

Technologien und Massnahmen zur Reduktion des Stromverbrauchs von Rechenzentren GreenIT

Rino Decurtins, HTW Chur, rino.decurtins@tet.htwchur.ch

Haris Kadic, HTW Chur, haris.kadic@tet.htwchur.ch

Zusammenfassung

Moderne Rechenzentren verbrauchen viel Strom, verpuffen ungenutzte Warmluft und nutzen nur einen kleinen Bruchteil der gesamten, zur Verfügung stehenden Leistung aus.

Die Automobilindustrie versucht durch alternative Treibstoffe oder innovative Motorentechnologien die Autos umweltfreundlicher zu bauen. So stellt das Wort „GreenIT“ das Pendant in der Informatikwelt dar.

Mit GreenIT will man erreichen, dass die Informatikinfrastruktur, vor allem aber die Rechenzentren umweltfreundlicher werden. Auch hier sollen kluge Massnahmen und innovative Entwicklungen den Wunsch von umweltfreundlicheren Rechenzentren erfüllen. Zu diesen Massnahmen zählen: Wahl eines passenden Betriebssystems, Virtualisierung, Storage und Netze und die Klimatisierung.

Diese Massnahmen werden im Detail als auch in einer Fallstudie vorgestellt.

1. Was ist GreenIT?

Diese Frage ist zurzeit brandaktuell und wird von vielen gestellt. Um sie jedoch beantworten zu können, ist es nötig, den heutigen Standpunkt der Rechenzentren zu kennen.

Gründe für GreenIT gibt es mittlerweile genug. Die globale Erwärmung ist sicherlich ein Grund und somit zusammenhängend die Pol- und Gletscherschmelze. Ein weiteres Argument, die IT grün zu machen ist beispielsweise, dass die ICT 2% des gesamten weltweiten CO₂-Ausstosses ausmacht – Tendenz steigend. In Deutschland verbrauchen jährlich die rund 50000 Rechenzentren 8.67 Tera-Wattstunden Strom, stossen 5.6 Millionen Tonnen CO₂ aus und kosten 610 Millionen Euro. Der Gesamtstromverbrauch im Jahr 2006 lag bei 540 Tera-Wattstunden Strom. Somit machten Rechenzentren 1.6% des gesamten Stromverbrauchs aus. [5]

Das Problem der heutigen Rechenzentren ist, dass diese mit den Ressourcen sehr verschwenderisch umgehen bzw. gar nicht damit umgehen können.

Stromverbrauch im RZ

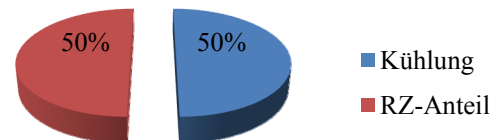


Abbildung 1: Stromverbrauch in Rechenzentren

RZ-Anteil

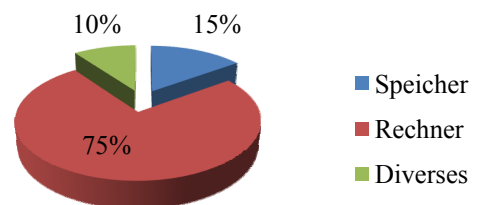


Abbildung 2: Stromverbrauch RZ-Anteil

Rechner-Anteil

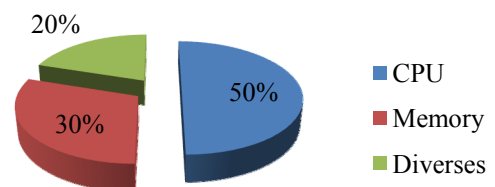


Abbildung 3: Stromverbrauch Rechner-Anteil

So frisst ein heutiges Rechenzentrum so viel Strom, um eine Kleinstadt damit versorgen zu können. Für die Abkühlung der ganzen Anlagen werden wiederum Klimaanlage benutzt, welche krampfhaft versuchen, die sehr warmen Server herunter zu kühlen. Die Abwärme wird ungenutzt verpufft. So prognostizieren Marktforscher, dass bis 2020 der CO₂-Ausstoss um 212% steigen wird (ausgehend vom Jahre 2000). [1]

Unter GreenIT versteht man, dass die obengenannten Nachteile vorteilhaft genutzt werden.

