



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

19.08.2015

Stromverbrauch, Energieeffizienz und Fördermassnahmen im Be- reich der Rechenzentren

**Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulates 13.3186 von Nationalrat
Maier Thomas vom 21. März 2013**



INHALT

ABBILDUNGEN	4
TABELLEN.....	5
1. ZUSAMMENFASSUNG	6
2. EINLEITUNG	8
2.1. AUSGANGSLAGE	8
2.1.1. Postulat «Energieeffiziente Rechenzentren und Erfolg von gezielten Fördermassnahmen» (13.3186)	8
2.1.2. Postulat «Rechenzentren effizienter und mit grünem Strom betreiben» (13.4265)	8
2.2. VORGEHEN	9
2.3. BEGRIFFLICHE ABGRENZUNGEN	9
2.4. INHALTSÜBERSICHT	9
3. STROMVERBRAUCH.....	10
3.1. BRUTTOFLÄCHE.....	10
3.2. ERMITTlung DES STROMVERBRAUCHS	11
4. ENERGIEEFFIZIENZ	12
4.1. MASSNAHMENKATALOG	13
4.1.1. Systemtemperatur	13
4.1.2. Free Cooling	14
4.1.3. Regelung des Luftvolumenstroms.....	14
4.1.4. Trennung von Warm- und Kaltgängen.....	14
4.1.5. Optimierung der Teillast der USV-Anlage.....	14
4.1.6. Optimierung der Serverauslastung	14
4.1.7. Speicherung	15
4.1.8. Backup-Systeme	15
4.1.9. Gleichstromtechnik (Stromverluste)	15
4.1.10. Weitere Massnahmen	16
4.2. EINSPARUNGSPOTENZIAL.....	16
5. SENKUNG DER CO₂-EMISSIONEN	17
5.1. ABWÄRME	17
5.2. GRÜNER STROM.....	18
6. FÖRDERMASSNAHMEN	18
6.1. WETTBEWERBLICHE AUSSCHREIBUNGEN.....	18
6.2. BEURTEILUNG DER PROGRAMME	19
6.2.1. Energieeffizienz für bestehende Rechenzentren (PUEDA 1)	19
6.2.2. Energieeffizienz für neue Rechenzentren (PUEDA 2)	20
6.2.3. Datacenters Save Energy (DCSE).....	21
6.3. ZUSAMMENFASSENDE ÜBERSICHT ÜBER DIE PROGRAMME.....	22
7. VERBESSERUNG DER LAUFENDEN MASSNAHMEN.....	23



7.1. SENSIBILISIERUNG	23
7.2. SENKUNG DER CO ₂ -EMISSIONEN	24
7.3. EFFIZIENZVORSCHRIFTEN UND NORMEN	25
8. SCHLUSSFOLGERUNGEN	26
ANHANG – BERECHNUNG DER CO₂-EMISSIONEN.....	27



Abbildungen

Abbildung 1. Typische Verteilung des Stromverbrauchs eines Rechenzentrums	13
Abbildung 2. Typische Verteilung des Stromverbrauchs der IT-Ausstattung (Hardware)	13
Abbildung 3. Schematische Darstellung der Serverkonsolidierung und -virtualisierung	15
Abbildung 4. Angekündigte und erreichte jährliche Einsparungen der Programme PUEDA 1, PUEDA 2 und DCSE	23



Tabellen

Tabelle 1.	Verteilung der internen Server (in-house) in der Schweiz, 2013	10
Tabelle 2.	Durchschnittliche spezifische Leistung der Rechenzentren in der Schweiz abhängig von der Anzahl Server und der Art der Rechenzentren: a) interne RZ und b) externe RZ ...	11
Tabelle 3.	PUE-Werte (Power Usage Effectiveness) der Rechenzentren in der Schweiz abhängig von der Anzahl Server und der Art der Rechenzentren: a) interne RZ und b) externe RZ	12
Tabelle 4.	Einsparungspotenzial bei der IT-Ausstattung (Hardware)	16



1. Zusammenfassung

Mit diesem Bericht wird das Postulat 13.3186 «Energieeffiziente Rechenzentren und Erfolg von gezielten Fördermassnahmen» von Nationalrat Thomas Maier erfüllt. Das Postulat fordert die Prüfung folgender Aspekte im Zusammenhang mit Rechenzentren in der Schweiz: Stromverbrauch, Energiesparpotenzial und -massnahmen, Erfolg der Förderprogramme, Abwärmennutzung, Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien und Verbesserung der laufenden Massnahmen. Die Nutzung von grünem Strom in den Rechenzentren wird auch aufgrund des Postulats 13.4265 «Rechenzentren effizienter und mit grünem Strom betreiben» von Nationalrat Balthasar Glättli behandelt. Dieses Postulat wurde zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichtes noch nicht vom Nationalrat behandelt.

Als Rechenzentren werden Gebäude beziehungsweise Räumlichkeiten bezeichnet, in denen die zentrale Rechentechnik (Server, aber auch die zum Betrieb notwendige Infrastruktur) einer oder mehrerer Firmen oder Organisationen untergebracht ist. Dabei muss es sich zumindest um einen eigenständigen Raum mit einer Mindestanzahl an Servern, mit sicherer Stromversorgung und Klimatisierung (Kälteerzeugung, Luftzirkulation und -verteilung) handeln. Abhängig von ihrer Nutzung wird unterschieden zwischen internen Rechenzentren (in-house), die ausschliesslich für den unternehmensinternen Bedarf arbeiten, und externen Rechenzentren (Drittanbieter). Die Rechenzentren in der Schweiz beanspruchen eine Fläche von insgesamt 235 000 m² (dies entspricht 33 Fussballfeldern), wovon zwei Drittel auf externe Rechenzentren entfallen. Ausgehend von der beanspruchten Fläche, der spezifischen Leistung (275–650 W/m²) und dem PUE-Wert (Power Usage Effectiveness, zwischen 1,4 und 2,1) wurde der jährliche Stromverbrauch der inländischen Rechenzentren auf 1661 GWh geschätzt. Dies entspricht 2,8 Prozent des jährlichen Elektrizitätsverbrauchs in der Schweiz.

Die Energieeffizienz der Rechenzentren wird in erster Linie durch den Stromverbrauch der wichtigsten Komponenten wie IT-Ausstattung (Server, Speicher- und Backup-Einheiten usw.), Beleuchtung, USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung) sowie Kühl- und Lüftungssysteme bestimmt. Mit bestimmten Massnahmen kann die Energieeffizienz der Rechenzentren verbessert werden, etwa durch eine Erhöhung der Umgebungstemperatur, durch freie Kühlung (Free Cooling), durch die Regelung der Kühlflutmenge, durch die Trennung von Warm- und Kaltgängen, durch die Optimierung der Teillast der USV-Anlage und durch die Optimierung der Serverauslastung. Das Sparpotenzial bei der Kühlinfrastruktur, der Lüftung und der IT-Ausstattung wurde auf 716 GWh jährlich geschätzt. Dies entspricht 43 Prozent des gesamten jährlichen Stromverbrauchs der Rechenzentren in der Schweiz.

Die Abwärmennutzung erlaubt eine Reduktion der CO₂-Emissionen im Dienstleistungssektor von fünf Prozent und ermöglicht eine stärkere Nutzung von grünem Strom von einem Prozent (Strommix der Produktion) bis vier Prozent (Strommix des Verbrauchs). Diese Massnahmen werden jedoch nicht systematisch umgesetzt. Um diese Massnahmen besser bekannt zu machen, braucht es Sensibilisierungsarbeit und unter Umständen eine finanzielle Unterstützung für die Abwärmennutzung, denn diese setzt Investitionen voraus (Pumpen, Wärmetauscher, hydraulisches Verteilsystem usw.).

Die bereits heute durchgeföhrten Massnahmen im Bereich der Rechenzentren werden über die wettbewerblichen Ausschreibungen für Effizienzmassnahmen im Sinne von Artikel 7a Absatz 3 des Energiegesetzes (EnG; SR 730.0) unterstützt. Einige Rechenzentren können bereits eine beispielhafte Energieeffizienz vorweisen. Die Erfahrungen aus den bestehenden Programmen zeigen jedoch, dass bei den Betreibern von Rechenzentren noch Informations- und Sensibilisierungsbedarf besteht. Aus diesem Grund werden die Informationsmassnahmen in naher Zukunft intensiviert und vom Programm EnergieSchweiz des Bundes in enger Zusammenarbeit mit den Berufsverbänden unterstützt werden.



Zudem können die Betreiber von Rechenzentren über wettbewerbliche Ausschreibungen (ProKilowatt) finanzielle Unterstützung für die Durchführung ehrgeiziger Massnahmen beantragen. Anders als bei Einzelservern gibt es für Rechenzentren keine Effizienzvorschriften. Die Europäische Union prüft gegenwärtig mögliche Mindestanforderungen, die möglicherweise von der Schweiz übernommen werden könnten.

Die laufenden Massnahmen lassen sich in erster Linie durch die Sensibilisierung von Unternehmen und Ingenieurbüros für das Thema der Energieeffizienz der Rechenzentren verbessern und zwar durch Informationskampagnen, Beiträge in Fachzeitschriften, Weiterbildungsangebote und Workshops. Ergänzend dazu sollten in zwei bis drei Jahren neue Vorschriften, Normen oder Richtlinien eingeführt werden, die diese Sensibilisierungsmassnahmen unterstützen. Gegenwärtig gibt es in der Schweiz abgesehen vom Code of Conduct des Schweizerischen Verbands der Telekommunikation (ASUT) keinerlei Normen oder Standards, die sich spezifisch auf die Energieeffizienz von Rechenzentren beziehen.



