Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 89 (1998)

Heft: 10

Artikel: Planung, Aufstellung und Betrieb von Brennstoffzellen-Heizkraftwerken

Autor: Gummert, Guido

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902073

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die globale Klimaentwicklung zwingt zum Nachdenken über eine neue umweltschonende Energieversorgung. Vielversprechend ist deshalb der Einsatz von Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerken in der dezentralen Kraftwärmekopplung. Ein Brennstoffzellen-BHKW vereint zwei wesentliche Vorteile, die bei der dezentralen Energieerzeugung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Zum einen ist es die Anwendung von Erdgas als kohlenstoffärmster der konventionellen Brennstoffe und zum anderen handelt es sich bei der Brennstoffzellentechnologie um eine Kraftwärmekopplung. Hierbei wird die in den heissen Abgasen und im Kühlwasser enthaltene thermische Energie zusätzlich zur Wärmeversorgung eingesetzt und so der Gesamtwirkungsgrad erhöht. Dadurch gelingt mit Hilfe der Brennstoffzellentechnologie eine erhebliche Senkung der Energiekosten pro erzeugter Energieeinheit.

Planung, Aufstellung und Betrieb von Brennstoffzellen-Heizkraftwerken

■ Guido Gummert

Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip einer Brennstoffzelle unterscheidet sich wesentlich von konventionellen Heizkraftwerken. Dort muss die chemisch gebundenen Energie des Brennstoffes zunächst in Wärme umgewandelt werden, danach in mechanische Energie (Gasmotor) und erst dann in elektrische Energie (Generator). In der Brennstoffzelle wird die Energie des Brennstoffes elektrochemisch in Strom und Wärme umgewandelt.

Eine Brennstoffzelle besteht aus zwei Elektroden, der Anode und der Kathode, und einem Elektrolyten. Wasserstoff wird der Anode als Brennstoff zugeführt, wo er unter dem Einfluss eines Katalysators in Wasserstoff-Ionen (Protonen) und Elektronen aufgespalten wird. Die Protonen wandern durch den Elektrolyten zur Kathode, während die Elektronen über einen externen Stromkreis (elektrischer Verbraucher/Stromnetz) ebenfalls zur

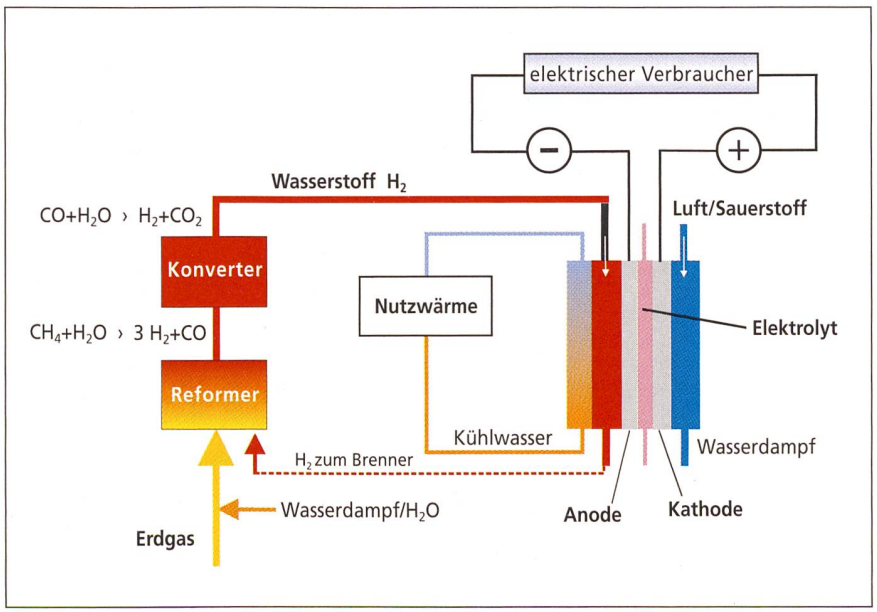


Bild 1 Funktionsschema der Brennstoffzelle mit Brennstoffaufbereitung.