Der jetzige Standpunkt des Themas GreenIT ist aus der folgenden Gartner Hype-Kurve ersichtlich. GreenIT liegt momentan auf dem Level der überhöhten Aussichten. Da GreenIT sich zurzeit auf diesem Level positioniert hat, sollten Firmen jetzt handeln, da die Motivation gegenwärtig am höchsten ist. Je weiter sich die GreenIT Richtung „Ernüchterung“ bewegt, umso mehr nimmt der Drang und die Motivation für Umsetzungen ab. Es gibt zwar Firmen, welche sich schon intensiver mit der Thematik befasst haben und auch einige Ansätze umgesetzt haben, jedoch ist das Thema an sich brandaktuell und noch in der Anfangsphase. Der wichtigste Begriff heisst „Zero Emission Data Centers“. Unter Zero Emission Data Centers versteht man unter anderem Rechenzentren, welche die warme Luft nicht einfach in die Umwelt freigeben, sondern diese warme Luft für Gebäudeheizungen nutzen.

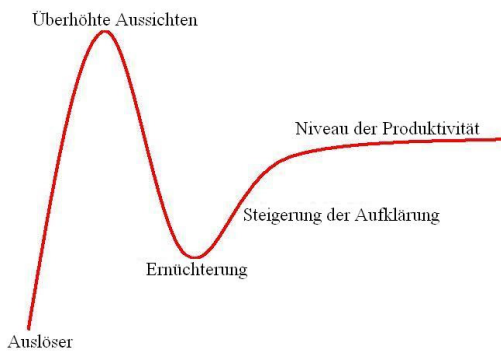


Abbildung 4: Gartner Hype-Kurve

2. Umsetzung der GreenIT in Rechenzentren

Die Umsetzung kann in zwei Szenarien unterteilt werden. Beim ersten Szenario wird das Rechenzentrum neu gebaut und beim zweiten Szenario wird ein bestehendes RZ umgebaut. Bei einem Neubau muss bereits in einer frühen Projektphase auf die Energieeffizienz geachtet werden. Hier kann sehr viel gewonnen aber auch verloren werden. Fehler während der Projektphase lassen sich nachher im Betrieb nur schwer umrüsten und kosten auch sehr viel Geld. Es ist also ratsam sich zuerst mit der Thematik rund um das Bauen eines energieeffizienten Rechenzentrums auseinanderzusetzen. Dieser Fachartikel beschreibt nicht im Detail, wie ein RZ gebaut wird. Vielmehr werden hier Massnahmen vorgestellt, welche auch beim zweiten Szenario eingesetzt werden können.

2.1. Energieeffizienz messen

Bei beiden Szenarien ist es wichtig die Energieeffizienz des Rechenzentrums zu kennen. In der Praxis hat sich die Methode des

Industriekonsortiums Green Grid durchgesetzt. Als Kennzahl wird PUE (Power Usage Effectiveness) eingesetzt.

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Power}}{\text{IT Equipment Power}}$$

Unter Total Facility Power versteht man den gesamten Energieverbrauch eines Rechenzentrums. Hier gehören auch die Kühlung, Beleuchtung und USV (unterbrechungsfreie Stromversorgung) dazu. Dieser Wert kann am Besten am Stromzähler abgelesen werden. Es ist aber darauf zu achten, dass nicht noch andere Stromverbraucher angeschlossen sind, welche nichts mit dem Rechenzentrum zu tun haben. Unter IT Equipment Power fallen alle IT-Geräte, wie: Server, Speichersysteme und Netzwerk, samt KVM Switches, Monitore und andere Geräte, welche für den Betrieb und Wartung des RZs gebraucht werden. Dieser Wert ist nicht so einfach zu bestimmen. Weil aber die RZs über eine USV verfügen, lässt sich dieser Wert am Ausgang der USV bestimmen, vorausgesetzt nur Geräte, welche unter die Kategorie „IT Equipment Power“ fallen, angeschlossen sind.

Sind die beiden Werte bestimmt, kann der PUE-Wert berechnet werden. Die heutigen 08:15-Rechenzentren haben einen PUE-Wert von ungefähr 3.0. Dieser Wert ist sehr schlecht, wenn man bedenkt, dass für Kühlung, Stromversorgung (USV), Beleuchtung und andere Umssysteme doppelt so viel Energie verbraucht wird, als für die eigentliche IT-Ausrüstung. Optimisten schätzen einen Wert von 2.2 als realistisch ein und das Lawrence Berkley National Laboratory sieht sogar einen Wert von unter 1.5 als möglich.

