Frischluftkühlung in Rechenzentren

Autor(en): **Singy, Dominique / Monney, Claude / Lehmann, Hugo**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **104 (2013)**

Heft 6

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856491

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Frischluftkühlung in Rechenzentren

Massive Reduktion des Stromverbrauchs und der Kosten

Heute werden Rechenzentren meist mit Kompressionskühlanlagen, kombiniert mit partiellem Freecooling, gekühlt. Dies ist energie- und kostenintensiv. Bei Swisscom wurde ein Konzept zur reinen Aussenluftkühlung von Rechenzentren während des ganzen Jahres erstellt und ein entsprechendes Pilotprojekt durchgeführt. Der Stromverbrauch für die Kühlung lässt sich mit dieser Methode um Faktoren reduzieren. Zudem sinken auch die Investitionskosten für die Kühlung massiv, umweltschädliche Kältemittel erübrigen sich und die Betriebssicherheit wird erhöht.

Dominique Singy, Claude Monney, Hugo Lehmann

Die Nachfrage nach Rechenleistung und Datenvolumen nimmt zu. Um dieser Nachfrage nachzukommen, steigt der Bedarf an IT-Infrastruktur und entsprechenden Rechenzentren (RZ), was zu einem steigenden Energiebedarf führt. Die Studie «Datentresor Schweiz» rechnet künftig mit einem Wachstum der RZ-Fläche in der Schweiz um jährlich 10 % [1]. Für nachhaltige und wettbewerbsfähige IT-Leistungen ist daher eine hohe Energieeffizienz zentral.

IT-Ausrüstungen erzeugen viel Abwärme. Um die Raumtemperatur im sicheren Betriebsbereich zu halten, müssen RZ gekühlt werden. Heute wird die Raumtemperatur in RZ noch oft (und unnötig) mit energie- und kostenintensiven Kühlanlagen auf 22 °C eingestellt – der für IT-Ausrüstungen zulässige Temperaturbereich wird nicht ausgenutzt.

IT-Bedürfnisse ändern sich schnell. Da neue RZ mit einem Horizont von über 15 Jahren geplant werden, sind hohe Skalierbarkeit und Modularität Schlüsselfaktoren zum Schutz der Investitionen bei der Planung neuer RZ. Die Förderung von energieeffizienten, kostengünstigen und modularen Lösungen bei Infrastrukturanlagen, insbesondere bei der Kühlung, ist daher entscheidend zur Erfüllung dieser Anforderungen.

Ausgehend vom erfolgreichen Einsatz des Pionierprojektes Mistral bei Telefonzentralen [2] wurde bei Swisscom ein Konzept zur Erweiterung der Aussenluftkühlung während des ganzen Jahres für RZ entwickelt. Aufgrund der höheren Energiedichten in RZ wurde bei diesem Konzept eine optimierte Führung der Luftströmungen miteinbezogen. Die Machbarkeit dieses Konzepts wurde 2011/2012 in einem Pilotversuch demonstriert.