2. Einleitung

2.1. Ausgangslage

2.1.1. Postulat «Energieeffiziente Rechenzentren und Erfolg von gezielten Fördermassnahmen» (13.3186)

Das von Nationalrat Thomas Maier eingereichte Postulat 13.3186 «Energieeffiziente Rechenzentren und Erfolg von gezielten Fördermassnahmen» beauftragt den Bundesrat, einen Bericht über die Energieeffizienz der in der Schweiz betriebenen Rechenzentren zu erstellen. Dabei soll insbesondere auf folgende Aspekte eingegangen werden:

- Energieverbrauch
- Energiesparpotenzial und -massnahmen
- Erfolg der Förderprogramme
- Nutzung der Abwärme

Weiter verlangt das Postulat, die Wirksamkeit der bisher getroffenen Massnahmen zu beurteilen und eventuell mögliche Verbesserungen im Bereich der Energieeffizienz und der Abwärmennutzung vorzuschlagen.

Das Postulat wurde am 21. März 2013 eingereicht. Am 8. Mai 2013 beantragte der Bundesrat die Annahme des Postulats. Es wurde vom Nationalrat am 21. Juni 2013 überwiesen.

2.1.2. Postulat «Rechenzentren effizienter und mit grünem Strom betreiben» (13.4265)

Das von Nationalrat Balthasar Glättli eingereichte Postulat 13.4265 «Rechenzentren effizienter und mit grünem Strom betreiben» beauftragt den Bundesrat, einen Bericht zu namentlich folgenden Punkten zu erstellen:

- Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Rechenzentren in der Schweiz
- Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energiequellen für den Betrieb der Rechenzentren

Der Energieverbrauch der Internet-Infrastrukturen in der Schweiz wird (über alle Kategorien hinweg) auf etwa 7,8 Prozent des schweizerischen Elektrizitätskonsums geschätzt. Angesichts der dadurch verursachten Emissionen (z.B. CO₂) verlangt das Postulat, weitergehende Schritte zu unternehmen, als nur gerade die europäischen Energieeffizienzstandards für Computer und Computerserver zu übernehmen. Insbesondere wird der Bundesrat beauftragt, detailliert auf die Frage der Energieeffizienz der wichtigsten Elemente von Rechenzentren, namentlich der Kühlsysteme, einzugehen sowie die Planungs- und Ausnutzungskriterien der Kapazität von Rechenzentren unter die Lupe zu nehmen, um überdimensionierte und redundante Systeme zu vermeiden. Zudem wird verlangt, die Herkunft der verwendeten Elektrizität zu berücksichtigen. Damit soll das Ziel verfolgt werden, vermehrt Strom aus erneuerbaren Energien einzusetzen.

In seiner Stellungnahme vom 12. Februar 2014 erklärte sich der Bundesrat bereit, die in diesem Postulat angesprochenen Punkte zusammen mit denjenigen des Postulats Thomas Maier 13.3186 zu beantworten. Das Postulat 13.4265 wurde zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichtes noch nicht vom Nationalrat behandelt.



2.2. Vorgehen

Das Postulat 13.3186 greift im Wesentlichen drei Aspekte auf.

Der erste Aspekt betrifft die Energieeffizienz der Rechenzentren in der Schweiz unter Berücksichtigung ihres gesamten Stromverbrauchs sowie ihres Energiesparpotenzials. Dieser Aspekt der Energieeffizienz wird auch im Postulat 13.4265 angesprochen. Auf internationaler Ebene liegen zwar zahlreiche Studien vor, für die Schweiz wurde aber bis anhin keine detaillierte Untersuchung durchgeführt, die es erlauben würde, der im Postulat gestellten Forderungen nachzukommen. Deshalb wurden das Basler Institut für Wirtschaftsstudien IWSB und das Ingenieurbüro Amstein & Walthert beauftragt, eine Studie über den Energieverbrauch und das Stromsparpotenzial der Rechenzentren in der Schweiz zu erstellen und einen Massnahmenkatalog auszuarbeiten.

Der zweite Aspekt betrifft die Wirksamkeit der laufenden Massnahmen, insbesondere der Unterstützung von Programmen im Rahmen von wettbewerblichen Ausschreibungen für Rechenzentren.

Der dritte Aspekt, der auch im Postulat 13.4265 angesprochen wird, betrifft hauptsächlich die Verringerung der Umweltauswirkungen der Rechenzentren und namentlich die Verminderung ihrer CO₂-Emissionen. Eine solche Emissionsreduktion soll einerseits durch die Nutzung der Abwärme und andererseits dank dem Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energiequellen erreicht werden. Um die Möglichkeiten der Umsetzung solcher Massnahmen zu bestimmen, stützt sich der vorliegende Bericht im Wesentlichen auf die Erfahrungen der Swisscom mit ihren beiden Rechenzentren sowie auf die von IBM und der ETH Zürich beim Projekt Aquasar¹ gesammelten Erfahrungen.

2.3. Begriffliche Abgrenzungen

Der Begriff der Energieeffizienz bezieht sich im Prinzip auf alle Energieträger, also auf Treibstoffe, Brennstoffe und Elektrizität. Im vorliegenden Bericht wird der Aspekt der Energieeffizienz hauptsächlich in Verbindung mit der Verminderung des Elektrizitätsverbrauchs der Rechenzentren verwendet. Letztere werden wie folgt definiert²:

Gebäude beziehungsweise Räumlichkeiten, in denen die zentrale Rechentechnik (Server, aber auch die zum Betrieb notwendige Infrastruktur) einer oder mehrerer Firmen oder Organisationen untergebracht ist. Dabei muss es sich zumindest um einen eigenständigen Raum mit sicherer Stromversorgung und Klimatisierung handeln.

2.4. Inhaltsübersicht

Im folgenden Kapitel geht es um den Elektrizitätsverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz. Die Rechenzentren werden in verschiedene Kategorien aufgeteilt und nach bestimmten Kriterien gruppiert, insbesondere nach der Zahl der installierten Server und der beanspruchten Fläche. Dadurch lässt sich ihr durchschnittlicher Elektrizitätsverbrauch ermitteln und in Beziehung zum gesamten schweizerischen Stromverbrauch setzen. In Kapitel 4 wird der Aspekt der Energieeffizienz der Rechenzentren in Bezug auf das Potenzial zur Verminderung ihres Stromverbrauchs sowie bezüglich der möglichen Energiesparmassnahmen untersucht. Kapitel 5 beschäftigt sich kurz mit dem Problem der Reduktion der CO₂-Emissionen. In Kapitel 6 werden Auswirkungen und Wirksamkeit der drei wettbe-

¹ Aquasar: A hot water cooled data center with direct energy reuse, Severin Zimmermann et al., Energy 43 (2012), S. 237–245.

² Rechenzentren in der Schweiz – Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (im Auftrag des BFE), August 2014, S. 9.



werblichen Ausschreibungsprogramme auf dem Gebiet der Rechenzentren aufgezeigt. Kapitel 7 enthält einige Verbesserungsvorschläge zu den laufenden Massnahmen mit dem Ziel, die Energieeffizienz der Rechenzentren weiter zu verbessern. Kapitel 8 schliesslich präsentiert die Schlussfolgerungen des vorliegenden Berichts.

3. Stromverbrauch

3.1. Bruttofläche³

Rechenzentren unterscheiden sich in Bezug auf die Anzahl installierter Server, die beanspruchte Fläche sowie ihre Funktion. Die Rechenzentren-Landschaft Schweiz lässt sich grob in zwei Kategorien unterteilen, und zwar a) in interne Rechenzentren eines Unternehmens und seiner Filialen (auch In-house-Rechenzentren genannt) und b) in externe Rechenzentren, die Dienstleistungen für Dritte erbringen.

Auf der Grundlage von Angaben von 11 000 Schweizer KMU und Grossunternehmen wurden die internen Rechenzentren abhängig von der Anzahl der installierten Server in acht Gruppen eingeteilt (siehe Tab. 1).

Tabelle 1. Verteilung der internen Server (in-house) in der Schweiz, 2013

Gruppe Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
Rechenzentrumstyp	3–10 Server	11–50 Server	51–100 Server	101–200 Server	201–500 Server	501–2000 Server	2001–5000 Server	≥ 5001 Server	
Anz. installierte Server	18 271	22 400	10 887	11 402	10 730	14 865	4 662	10 002	103 219
Anz. RZ	3545	1015	144	78	36	16	2	1	4 837
Anteil an Gesamtzahl RZ	73,24 %	21 %	3 %	1,6 %	0,8 %	0,3 %	0,04 %	0,02 %	100 %

Entsprechend der obigen Definition eines Rechenzentrums (vgl. 2.3) wird die erste Gruppe ausgeklammert, denn entsprechend der Definition der Potenzialanalyse muss ein Rechenzentrum mindestens 11 Server umfassen, was zum einen spezifische Räumlichkeiten und zum anderen eine Kühlanlage erfordert. Somit werden lediglich die Server der Gruppen 2 bis 8 berücksichtigt, also insgesamt 84 948 Server.

Für die externen Rechenzentren hingegen konnten nicht dieselben Angaben herangezogen werden wie für die internen, denn sie lassen sich weniger leicht typisieren. Die von Drittanbietern betriebenen Rechenzentren unterscheiden sich eher durch die erbrachten Dienstleistungen. Diese lassen sich in vier Kategorien einteilen: carrier-neutral (betreiberunabhängig), carrier-owned (Betrieb von eigener Informatikinfrastruktur), wholesale (Grossanbieter) und managed services (gemanagte Dienstleistungen). Diese Rechenzentren beanspruchen zusammen eine Bruttofläche von 149 574 m².

³ **Rechenzentren in der Schweiz – Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial**, Dominik Hauri et al., IWSB (im Auftrag des BFE), August 2014, S. 9–15.



Ausgehend von den obigen Ausführungen (vgl. Tab. 1) und der Tatsache, dass der Platzbedarf eines Servers ungefähr 1 m² beträgt, lassen sich für das Jahr 2013 folgende Kennzahlen für die Rechenzentren in der Schweiz ermitteln (gerundete Werte): 85 000 m² für interne und 150 000 m² für externe Rechenzentren (Drittanbieter), was einer Gesamtfläche von 235 000 m² entspricht.

3.2. Ermittlung des Stromverbrauchs⁴

Ausgehend von der Gesamtfläche der Rechenzentren lässt sich der Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz auf der Grundlage der spezifischen Leistung der Server in W/m² und des adimensionalen PUE-Werts (Power Usage Effectiveness) extrapolieren.