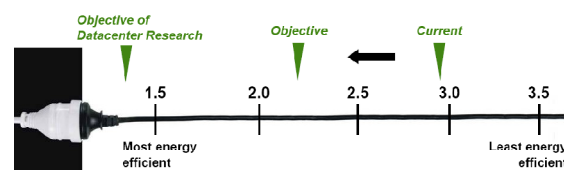


Abbildung 5: Energie Effizienz [2]

Fakt ist, dass dieser Wert nur mit vielen Investitionen und Forschung erreicht werden kann. Mit den heutigen Technologien ist dieser Wert nicht zu erreichen. Doch die Forschung ist bestrebt, alle Komponenten, vom Transistor bis hin zum Gebäude zu optimieren, damit dieser Wert in Reichweite gelangt. Die nächsten Abschnitte beschreiben Technologien und Massnahmen, welche schon heute möglich sind.

2.2. Serversysteme / Auswahl OS

Bei den heutigen Rechenzentren sind sehr viele Server in Betrieb und auf den meisten läuft nur eine Anwendung, was selten eine hohe Serverauslastung

(über 20%) nach sich zieht. Dieser Missstand wird dadurch verstärkt, dass auf einigen Server Applikationen laufen welche gar nicht mehr in Betrieb sind.

Aus diesem Grund ist eine Bestandsanalyse unumgänglich. Hier müssen alle Systeme analysiert und bewertet werden:

- Sind die Applikationen noch im Einsatz?
- Wie wichtig ist die Applikation (Erreichbarkeit, Redundanz)?
- Wie hoch ist die durchschnittliche Auslastung?

Mit wenigen Fragen lässt sich eine Bestandsanalyse durchführen. Die Applikationen, welche nicht mehr in Betrieb sind, können abgeschaltet werden. Bei den anderen Applikationen muss die Server-Hardware in Bezug auf die Energieeffizienz betrachtet werden. Alte Systeme verschwenden sehr viel Energie und der Einsatz von neuen Prozessoren, Festplatten, Mainboards usw. würde den Energieverbrauch senken. Hier muss auf alle Fälle überprüft werden, ob sich eine Neuanschaffung lohnen würde.

Bei allen Applikationen und Servern spielt die Auswahl des Betriebssystems eine wichtige Rolle. Auf dem Markt gibt es Betriebssysteme, die im Hintergrund entweder nur wenige oder viele Applikationen am Laufen haben. Hier sollte auch das Betriebssystem ausgewählt werden, welches am Besten für die Applikation geeignet ist. Auf der Betriebssystem-Ebene sollten alle im Hintergrund laufende Applikationen abgeschaltet werden, um die Auslastung noch weiter zu minimieren. Hier liegt bei einigen Betriebssystemen noch viel Potential.

Sind nun alle nichtgebrauchten Applikationen aus dem Verkehr gezogen und die Betriebssysteme optimiert worden, kann mit der Virtualisierung fortgefahren werden.

2.3. Virtualisierung

Im vorhergehenden Abschnitt sind die Server abgespeckt worden und unnötiger Ballast wurde entfernt. Diese Massnahmen haben die durchschnittliche Auslastung gesenkt.

Um noch mehr Energie einzusparen bedarf es der Virtualisierungstechnologie. Bei der Virtualisierung wird auf dem Server zuerst eine Virtualisierungssoftware installiert. Auf dieser Software werden nachher die einzelnen virtuellen Maschinen laufen gelassen. Dabei spielt es der virtuellen Maschine keine Rolle, welche Hardware der Server besitzt. Diese Übersetzung nimmt die Virtualisierungssoftware vor. Somit können auf einem Server mehrere virtuelle Maschinen parallel ausgeführt werden.

Mit der Parallelisierung wird der Server bis zu 80% ausgelastet ohne merkbare Performanceeinbußen. Mit einer Vervierfachung der Auslastung steigt der Energieverbrauch aber nur um 50% und spart somit sehr viel Energie.

