

Energielandschaft der Zukunft: Chancen und Herausforderungen

Remo Gisi

Departement für Informatik, ETH Zürich

rgisi@ethz.ch

Zusammenfassung

Während der weltweite Energiebedarf weiter steigt, basiert der Grossteil der Energieproduktion nach wie vor auf immer knapper werdenden fossilen Brennstoffen. Da sich die heutige Infrastruktur zum grossen Teil auf ständige Verfügbarkeit von Energie verlässt, wird dies in naher Zukunft zum Problem werden, insbesondere für Länder, die über keine eigenen Reserven verfügen. Soziale und politische Spannungen sind dann die unabdingbare Folge. Eine weitere Bedrohung ist die globale Klimaerwärmung, deren katastrophale Ausmasse durch extensive Nutzung fossiler Rohstoffe noch verstärkt werden. Der Druck, nachhaltige und wettbewerbsfähige Alternativen zu entwickeln, wird also immer grösser.

Diese Ausarbeitung bietet eine Übersicht über die gegenwärtige Energielandschaft und einen Ausblick in die nahe Zukunft. Ausserdem werden wir analysieren, wo diesbezüglich Chancen und Herausforderungen beim Einsatz von Informations- und Telekommunikationstechnologie liegen.

1 Einführung

“Kalter Krieg” prangt in riesigen Lettern auf der Titelseite der Zeitung “24 Tschassa”, die an den Kiosken der bulgarischen Hauptstadt Sofia ausliegt. “Bei mir zu Hause sind es kaum 14 Grad”, klagt eine 53 Jahre alte Hausfrau. Rentner sitzen mit Jacken in ihren kalten Zimmern. 2,5 Millionen Bulgaren sind auf Zentralheizungen angewiesen, die mit Gas betrieben werden. Seit in dem zu rund 95 Prozent von russischem Gas abhängigen Land kein Gas mehr durch die Pipelines fließt, herrscht Notstand, Zehntausende frieren – und die Wut wächst.

Dies schreibt das Hamburger Abendblatt im Januar 2009 [16], nachdem Russland kurz zuvor die Gaslieferungen über die Ukraine und Rumänien eingestellt hatte. Solche und ähnliche Krisen wiederholen sich inzwischen beinahe im Jahresrhythmus [2, 8]. Da ganz Westeuropa zu einem grossen Teil von russischer Gasversorgung abhängig ist, wird ausserdem befürchtet, dass Russland dies zu politischen Zwecken ausnutzt.

Weltweit steigt der Energiebedarf, doch ein Grossteil davon wird durch fossile Rohstoffe gedeckt, deren Reserven auf einige wenige Länder konzentriert sind. Die Infrastruktur von Industriestaaten (Heizungen, Verkehr, Gesundheitswesen, Kommunikationsmittel u.a.) ist grösstenteils abhängig von der Verfügbarkeit elektrischen Stroms und einer konstanten Versorgung mit Öl und Gas. Die daraus resultierende starke Abhängigkeit von Energieexporteuren birgt, wie aus obigem Beispiel ersichtlich, grosses Konfliktpotential. Politische Spannungen werden zu zentralen Herausforderungen, die leicht die grundlegende Sicherheit europäischer Staaten bedrohen können.

Des Weiteren ist die gegenwärtige Umweltsituation hinsichtlich der Klimaerwärmung sehr bedenklich. Nur mit einschneidenden Änderungen kann eine katastrophale Entwicklung verhindert werden. Schlüsselemente dieser Änderung sind erneuerbare Energien und emissionsarme Produktionsmethoden sowie ständige Innovation und technologische Verbesserungen.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es, eine detaillierte Übersicht über die heutige Energielandschaft und einen Ausblick auf diejenige der nahen Zukunft zu liefern. Zu diesem Zweck werden wir statistische Daten zur Zusammensetzung unserer Energieressourcen sowie Prognosen für die nächsten 10 Jahre beziehen. Ausserdem werden wir analysieren, welche Rolle die Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT¹) in der Energielandschaft der Zukunft spielen können.