Die spezifische Leistung der Server hängt in erster Linie von der Grösse und der Art der Rechenzentren ab (vgl. Tab. 2). Die durchschnittliche spezifische Leistung liegt zwischen 275 W/m² (11–50 Server) und 650 W/m² (mehr als 5000 Server).

Tabelle 2. Durchschnittliche spezifische Leistung der Rechenzentren in der Schweiz abhängig von der Anzahl Server und der Art der Rechenzentren: a) interne RZ und b) externe RZ

a)

Interne Rechenzentren (in-house)							
Rechenzentrumstyp	11–50 Server	51–100 Server	101–200 Server	201–500 Server	501–2000 Server	2001–5000 Server	≥ 5001 Server
Spezifische Leistung (W/m ²)	275	337	400	462	525	587	650

b)

Externe Rechenzentren (Drittanbieter)				
Rechenzentrumstyp	< 1500 Server	1501–2000 Server	2001–5000 Server	≥ 5001 Server
Spezifische Leistung (W/m ²)	425	533	587	650

Die Effizienz eines Rechenzentrums wird häufig durch die sogenannte Power Usage Effectiveness (PUE) ausgedrückt. Die PUE ist definiert als das Verhältnis des gesamten Stromverbrauchs des Rechenzentrums (Server plus Infrastrukturkomponenten, die für die Funktionsfähigkeit des Rechenzentrums unverzichtbar sind) zum Stromverbrauch der IT-Geräte (Server, Cluster, Storage, Kommunikationskomponenten). Der PUE-Wert kann somit zwischen 1,0 und 2,5 liegen (oder noch höher für äußerst ineffiziente Zentren). Ein PUE-Wert von 1,0 impliziert somit 100 Prozent Effizienz auf der Ebene Infrastruktur, das heisst, die Infrastrukturkomponenten (Kühlsystem, Beleuchtung, Verkabelung, Entfeuchtung usw.) verbrauchen keine zusätzliche Energie. Ein Wert von 2,0 dagegen bedeutet, dass nur die Hälfte des Stromverbrauchs in den Betrieb der Server und der dazugehörigen Peripheriegeräte fliest und die andere Hälfte von der Infrastruktur absorbiert wird. Ein solches Zentrum wäre als ineffizient zu bezeichnen. Die PUE-Werte für die Rechenzentren in der Schweiz reichen von 1,4⁵ für die effizientesten bis zu 2,1 für die am wenigsten effizienten Zentren. Wie die spezifische Leistung ist auch der PUE-Wert von der Grösse des Rechenzentrums (Anzahl Server) und der Art des Zentrums (intern oder extern) abhängig (vgl. Tab. 3).

⁴ Rechenzentren in der Schweiz – Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (im Auftrag des BFE), August 2014, S. 15–21.

⁵ Das Swisscom-Rechenzentrum in Bern-Wankdorf erreicht sogar einen PUE-Wert von 1,2; siehe http://www.swisscom.com/its/dam/documents/themen/Folder_RechenZentrum.pdf



Tabelle 3. PUE-Werte (Power Usage Effectiveness) der Rechenzentren in der Schweiz abhängig von der Anzahl Server und der Art der Rechenzentren: a) interne RZ und b) externe RZ

a)

Interne Rechenzentren (in-house)							
Rechen-zentrums-typ	11–50 Server	51–100 Server	101–200 Server	201–500 Server	501–2000 Server	2001–5000 Server	≥ 5001 Server
PUE (-)	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4

b)

Externe Rechenzentren (Drittanbieter)				
Rechen-zentrums-typ	≤ 1500 Server	1501–2000 Server	2001–5000 Server	≥ 5001 Server
PUE (-)	1,8	1,75	1,55	1,4

Auf der Grundlage der Typologie der Rechenzentren und ihrer Verteilung in der Schweiz sowie anhand ihrer spezifischen Leistung und ihres PUE-Wertes lässt sich der Stromverbrauch der Rechenzentren ermitteln. Dieser beträgt im Durchschnitt 1661 GWh/Jahr und verteilt sich wie folgt:

- 557 GWh/Jahr für die internen Rechenzentren,
- 1104 GWh/Jahr für die externen Rechenzentren.

Demzufolge belief sich der Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz im Jahr 2013 auf durchschnittlich 2,8 Prozent des landesweiten Elektrizitätsverbrauchs.

4. Energieeffizienz

Diese Studie zeigt auf, dass die Energieeffizienz der Rechenzentren in erster Linie durch den Stromverbrauch der wichtigsten Komponenten bestimmt wird, nämlich^{6,7}:

- Server, Cluster und Speicher (inklusive Backup-Systemen),
- Kühl- und Lüftungssysteme,
- Beleuchtung,
- unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV),
- Stromverluste.

Bei Rechenzentren mit einem PUE-Wert in der Größenordnung von 2,0 entfallen 50 Prozent des Stromverbrauchs auf die IT-Ausstattung, 37 Prozent auf Infrastruktur und Kühlung und 13 Prozent auf die übrigen Komponenten (USV, Beleuchtung) (vgl. Abb. 1).

⁶ Rechenzentren in der Schweiz – Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (im Auftrag des BFE), August 2014, S. 21–23.

⁷ Studie zur Stromeffizienz bei Rechenzentren in der Schweiz: Potentialanalyse und Massnahmenkatalog für Effizienzsteigerung IT-Hardware und Infrastruktur, Ganbayar Puntsagdash et al., Amstein und Walther (im Auftrag des BFE), Februar 2015.

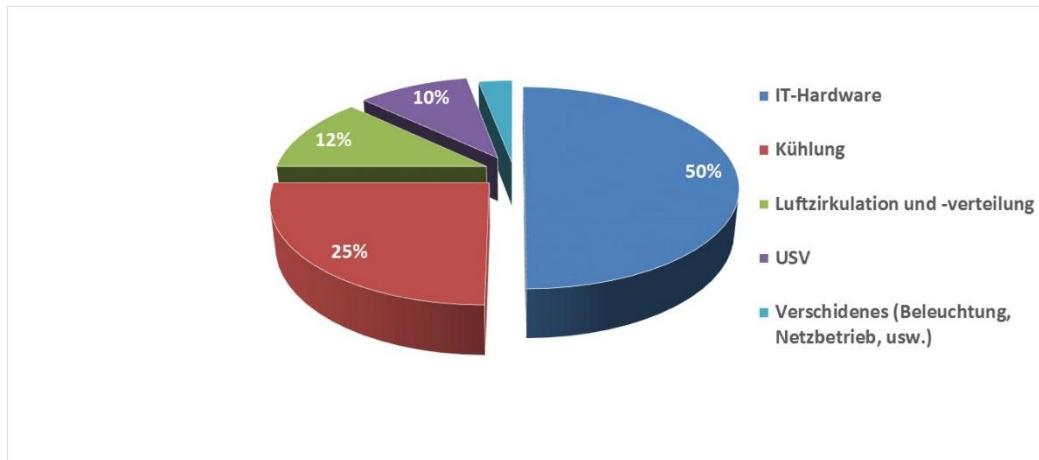


Abbildung 1. Typische Verteilung des Stromverbrauchs eines Rechenzentrums⁸

Die wichtigsten Faktoren für den Stromverbrauch der IT-Ausstattung (Hardware) sind die Energieverluste, die Mikroprozessoren und die Festplatten (inkl. Backup-Festplatten) (vgl. Abb. 2).

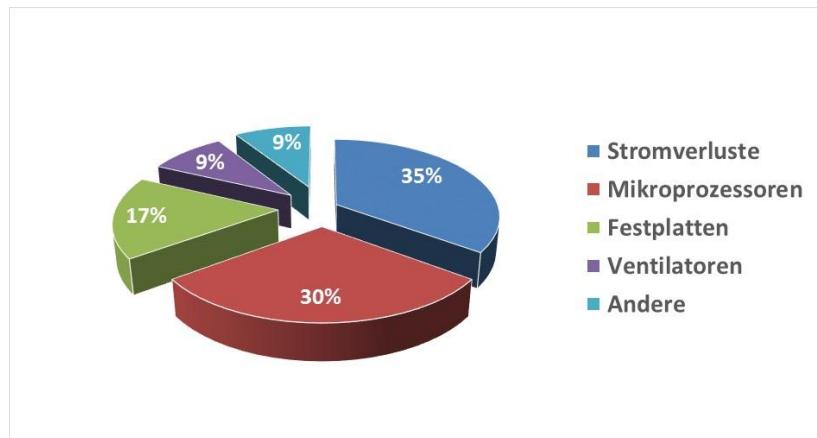


Abbildung 2. Typische Verteilung des Stromverbrauchs der IT-Ausstattung (Hardware)

4.1. Massnahmenkatalog

Durch verschiedene betriebliche, strukturelle und technische Massnahmen lässt sich die Energieeffizienz eines Rechenzentrums steigern, das heisst, seinen Stromverbrauch senken. Einige dieser Massnahmen werden im Folgenden vorgestellt.

4.1.1. Systemtemperatur

Heutige Mikroprozessortechnologien erlauben in den Serverräumen Temperaturen bis zu 28 °C. Die meisten Rechenzentren werden indessen auf 20 bis 22 °C gekühlt. Durch eine Anhebung der Temperatur um 5 °C liesse sich bereits der Stromverbrauch der Kühlung um 3 bis 5 Prozent verringern⁹.

⁸ Leistung steigern, Kosten senken: Energieeffizienz im Rechenzentrum, Deutsche Energie-Agentur, Februar 2012, S. 11, unter <http://www.dena.de/publikationen/stromnutzung/leitfaden-leistung-steigern-kosten-senken-energieeffizienz-im-rechenzentrum.html>

⁹ Merkblatt «Energieeffizientes Kühlen von IT-Räumen – auch ökonomisch interessant», unter http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/02207/index.html?lang=de&dossier_id=01927



4.1.2. Free Cooling

Beim Free Cooling (freie Kühlung) erfolgt die Temperaturabsenkung zum Teil mittels Umgebungsluft oder Umgebungswasser, was die Kälteerzeugung im Winter, im Frühjahr und im Herbst entlastet. Auf diese Weise kann der Stromverbrauch des Kühlsystems um bis zu 75 Prozent¹⁰ verringert werden.