Die Virtualisierung geht aber noch einen Schritt weiter. An einer zentralen Stelle werden alle virtuellen Maschinen auf allen Servern überwacht. Hier ist die Auslastung von zentraler Bedeutung. Ist zum Beispiel ein Server sehr stark ausgelastet werden eine oder mehrere virtuellen Maschinen auf einem anderen Server transferiert, um die Performance zu steigern und die Auslastung zu verkleinern.

Umgekehrt ist es beispielsweise in der Nacht. Die virtuellen Maschinen sind nur schwach ausgelastet. Hier werden die virtuellen Maschinen auf einem oder mehreren Server verteilt und die restlichen Server werden ausgeschaltet.

Somit sind die Server immer optimal ausgelastet und der Betreiber verschwendet keine Energie.

2.3. Storage und Netze

Auch im Bereich Storage und Netze liegt noch viel Potenzial. Die Datenmenge nimmt von Tag zu Tag zu und die IT-Verantwortlichen stellen einfach mehr Speichersysteme auf ohne sich darüber Gedanken zu machen, ob dies überhaupt sinnvoll ist. Sinnvoll ist das ganze sicherlich nicht. Die bestehenden Storage-Lösungen müssen in einem ersten Schritt analysiert werden. Hierbei spielt es eine grosse Rolle auf welches Medium welche Daten gespeichert werden. Hier unterscheiden wir drei unterschiedliche Medien, nämlich: SCSI, SATA und Magnetbänder.

Die SCSI-Festplatten drehen mit 15'000 Umdrehungen pro Minute, im Vergleich zu SATA mit 7200 Umdrehungen pro Minute. Eine SCSI-Festplatte verbraucht doppelt so viel Energie. Aus diesem Grund sollten auf den teuren SCSI-Festplatten nur sehr wichtige Geschäftsdokumente abgelegt werden. Weniger wichtige Dokumente können auf SATA-Festplatten gespeichert werden.

Die Magnetbänder dürfen hier nicht vergessen werden, obwohl sie schon sehr alt und nicht gern gesehen sind. Die Magnetbänder haben den Vorteil, dass sie nur dann Strom verbrauchen, wenn sie beschrieben oder gelesen werden. Als Vergleich: Die Festplatten drehen immer auch wenn keine Daten gelesen oder geschrieben werden. Die Magnetbänder sind für Daten bestimmt, welche aus rechtlichen oder anderen Gründen aufbewahrt werden müssen. Diese können nach dem Beschriften aus dem Gerät entfernt werden und verbrauchen auch keinen Strom mehr.

Bei den Netzen sieht das Potential nicht so hoch aus, wie bei den Server. Aber trotzdem steckt auch hier sehr viel Einsparungspotenzial. Beispielsweise

sind in der Nacht die meisten Computer ausgeschaltet. Der Netzwerk-Link zwischen Switch und PC ist aber immer noch in Betrieb. Hier könnte beispielsweise der Link ausgeschaltet werden, falls der PC ausgeschaltet ist. Ein weiterer Punkt ist die Leistung am Ausgang des Switches. Die Switches sind für Leitungen von 100 Metern ausgelegt. Es hat sich in der Praxis aber gezeigt, dass der Link in den seltensten Fällen 100 Meter erreicht. Durch einen ausgeklügelten Mechanismus kann der Switch in Zukunft die Leitung ausmessen und die Leistung nach unten anpassen.

2.4. Klimaanlage

Rund 50% der Energiekosten fallen für die Kühlung der Rechenzentren an. Die heutigen Rechenzentren haben meistens eine konventionelle Luftkühlung. Hierbei wird im Doppelboden die kalte Luft eingeblasen. Unter den Severracks befinden sich Lüftungsschlitze und die Luft steigt im Rack hoch und kommt oben warm heraus. Die warme Luft wird oben abgezogen und wieder abgekühlt. So funktioniert der konventionelle Kühlkreislauf. Die Temperatur der Klimaanlage ist abgestimmt mit dem wärmsten Punkt im RZ und beträgt rund 19 Grad Celsius.

Für eine moderne Kühlung gibt es viele verschiedene Ansätze. Schon mit der Virtualisierung und der Optimierung der Netze haben wir weniger Geräte im Einsatz und aus diesem Grund auch weniger Abwärme.