¹Abkürzung des englischen Begriffs “Information and Communication Technologies”

2 Globale Energiesituation

2.1 Energieverbrauch: Aktueller Stand und Prognosen

Der weltweite Gesamtenergieverbrauch entspricht heute schätzungsweise 11 Milliarden Tonnen Öl² pro Jahr (Stand 2008) [14, Seite 42]. Dies ist ungefähr doppelt so viel wie zu Beginn der 80er-Jahre und entspricht (unter Berücksichtigung des Bevölkerungswachstums) einem ca. 30% grösseren Verbrauch pro Kopf [10, 14]. Es wird erwartet, dass der globale Energiebedarf bis zum Jahr 2030 um weitere 44% ansteigt [1]. Die Prognosen erwarten in Industriestaaten eine Steigerung des Energiebedarfs von ca. 15%, während für Entwicklungsländer mit einem Anstieg von 73% gerechnet wird.

Abbildung 1 zeigt den globalen Energieverbrauch (an gehandelter Energie), aufgeteilt nach Energiequellen. Öl ist nach wie vor die dominierende Ressource, gefolgt von Kohle und Erdgas. Der Anteil an erneuerbaren Energien – allen voran die Wasserkraft³ – ist relativ gering.

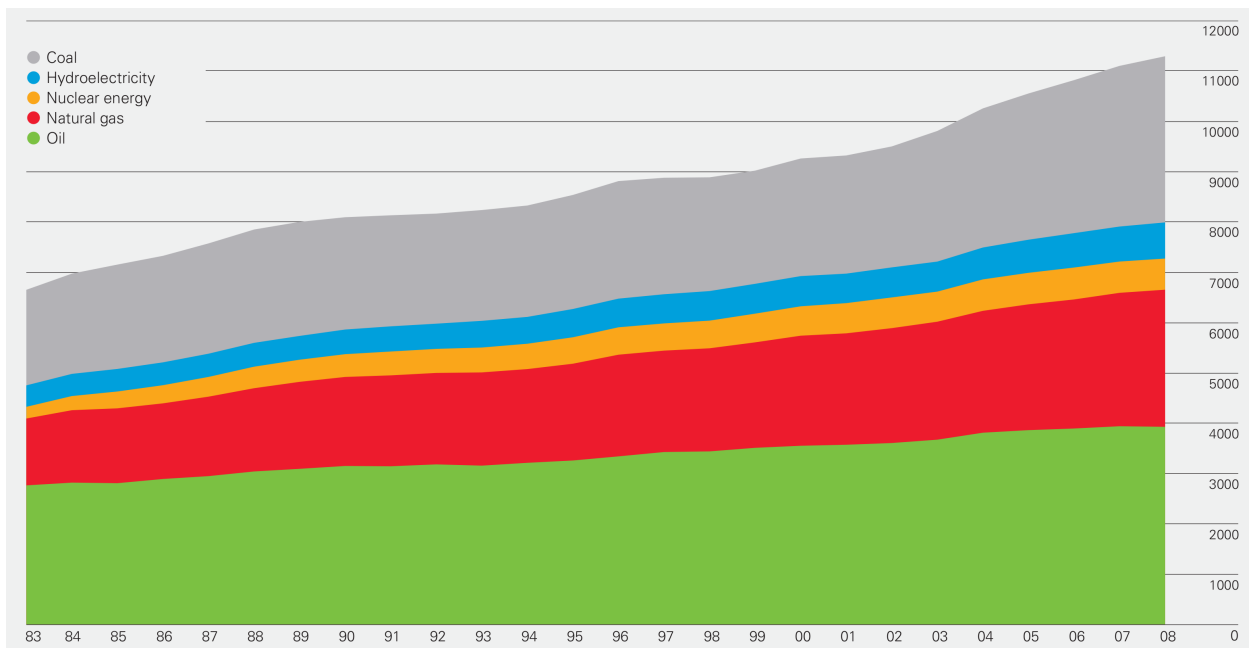


Abbildung 1: Weltweit gehandelte Energie in Millionen Tonnen Öläquivalent, nach Energiequellen [14]

2.2 Gegenwärtige Energieproduktion und Rohstoffreserven

Unter den fossilen Brennstoffen am reichlichsten vorhanden ist Kohle. Die bekannten Kohlereserven reichen bei heutigem Verbrauch noch ca. 120 Jahre. Wie in der Grafik ersichtlich wird wieder vermehrt Energie aus

²Oftmals auch in "Tonnen Öläquivalent" angegeben. Eine Tonne Öläquivalent bezeichnet die Menge an Energie, die derjenigen einer Tonne Öl entspricht.