Adresse des Autors
Dipl.-Ing. *Guido Gummert*
HGC Hamburg Gas Consult GmbH
Heidenkampsweg 101
D-20097 Hamburg

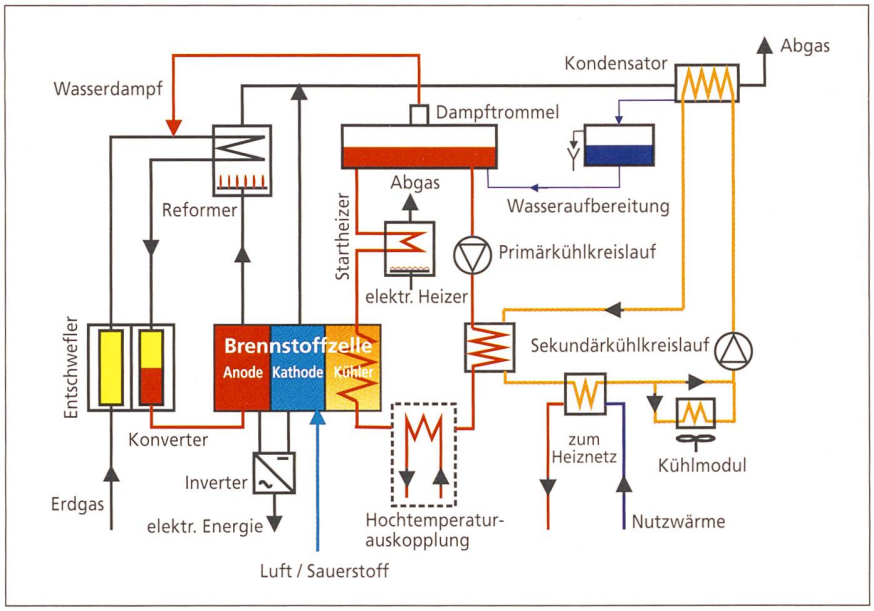


Bild 2 Fliessschema des ONSI-Brennstoffzellen-BHKW.

Kathode fliessen und dabei elektrische Arbeit leisten.

Gleichzeitig wird der Kathode Sauerstoff (Luft) zugeführt. Dieser reagiert mit den Wasserstoff-Ionen und den Elektronen zu Wasser. Bei diesem elektrochemischen Prozess entsteht Elektrizität und Wärme. Durch die direkte Energieumwandlung werden hohe Wirkungsgrade und sehr niedrige Schadstoffemissionen im Gegensatz zu konventionellen Heizkraftwerken erreicht (Bild 1).

Aus Erdgas wird Wasserstoff

Die Brennstoffzelle arbeitet also nur mit Wasserstoff (H_2). Dieser Wasserstoff wird aus einem Prozessgas, bestehend aus Erdgas und Wasserdampf, auf chemischem Wege bei Temperaturen um 800 °C und durch Mitwirkung von Katalysatoren in der Brenngasaufbereitung des BHKWs erzeugt (Reformingprozess). Erdgas besteht zu mehr als 90% aus Methan. Da im Methan (CH_4) bekanntlich vier Wasserstoffatome an ein Kohlenstoffatom chemisch gebunden sind, lässt sich so eine hohe Wasserstoffausbeute erreichen (Bild 1).

Der erforderliche Sauerstoff wird der Luft entnommen. Die in der Brennstoffzelle anfallende Prozesswärme sowie die im Abgas (Wasserdampf) enthaltene Wärme werden durch einen Kühlkreislauf über einen Wärmeübertrager an das Wärmenetz abgegeben. Dadurch wird nicht nur die Verdampfungsenergie durch Kondensation des Wasserdampfes zurückgewonnen, sondern das anfallende Kondenswasser dem Prozess als Speisewasser wieder zugeführt. Somit ist die Anlage bis auf den Einsatz von Erdgas als Energieträger «autark».

Das vereinfachte Fliessschema des ONSI-Brennstoffzellen-BHKW (Bild 2) zeigt die serienmässige Wärmeauskopplung mit Niedertemperaturauskopplung. Die Nutzwärme wird dem Sekundärkreislauf entnommen. Bei einer thermischen Leistung von 220 kW_{th} ist eine Vorlauftemperatur von 74 °C möglich. Die Rücklauftemperaturen sollten zwischen 30 und 50 °C liegen. Ein Kühlmodul im Sekundärkreislauf verhindert, dass die Rücklauftemperaturen für den Kondensator zu hoch werden. Um einen hohen thermischen Wirkungsgrad sicherzustellen, sind nur Wärmenetze mit niedrigen Vor- und Rücklauftemperaturen auszuwählen.

Optional bietet der amerikanische Hersteller ONSI für das erdgasbetriebene Brennstoffzellen-BHKW des Typs PC25C eine Hochtemperaturauskopplung an. Eine thermische Leistung von 105 kW_{th} wird dabei mit 120 °C Vorlauftemperatur angeboten. Die Niedrigtemperaturauskopplung mit 70 °C Vorlauftemperatur reduziert sich auf 105 kW_{th}. Bild 2 zeigt in einem gestrichelten Feld die Integration des Hochtemperaturwärmeübertragers in den primären Kühlkreislauf.