Doch auch bei den Klimaanlagen gibt es noch Potenzial. Ein RZ sollte auf eine Temperatur von 26°C herunter gekühlt werden. Diese Temperatur ist tief genug und beschädigt keine Elektronik. Eine tiefere Temperatur ist nicht sinnvoll und verschwendet zu viel Energie.

Beim Neubau eines RZs sollte die Wasserkühlung in Betracht gezogen werden. Die Wasserkühlung ist um den Faktor 4000 besser als Luftkühlung. Die Baugröße ist auch viel kleiner und sie ist viel leiser als eine konventionelle Klimaanlage. Doch auf die konventionelle Klimaanlage darf nicht verzichtet werden. Diese wird für die Raumtemperatur immer noch benötigt, denn es lassen sich nicht alle Geräte (Netzteile, Displays usw.) mit Wasser kühlen.

Eine weitere Verbesserung bringen sogenannte Kühltürme. Die Kühltürme (Abbildung 6) sind in Form eines Racks und dienen der punktuellen Kühlung von warmen Racks. Damit wird die herkömmliche Klimaanlage entlastet.

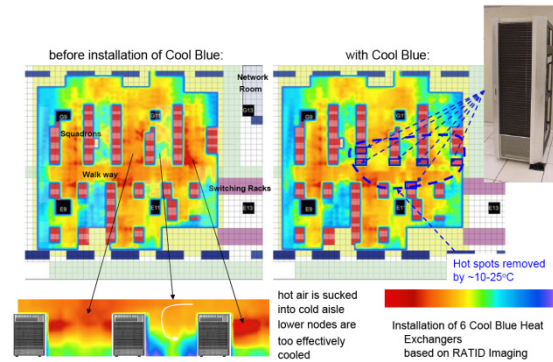


Abbildung 6: Kühlturm [2]

Eine bessere Energieeffizienz erreicht man auch, wenn die Aussentemperatur in die Kühlung miteinbezogen wird. Liegt die Temperatur im freien unter 15°C lohnt es sich bereits diese Luft für die Kühlung mit einzusetzen.

Mit diesen Massnahmen sind wir schon einen grossen Schritt in Richtung „Zero Emission Data Center“. Doch es sind noch nicht alle Massnahmen ausgeschöpft. Die Abwärme der Klimaanlagen wird meistens unverbraucht in die Luft ausgelassen. Diese Wärme kann als Fernwärme für die Heizung anderer Gebäude von Nutzen sein. Somit stimmt auch die Aussage „Zero Emission Data Center“.

2.7. Zeichen für den Umweltschutz

Verschiedene Kennzeichen sind auf dem Markt erhältlich und deuten auf energiesparende und umweltverträgliche Geräte.

Das Zeichen „80 Plus“ kennzeichnet Netzteile mit einem Wirkungsgrad von mindestens 80 Prozent. Dieser Wirkungsgrad muss bei 20, 50 und 80 Prozent Auslastung erreicht werden.



Für Monitore, Scanner und Drucker gibt es das „Energy Star“ und das „TCO-99/03/05 oder 06“-Label. Hier gibt es verschiedene Spezifikationen in Bezug auf Energieeffizienz, Standby-Strom und Umweltschutz.

Neben diesen wichtigen und bekannten Zeichen gibt es noch andere. Beim Kauf sollte auf energie- und umweltschonende Komponenten geachtet werden.

3. Fallbeispiel Swisscom Rechenzentrum [4]

Die Swisscom IT-Services hat in Zollikofen ein modernes und umweltfreundliches Rechenzentrum aufgestellt. Auf über 1800m² Fläche verteilt auf sechs Stockwerken, bietet dieses Rechenzentrum viel Platz für zahlreiche Server.

Die Swisscom beschäftigt sich mit dem Thema Energie und somit gehört dieses Thema zu den Schwerpunkten und Hauptzielen im Umweltmanagement dieses Unternehmens.

Bei der Umsetzung des Rechenzentrums wurden drei Energie-Hauptfaktoren optimiert. Die drei Faktoren sind Server, Kühlung und Stromversorgung.

3.1 Server

Die Swisscom setzt auf Server-Virtualisierung. So wurde sichergestellt, dass die vorhandenen Server bestmöglich ausgelastet werden.

Ausserdem spielte die Energieeffizienz eine grosse Rolle bei der Beschaffung von Servern und anderer Hardware.