³Biomasse ist die meistgenutzte erneuerbare Energiequelle. Abbildung 1 zeigt lediglich die gehandelte Energie, Biomasse wird aber nur in kleinem Masse gehandelt. Aus diesem Grund stellt die Biomasse hier eine kaum relevante Grösse dar.

Kohle erzeugt. Da Kohlekraftwerke sehr viel CO₂ freisetzen, verstärkt das die gegenwärtigen Umweltprobleme noch zusätzlich und erhöht die Dringlichkeit einer alternativen Lösung.

Die weltweiten Ölbestände reichen bei gegenwärtigem Verbrauch gemäss offiziellen Zahlen noch knapp über 40 Jahre, die Erdgasvorkommen nur wenig länger [14]. Sofern keine Art der Energieproduktion gefunden wird, die fossile Energie weitgehend ersetzen kann, wird eine globale Energieknappheit in den nächsten Jahren ein realistisches Szenario. Falls dieses Szenario eintritt, werden in vielen Bereichen des Alltags bald weit reichende Konsequenzen sichtbar sein. Ausserdem sind politische Spannungen zu erwarten, da die Öl- und Gasreserven geographisch sehr ungleichmässig verteilt sind⁴.

2.3 Alternative Energiequellen und andere Lösungsansätze

2.3.1 Erneuerbare Energiequellen

Unter allen als erneuerbar⁵ geltenden Energiequellen ist zur Zeit Biomasse die meistgenutzte, gefolgt von Wasserkraft [15, Seite 9]. Weltweit kommen die erneuerbaren Energien auf einen geschätzten Gesamtanteil von 13% bis 18% am Gesamtenergiekonsum⁶ [15].

Die meistgehandelte erneuerbare Energieform ist Wasserkraft, sie macht ungefähr 6.4% des weltweiten (gehandelten) Energieverbrauchs aus [14, Seiten 38 und 41]. Andere erneuerbare Energieformen sind Solarkraft, Windenergie und Erdwärme. Gemeinsam stellen sie zur Zeit einen Anteil von weniger als 1% des weltweiten Gesamtenergiekonsums dar.

Allgemein verzeichnen der Markt an erneuerbaren Energien und die zugehörigen Industriezweige starkes Wachstum [15]. Schätzungen zufolge werden erneuerbare Energien jedoch innerhalb der nächsten 50 Jahre kaum in der Lage sein, eine starke Verknappung einer Hauptenergiequelle wie beispielsweise Erdöl oder Erdgas zu kompensieren [9].

2.3.2 Nuklearenergie

Unter nuklearer Energie versteht man sowohl Kernspaltung als auch Kernfusion. Die Kernspaltung wird bereits seit Jahrzehnten genutzt und deckt heute ca. 5.5% des weltweiten Energiebedarfs [14]. Die neue Generation der Reaktortechnologie gilt heute als sicher [11, 7]. Ein Vorteil ist, dass Nuklearenergie praktisch kein CO₂ freisetzt, jedoch ist das Problem der radioaktiven Abfälle noch immer nicht zufriedenstellend gelöst. Hier könnte die Kernfusion einen Ausweg bieten. Bei der Kernfusion fallen im Unterschied zur Kernspaltung keine radioaktiven Abfälle an. Allerdings befindet sich diese Technologie noch im Versuchsstadium [6, Seite 22].

Die Nuklearenergie zählt nicht zu den erneuerbaren Energien, doch die heute bekannten Brennstoffvorräte reichen bei heutigem Verbrauch ca. 80 Jahre [6, Seite 9]. Da Uran ausserdem aus Meerwasser gewonnen werden kann, reichen die Vorkommen lange genug, um die Menschheit über hunderte oder gar tausende von

⁴Ungefähr 60% der weltweiten Ölreserven befinden sich im Mittleren Osten [14, Seite 7], ausserdem teilen sich Russland und der Mittlere Osten 75% der globalen Gasreserven [14, Seite 23].

⁵“Erneuerbare Energien” ist ein Sammelbegriff für Energiequellen, die ohne limitierte Rohstoffe auskommen und nach menschlichem Zeitmassstab gerechnet unbegrenzt zur Verfügung stehen. Darunter fallen die Nutzung der Wasserkraft, Sonnenenergie, Umweltwärme, Biomasse, Windenergie, erneuerbaren Anteile aus Abfall sowie der Energie aus Abwasserreinigungsanlagen [4].

⁶Man beachte: Im Gegensatz zu Kapitel 2.1 beziehen sich diese Zahlen nicht mehr auf gehandelte, sondern auf effektiv konsumierte Energie.