Stromauskopplung

Der erzeugte Gleichstrom wird vor der Einspeisung in das Stromnetz durch einen Inverter in Wechselstrom umgewandelt. Die Einspeisung in ein Niederspannungsnetz erfolgt mit 400 Volt Dreiphasenstrom. Mit einem zusätzlichen Transformator kann auch in ein 10-kV-Stromnetz eingespeist werden.

Die nutzbare Spannung einer einzelnen Brennstoffzelle liegt bei etwa 0,66 Volt und die Energiedichte bei 10 Ampere/dm². Aus 280 in Reihe geschalteten, einzelnen Brennstoffzellen entsteht der sogenannte Brenstoffzellenstapel, der dann eine elektrische Leistung von 200 kW liefert.

Umweltvorteile

Die Umweltvorteile einer Brennstoffzelle sind in der direkten chemischen Umwandlung des Energieträgers in elektrische Energie zu sehen. Es muss hierbei keine mechanische Arbeit wie bei herkömmlichen Kraftwerken geleistet werden. So wird schon bei Erdgasbetrieb ein elektrischer Anlagenwirkungsgrad von rund 40% möglich; mit einer Steigerung auf 60% bei Anwendung neuer Brennstoffzellentypen ist in naher Zukunft zu rechnen. Rechnet man die Nutzung der abgegebenen Wärme hinzu, kann schon jetzt ein Gesamtwirkungsgrad von mehr als 85% bei sehr geringen Emissionen erreicht werden (Bild 3). Kohlendioxidemis-

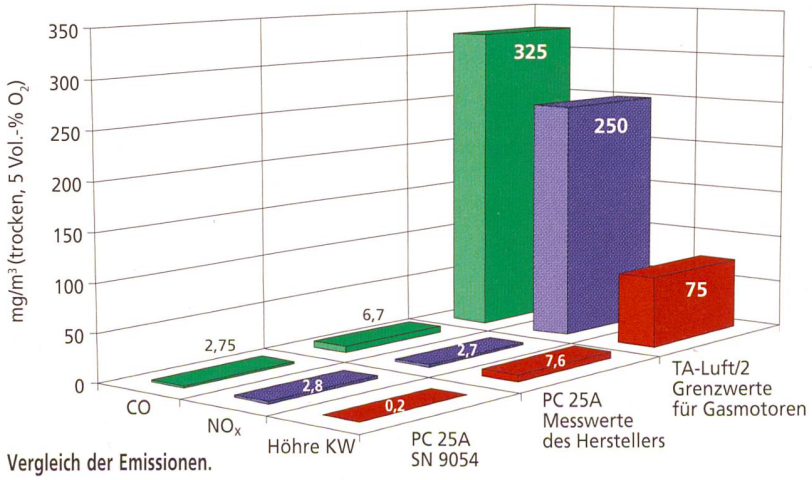


Bild 3 Vergleich der Emissionen.

sionen sind bei Erdgas bekanntlich von Haus aus besonders niedrig und leisten bei der Gesamtbetrachtung des Kraft-Wärme-Kopplungsprozesses einen besonders wirksamen Beitrag zur Verminderung des CO_2-Ausstosses gegenüber konventioneller Strom- und Wärmeerzeugung. Im Vergleich zum Gasmotor-BHKW konnten die Kohlendioxidemissionen beim erdgasbetriebenen Brennstoffzellen-BHKW um 25% reduziert werden.

Ein weiterer Fortschritt liegt in einem zukünftigen Wasserstoff-Energiesystem, der Kombination von regenerativ erzeugtem Wasserstoff und der Brennstoffzelle. Soll aus dem Wasserstoff wieder Elektrizität und Wärme entstehen, kann dafür ein Brennstoffzellen-BHKW ohne Brenngasaufbereitung eingesetzt werden. Es benötigt lediglich Luft und Wasser und gibt keine Schadstoffe mehr ab, nicht einmal Kohlendioxid.

Wasserstoff-Brennstoffzellen-BHKW

Mit dem Projekt der wasserstoffbetriebenen Brennstoffzelle hat HGC für die Arbeitsgemeinschaft HEW/HGW eine Weltneuheit realisiert. Im Juli 1997 ging die durch CLC-Ansaldo umgebaute ONSI-Brennstoffzelle vom Typ PC25C in Hamburg in Betrieb. Auch für die zweite Brennstoffzelle der Arbeitsgemeinschaft HEW/HGW wurde HGC mit der Betriebsführung beauftragt.