3.2 Kühlung

Um den Stromanteil für die Kühlung zu minimieren, wurde bereits bei der Planung des Rechenzentrums ein Stromanteil von unter 20% für die Kühlung festgelegt. Turbo-Kühlmaschinen mit hohem Wirkungsgrad wurden eingebaut. Diese erlauben sogar dann einen hohen Wirkungsgrad, wenn die Kühlmaschinen nur im Teillastbetrieb arbeiten.

Die Umluftkühlgeräte in den Serverräumen werden mit variablem Luftvolumenstrom betrieben. Dieses Verfahren erlaubt, dass die Luftmenge jederzeit dem effektiven Kühlbedarf angepasst wird. Durch getrennte Kalt- und Warmgänge sowie reduzierte Verkabelung im Doppelboden werden unerwünschte Luftmischungen im Raum zur Luftzirkulation vermindert.

Detaillierte Messungen erlauben die kontinuierliche Kontrolle des Stromverbrauchs der Komponenten im Rechenzentrum. Dadurch werden Abweichungen von Energiezielwerten frühzeitig erkannt, und bei Bedarf können Korrekturmassnahmen getroffen werden.

3.3 Stromversorgung

Bei der Stromversorgung wurde darauf geachtet, dass der Wirkungsgrad sehr hoch gehalten werden kann. So wurden USV-Anlagen installiert, deren Wirkungsgrad über 90% beträgt.

3.4 Ziel

Das Ziel von Swisscom ist es, dass mehr Unternehmen ihre Rechenzentren outsourcen. Mit Outsourcing können drei wichtige Aspekte verfolgt werden:

1. Die Hardware-Kapazität ist skalierbar und entspricht jederzeit den Bedürfnissen des Kunden, was zudem im wirtschaftlichen Interesse des Kunden ist.
2. Server werden besser ausgelastet, dadurch steigt die Energieeffizienz und der Hardwarebedarf wird optimiert.
3. Die IT-Infrastruktur wird permanent optimiert, d.h. sie ist auch technologisch immer auf dem neuesten Stand.

4. Fazit

Das Schlagwort „GreenIT“ ist bei Leuten, die in der ICT tätig sind, sehr wohl bekannt. Es ist ein Wort, über welches heute sehr gerne und oft diskutiert wird. Die Betonung liegt auf dem Wort „diskutiert“, denn wenige Firmen wagten bisher wirklich viel Geld in ihre Rechenzentren zu investieren, um damit das Rechenzentrum grün zu machen.

In Zukunft werden aber sicherlich einige Firmen diesen Aspekt der umweltfreundlichen Rechenzentren verfolgen. Ob dadurch in fünf Jahren der Stromverbrauch merklich gesunken sein wird, oder der CO₂-Ausstoss der Informatikgeräte verringert werden kann, sei mal dahin gestellt.

Bei einer Sache sind wir uns jedoch einig, dass nicht nur der Hardwarehersteller an der Idee der „GreenIT“ arbeiten muss, sondern auch alle anderen, die in diesem Zyklus involviert sind. Schliesslich besteht ein Computerchip aus Silizium und dieses Silizium muss erstmal gewonnen werden. Ohne ein gutes Betriebssystem taugt der beste, schnellste und umweltfreundlichste Server nichts, wenn die Programmierer bei der Entwicklung der Betriebssystemsoftware wichtigen Aspekten von ressourcenschonenden Betriebssystemen keine Beachtung geschenkt haben. Am Schluss sei noch erwähnt, dass Ingenieure ganze Racks lange entwickeln, und diese gleichen Racks oft undurchdacht vom Servicepersonal aufgestellt werden.

Referenzen

- [1] Studie
GreenIT spart Geld und stärkt den Standort Deutschland
[<http://www.pwelt.de/start/computer/greenit/146831/>]
- [2] Dr. Bruno Michel. IBM Zurich Research Laboratory, Green IT and Zero Emission Datacenters
- [3] green IT-Guide, Das Magazin zur Cebit
[<http://www.cebit.de/bin/greenit/index.htm>]
- [4] Singy, Dominique. „Antworten zu Ihren Fragen zum GreenIT bei Swisscom“. E-Mail von Dominique Singy Dominique.Singy@swisscom.com (7. April 2008)
- [5] Topmedia – The Storage Experts, GreenIT Backgrounder
[<http://www.topmedia.de/content/view/178>]