Jahren mit Energie zu versorgen. Dabei stellt sich allerdings die Frage, ob solch ein Vorgehen wirtschaftlich rentabel ist [9]. Weitere Herausforderungen der Nuklearenergie ergeben sich aus der geringen Flexibilität und der starken Zentralität von Kernkraftwerken.

Trotz allen Hindernissen hat die Nuklearenergie durchaus das Potential, eine wichtige Rolle in der zukünftigen Energielandschaft zu spielen. Inzwischen gilt sie auch dem IPCC⁷ als mögliche Option für sichere und saubere Energieversorgung im 21. Jahrhundert [7, 9].

2.3.3 Gesteigerte Energieeffizienz

Der Umstieg auf nicht-fossile Energiequellen muss in den nächsten Jahrzehnten vollzogen werden. Falls dies nicht oder nicht schnell genug gelingt, droht ein Engpass mit katastrophalen Auswirkungen auf unseren gewohnten Lebensstandard. Um dieses Szenario so weit als möglich zu verhindern bzw. allenfalls dessen Auswirkungen abzuschwächen, sollte bereits heute auf grösstmögliche Energieeffizienz geachtet werden. Es wird angenommen, dass dies für den ICT-Sektor der Anwendungsbereich mit dem grössten Potential sein wird [5].

2.4 Eine europäische Energiestrategie

Im Hinblick auf die nahe Zukunft sind einige Probleme zu erwarten, so zum Beispiel eine starke Abhängigkeit von Energieexporteuren, die bedrohte Versorgungssicherheit und die übermässige Emission von Treibhausgasen. Die Europäische Kommission schlägt deshalb eine Strategie für nachhaltige, wirtschaftliche und sichere Energieversorgung in Europa vor [12]. Im Zusammenhang damit werden Schlüsselbereiche identifiziert und fünf wichtige Punkte genannt. Diese sind:

1. Ein gemeinsames, einheitliches Stromnetz für Europa,
2. Ein Prioritätsplan für neue Verbindungen zwischen den verschiedenen nationalen Stromnetzen, um internationale Solidarität in Notfällen zu ermöglichen,
3. Investitionen in neue Produktionskapazitäten, um im Bedarfsfall Reserven verfügbar zu haben,
4. Faire Marktbedingungen für alle. Falls das in nationalen Stromnetzen noch nicht der Fall ist, werden weitere Massnahmen nötig sein.
5. Erhöhen der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie. Dies setzt voraus, dass stabile und vorhersehbare Bedingungen herrschen, die den Gesetzen des Marktes folgen.

Um die Versorgungssicherheit zu verbessern, ist es wichtig, dass sich die europäischen Staaten auf eine gemeinsame und nachhaltige Strategie einigen. Teil davon muss auch die Solidarität untereinander sein. Diese könnte durch einen gemeinsamen Auftritt nach aussen ergänzt werden.

Als Massnahme gegen das Emissionsproblem macht es Sinn, sich auf ein europaweites Mindestziel für die Energieproduktion aus sicheren und emissionsarmen Energiequellen zu einigen. Es ist deshalb auch notwendig, die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern. Ausserdem wird in jenen Ländern, die sich weiterhin

⁷Intergovernmental Panel on Climate Change

auf Kohle als Energiequelle verlassen, die CO₂-Abscheidung und -Speicherung eine notwendige Ergänzung werden.

Weiterhin ist der sparsame und effiziente Umgang mit Energie ein wichtiger Punkt. Sowohl durch ökonomische Mittel (Steuern, Abgaben, handelbares Zertifikate-System) als auch durch technologische Innovation kann diesem Ziel näher gekommen werden. In diesem Kontext ist auch die ICT-Branche gefordert. Den grössten Beitrag kann sie im Verbessern der Energieeffizienz anderer Branchen leisten.

Im folgenden Kapitel werden wir deshalb versuchen, diesen Beitrag anhand einzelner Teilbereiche detaillierter zu untersuchen und zu quantifizieren.