Der Wasserstoff wird hier einem Flüssig-Wasserstoffbehälter entnommen und der Brennstoffzelle direkt zugeführt. Mit dem Projekt sollen neue Massstäbe zur Strom- und Wärmeversorgung gesetzt werden. Die Wahl des Standortes im städtischen Bereich soll Vertrauen in künftige Wasserstoff-Energiesysteme schaffen und die Genehmigungsfähigkeit belegen.

Damit ein Wasserstoff-Energiesystem in der Zukunft überhaupt möglich wird, müssen wir bereits heute die Vorteile der Wasserstofftechnik nutzen. Mit der vorhandenen Erdgas-Infrastruktur kann die Erdgas-Brennstoffzellentechnik zu einem Wegbereiter für eine umweltschonende Energieversorgung werden.

Die besonderen Vorteile des Brennstoffzellen BHKW:

- hoher elektrischer Wirkungsgrad
- hoher thermischer Wirkungsgrad
- gleicher Wirkungsgrad bei Teillast
- keine Vibrationen
- sehr geringe Schadstoffemissionen des Gesamtprozesses
- geräuschloser, elektrochem. Prozess

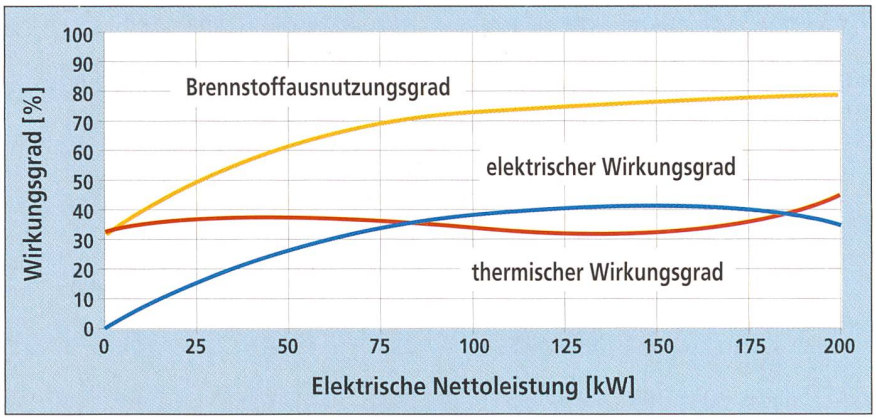


Bild 4 Wirkungsgrade und Brennstoffnutzungsgrad über der elektrischen Nettoleistung der ONSI PC 25A.

Diese Vorteile verdeutlichen, warum zukünftig sehr hohe Erwartungen in diese Technologie gesetzt werden. HGC setzt sich deshalb schon heute mit dieser Technik auseinander, um die praktische Leistungsfähigkeit, die Bedienbarkeit und die günstige Auswirkung auf die Umwelt zu belegen. Nachdem HGC ein umfangreiches Betriebshandbuch für das Brennstoffzellen-BHKW, unter anderem mit den für bestimmte Betriebsweisen nötigen Hinweisen, erstellt hatte, gab es beim Betrieb und bei der Wartung keine Probleme. Die Erfahrungen sind in Schulungsveranstaltungen für das Betriebspersonal der Kundenanlagen weiter vermittelt worden.

Die über eine Messdatenerfassung aufgenommenen Werte der erdgasbetriebenen Brennstoffzelle ONSI PC 25A belegen die genannten Vorteile dieser Technik. Deutlich erkennt man in Bild 4, dass der elektrische Wirkungsgrad im Bereich Teillast, das heisst 100 kW elektrischer Leistung, bis Vollast zwischen 38 und 42% liegt. Daraus lässt sich ableiten, dass ein Brennstoffzellen-BHKW im Bereich Teillast bis Vollast bei gleichbleibendem Wirkungsgrad gefahren werden kann. Dies ist im Vergleich zu einem Gasmotor-BHKW ein Vorteil, da ein herkömmliches BHKW immer in Vollast betrieben werden muss, um seinen maximalen elektrischen Wirkungsgrad und seine Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Die Brennstoffzelle hat somit einen Regelbereich von Teil- bis Vollast, in dem eine wärmegeführte Regelung möglich ist.