4.1.3. Regelung des Luftvolumenstroms

Die Luftverteilung erfolgt in erster Linie mithilfe von Ventilatoren. Dabei handelt es sich letztlich um nichts anderes als um Antriebssysteme mit Elektromotoren. Lüftungssysteme arbeiten häufig nach dem Prinzip «alles oder nichts», das heisst, sie arbeiten entweder unter Vollast oder gar nicht. Sind sie nur einige Stunden pro Tag in Betrieb, kann dies sehr ineffizient sein. In solchen Fällen sind Anlagen mit einer Bedarfssteuerung (einem Frequenzumrichter zur Drehzahlregulierung) zu empfehlen. Auf diese Weise lässt sich der Stromverbrauch um mindestens 50 Prozent verringern¹¹.

4.1.4. Trennung von Warm- und Kaltgängen

Bei der Trennung von Warm- und Kaltgängen (cold aisle and hot aisle containment) sind Kühlluftzufuhr und Warmluftabfuhr voneinander getrennt. Auf diese Weise können Kurzschlüsse beziehungsweise die Vermischung von bereits erwärmer Luft mit frisch zugeführter Kühlluft vermieden werden. Dank dieser Massnahme kann für jede vermiedene Kühlleistung um 1 °C eine Stromersparnis von 3 Prozent realisiert werden¹².

4.1.5. Optimierung der Teillast der USV-Anlage

Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) gewährleistet eine stabile alternative Stromversorgung ohne Unterbrechungen bei Störungen im Stromnetz. Aus diesem Grund muss gewährleistet sein, dass die USV-Anlage dem besten verfügbaren Technologiestandard entspricht und den höchstmöglichen Wirkungsgrad erreicht. Der Wirkungsgrad ist unter anderem von der Last abhängig. Eine USV-Anlage erreicht ihren höchsten Wirkungsgrad bei einer Last von mindestens 75 Prozent. Bei der Konfiguration von USV-Anlagen muss darauf geachtet werden, dass diese nicht überdimensioniert sind und mit mindestens 75 Prozent der maximalen Last betrieben werden¹³.

4.1.6. Optimierung der Serverauslastung

Um die durchschnittliche und momentane Serverauslastung bestimmen und optimieren zu können, muss bekannt sein, wie die Server genutzt werden. Ein Server beispielsweise, auf dem nur eine einzige Anwendung betrieben wird, ist zu maximal 5 bis 15 Prozent ausgelastet. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die Auslastung von Servern in Rechenzentren im Durchschnitt 14 Prozent nicht übersteigt. Durch Konsolidierung und Virtualisierung – also durch Harmonisierung und Zusammenfügung von Servern – lassen sich Ressourcen kollektiv nutzen. Auf diese Weise kann die Auslastung von 14 auf mindestens 50 Prozent gesteigert werden (vgl. Abb. 3). In einigen Fällen konnten dank Konsolidierung und Virtualisierung die jährlichen Kosten des Serverbetriebs (einschliesslich Stromkosten) um 40 bis 80 Prozent reduziert werden.

¹⁰ http://en.wikipedia.org/wiki/Free_cooling

¹¹ Merkblatt 24 Luftförderung, unter http://www.topmotors.ch/_data/24_merkblatt_luftfoerderung_web.pdf

¹² Energieeffizienz im Rechenzentrum, Band 2, BITKOM, Deutschland, S. 16, unter https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Publikation_4431.html

¹³ Energieeffizienz im Rechenzentrum, Band 2, BITKOM, Deutschland, S. 28–38, unter https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Publikation_4431.html

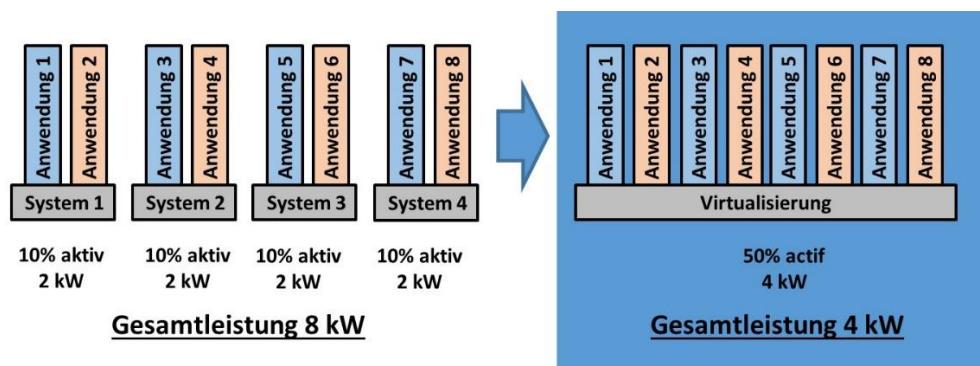


Abbildung 3.

Schematische Darstellung der Serverkonsolidierung und -virtualisierung¹⁴

4.1.7. Speicherung

Neben Festplatten (Hard Disk Drives, HDDs) gibt es noch weitere Speichertechnologien wie Solid-State-Disks (SSDs) und Flash-Speicher.

HDDs sind mit einem Motor ausgerüstet, der für die Rotation des Speichermediums (optische Speicherplatte) beim Schreiben, Löschen und Lesen von Daten sorgt. 11 Prozent des gesamten Stromverbrauchs der IT-Ausstattung (Hardware) entfällt auf den Festplattenantrieb. SSDs und Flash-Speicher beruhen auf der Technologie der wiederbeschreibbaren Halbleiter-Massenspeicher. Sie benötigen keinen Antrieb, um auf Daten zuzugreifen. Dadurch verringert sich der Stromverbrauch der Speichereinheiten abhängig von ihrer Konfiguration um 50 bis 70 Prozent. Die Unterschiede zwischen SSDs und Flash-Speichern sind einerseits ökonomischer Natur (SSDs sind teurer als Flash-Speicher), aber auch dimensionsbedingt (SSDs haben dieselben Abmessungen wie HDDs, was den Austausch erleichtert).

4.1.8. Backup-Systeme

Heute kommen in den meisten Backup-Systemen Festplatten (HDDs) zur Anwendung, die sich häufig im Dauerbetrieb befinden. 6 Prozent des gesamten Stromverbrauchs der IT-Ausstattung entfällt auf diese Festplatten. Eine Alternative zu Festplatten sind Magnetbänder. Beide Technologien haben Vor- und Nachteile. Im Hinblick auf den Stromverbrauch sind bandbasierte Systeme hingegen weitaus interessanter. Ein bandbasiertes Backup-System verbraucht über 90 Prozent weniger Strom als ein disk-basiertes System (selbst wenn dieses optimiert ist, denn bei einem HDD-basierten System rotiert eine Festplatte permanent).

4.1.9. Gleichstromtechnik (Stromverluste)

Server werden mit Gleichstrom betrieben. Dies bedeutet, dass der Strom mehrfach umgewandelt werden muss (von Mittelspannungs-Wechselstrom zu Kleinspannungs-Gleichstrom). Die Stromverluste können bis zu 35 Prozent des gesamten Stromverbrauchs der IT-Ausstattung (Hardware) ausmachen. Bei einer herkömmlichen, auf Wechselstrom ausgerichteten Architektur sind fünf Umwandlungsschritte erforderlich, bei einer Gleichstrom-Architektur hingegen nur deren drei. Dank Gleichstromtechnik können die Stromverluste um 7 bis 13 Prozent verminder werden, in gewissen Fällen gar um rund 20 Prozent¹⁵.

¹⁴ Energieeffizienz im Rechenzentrum, Band 2, BITKOM, 2008, S. 14

¹⁵ Watt d'Or 2013: Gebäude und Raum – Neue Spannung in der Cloud, Energia Watt d'Or 2013, S. 14–15.



4.1.10. Weitere Massnahmen

Daneben existieren weitere Massnahmen zur Verringerung des Stromverbrauchs in Rechenzentren, beispielsweise:

- automatische Beleuchtungssteuerung,
- modulare, anpassungsfähige und bedarfsgerechte Serverkonfiguration
- Erhöhung des Wirkungsgrads der Kälteerzeugung (effiziente Kühlung),
- Auslagerung kleiner Rechenzentren an Drittanbieter mit effizienten Zentren,
- Netzwerkoptimierung (Verringerung der Anzahl Geräte, bessere Auslastung der Netzwerkkomponenten),
- Abwärmenutzung (vgl. Kap. 5).

4.2. Einsparungspotenzial

Die Bestimmung des Einsparungspotenzials in den Rechenzentren der Schweiz erfolgte auf der Grundlage praktischer Erfahrungen, die insbesondere bei der Umsetzung von Effizienzsteigerungsmaßnahmen im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen erworben wurden (vgl. Kap. 6).

Tabelle 4. Einsparungspotenzial bei der IT-Ausstattung (Hardware)

Gesamter Stromverbrauch der Rechenzentren (GWh/Jahr)	1359				
PUE	1,35				
Gesamter Stromverbrauch der IT-Ausstattung (GWh/Jahr)	1007				
Komponenten der IT-Ausstattung	Verbrauch (GWh/Jahr)	Einsparungspotenzial (GWh/Jahr)		Massnahmen zur Effizienzsteigerung	
Stromverluste	35 %	352	10 %	35	Gleichstromtechnik
Mikroprozessoren	30 %	302	50 %	151	Konsolidierung und Virtualisierung
Speicher	11 %	111	60 %	66	SSD oder Flash-Speicher
Ventilatoren	9 %	91	-	0	
Backup-Systeme	6 %	60	90 %	54	Bandbasierte Systeme
Andere	9 %	91	-	0	
TOTAL	100 %	1007	-	307	

Ausgehend von den im vorherigen Abschnitt genannten Massnahmen in Bezug auf Kühlung und Lüftung sowie in gewissem Masse von den Massnahmen im IT-Bereich kann angenommen werden, dass jedes Rechenzentrum ungeachtet seiner Grösse und seiner Art einen PUE-Wert von 1,35 erzielen kann. Hinzu kommen die möglichen Einsparungen im Bereich der IT-Ausstattung (Hardware) und der



Stromverluste im Umfang von 312 GWh/Jahr (vgl. Tab. 4). Würden die Massnahmen in beiden Bereichen (Kühlung und IT-Ausstattung) kombiniert, ergäbe dies einen Jahresverbrauch von 945 GWh¹⁶.