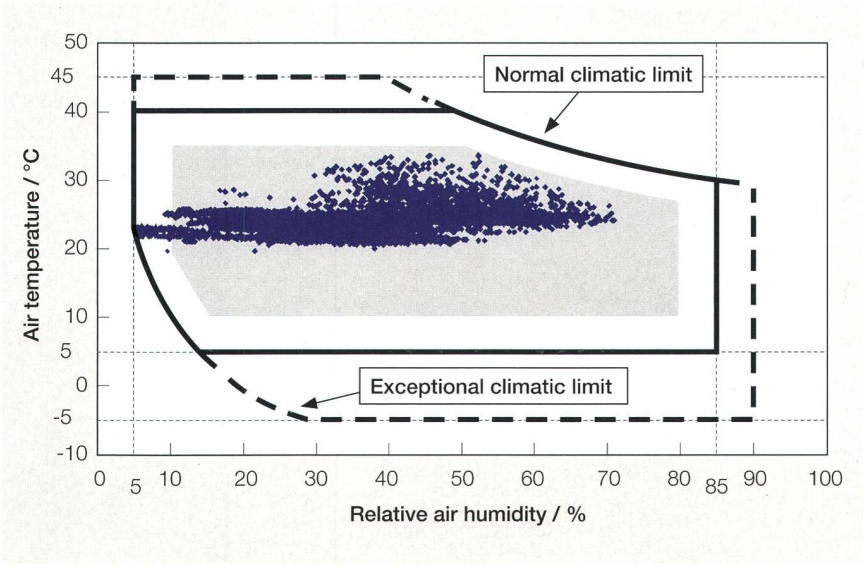

Bild 1 Im Hintergrund: Klimatogramm der Klasse 3.1 nach der ETSI-Norm 300 019-1-3 für die IKT-Ausrüstungen; im Vordergrund: erfasste stündliche Wertepaare Raumlufttemperatur/-Feuchtigkeit während des ganzen Pilotversuchs. Diese Wertepaare wurden bei einer Höhe von 1,5 m über dem Boden und einem Abstand von 1,0 m vor den Gestellen gemessen.

Umgebungsbedingungen für IKT-Ausrüstungen

Meist werden für die Spezifikationen der Umgebungsbedingungen im RZ-Bereich die ASHRAE-Empfehlungen [3] mit begrenztem Klimabereich betrachtet. Aber auch ETSI (European Telecommunications Standard Institute) erarbeitet europaweit geltende technische Standards für die IKT-Ausrüstungen. Im Jahre 2009 wurde die Klasse 3.1 gemäss der ETSI-Norm 300 019-1-3 [4] auf RZ erweitert. Diese Klasse ist mit der 2011 neu definierten Klasse A4 von ASHRAE vergleichbar.

Nach der ETSI-Klasse 3.1 (Bild 1) darf die Temperatur unter normalen Betriebsbedingungen zwischen 5 und 40 °C variieren. Diese Temperatur soll während 90 % der Zeit innerhalb des schraffierten Bereiches liegen. Unter ausserordentlichen Bedingungen darf die Temperatur sogar bis 45 °C steigen. Solche Bedingungen dürfen jedoch höchstens während 1 % der Zeit eintreten. Unter Einbezug des zulässigen Temperaturbereiches für die Ausrüstungen gemäss ETSI-Klasse 3.1 ist für die klimatischen Verhältnisse in der Schweiz eine Kühlung mit Aussenluft während des ganzen Jahres realisierbar. Temperaturtests von Servern im Prüflabor der Innovationseinheit von Swisscom zeigen, dass diese ETSI-Spezifikationen erfüllt werden.

Das Konzept im Detail

Bei der Erstellung des Konzepts zur Frischluftkühlung in RZ (Bild 2) wurde auf die Minimierung des Druckverlusts

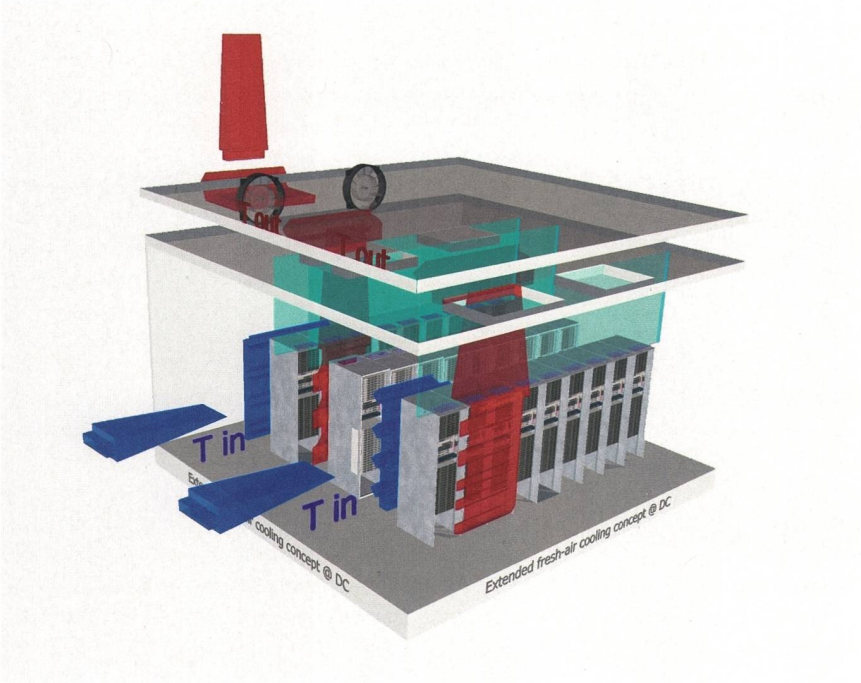

Bild 2 Konzept der Frischluftkühlung in RZ.