3 ICT im Hinblick auf die Energielandschaft der Zukunft

Der Einfluss des ICT-Sektors ist in Industriestaaten bereits unübersehbar. Seit Beginn der “digitalen Revolution” in den 80er-Jahren nehmen Informations- und Kommunikationstechnologien zunehmend Einfluss auf Alltagsleben und soziale Normen. Vielen Schwellen- und Entwicklungsländern steht dieser Wandel noch bevor, während er in Industriestaaten weiter fortschreitet. Aus diesem Grund wird die ICT-Branche weiterhin stark wachsen⁸. Gerade dank diesem enormen Wachstum haben Informations- und Kommunikationstechnologien die einmalige Chance, die erwähnten Probleme der Energieversorgung und -verteilung zu adressieren. Anhand der möglichen Einsparungen an Emissionen⁹ wollen wir im Folgenden analysieren, in welchen Bereichen ICT die grössten Beiträge leisten können.

3.1 Überblick: Totale Einsparungen an Emissionen durch ICT

In verschiedenen Industriebereichen kann durch ICT verhältnismässig viel Energie gespart werden. Technologien und Methoden, die dies ermöglichen, sind beispielsweise rechnergestützte Optimierungen, automatisierte und energieoptimierte Maschinensysteme sowie Messdaten in Echtzeit. Mit Hilfe des wachsenden ICT-Sektors könnten bis zum Jahr 2020 genügend CO₂-Emissionen eingespart werden, um den globalen CO₂-Ausstoss insgesamt zu senken [5, Seite 15]. Man beachte dabei, dass der ICT-Sektor dazu beiträgt, bis zu der fünffachen Menge der eigenen CO₂-Emissionen einzusparen.

3.2 Reduktion der Emissionen innerhalb des ICT-Sektors

Innerhalb der ICT-Branche wird ein Grossteil der Energie für den Betrieb der Hardware verwendet. Dies ist folglich auch der Bereich, bei dem sowohl die Gesamtbranche (mittels energieeffizienter Technologie und besseren Standards) als auch jedes einzelne Unternehmen (durch bewussten und sparsamen Umgang mit Energie) am meisten beitragen können. Ein offensichtlicher Weg zur Reduktion von Emissionen ist es, erneuerbare Energien zu verwenden. Optimierungen der eigenen Produkte im Hinblick auf deren Energieverbrauch sind ebenfalls ein wichtiger Bestandteil.

Noch weit grössere Emissionseinsparungen können jedoch erzielt werden, wenn der ICT-Sektor aktiv mit anderen Industriebereichen (allen voran der Energieproduktion) zusammen arbeitet.

3.3 Emissionsreduktion in anderen Sektoren durch ICT

Abbildung 2 zeigt eine Übersicht über die Industrie-Sektoren, in denen ICT zu signifikanten Energieeinsparungen verhelfen können. Die Beschriftungen beziffern die entsprechenden Emissionseinsparungen in GtCO₂e¹⁰. Im Folgenden werden wir die einzelnen Bereiche kurz definieren und den Einfluss von ICT analysieren.

⁸Für den Zeitraum von 2002 bis 2020 wird ein Wachstum des ICT-Sektors um bis zu 200% vorausgesagt [5, Seite 14].

⁹In [5] werden mögliche Einsparungen bei sämtlichen Treibhausgasen untersucht. Da jedoch Kohlendioxid einen sehr grossen Anteil daran hat, schreiben wir oft auch “CO₂-Emissionen”, obwohl dies streng genommen zu spezifisch ist.

¹⁰Die Masseinheit GtCO₂e steht für Gigatonnen CO₂-äquivalent. Eine GtCO₂e ist also die Menge von Treibhausgasen, die hinsichtlich ihrer Wirkung als Treibhausgas einer Milliarde Tonnen Kohlendioxid entspricht.