Das gesamte Einsparungspotenzial beträgt demnach insgesamt 716 GWh/Jahr, dies entspricht 43 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs der Rechenzentren und einer Senkung der jährlichen Stromkosten um 107,4 Millionen Franken¹⁷.

5. Senkung der CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen entstehen bei der Verwendung von Brenn- (Heizung, Stromproduktion) oder Treibstoffen (Mobilität). Im Falle der Rechenzentren kann eine Verminderung des CO₂-Ausstosses in erster Linie durch die Verringerung des Verbrauchs von Brennstoffen zu Heizzwecken und durch die Reduktion des Einsatzes von Strom aus fossilen Quellen wie Erdgas oder Kohle (bzw. den vollständigen Verzicht darauf) erreicht werden. Im vorliegenden Bericht werden hauptsächlich die beiden folgenden Aspekte erörtert: Abwärmenutzung und Verwendung von Strom aus erneuerbaren Quellen (Fotovoltaik, Wind- oder Wasserkraft, Biomasse).

5.1. Abwärme

Die Nutzung von Abwärme zu Heizzwecken und zur Warmwasseraufbereitung ist eine bekannte und im Gebäudebereich verbreitet eingesetzte Technik. Abwärme kann aus unterschiedlichen Quellen stammen, beispielsweise von Verbrennungsmotoren (Wärme-Kraft-Kopplung usw.), von Kompressoren für die Kälte- oder Drucklufterzeugung oder aus anderen Verbrennungsprozessen (z.B. Kernkraftwerken, Zementwerken usw.).

Die Wärme, die von Servern in Rechenzentren abgegeben wird, stammt von sich erhitzenden Komponenten, die lokal Temperaturen bis 60 °C und mehr erreichen können. Da jedoch die Betriebstemperatur einen gewissen Wert nicht überschreiten darf, müssen Rechenzentren gekühlt werden. Gewisse Unternehmen wie die Swisscom nutzen die Abwärme bereits, indem sie sie in ein Fernwärmennetz einspeisen. Im Rahmen des Projekts Aquasar¹⁸ und SuperMUC¹⁹ hat IBM eine Lösung zur Wärmerückgewinnung entwickelt, die sich gegenwärtig noch in der Pilotphase befindet. Dabei werden IT-Komponenten mittels Flüssigkeit gekühlt, und die Abwärme wird über einen Wärmetauscher in die Gebäudeheizung eingespeist. Auf diese Weise können 40 Prozent Energie eingespart und die CO₂-Emissionen um 85 Prozent gesenkt werden. Pro kWh IT-Leistung stehen 0,85 kWh thermische Energie für Heizung oder Warmwasseraufbereitung zur Verfügung. In anderen Worten: Würden 100 Prozent der Abwärme von Rechenzentren effektiv genutzt, könnten 0,226 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden (theoretisches Potenzial, vgl. Anhang). Dies entspricht 5 Prozent der CO₂-Emissionen des Dienstleistungssektors. Aus Gründen der Infrastruktur (Kosten) und der Wärmeübertragung (Standort des Rechenzentrums und Wärmeverluste) ist jedoch realistischerweise anzunehmen, dass nur die Hälfte dieser Abwärme effektiv genutzt werden könnte.

Die Abwärmenutzung in Rechenzentren könnte noch weiterentwickelt werden. Dies gilt insbesondere für neue Zentren, in denen die Rückgewinnung der Abwärme sowohl technisch als auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten machbar ist.

¹⁶ ((1661/1,65)-307)x1,35 = 944,5

¹⁷ Bei einem Strompreis von 15 Rp./kWh.

¹⁸ Made in IBM Labs: IBM Hot Water-Cooled Supercomputer Goes Live at ETH Zurich, unter <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32049.wss>

¹⁹ <http://www.research.ibm.com/articles/superMUC.shtml>



5.2. Grüner Strom

Die Schweizer Stromproduktion ist zu über 94 Prozent CO₂-frei (Kern- und Wasserkraft). Hingegen verursacht jede in der Schweiz verbrauchte kWh Strom 101 Gramm CO₂²⁰. Dies entspricht 6,4 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr (vgl. Anhang) beziehungsweise rund 13 Prozent des gesamtschweizerischen CO₂-Ausstosses.

Die Schweiz kann mit ihrer einheimischen Produktion von grünem Strom den Elektrizitätsbedarf der Rechenzentren bei Weitem decken. Die Swisscom versorgt ihre Rechenzentren bereits mit grünem Strom und kompensiert den Anteil des Stroms aus nicht erneuerbaren Quellen mit Herkunfts nachweisen für einheimischen Strom aus Wasserkraft, die vom WWF zertifiziert werden.

Würden alle Rechenzentren in der Schweiz mit Strom aus erneuerbaren Quellen versorgt, könnten 0,168 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden (vgl. Anhang); dies entspricht einem bis vier Prozent der Emissionen des Dienstleistungssektors²¹ je nach Strommix (Siehe Anhang).

6. Fördermassnahmen

Die laufenden Fördermassnahmen im Sinne von Artikel 7a, 9 bis 13, 15b, 16 und 17 EnG sowie von Artikel 4, 5 und 12 bis 15 Energieverordnung (EnV; SR 730.01) umfassen:

- Information und Beratung der Öffentlichkeit und der Behörden,
- Aus- und Weiterbildung von Energiefachleuten,
- Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte in den Bereichen der sparsamen und rationellen Energienutzung sowie der Nutzung erneuerbarer Energien,
- Nutzung von Energie und von Abwärme,
- wettbewerbliche Ausschreibungen für Effizienzmassnahmen,
- Zielvereinbarungen mit dem Bund,
- kantonale Bestimmungen über Grossverbraucher.

Entsprechend den Forderungen des Postulats im Zusammenhang mit Rechenzentren wird im vorliegenden Bericht in erster Linie auf die finanziellen Unterstützungsmassnahmen im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen der drei folgenden Programme eingegangen:

- Energieeffizienz für bestehende Rechenzentren (PUEDA 1),
- Energieeffizienz für neue Rechenzentren (PUEDA 2),
- Datacenters Save Energy (DCSE).

6.1. Wettbewerbliche Ausschreibungen

Wettbewerbliche Ausschreibungen sind eines der Instrumente, mit denen der Bund die Umsetzung freiwilliger Effizienzmassnahmen finanziell unterstützen und eine Senkung des Stromverbrauchs in Haushalten und Unternehmen (Industrie, Gewerbe und Dienstleistungen) herbeiführen kann. Den gesetzlichen Rahmen für die wettbewerblichen Ausschreibungen bilden Artikel 7a Absatz 3 EnG sowie

²⁰ <http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=de>

²¹ Kenngrössen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990-2012, BAFU, Juni 2014, S. 6, unter <http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/index.html?lang=de>



Artikel 4 bis 5 EnV. Mit wettbewerblichen Ausschreibungen werden sowohl Projekte²² als auch Programme²³ gefördert. Nur additionale und nicht rentable Massnahmen können unterstützt werden. Die Höhe des finanziellen Beitrags hängt von der Paybackzeit ab und beträgt maximal 40 Prozent der anrechenbaren Kosten. Die nötigen Rahmenbedingungen für die Teilnahme an wettbewerblichen Ausschreibungen, insbesondere um den Mitnahmeeffekt zu vermeiden und um die Stichhaltigkeit der Additionalität zu gewährleisten, werden in einem separaten Dokument erläutert²⁴.

6.2. Beurteilung der Programme

6.2.1. Energieeffizienz für bestehende Rechenzentren (PUEDA 1)

Das Programm PUEDA 1 startete im Oktober 2010 und endet im zweiten Quartal 2015. Da es bei der Umsetzung der Massnahmen zu Verzögerungen kam, musste die Programmlaufzeit um ein Jahr verlängert werden. Es handelt sich um das erste Programm dieser Art für Rechenzentren. Hauptziel des Programms ist die Beseitigung von Hindernissen bei der Ausschöpfung des Energieeffizienzpotenzials in bestehenden Rechenzentren. Dabei kommen insbesondere die folgenden Massnahmen zum Tragen: Entwicklung und Festlegung von Normen und Werkzeugen, konsequente Durchführung von Energiebilanzen (d. h. Analyse der Nutzenergie) der Rechenzentren sowie die finanzielle Unterstützung von Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz abhängig von der installierten IT-Leistung. Als Bemessungsgrundlage für die Beitragszahlung dient der gemessene PUE-Wert des Rechenzentrums nach der Umsetzung der Massnahmen.

Im Zeitraum von 15 Jahren will das Programm mit 1 000 000 Franken eine kumulierte Einsparung von 80 GWh erzielen. Dies entspricht einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1,25 Rappen pro eingesparte kWh. Bis März 2015 haben 17 Unternehmen am Programm teilgenommen. Allerdings sind die teilnehmenden Unternehmen bei der Umsetzung der Massnahmen nicht alle gleich gut vorangekommen. Erst neun Unternehmen haben sämtliche Einsparungsmassnahmen umgesetzt und finanzielle Unterstützung erhalten. Von den sechs Unternehmen, die die Umsetzung noch nicht abgeschlossen haben, dürfte mehr als die Hälfte mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Fortsetzung des Programms verzichten. Aus diesem Grund musste das zu Programmbeginn angekündigte Einsparungsziel nach unten korrigiert werden, und zwar auf 59,5 GWh. Damit beträgt das Kosten-Nutzen-Verhältnis neu 1,68 Rappen pro eingesparte kWh.

Kurz vor dem Abschluss des Programms können bereits einige Erfolge verbucht werden, darunter:

- Durchführung von Investitionen mit einer Payback-Zeit von mehr als fünf Jahren,
- Nachweis der Zweckmässigkeit des PUE-Werts,
- erleichterter Zugang zu finanzieller Unterstützung,
- Sensibilisierung für die Energieeffizienz in Rechenzentren,
- Schaffung eines zusätzlichen Anreizes für die Unternehmen, Stromsparmassnahmen durchzuführen.