bei der Zuluft sowie die Verhinderung einer möglichen Mischung von Zu- und Warmluft geachtet. Dadurch kann mit höherer Temperaturdifferenz und entsprechend reduziertem Luftvolumenstrom gefahren werden.

Die Aussenluft wird dem Raum über Öffnungen in der Fassade und Luftfilter zugeführt. Die Warmluft wird an der Rückseite der Server in einer Einhausung gesammelt und über Abluftventilatoren mit regulierbarem Luftvolumenstrom ins Freie abgeführt. Durch diese Warmgangs-Einhausung wird eine unerwünschte Mischung von Warm- und Raumluft vermieden und eine hohe Kühleffizienz erreicht.

Diese Lösung funktioniert während des ganzen Jahres ausschliesslich mit Aussenluft. Ein Umluftbetrieb kann zur Einhaltung einer vordefinierten Raumtemperatur im Winter geplant werden. Um die durch die Server abgegebene Energie zu nutzen, kann die Abwärme abführungsseitig über einen Wärmetauscher zurückgewonnen werden.

Pilotaufbau

Zum Aufzeigen der Machbarkeit dieses Konzeptes wurde ein Pilotversuch durchgeführt. Das Ziel war, die Einhaltung der Umgebungsbedingungen nach ETSI-Klasse 3.1 und einen einwandfreien Serverbetrieb während des ganzen Jahres nachzuweisen. Eine produktionsnahe IT-Anordnung wurde in einem Swisscom-Betriebsgebäude extra aufgebaut (Bild 3). Diese IT-Plattform umfasste 6 HP-Blade-Systeme (BL 7000) à je 16 Server vom Typ BL460c, d.h. insgesamt 96 Server sowie ein SAN-Storage-Modul. Die Ausrüstungen wurden in einer Doppelgestellreihe à je 3 Gestelle eingebaut. Die gesamte IT-Last mit 100 % Auslastung lag bei rund 27 kW. Die Pilotraumabmessungen wurden so festgelegt, dass die Leistungsdichte knapp über 1 kW/m² Bodenfläche realitätsnah ist. Der Warmgang zwischen beiden Gestellreihen wurde völlig eingehaust. Die Lüftung wurde gemäss dem oben beschriebenen Konzept umgesetzt. Zwei Abluftventilatoren mit je 50 % der nominalen Kühlleistung wurden im redundanten Parallelbetrieb (50%-Redundanz) eingesetzt. Der Nominal-Luftvolumenstrom wurde pro Ventilator auf 4700 m³/h festgelegt. Die Zuluft wurde über Luftfilter der Klasse EU5 laufend filtriert. Die Regulierung des Luftvolumenstroms war über den Mittelwert aus zwei im Raum eingebauten Temperaturfühlern sichergestellt. Die Einstelltemperatur wurde je nach Jahreszeit zwischen 20 und 23 °C festgelegt. Die gesamte IT-Plattform sowie beide Abluftventilatoren waren über eine hocheffiziente USV-Anlage vom Typ SG 80 kVA Eboost von GE Digital Energy mit einem Wirkungsgrad von rund 97 % bei einer Last von 27 kW versorgt.

Der Pilotversuch wurde im November 2011 gestartet und bis Oktober 2012, während annähernd einem ganzen Jahr, durchgeführt. Die Server wurden wäh-

Bild 3 Anordnung des Pilot-RZ. Eine Trennwand wurde zur Abgrenzung des Pilotraumes später noch eingebaut.

rend der ganzen Dauer mit 100 % ausgelastet. Die ganze Rechenleistung wurde dem Stanford-Institut für Simulationsrechnungen [5] zur Verfügung gestellt.

