen zum Ausmass des Rebound-Effektes im IKT-Bereich und zu Möglichkeiten, diesen Effekt durch staatliches Handeln zu reduzieren.

A1 Literaturverzeichnis

Aargauer Zeitung (2009): Der heisseste Computer der Welt.

Aebischer, B. (2008): Betreuung des Kompetenzzentrums Energie und Informationstechnik.

Angerer, G.; Erdmann, L.; Marscheider-Weidemann, F.; Scharp, M.; Lüllmann, A.; Handke, V.; Marwede, M. (2009): Rohstoffe für Zukunftstechnologien - Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI und Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung IZT.

BGR (2007): Zertifizierte Handelsketten im Bereich mineralischer Rohstoffe.

BMBF (2010), unter <http://www.bmbf.de/foerderungen/15444.php> [Stand Dez 2010]

Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH (2008): Energieverbrauch und Energiekosten von Servern und Rechenzentren in Deutschland.

Bundesamt für Wirtschaft und Technologie - BWT (2008): Aktionsplan: Green IT-Pionier Deutschland, 20.11.2008.

Bundesrat (2008): Nahrungsmittelkrise, Rohstoff- und Ressourcenknappheit. Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Stadler vom 29. Mai 2008 (08.3270).

BUWAL (2004): Metallische und nichtmetallische Stoffe im Elektronikschrott – Stoffflussanalyse.

BUWAL (2005): Evaluation der bisherigen Umweltpolitik. Machbarkeitsstudie. Umwelt-Materialien Nr. 202.

Clausen et al. (2010): Ressourceneffiziente IT in Schulen.

Clean Production Center Austria - CPC (2010), unter http://www.cpc.at/news/ne_news.asp [Stand Dez 2010]

de Haan, P (2009): Energie-Effizienz und Reboundeffekte: Entstehung, Ausmass, Eindämmung. Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Energie. BFE Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen.

EC - European Commission (2010): Critical raw materials for the EU.

eco (2010): Datacenter Star Audit, unter <http://www.eco.de/services/dcsa.htm> [Stand Dez 2010]

EMPA (2007): Key Environmental Impacts of the Chinese EEE-Industry.

EMPA (2009): Zusammenstellung der Materialflüsse von elektrischen und elektronischen Geräten in der Schweiz. Folien zum Dienstagseminar vom 10. März 2009, im Auftrag des BAFU.

EMPA (2010a): Materialflüsse der elektrischen und elektronischen Geräte in der Schweiz.

- EMPA (2010b): Materialflüsse und Umweltauswirkungen der Dienstleistung 'Internet in der Schweiz'.
- ERCIM EEIG (2009): ERCIM News. Special theme: Towards green ICT.
- Fichter, K. (2007): Zukunftsmarkt Energieeffiziente Rechenzentren.
- Fichter, K. (2008): Energieverbrauch von Rechenzentren - Trends, Effizienzpotenziale, Handlungsbedarfe.
- Freehills (2007): Understanding the Minimum Energy Performance Standards scheme, unter <http://www.freehills.com/1634.aspx> [Stand Dez 2010]
- Fups (2010): Förderverein für umweltverträgliche Papiere und Büroökologie Schweiz unter <http://fups.ch> [Stand Feb 2011]
- greenITplus (2010): greenITplus, unter <http://www.greenitplus.org> [Stand Dez 2010]
- Hagelücken, C. (2006a): Improving metals returns and eco-efficiency in electronics recycling, Proceedings of the 2006 IEEE conference, May 8-11, 2006, 218-223.
- Hagelücken, C. (2006b): Recycling of electronic scrap at Umicore's integrated metals smelter and refinery. Erzmetall, vol 59, 152-161.
- Hagelücken, C. (2006c): Improving metal returns and eco-efficiency in electronics recycling - a holistic approach for interface optimisation between pre-processing and integrated metals smelting and refining, Umicore Precious Metals Refining, Umicore AG & Co. KG, Hanau.
- Hartmann, D. (2010): Verlässliche und verständliche Hilfestellungen zur Beschaffung auf www.itk-beschaffung.de
- Hilty et al. (2009): The role of ICT in energy consumption and energy efficiency.
- Hilty L.M. et al. (2006): Rebound effects of progress in information technology, Poiesis Prax 4, 19-38.
- IBM (2008): Greenbook - Energieeffizienz: Trends und Lösungen.
- INFRAS (2009): IKT und Nachhaltige Entwicklung in der Schweiz.
- JRC (2010): Hinweise zu europäischen "Codes of Conduct for ICT", unter http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_main.htm [Stand Dez 2010]
- Maxwell D, McAdrew L (2011): Addressing the rebound effect. Interim report under Framework contract ENV.G.4/FRA/2008/0112, 11 January 2011
- NZZ (2010): Neue Gifte ersetzen alte, Nr.280 S.57.
- OECD (2009a): Towards Green ICT Strategies.
- Ploetz et al. (2009): Mehr Wissen, weniger Ressourcen.
- SATW (2010): Seltene Metalle - Rohstoffe für Zukunftstechnologien.