Leittechnik für die Brennstoffzellen-Überwachung

Voraussetzung für eine hohe Verfügbarkeit ist eine übersichtliche und nachvollziehbare Technik. Damit die Brennstoffzellentechnik transparent gestaltet werden konnte und eine Integration in bestehende Anlagenüberwachung möglich wurde, entwickelte HGC gemeinsam mit CLC-Ansaldo eine Leittechnik für die Brennstoffzellen-Überwachung: BZ-Control™ (Bild 5). Eine Anpassung von BZ-Control an die Anforderungen der Betreiber ist stets möglich. Die Software BZ-Control umfasst:

- Anlagenbilder für die Brennstoffzelle und Brennstoffzellen-Einbindung
- Steuerung der Brennstoffzelle über Fernübertragung
- Störmeldungsverarbeitung (Soll-Wert Über- oder Unterschreitungen, Alarmmeldungen)
- Hilfetext zu jedem Messwert
- variable Darstellung in US- oder SI-Einheiten
- Protokollfunktion
- grafische Darstellung der Messwerte
- Online-Darstellung der Messwerte

Durch diese verbesserte Fernüberwachung konnte auch der Service optimiert werden.

Eins, zwei, drei ...

Nach der Auftragserteilung in 1996 sind drei HGC-Anlagen bereits am Netz. Die erste Brennstoffzelle wurde im Mai 1997 bei der Energieversorgung Halle (EVH) installiert und am 3. Juni 1997 in Betrieb genommen. Die Anlage versorgt die Schwimmhalle und das Freibad Saline mit Wärme. Der Strom wird in das Netz der EVH eingespeist.

Die zweite Brennstoffzelle wurde an die Gasversorgung Sachsen-Anhalt (GSA) geliefert und läuft seit dem 31. Juli 1997. Die Besonderheit dieser Anlage ist eine Hochtemperatur-Auskopplung, mit der eine Absorptionskältemaschine während der Sommermonate mit Hochtemperaturwärme (95 °C) versorgt wird, um für die Gesamtanlage eine hohe Auslastung zu erzielen. Die Brennstoffzellenanlage versorgt das Verwaltungs-

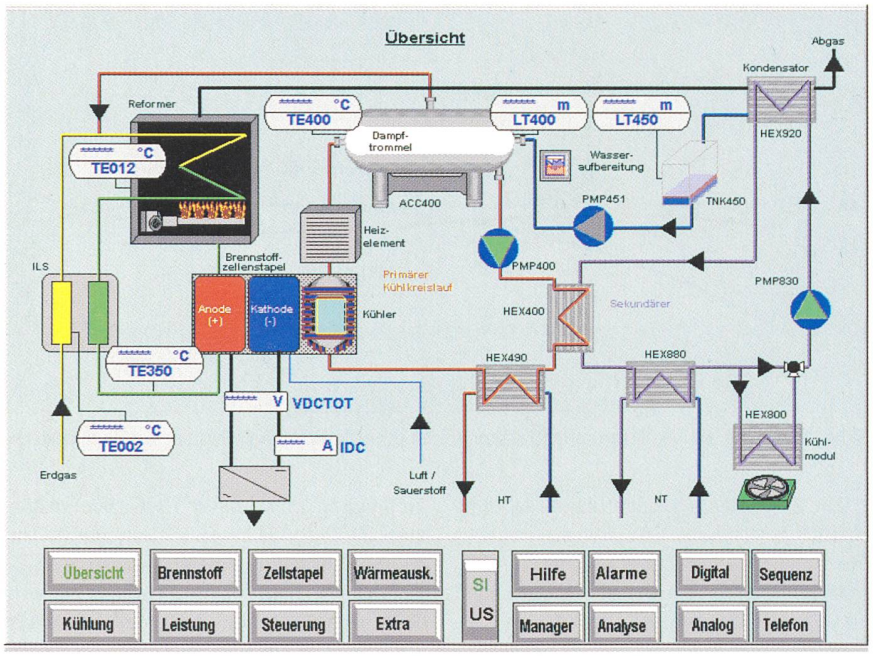


Bild 5 Übersicht des Brennstoffzellen-BHKW mit BZ-Control.

gebäude der GSA mit Strom und Wärme. Das Heizungsnetz wurde speziell auf die Rahmenbedingungen der Brennstoffzelle abgestimmt.

Im November 1997 wurde die Brennstoffzelle für die Stadtwerke Oranienburg angeliefert und von HGC in Betrieb genommen.

Der Hersteller ONSI Corporation in South Windsor, Connecticut, bietet das Brennstoffzellen-BHKW zurzeit zu einem Verkaufspreis von 3150 US-$/kW$_{el}$ an. Die Investitionen gliedern sich dann in den Positionen gemäss Tabelle I.