Resultate

Die Raumlufttemperatur und -Feuchtigkeit sowie die Zulufttemperatur wurden während des ganzen Pilotversuchs gemessen. Parallel dazu wurde auch die Leistungsaufnahme der IT-Plattform und der Abluftventilatoren sowie als Kennzahl zur Bestimmung der Energieeffizienz der Infrastruktur der PUE (Power Usage Effectiveness) erfasst. PUE ist der Quotient aus bezogener Gesamtleistung vom RZ geteilt durch die für die IT benötigte Leistung. Je näher der PUE bei 1,0 liegt, desto energieeffizienter sind die Infrastrukturanlagen (Kühlung, USV). Bei einem idealen PUE von 1 würde die Infrastruktur keinen Strom verbrauchen. Eine Bewertung aus dem Jahr 2009 [6] weist einen mittleren PUE-Wert bestehender RZ im Bereich von 1,9 auf.

Ein repräsentatives Temperaturprofil während zweier heisser Sommertage ist im **Bild 4** ersichtlich. In diesem Bild ist die Raumtemperatur während des Tages mit der Aussenlufttemperatur vergleichbar. Sie variiert zwischen Tag und Nacht um 8 °C. Der Stromverbrauch der Server bleibt zeitlich ziemlich konstant. Da die Server stets mit 100 % Auslastung betrieben werden, ist die geringe Zunahme während des Tages um rund 2 % auf den zusätzlichen Stromverbrauch der Serverventilatoren zurückzuführen. Die Regulierung des Luftvolumenstroms und dementsprechend der Leistungsaufnahme beider Abluftventilatoren je nach Aussentemperatur führt zur Variation des PUE-Wertes zwischen 1,05 und 1,08.

Im **Bild 1** sind die während des ganzen Pilots erfassten Wertepaare Raumlufttemperatur und rel. Feuchtigkeit dargestellt. Aus diesem Bild ist ersichtlich, dass alle Wertepaare innerhalb des ETSI-zulässigen Klimatogramms der Klasse 3.1 liegen. Bis auf den oberen Grenzwert für ausserordentliche Bedingungen (z.B. Extremaussentemperaturen) besteht eine Marge von rund 10 °C. Im Tiefwinter kann die Luftfeuchtigkeit bis auf den unteren Grenzwert von 5 % sinken. Nur 3 % der Wertepaare liegen ausserhalb des schraffierten Bereichs. Die maximal gemessene Luftfeuchtigkeit liegt bei 72 %, was zeigt, dass mit reiner Aussenluftkühlung keine Kondensationsverhältnisse auftreten. Die Raumtemperatur liegt meistens unter 28 °C. Nur während 2 % im Jahr treten höhere Temperaturen auf. Die jährliche mittlere Raumtemperatur liegt bei 24 °C. Nach einem Jahresbetrieb waren die Original-Luftfilter immer noch einsatzfähig. Keine besondere Staubablagerung wurde festgestellt. Im Winter wurde der Luftvolumenstrom bei tiefen Aussenlufttemperaturen stark zurückgeregelt. Die servereigenen Ventilatoren erzeugten in der Einhausung einen Überdruck, wodurch durch Fugen warme Luft zurück in den Raum drang. Die Durchmischung mit der Zuluft war genügend hoch, um eine zulässige Ansauglufttemperatur in den Server zu gewährleisten. Kein Zusatzumluftbetrieb war damit erforderlich.

Bei vorliegendem Pilot wurde ein jahresdurchschnittlicher PUE-Wert von 1,06 gemessen. Dieser geringe Verlust von nur 6 % wird zu gleichen Teilen für die Kühlung und den USV-Betrieb benötigt. Sowohl während der grossen Kälteperiode im Februar (bis –19 °C) als auch an den heissen Sommertagen (über 30 °C) liefen die Server einwandfrei.