²² Projekte beinhalten Massnahmen zur Elektrizitätseinsparung bei Geräten, Anlagen, Fahrzeugen und Gebäuden, die im Eigentum der/des Projektinhaber/s sind.

²³ Programme beinhalten Massnahmen zur Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs von Geräten, Anlagen, Fahrzeugen und Gebäuden, die Programmträger bei einer grossen Anzahl Dritter umsetzen.

²⁴ **Wettbewerbliche Ausschreibungen für Effizienzmassnahmen im Elektrizitätsbereich. Bedingungen für die Einreichung von Projekten und Programmen 2015**, BFE, Dezember 2014, unter https://prokw.ch/de/web/cportal/portal_dashboard#/



Die grösste Herausforderung bei der Durchführung des Programms war die Akquirierung von Teilnehmenden. Diese Problematik wurde leider unterschätzt. Hinzu kommt, dass sich zahlreiche Partner zurückzogen, dies namentlich aus Vertraulichkeitsgründen (Banken, Versicherungen). Weitere Probleme, mit denen sich die Programmleitung konfrontiert sah, waren:

- die Planungsmehrkosten für die Unternehmen,
- Aufwand und Kosten des Monitorings,
- der Mangel an Ansprechpartnern für Fragen rund um die Energieeffizienz,
- unternehmensinterne Interessenkonflikte,
- die «Sprachbarriere» zwischen Technikern und Topmanagement,
- die tiefen Stromkosten,
- Überschneidungen mit anderen gesetzlich verankerten Massnahmen (Zielvereinbarungen, Grossverbraucher).

6.2.2. Energieeffizienz für neue Rechenzentren (PUEDA 2)

Das Programm PUEDA 2 startete praktisch ein Jahr nach PUEDA 1, nämlich im September 2011, und endete planmäßig im dritten Quartal 2014. PUEDA 2 verfolgte im Wesentlichen das gleiche Ziel wie PUEDA 1, nämlich die Beseitigung von Hindernissen bei der Ausschöpfung des Energieeffizienzpotenzials. Das Programm ist indessen nicht auf bestehende Rechenzentren ausgerichtet, sondern auf die Steigerung der Energieeffizienz in neuen Rechenzentren (Neubauten oder bestehende totalsanierte Bauten). Im Vordergrund steht dabei der infrastrukturseitige Strombedarf (z. B. für Kühlung und Lüftung). Auch das Vorgehen zur Erreichung der Programmziele unterscheidet sich von demjenigen des Programms PUEDA 1, denn die teilnehmenden Rechenzentren bestehen noch nicht oder befinden sich noch im Bau. Im Rahmen des Programms PUEDA 2 wurden daher die vier folgenden Massnahmen definiert: Ausarbeitung von Grundlagendokumenten (einheitliches Format, gebrauchsfertig), Erarbeitung eines Planungskonzepts, Unterstützung des neuen Rechenzentrums abhängig von der installierten IT-Leistung (mind. 50 kW_{IT}) und die Kommunikation der erworbenen technischen Kenntnisse und der Realisierungen. Die Auszahlung des Förderbeitrags erfolgt auf einem berechneten, realistischen und fundierten PUE-Wert (und nicht auf einem Messwert wie bei PUEDA 1) sowie auf einer Vertragsvereinbarung zwischen dem künftigen Eigentümer und dem Projekträger über die Realisierung und Umsetzung der vereinbarten Effizienzmassnahmen.

Im Zeitraum von 15 Jahren will das Programm mit 1 000 000 Franken eine kumulierte Einsparung von 92 GWh erzielen. Dies entspricht einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1,09 Rappen pro eingesparte kWh. Insgesamt elf Unternehmen haben am Programm teilgenommen. Wie auch bei PUEDA 1 sind diese unterschiedlich weit fortgeschritten: Sechs Unternehmen wurde der Förderbeitrag ausbezahlt, zwei traten aus dem Programm aus und zwei weitere sind dabei, die Unterstützungsvereinbarung abzuschliessen. In Bezug auf die Stromeinsparungen hat PUEDA 2 die Ziele um mehr als 400 Prozent übertroffen: Die Einsparungen belaufen sich auf 413 GWh, was einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 0,25 Rappen pro eingesparte Kilowattstunde entspricht.

Die Erfolge des Programms lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- deutliche Senkung des Stromverbrauchs,
- Steigerung der Energieeffizienz in der Planung,
- Bereitstellung von Instrumenten für die frühzeitige Analyse,
- Integration eines Monitoringsystems für die Optimierung und Steuerung der Regelung,
- Durchführung von Investitionen mit langfristiger Wirkung.



Seitens der Unternehmen gilt PUEDA 2 zudem als (administrativ) unkompliziertes und effizientes Programm. Wie bei PUEDA 1 besteht das Hauptproblem indessen darin, genügend Teilnehmer zu rekrutieren, und dies trotz verschiedener Kontaktaufnahmen per Post und E-Mail: Von rund 2000 kontaktierten Unternehmen nahmen nur deren elf am Programm teil (Erfolgsquote 0,6 Prozent). Die Gründe dafür sind:

- für die Geschäftsleitungen zu abstraktes Thema,
- hohe externe Planungskosten,
- Arbeitsüberlastung der internen Mitarbeitenden,
- tiefe Stromkosten (zu lange Payback-Zeit),
- geringe Zahl an Neubauten und Totalsanierungen,
- fehlendes Bewusstsein.

Die Auszahlung des Beitrages im Rahmen von Neubauten wird derzeit als kritisch betrachtet, denn die Überwachung und Begleitung der Umsetzung der Stromsparmassnahmen sind möglicherweise bei Programmende noch längst nicht abgeschlossen. Zudem beruht die Quantifizierung der erzielten Einsparungen auf relativ ehrgeizigen theoretischen PUE-Werten (≤ 1.2). In anderen Worten: Die effektiv erzielten Einsparungen sind wahrscheinlich deutlich geringer als die ursprünglichen Annahmen. Ein weiterer Aspekt ist das Profil der teilnehmenden Unternehmen. Mindestens acht (von elf) betreiben Rechenzentren mit mehr als 500 Servern. Damit ist ein bedeutender Teil des in den Gruppen der grossen Rechenzentren vorhandenen Potenzials ausgeschöpft (vgl. Tab. 1). Hingegen sind die mittelgrossen Rechenzentren (zwischen 100 und 500 Servern) kaum im Programm vertreten, sei es mangels Information oder wegen ungenügender Sensibilisierung.

6.2.3. Datacenters Save Energy (DCSE)

DCSE ist das jüngste Programm auf dem Gebiet der Rechenzentren. Es wurde am 1. Januar 2013 lanciert und dauert drei Jahre, also bis zum 31. Dezember 2015. Es steht den Programmen PUEDA 1 und PUEDA 2 relativ nahe und wurde hauptsächlich deshalb befürwortet, damit auch (neue und bestehende) Rechenzentren in der Westschweiz abgedeckt werden können, denn die Aktivitäten von PUEDA 1 und PUEDA 2 konzentrierten sich vorrangig auf die Deutschschweiz. Zudem weist DCSE verschiedene innovative Aspekte auf, namentlich bei der Art und Weise der Vergütung der Stromeinsparungen, bei der Kontaktaufnahme und bei der Kommunikation mit den Teilnehmenden.

DCSE konzentriert sich ebenfalls auf die Senkung des Stromverbrauchs sowie auf den Abbau von Hindernissen wie zum Beispiel ausschliesslich auf kurze Payback-Zeiten ausgerichtete Investitionskriterien, Mangel an Zeit und Know-how der Nutzerinnen und Nutzer der Rechenzentren oder der fehlende Wille, den Energieverbrauch kontinuierlich zu überwachen und zu optimieren. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen des Programms DCSE drei Hauptziele definiert: Senkung des Stromverbrauchs um mindestens 10 Prozent über alle Programmteilnehmenden hinweg, die Ausarbeitung einer Liste von Massnahmen, die von allen teilnehmenden Rechenzentren umgesetzt werden können, und die Erstellung eines Referenzhandbuchs für die Unternehmen.

Im Rahmen des Programms sollen mit Fördergeldern von 1 000 000 Franken über 8,5 Jahre kumulierte Einsparungen von 59,5 GWh erzielt werden. Dies entspricht einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1,68 Rappen pro eingesparte kWh. Gegenwärtig nehmen zehn Unternehmen mit unterschiedlichem Realisierungsstand an dem Programm teil: fünf Unternehmen befinden sich in der Phase 3 (Umsetzung der Massnahmen), drei in der Phase 2 (Feinanalyse und Identifikation der Stromsparmassnahmen), und zwei Unternehmen haben ihre Teilnahme unterbrochen. Die bisherigen Einsparungen



belaufen sich auf 25,5 GWh, das sind weniger als 50 Prozent des Programmziels. Mit einer eventuellen Verlängerung der Programmlaufzeit um zwölf Monate (die den Unternehmen mehr Zeit für die Umsetzung der Massnahmen verschaffen soll) erscheint es dennoch realistisch, dass das Ziel erreicht wird.

Zwar wurde das Programm DCSE zuletzt lanciert, dennoch konnte es in kurzer Zeit eine Reihe von Erfolgen verbuchen, darunter:

- Aufzeigen des Einsparungspotenzials in den Unternehmen und Steigerung des Bewusstseins dafür,
- effiziente Programmleitung (von den Teilnehmenden anerkannt),
- Realisierung in der Westschweiz,
- effiziente Kampagne zur Akquirierung von Teilnehmenden (Erfolgsquote von 13 Prozent),
- Erfahrungsaustausch,
- grosse Bedeutung des Programms aus der Sicht der Unternehmen (dank finanzieller Unterstützung) und Unterstützung bei Investitionsentscheiden,
- erfolgreiches Marketinginstrument im Bereich «Green IT» für Grossunternehmen.