Kaufpreis	630 000 US-$
Transport in den USA	10 000 US-$
Schiffstransport	25 000 US-$
EU-Einfuhrzoll	etwa 42 000 US-$
Transport in Europa	etwa 10 000 US-$
Gesamt	717 000 US-$

Tabelle I Investitionskosten für eine Brennstoffzellenanlage PC 25C mit Niedrigtemperaturwärme-Übertrager (frei USA).

Die Anlagenkosten liegen also etwas über 1 Mio. sFr. Hinzu kommt noch die Installation der Brennstoffzellenanlage an ein bestehendes Nahwärmenetz. Für die Planung, Genehmigung, Ausführung der Anbindung und Inbetriebnahme müssen noch etwa 300 000 sFr. eingesetzt werden.

Die weitere Kostenentwicklung der ONSI-Brennstoffzelle PC 25C hängt vom Produktionsvolumen und vom Stand der Serienfertigung ab. ONSI ist bestrebt, die Kosten auf 1500 US-$/kW$_{el}$ zu senken.

Durch Optimierung, das heisst Durchführung von Arbeiten durch Betriebspersonal, europäische Ersatzteilelieferanten, verlängerte Wartungsintervalle und geringeren Zeitaufwand für Störungssuche bzw. Reparatur aufgrund grösserer Erfahrung, können die Betriebskosten problemlos auf unter 2 Rp./kWh gesenkt werden. Für einen Service und Wartungsvertrag müssen rund 3 Rp./kWh angesetzt werden. Trotz diesen vergleichsweise günstigen Betriebskosten, denen nur noch die Kosten für das Erdgas hinzuzurechnen sind, ist eine Wirtschaftlichkeit ohne Inanspruchnahme von Fördermitteln zurzeit nicht möglich. Bei einem längeren Abschreibungszeitraum muss der Wechsel des sehr teuren Zellstapels berücksichtigt werden.

Sobald ONSI jedoch die Lebensdauer des Zellstapels weiter erhöht oder die Kosten für den Austausch des Brennstoffzellenstapels senkt, verbessert sich auch die Wirtschaftlichkeit.

Brennstoffzelle – eine Alternative?

Das erdgasbetriebene ONSI-Brennstoffzellen-BHKW des Typs PC25 hat mit 7800 bis 8000 Betriebsstunden im Jahr und über 90% Verfügbarkeit seine technische Marktreife bewiesen. Lediglich die hohen Investitionskosten für das Brennstoffzellenaggregat von 3150 US-$ pro kW$_{el}$ (frei ONSI, USA) sind noch nicht konkurrenzfähig. Dabei sind die Betriebskosten mit unter 2 Rp./kW$_{el}$ schon heute attraktiv.

Mittelfristig wird das erdgasbetriebene, phosphorsaure Brennstoffzellen-BHKW der Firma ONSI die einzige serienmässige und betriebsreife Brennstoffzellenanlage auf dem BHKW-Markt bleiben. Bereits heute sind aber andere Brennstoffzellentypen mit höheren Wirkungsgraden und einer längeren Lebensdauer in der Entwicklung. Auch wenn zurzeit die Strom- und Wärmeversorgung mit Brennstoffzellen noch nicht wirtschaftlich durchführbar ist, wird sie langfristig den effektivsten Weg der BHKW-Technik darstellen, insbesondere da die Einbeziehung der solaren Energie in eleganter Weise möglich ist. Deswegen müssen wir heute mit dem Einsatz dieser Wasserstofftechnik beginnen.

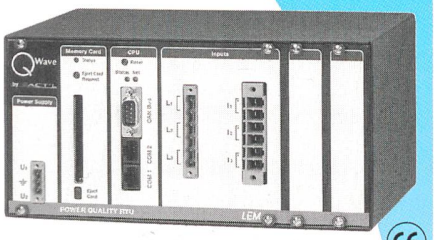
Planification, installation et exploitation de centrales combinées utilisant des piles à combustible

La modification climatique généralement observée nous oblige à réfléchir à un nouvel approvisionnement en énergie ménageant l'environnement. L'utilisation de centrales combinées équipées de piles à combustible pour le couplage chaleur-force décentralisé est de ce fait prometteuse. Une centrale de ce type réunit deux avantages essentiels toujours plus importants pour la production d'énergie décentralisée, l'un étant l'utilisation de gaz naturel en tant que combustible conventionnel à faible teneur en carbone et l'autre, le couplage chaleur-force avec la technologie des piles à combustible. L'énergie thermique contenue dans les gaz de fumée et l'eau de refroidissement est elle aussi utilisée pour l'approvisionnement en chaleur, ce qui permet d'augmenter le rendement global. Les coûts de combustible par unité d'énergie produite peuvent ainsi être diminués considérablement à l'aide de la technologie des piles à combustible.