- SECO (2009) Schweiz fördert Transparenz im Rohstoffsektor. Staatssekretariat für Wirtschaft, Bern. <http://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=27332> [Stand Dez 2010]
- Stobbe, L. (2010): Abschätzung des Energie- und Ressourcenbedarfs von IKT.
- Strato AG (2010): Strato macht das Internet grüner.
- SWICO Recycling (2010) unter <http://www.swicorecycling.ch> [Stand Dez 2010]
- Swiss Engineering STZ (2010): Auch beim Handy zählen die inneren Werte. Ausgabe November 2010.
- Swisscom Dialogue (2010): Magazin der Swisscom.
- tekit (2010): TÜV-zertifizierbare Services und Produkte in den Bereichen Informationstechnologie und Telekommunikation, unter http://www.tekit.de/tuev_zertifizierungen.php [Stand Dez 2010]
- Topten International Group (2010): topten.ch unter <http://www.topten.ch> [Stand Dez 2010]
- UK ERC 2007a. The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. UK Energy Research Center, Steve Sorrell, October 2007, 123 pages. ISBN 1-903144-0-35.
- UK ERC 2007b. Review of Evidence for the Rebound Effect, Technical Report 5: Energy, productivity and economic growth studies. Working Paper UKERC/WP/TPA/2007/013.
- UNEP (2009): Recycling - from E-Waste to Resources.
- van den Bergh J C J M, Verbruggen H, Linderhof VGM (2009): Digital dematerialization: economic mechanisms behind the net impact of ICT on materials use. In: MAM Salih (ed) Climate change and sustainable development: new challenges for poverty reduction. Edward Elgar, Cheltenham, pp 192–213.
- van den Bergh, J C J M (2011): Energy Conservation More Effective With Rebound Policy. *Environ Resource Econ* (2011) 48:43–58, DOI 10.1007/s10640-010-9396-z
- Verhagen (2010): ICT & Energy - A policy to strengthen the economy.
- VTM Association Management (2010): The Green Grid, unter <http://www.thegreengrid.org> [Stand Dez 2010]
- Wuppertaler Institut (2009a): Unternehmensnahe Instrumente, Ressourceneffizienz Paper 4.1.
- Wuppertaler Institut (2009c): Konsumenten- und kundennahe Instrumente der Ressourcenpolitik, Ressourceneffizienz Paper 12.1.
- WWF (2010): The Climate Savers Computing Initiative, unter <http://www.climatesavercomputing.org> [Stand Dez 2010]

A2 Experteninterviews

Ergänzend zur Literatur- und Internetrecherche wurden zwei Interviews mit Experten im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien geführt:

- **Heinz Böni** ist stv. Leiter der Abteilung Technologie und Gesellschaft der EMPA. Sein Spezialgebiet ist das Recycling von IKT.
- **Holger Hoffmann** ist beim WWF als Projektleiter im Bereich Konsum und Wirtschaft tätig. Er beschäftigt sich in zwei aktuellen Projekten (zu Videokonferenzen und Home Office) vor allem Energie- und Klimaaspekten von IKT.