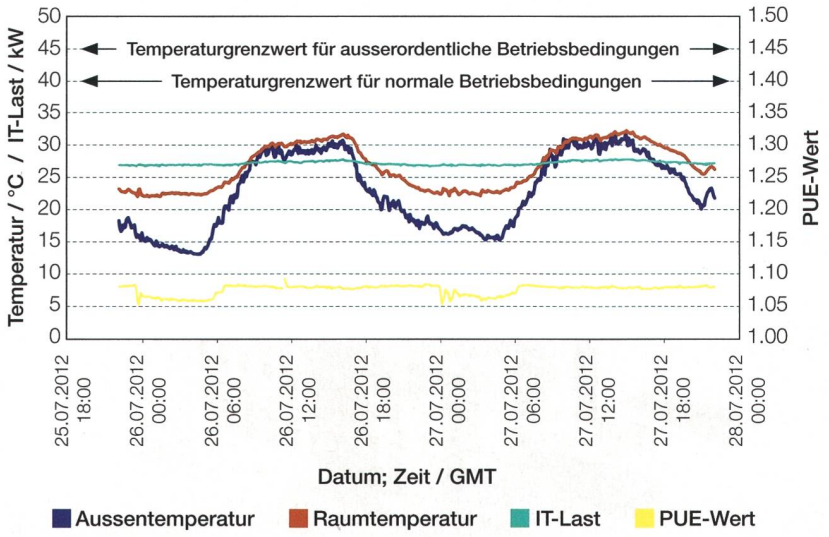

Bild 4 Temperatur-, IT-Last- und PUE-Profile während zweier heisser Sommertage (Messpunkt der Raumtemperatur bei einer Höhe von 1,5 m über Boden und einem Abstand von 1,0 m vor den Gestellen).

Vorteile

Im Vergleich zur herkömmlichen Kühlung bestehen neben der Energieeffizienz weitere Vorteile. Die Investitionskosten werden beim Neubau um einen Faktor 3 bis 4 reduziert. Auch die Wartungskosten werden wesentlich gesenkt. Es werden keine umweltschädlichen Kühlmittel mehr benötigt und im Gegensatz zur Verdunstungskühlung kein Wasser verbraucht. Ein modularer Aufbau wird durch diese Lösung gewährleistet und wegen stark reduzierter Komplexität des Systems, nämlich nur Ventilatoren und Luftkanäle, die Betriebssicherheit erhöht. Alle diese Elemente ermöglichen einen skalierbaren, kostengünstigen, betriebssicheren und umweltfreundlicheren Betrieb von RZ.

Bilder: Swisscom

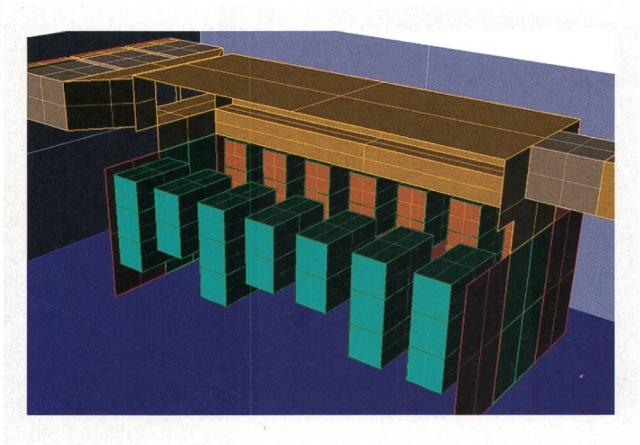

Bild 5 Skizze eines skalierbaren Modells für Frischluftkühlung. Vorne und hinten sieht man die Gestelle mit den Servern, links oben der Abführungskanal und rechts oben der Umluftbetriebskanal.

Ausblick

Ein skalierbares Modell für eine Erstimplementierung wurde erstellt (Bild 5) und mittels Simulationsrechnungen die Luftströmungen und Temperaturverteilungen ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass homogene Lufttemperaturen vor den Servern bei hohen Aussentemperaturen sichergestellt werden können (keine Hot Spots). Durch einen angepassten Umluftbetrieb kann der vertikale Temperaturgradient bei tiefen Aussenlufttemperaturen vermindert werden. Dieses Modell ermöglicht eine IT-Leistungsdichte von bis zu 2 kW/m² Bodenfläche. Auf der Abfuhrseite kann ein Wärmetauscher eingebaut und die Abwärme direkt genutzt oder in einen Wärmeverbund eingespiesen werden.