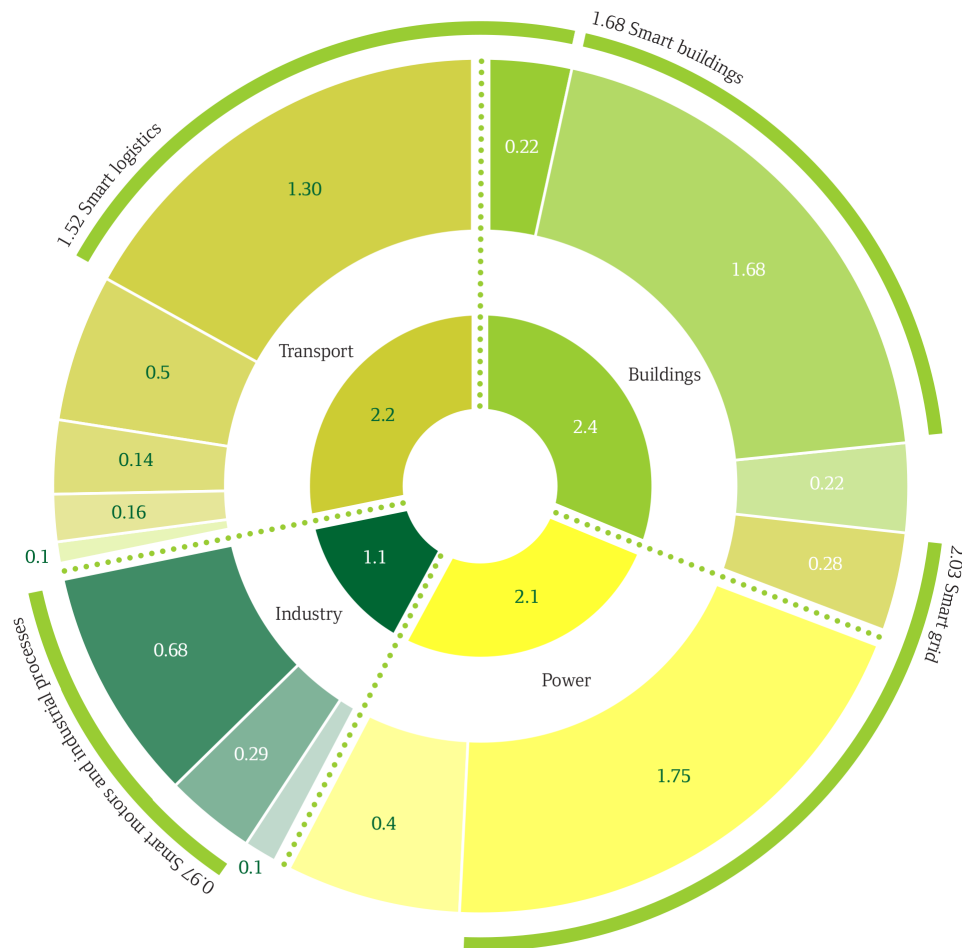


Abbildung 2: Mögliche Emissionseinsparungen durch ICT nach Sektor, gemessen in GtCO₂e [5, Seite 30]

3.3.1 Das “Smart Grid”

Heutige Elektrizitäts-Infrastrukturen sind häufig grosse, unflexible und ineffiziente Netze. Oft geht deshalb bei der Übertragung unnötig viel Energie verloren, Kommunikation zwischen Anbieter und Abnehmer ist nicht oder nur unidirektional möglich und eine Rückspeisung generierter Energie ins Netz ist in den meisten Ländern nicht möglich [5].

Unter “Smart Grid” versteht man *Hardware und Software, die es den Energieproduzenten ermöglicht, Energierouting zu optimieren, mit den Energieabnehmern direkt zu kommunizieren sowie den Netzbetrieb in Echtzeit zu überwachen* [5, Seite 45]. Konkret wären dies beispielsweise Mess- und Kommunikationsknoten bei den Verbrauchern und an einzelnen Punkten des Elektrizitätsnetzes.

Es wird geschätzt, dass die potentiellen Einsparungen, gemessen an den CO₂-Emissionen des gesamten Energiesektors, bis zu 14% betragen [5, Seite 47].

3.3.2 “Smart Buildings”

Mit dem Begriff “Smart Buildings” fasst man verschiedene Technologien, die Emissionen und Energieverbrauch von Gebäuden verringern, zusammen. Darunter fallen sowohl Werkzeuge, die Design und Bau neuer Gebäude optimieren, als auch Technologien zum Optimieren des Gebäudebetriebs¹¹. Ein Beispiel dafür sind Gebäudemanagement-Systeme (BMS¹²), die Heizung, Kühlung, Belüftung und den Verbrauch von Elektrizität automatisch kontrollieren und optimieren. Gemessen an den gesamten CO₂-Emissionen von Gebäuden könnte mit “Smart Buildings” ebenfalls ungefähr 14% eingespart werden [5, Seite 40].

3.3.3 “Smart Logistics” und “Smart Motor Systems”

Die Begriffe “Smart Logistics” und “Smart Motor Systems” bezeichnen sämtliche ICT-Anwendungen, die bei der Optimierung von Motoren und Industrieanlagen sowie logistischer Probleme eine Rolle spielen. Dies beinhaltet auch die sogenannte Dematerialisierung, also zum Beispiel der rein digitale Gütervertrieb. Die potentiellen Einsparungen dieser Technologien sind ähnlich umfangreich wie die der “Smart Buildings” und des “Smart Grids” [5, Seiten 33 und 37].