Wie die anderen Programme hatte auch DCSE mit Problemen zu kämpfen. Diese waren ähnlich wie bei den Programmen PUEDA 1 und 2: Mangel an Teilnehmern zu Programmbeginn, eingeschränktes Handlungsfeld (Rechenzentren, die eine Zielvereinbarung abgeschlossen haben, die unter den Grossverbraucherartikel fallen oder die bereits eine kantonale Unterstützung erhalten, sind von der Teilnahme ausgeschlossen), mangelndes Know-how in Sachen Energieeffizienz in kleinen Unternehmen, fehlendes Interesse oder mangelndes Umweltbewusstsein (das Interesse ist oft rein finanzieller Natur), Zeitdruck (eine Laufzeit von drei Jahren ist für ein solches Programm viel zu kurz, insbesondere wegen der hohen Budgets für die Umsetzung der Massnahmen) und die mangelnde Bekanntheit von ProKilowatt (bei der Erwähnung des BFE zeigen sich die Unternehmen zugänglicher). Hinzu kommen Schwierigkeiten in den Unternehmen selbst:

- Aufwand für die Durchführung der Verbrauchsmessungen (vor und nach Umsetzung der Massnahmen),
- Überzeugungsarbeit im Unternehmen selbst,
- Zeit- und Personalbedarf,
- Schwierigkeit, einen in Energieeffizienzfragen kompetenten Projektleiter zu finden,
- Sprachbarrieren (Französisch, Deutsch, Englisch),
- Schwierigkeiten, sich dem Programm zu widmen (Tagesgeschäft hat Vorrang).

6.3. Zusammenfassende Übersicht über die Programme

Abbildung 4 stellt die angekündigten und die effektiv realisierten jährlichen Einsparungen der drei Programme PUEDA 1, PUEDA 2 und DCSE einander gegenüber. PUEDA 2 hat als einziges Programm sein Einsparungsziel erreicht und sogar deutlich übertroffen. Im Rahmen von PUEDA 1 musste das Einsparungsziel um 25 Prozent nach unten korrigiert werden. Da das Programm DCSE das gesetzte Ziel zu weniger als 50 Prozent erreicht hat, kann davon ausgegangen werden, dass seine Laufzeit um ein Jahr verlängert wird. Die Frage nach dem Mitnahmeeffekt hat sich für diese drei Programme auf Grund der Teilnahmebedingungen nicht gestellt, da die Firmen entweder eine Anmeldungsgebühr bezahlen oder die Massnahmen vor der Auszahlung des Förderbeitrages zuerst umzusetzen müssen. Darüber hinaus werden durch das Förderprogramm hauptsächlich ehrgeizige Massnahmen, die über die Standards hinausgehen, unterstützt.

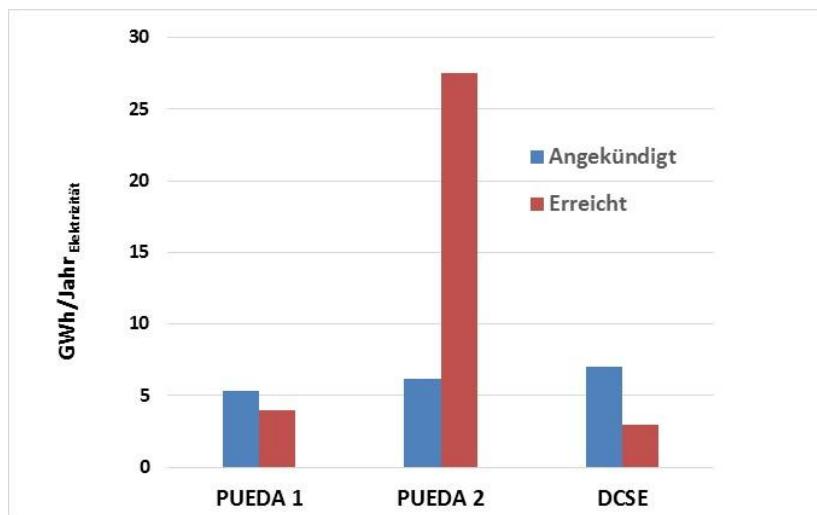


Abbildung 4. Angekündigte und erreichte jährliche Einsparungen der Programme PUEDA 1, PUEDA 2 und DCSE.

Die Evaluation der drei Programme, die im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen durchgeführt wurden, machte gewisse Punkte deutlich, die verbessert werden können. Bemerkenswert ist, dass alle drei Programme Schwierigkeiten hatten, Teilnehmende zu finden. Bemerkenswert ist auch, dass von den 38 Unternehmen, die sich zu einem der Programme angemeldet haben, nur deren 28 bis zum Abschluss (Umsetzung der Massnahmen) dabei blieben. Die wichtigsten Gründe dafür sind:

- Überschneidung mit Zielvereinbarungen und Grossverbraucherartikel,
- Mängeln an Know-how in Sachen Energieeffizienz und an Ansprechpartnern in kleinen Rechenzentren,
- begrenzte finanzielle Mittel der kleinen Rechenzentren,
- grosse zeitliche und finanzielle Herausforderungen, die mit Umstellungen in einem im Betrieb befindlichen Rechenzentrum verbunden sind,
- Zeitbedarf für die Entscheidungsfindung, insbesondere im Zusammenhang mit Investitionen,
- erste Kontaktaufnahme mit IT-Fachkräften und nicht mit der Unternehmensleitung.

Bevor neue wettbewerbliche Ausschreibungen im Bereich der Rechenzentren aufgegelistet werden, müssen diese Probleme gelöst werden. Allerdings haben Unternehmen jederzeit die Möglichkeit, im Rahmen von wettbewerblichen Ausschreibungen Projekte direkt einzureichen, deren Massnahmen gezielter und messbar sind.

7. Verbesserung der laufenden Massnahmen

7.1. Sensibilisierung

In Anbetracht der Erfolge und Schwierigkeiten, die im Rahmen der Programme PUEDA 1, PUEDA 2 und DCSE (vgl. 6.2) verzeichnet wurden, können verschiedene Verbesserungen definiert werden. Es gilt,

- den Schwerpunkt in erster Linie auf Unternehmen zu legen, die gegenwärtig eine Erneuerung ihrer Infrastruktur (etwa alle zehn Jahre) oder ihrer IT-Ausrüstung (alle drei bis fünf Jahre) planen,
- vermehrt die leitenden Mitarbeiter der Rechenzentren für die Belange der Energieeffizienz zu



- sensibilisieren, zu informieren oder gar zu schulen, damit sie Investitionsentscheide in Kenntnis der Tatsachen fällen können,
- die Akquirierung von Teilnehmenden für neue Programme auf das Management (d. h. die Entscheidungsträger) auszurichten und auf dieses Publikum zuzuschneiden,
- externe Ingenieurbüros, die für die Planung von Rechenzentren verantwortlich sind, zu sensibilisieren und sich mit ihnen zusammenzuschliessen,
- die Programmlaufzeit von drei auf vier Jahre zu verlängern, damit entscheidungsbedingte Verzögerungen abgedeckt werden können.

Dank der Förderprogramme konnte eine solide Grundlage geschaffen werden, um dem Thema der Energieeffizienz in Rechenzentren Geltung zu verschaffen. Allerdings müssen die Sensibilisierungsmassnahmen verstärkt werden, dies insbesondere im Hinblick auf die Nutzer von kleinen Rechenzentren (11 bis 100 Server), von denen praktisch kein einziges an den bisherigen drei Programmen teilgenommen hat (über 1000 Rechenzentren, vgl. Tab. 1). Wie bereits erwähnt stellt sich bei den kleinen Rechenzentren das Problem, dass diese über keine internen Fachkräfte für Energieeffizienz verfügen. Sie müssen daher über externe Kanäle informiert werden, beispielsweise über

- Informationskampagnen,
- Artikel in Fachzeitschriften,
- Weiterbildungsangebote,
- Normen und Richtlinien.

Alle diese Punkte könnten beispielsweise in einer Kampagne von EnergieSchweiz²⁵ aufgegriffen werden, die folgende Ziele verfolgt: a) Sensibilisierung und Anreize für mittelgrosse Rechenzentren (zwischen 50 und 200 Servern) zur Durchführung eigener, einfacher und wirtschaftlicher Effizienzsteigerungsmassnahmen, b) Anreize für kleine Rechenzentren (weniger als 50 Server), zu einem Drittanbieter (mit einem energieeffizienteren Rechenzentrum) zu migrieren, und c) Unterstützung der kleinen und mittelgrossen Unternehmen bei der Energieberatung und -analyse. Eine solche Kampagne könnte sich auch die Erfahrungen zunutze machen, die im Rahmen der Projekte von Energie-Vorbild Bund bei den Rechenzentren der Bundesverwaltung und der bundesnahen Betriebe durchgeführt und für die elf Massnahmen definiert wurden, die im Zeitraum zwischen 2015 (für die einfachsten) und 2030 (für die komplexesten) umgesetzt werden²⁶. Es ist wichtig, dass die Bundesverwaltung ihre Ziele im Rahmen ihrer Vorbildfunktion erreicht, dies auch Falle der Konsolidierung der Rechenzentren, die vom Bundesrat im Juli 2014 genehmigt wurde²⁷.

In anderen Worten: Es wäre verfrüht, im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen weitere Programme auf dem Gebiet der Rechenzentren zu lancieren, bevor eine tiefgreifende Sensibilisierung stattgefunden hat. Allerdings haben Unternehmen jederzeit die Möglichkeit, im Rahmen von wettbewerblichen Ausschreibungen Projekte direkt einzureichen, deren Massnahmen gezielter und besser messbar sind.