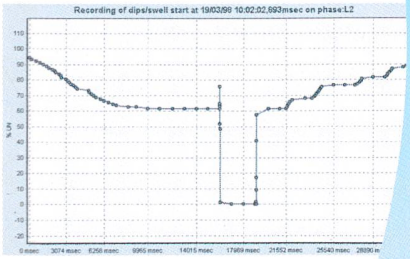
QWave
POWER QUALITY RTU

Permanente Überwachung im elektrischen Verteilnetz

Zur Kontrolle der Kosten, Qualität und Zuverlässigkeit



- **Störungsanalyse und Abhilfe**
- **Kosten senken durch Optimierung**
- **Nachweis der Qualität**



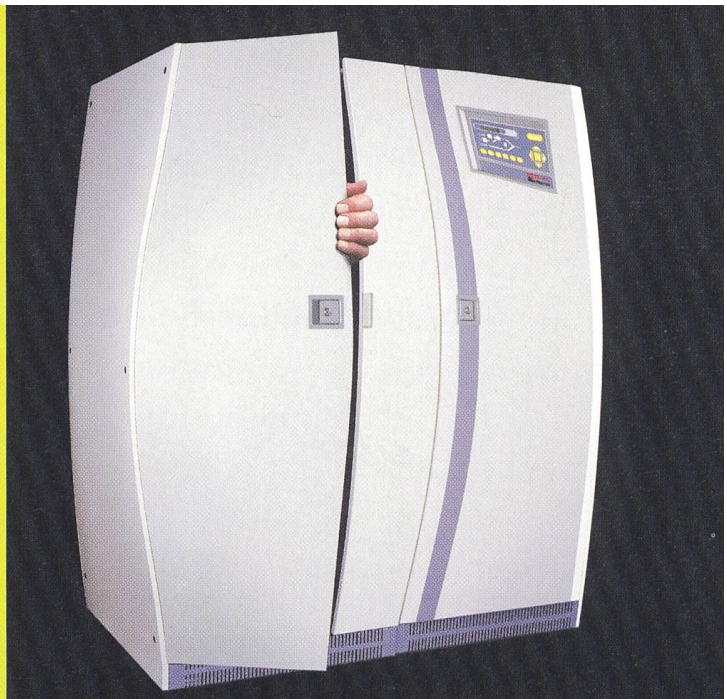
Der Verlauf eines Spannungseinbruchs gibt Aufschluss über die Störquelle.

Testen Sie uns!

ELMES
GOERZ
HEME
NORMA

LEM ELMES AG
Bahnhofstrasse 15
8808 Pfäffikon SZ
Tel. 055/415 75 75
Fax 055/415 75 55
E-mail: lel@lem.com

LEM



In jeder USV von Best Power

stecken mindestens 1000 Ingenieure

Und die haben einfach alles getan, um ...

...Unterbrechungsfreie Stromversorgung optimal zu realisieren. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: S 4000 - die 3-Phasen-USV von Best Power in den Leistungsklassen von 10 - 120 kVA. Sie bietet nicht nur die gewohnte Best Power Qualität und absolute Zuverlässigkeit, sondern auch:
Wirkungsgradoptimierte Leistungselektronik in IGBT-Technik, prozessorgesteuertes Powermanagement, RS 232 und RS 485 Schnittstelle u.v.m.
Sie sehen, Sie können mehr von uns erwarten! Denn in uns steckt die Erfahrung von drei großen USV-Produzenten: Best Power Technology, Borri und Sola. Mit innovativer USV -Technik und einem weltweiten Servicenetz schützen wir Ihre Daten zuverlässig vor Netzschwankungen und Stromausfällen. 24 Stunden am Tag. 365 Tage im Jahr.
Wir lösen alle Probleme im Bereich Stromversorgung.
Informieren Sie sich im Internet
oder sprechen Sie mit uns.