3.3.4 Standardisierung der “Smart”-Technologien

Neben der konkreten Implementation ist es wichtig, dass für die besprochenen “Smart”-Technologien einheitliche Standards entwickelt werden. Speziell beim “Smart Grid” ist dies essenziell, um eine Entwicklung über die Landes- und Netzgrenzen hinweg zu ermöglichen. Die Europäische Union ruft seine Mitgliedsstaaten bereits dazu auf, sich auf gemeinsame Spezifikationen für “Smart Meters” zu einigen [13].

¹¹Viele interessante Einblicke finden sich in [3]

¹²Abkürzung des englischen Begriffs “Building Management Systems”

4 Schlussfolgerungen

Die Energiesituation wird in den nächsten Jahrzehnten voraussichtlich sehr kritisch, da sich fossile Rohstoffe zu erschöpfen drohen. Wird heute nichts unternommen, so hätte dies womöglich eine nie dagewesene Tragweite. Sowohl Versorgungslücken als auch vermehrt internationale Spannungen wären die Folge. Hinzu kommen das Problem der Klimaerwärmung. Aus diesen Gründen ist es essentiell, dass alternative Energieformen gefördert und weiterentwickelt werden. Ausserdem muss der verschwenderische Umgang mit Energie nach Möglichkeit verhindert werden.

Alles in allem sind die angesprochenen Probleme signifikant und sicherlich nicht einfach zu lösen. Der ICT-Sektor hat eine unübersehbare Verantwortung, diese Probleme zu adressieren. Insbesondere mit den "Smart"-Technologien können ICT einen grossen Beitrag leisten. Für die notwendigen Erneuerungen im Energiesektor hat der ICT-Sektor mit den "Smart"-Technologien das richtige Mittel zur Hand.

Literatur

- [1] Energy Information Administration. International Energy Outlook, Mai 2009.
- [2] Manfred Quiring Die Welt. Energiekrise in Georgien verschärft sich. www.parliament.ge/files/986_15340_481631_die10.pdf, 2006. [Online; Stand 23. Februar 2010].
- [3] Norman Foster. Norman Foster's green agenda. http://www.ted.com/talks/norman_foster_s_green_agenda.html, 2007.
- [4] Bundesamt für Statistik. Statistik Schweiz - Definitionen. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/08/11/def.html>, 2010. [Online; Stand 23. Februar 2010].
- [5] The Climate Group. SMART 2020: Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age. http://www.smart2020.org/_assets/files/01_Smart2020ReportSummary.pdf, 2008.
- [6] IAEA. Nuclear technology review 2009.
- [7] IPCC. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm, 2007.
- [8] Das Journal. Gazprom verdient bei zugedrehtem gashahn. <http://www.dasjournal.net/news/439/misc/25693/2009-12-21.html>, 2007. [Online; Stand 23. Februar 2010].
- [9] James Lovelock. *Gaias Rache. Warum die Erde sich wehrt*. Verlag List, Berlin, 2007.
- [10] United Nations. United Nations Population Division. <http://esa.un.org/unpp/>, 2008. [Online; Stand 21. Februar 2010].
- [11] World Nuclear Association. Safety of Nuclear Power Reactors. <http://www.world-nuclear.org/info/inf06.html>, 2008. [Online; Stand 22. Februar 2010].
- [12] Commission of the European Communities. Green Paper: A European Strategy for Sustainable, Competitive and Secure Energy, März 2006.
- [13] Commission of the European Communities. Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions on mobilising information and communication technologies to facilitate the transition to an energy-efficient, low-carbon economy., März 2009.
- [14] British Petrol. Statistical Review of World Energy, Juni 2009.
- [15] REN21 Renewable Energy Policy Network. Renewables 2007 Global Status Report. http://www.ren21.net/pdf/RE2007_Global_Status_Report.pdf, 2007.
- [16] Hamburger Abendblatt vom 9. Januar 2009. Osteuropa friert - und spricht vom "Kalten Krieg". <http://www.abendblatt.de/politik/ausland/misc142417/Osteuropa-friert-und-spricht-vom-Kalten-Krieg.html>. [Online; Stand 22. Februar 2010].