7.2. Senkung der CO₂-Emissionen

Zwei Massnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen, nämlich die Abwärmenutzung und der Einsatz von grünem Strom, wurden in Kapitel 5 vorgestellt. Allein mit diesen beiden Massnahmen liesse sich der CO₂-Ausstoss im Dienstleistungssektor theoretisch um bis zu neun Prozent reduzieren. Auch in diesem Bereich fehlt es in den kleinen und mittelgrossen Rechenzentren an Informationen und Know-

²⁵ <http://www.energieschweiz.ch/de-ch/home.aspx>

²⁶ Rechenzentren und Green IT, unter https://www.energie-vorbild.admin.ch/vbe/de/home/organisation0/aktionsbereiche/rechenzentren_green_it.html

²⁷ Medienmitteilung vom 2. Juli 2014, unter <https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=53634>



how über die vorhandenen Möglichkeiten. Das entsprechende Wissen müsste ebenfalls über die oben genannten Kanäle (vgl. 7.1) verbreitet werden, nämlich via Informationskampagnen, Artikel in Fachzeitschriften und Weiterbildungsangebote. Zudem liesse sich im Rahmen von Förderprogrammen zur Senkung des Stromverbrauchs – wie zum Beispiel wettbewerbliche Ausschreibungen – die Abwärmenutzung in institutionalisierter Form gutschreiben und valorisieren, so wie es in den PUEDA-Programmen²⁸ geschieht:

$$\text{PUE}^{\text{DA}} = \text{PUE} - \text{Gutschrift für Abwärmenutzung}$$

Auf diese Weise sinkt der PUE-Wert, was mit höheren Förderbeiträgen abgegolten werden kann. Diese wiederum decken einen Teil der Mehrkosten für die Investitionen in die Abwärmenutzung.

Im Hinblick auf den Einsatz von grünem Strom sind abgesehen von einigen Sensibilisierungs- und Informationstätigkeiten keine weiteren Massnahmen erforderlich. Der Markt für zertifizierten Strom aus erneuerbaren Energien (z. B. für Naturemade-Strom) ist etabliert und für die Stromproduzenten und Stromverteiler zugänglich²⁹.

7.3. Effizienzvorschriften und Normen

Die vom Bundesrat festgelegten Effizienzvorschriften sind in den Anhängen zur Energieverordnung (EnV; 730.01) aufgeführt. Im Zuge der Revisionen der EnV wurden verschiedene neue Effizienzvorschriften eingeführt, die direkt oder indirekt auch die Rechenzentren betreffen.

Im Hinblick auf IT-Komponenten wurde eine neue Vorschrift für Computer und Server erlassen (Anh. 2.16), die die Bestimmungen der Verordnung (EU) Nr. 617/2013 übernimmt. Diese Vorschrift ist am 1. August 2014 in Kraft getreten.

In Bezug auf die Kühlinfrastruktur (und in gewissem Masse in Bezug auf Anlagen zur Wärmerückgewinnung) sind neben den Bestimmungen für Umwälzpumpen zwei weitere Effizienzvorschriften am 1. August 2014 in Kraft getreten, nämlich je eine für Wasserpumpen (Anh. 2.17) und für Ventilatoren (Anh. 2.19). Die Europäische Gemeinschaft prüft derzeit die Möglichkeit, eine Verordnung über Kompressoren (z. B. für die Kälteerzeugung) zu erlassen. Diese könnte anschliessend von der Schweiz übernommen werden.

Überdies ist im Rahmen der Programme PUEDA 1 und PUEDA 2 die Entwicklung einer oder mehrerer SIA-Normen geplant. Dies mit dem Ziel, gute Praktiken umzusetzen und auf diese Weise die Effizienz der Infrastruktur für den Betrieb von Rechenzentren zu verbessern. Ein erster Entwurf dürfte frühestens im Laufe des Jahres 2016 vorliegen.

Gegenwärtig gibt es in der Schweiz abgesehen vom Code of Conduct des Schweizerischen Verbands der Telekommunikation (ASUT)³⁰ keinerlei Normen oder Standards, die sich spezifisch auf die Energieeffizienz von Rechenzentren beziehen.

Dass diese Vorschriften und Normen einen Beitrag zur Senkung des Stromverbrauchs in Rechenzentren leisten können, steht ausser Frage. Allerdings lässt sich dieser Beitrag bislang nur schwer beifern.

²⁸ <http://www.pueda.ch>

²⁹ <http://www.naturemade.ch>

³⁰ <http://www.asut.ch/de/publikationen/swiss-coc-fuer-data-center>



8. Schlussfolgerungen

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden die Rechenzentren in der Schweiz abhängig von der Anzahl Server und ihrer Art in Gruppen eingeteilt. Berücksichtigt wurden nur Rechenzentren mit elf oder mehr Servern, da diese auf jeden Fall eine Klimatisierung (Kälteerzeugung, Luftzirkulation und -verteilung) benötigen. Rechenzentren werden entweder unternehmensintern genutzt (interne Rechenzentren) oder bieten Dienste für Dritte an (externe Rechenzentren).

Die Rechenzentren in der Schweiz beanspruchen eine Fläche von 235 000 m², wovon zwei Drittel (d. h. 150 000 m²) auf externe Rechenzentren (Drittanbieter) entfallen, und verbrauchen pro Jahr 1661 GWh Strom (dies entspricht rund 2,8 Prozent des landesweiten Elektrizitätsverbrauchs).

Das Energieeffizienzpotenzial der Rechenzentren von schätzungsweise 716 GWh pro Jahr (43 Prozent des jährlichen Stromverbrauchs der Rechenzentren) wurde in folgenden Bereichen verortet: a) bei der Kühlung (Erhöhung der Betriebstemperatur der IT-Komponenten, freie Kühlung, Trennung von Warm- und Kaltgängen, Wirkungsgrad der Kälteerzeugungsanlagen) und b) bei der IT-Ausstattung (Serverkonsolidierung und -virtualisierung, Datenspeicherung auf SSDs und Flash-Speichern, bandbasierte Backup-Systeme, Gleichstromtechnik).

Werden Massnahmen zur Senkung des Stromverbrauchs mit einer Nutzung der Abwärme und mit dem Einsatz von grünem Strom kombiniert, lassen sich gleichzeitig die CO₂-Emissionen des Dienstleistungssektors verringern. Allerdings scheint es, dass die beiden letztgenannten Massnahmen nur von einigen wenigen Grossunternehmen umgesetzt werden. Zusätzlich hat die Nutzung von grünem Strom keinen grossen Einfluss auf die CO₂ Bilanz der Schweiz, weil die Strommix-Produktion fast emissionsfrei ist.

Die Energieeffizienz von Rechenzentren wird in erster Linie im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen mit drei Programmen gefördert: PUEDA 1, PUEDA 2 und DCSE. Dank diesen drei Programmen konnten kumulierte Einsparungen von 34,5 GWh pro Jahr erzielt werden.

Ein Mangel an Teilnehmenden machte bei PUEDA 1 zum einen eine Verlängerung der Programmlaufzeit um ein Jahr und zum andern eine Korrektur des Einsparungsziels um 25 Prozent nach unten erforderlich. PUEDA 2 dagegen hat das Programmziel um mehr als 400 Prozent überschritten. Im Rahmen von DCSE wurde das Ziel bis heute zu weniger als 50 Prozent erreicht. Insgesamt haben nur 38 Unternehmen – in erster Linie solche mit 100 Servern oder mehr – an diesen drei Programmen teilgenommen, nur 28 von ihnen haben Effizienzsteigerungsmassnahmen umgesetzt. Die übrigen haben – stellvertretend für die grosse Mehrheit – kaum teilgenommen. Der Sensibilisierungsbedarf ist offensichtlich gross. Ohne diese Sensibilisierung wäre es unter Umständen verfrüht, im Rahmen der wettbewerblichen Ausschreibungen neue Förderprogramme für Rechenzentren zu lancieren.

Die laufenden Massnahmen lassen sich in erster Linie durch die Sensibilisierung von Unternehmen und Ingenieurbüros für das Thema der Energieeffizienz und der Verminderung des CO₂-Ausstosses von Rechenzentren verbessern, und zwar durch Informationskampagnen, Beiträge in Fachzeitschriften, Weiterbildungsangebote und Workshops. Diese Sensibilisierung kann zudem durch die Inkraftsetzung neuer Vorschriften, Normen und Resultate im Rahmen des Programms Vorbildfunktion Bund im Energiebereich unterstützt werden.



Anhang – Berechnung der CO₂-Emissionen

Vermiedene CO₂-Emissionen dank Abwärmenutzung (theoretisches Potenzial)

Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz	1'661.00	GWh \square
PUE - Wert	1.65	-
Stromverbrauch der IT-Ausstattung	1'006.67	GWh \square
Verlustfaktor für Abwärmenutzung	15	%
Thermische Energie der Abwärme	855.67	GWh th
Spezifische CO ₂ - Emissionen von Heizöl	0.264	kg CO ₂ /kWh th
Wirkungsgrad Ölheizung	100	%
Vermiedene CO ₂ - Emissionen dank Abwärmenutzung	0.226	Mio. t CO ₂
CO ₂ - Emissionen des Dienstleistungssektors 2012	4.54	Mio. t CO ₂
Anteil der CO ₂ - Emissionen im Dienstleistungssektor	5.0	%

Durch den Stromverbrauch verursachte CO₂-Emissionen (Gesamtverbrauch, Verbrauch der Rechenzentren)³¹

a) Lieferanten-Strommix

Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz	1.661	TWh
Spezifische CO ₂ - Emissionen Lieferanten-Strommix	0.101	kg CO ₂ /kWh
CO ₂ - Emissionen des Stromverbrauchs der Rechenzentren	0.168	Mio. t CO ₂
CO ₂ - Emissionen des Dienstleistungssektors 2012	4.54	Mio. t CO ₂
Anteil der CO ₂ - Emissionen des Stromverbrauchs der Rechenzentren am CO ₂ - Ausstoss des Dienstleistungssektors	3.7	%

b) Produktions-Strommix

Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz	1.661	TWh
Spezifische CO ₂ - Emissionen Produktions-Strommix	0.028	kg CO ₂ /kWh
CO ₂ - Emissionen des Stromverbrauchs der Rechenzentren	0.047	millions to. CO ₂
CO ₂ - Emissionen des Dienstleistungssektors 2012	4.54	millions to. CO ₂
Anteil der CO ₂ - Emissionen des Stromverbrauchs der Rechenzentren am CO ₂ - Ausstoss des Dienstleistungssektors	1.0	%

³¹ CO₂ – Emissionen für die verschiedenen Schweizer Strommixe, unter http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=de#sprungmarke0_20