Durch systematischen Einsatz von Frischluftkühlung im IKT-Bereich könnte viel Energie eingespart werden. Im Vergleich zur herkömmlichen Kühlung kann der Stromanteil für die Kühlung bis um einen Faktor 10 vermindert werden. Dank hoher Effizienz und tieferer Kosten kann eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit sichergestellt werden.

Résumé **Refroidissement des centres de calcul assuré uniquement par un apport d'air frais**

Réduction massive de la consommation d'électricité et des coûts

Le refroidissement constitue une part significative de la consommation d'électricité et des coûts d'un centre de calcul. C'est la raison pour laquelle des solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique sont nécessaires. Un concept de refroidissement qui repose exclusivement sur l'apport d'air extérieur toute l'année a été développé au sein de Swisscom. La faisabilité de ce concept a été démontrée dans le cadre d'un projet pilote. Grâce à cette solution, la consommation d'électricité pour le refroidissement peut être réduite d'un facteur 10. Outre l'efficacité énergétique, cette solution offre d'autres avantages par rapport au refroidissement traditionnel, notamment des coûts d'investissement et d'exploitation moins élevés, l'absence de réfrigérants nocifs pour l'environnement, l'absence de consommation d'eau, ainsi qu'une modularité et une fiabilité plus élevées. Des investigations en vue d'une première mise en œuvre en 2013 sont actuellement en cours au sein de Swisscom. No

Referenzen

[1] IWSB Basel, Datentresor Schweiz, Oktober 2012.
[2] D. Singy und D. Többen, «Energy and Cost Savings with fresh Air Cooling Systems», Comtec 06/05, S. 25.
[3] ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), Thermal Guidelines for Data Processing Environments, 3rd Ed., 2011.
[4] ETSI, Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 1–3: Classification of environmental conditions; Stationary use at weather-protected locations; Class 3.1: Temperature-controlled locations; ETSI EN 300 019-1-3.
[5] Pande lab, Departments of Chemistry and of Structural Biology, Stanford University and Stanford University Medical Center.
[6] EPA's Energy Star program, Data Center Infrastructure Rating Development Update, Sept. 29, 2009.

Angaben zu den Autoren

Dr. **Dominique Singy** arbeitet als Senior Consultant im Bereich Energieeffizienz und Umweltmanagement bei Swisscom, Corporate Responsibility. Er studierte Physik an der ETH Zürich und promovierte dort im Bereich der Mittelenergiephysik. Er verfügt über Energieeffizienz-Know-how im Telekom- und RZ-Bereich und hat mehrere Projekte in diesem Bereich geleitet. Als Vertreter von Swisscom ist er in internationalen Gremien (ETSI, Cenelec, IEC, ETNO) involviert.

Swisscom AG, 3050 Bern, dominique.singy@swisscom.com

Claude Monney arbeitet bei Swisscom, Strategie & Innovation, als Senior Consultant in den Bereichen Energieeffizienz und Umwelt. Nach seinem Master im Fachbereich Elektrotechnik an der ETH Lausanne hat er einen MBA bei der Universität Freiburg (FR) absolviert. Als Swisscom-Vertreter arbeitet er im internationalen Konsortium GreenTouch und bei der ITU-T SG5.

claude.monney@swisscom.com

Dr. **Hugo Lehmann** studierte Experimentalphysik, mit Dissertation in Kernphysik, an der Universität Freiburg (FR) und arbeitete als Postdoc am Institut Langevin in Grenoble. Bei Swisscom spezialisierte er sich vorerst auf die Messung elektromagnetischer Felder und deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Später leitete er das Kompetenzteam Umwelt und das Testlab STS121 bei Swisscom Strategie & Innovation. Heute ist er zuständig für den Bereich Mobile Access.

hugo.lehmann@swisscom.com

Die Autoren danken HP für die Beteiligung am Aufbau der IT-Plattform und GE Digital Energy Ltd. für das zur Verfügung Stellen der USV-Anlage.

Anzeige

Ich
erzeuge
Energie.

Wo fliesst Ihre Energie? Finden Sie's raus – Infos zum Einstieg bei der BKW-Gruppe gibt es unter:
www.bkw-fmb.ch/karriere

BKW®