Best Power

Best Power Technology AG
Limmatstraße 12
CH-8957 Spreitenbach
Tel.: 056-418 30 30
Fax: 056-418 30 33

Best Power Technology GmbH
Am Weichselgarten 23
D-91058 Erlangen
Tel.: +49-9131-7770-0
Fax: +49-9131-7770-222

e-mail:best.marketing@bestpower.gensig.com
http://www.bestpower.de

Beratung *Planung* *Ausführung*

Ihr SOLAR-Spezialist mit langjähriger Erfahrung!

zetter SOLAR

Zetter Solar AG
Bielstrasse 96
CH-4500 Solothurn
Tel. 032/621 49 59 Fax. 032/621 49 62

- Photovoltaikanlagen
- Thermische-Solaranlagen
- Heizungs-/Sanitäranlagen
- Elektroinstallationen

LEC LEUTENEGGER ENERGIE CONTROL

Eine revolutionäre Erfindung
Das EinStein - System

300 WATT-Kit
ab CHFr. 4660.--

STROM FÜR DIE STECKDOSE

PLUG AND PLAY

Werkstrasse 3 8700 Küsnacht Tel / Fax 01 910 12 00 www.one4all.ch/lec

SOLAR-STROMVERSORGUNG

- BATTERIE-Betrieb für Ferien- und Gartenhäuser
- NETZVERBUND für Wohnhäuser und Industrie
- Komplett-Systeme, auch für Selbstbau

SUNNY-BOY *– universeller Wechselrichter in den Leistungsgrössen 700/850/1500 W für preiswerte und effiziente Netzeinspeisung ab 3 m², Auswertungssoftware mit Netzmodem.*

BP SOLAR

HOLINGER SOLAR AG · 4410 LIESTAL
Rheinstrasse 17, Tel. 061/921 07 57 / 69 Fax

AMAX *Energie*
Vy-Creuse 17 – 1196 Gland
Tel. 022 364 31 69 – Fax: 022 364 43 69

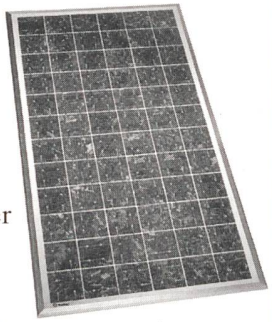
Elektro-Solar-Generatoren
Generalimporteur Schweiz

Solar

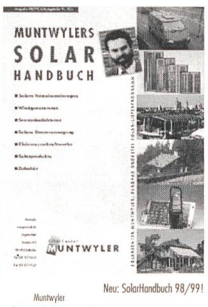
Shell SOLAR
RSM 100

Wahlweise mit oder ohne integriertem Wechselrichter.

Ab Lager lieferbar



Neu: MUNTWYLERS SOLARHANDBUCH 98/99



Jetzt erschienen: mit anwendungsorientierten Informationen über Solarkraftwerke für Wohnhäuser, Schulen, Ferienhäuser und alles über solare Stromversorgungen mit 12V DC und 230V AC.

Neue Solarmodul-Technologie „Millennia" und *über 1 000 Komponenten* für solare Stromversorgungen und -anlagen.

Bestellen Sie jetzt das neue 300-seitige
MUNTWYLERS Solarhandbuch 98/99
(nur Fr. 14.50 inkl. Porto)!

Muntwyler
Energietechnik AG
Ziegeler-Märt
CH-3052 Zollikofen
Tel. 031 911 50 63
Fax 031 911 51 27

SolarCenter MUNTWYLER
Sonnenenergie · Stromversorgung · Installation

Bestellen Sie jetzt gleich Ihr SolarHandbuch: Tel. 031 911 50 63
Fax 031 911 51 27
neu: www.solarcenter.ch

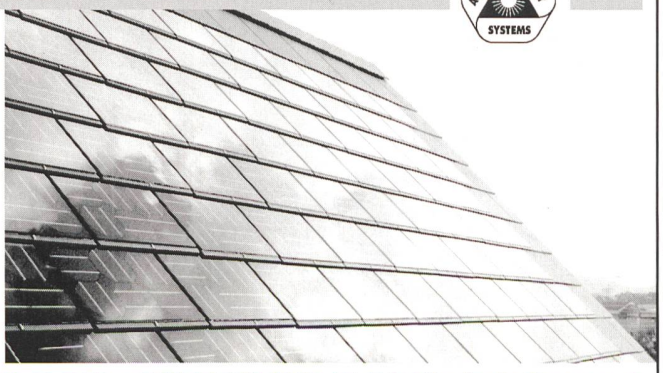
ATLANTIS SOLAR SYSTEME AG

ATLANTIS ENERGY SYSTEMS

SUNSLATES™

Solarstrom
&
Ästhetik

Neuer Solarschiefer



■ LINDENRAIN 4 ■ CH-3012 BERN ■ TEL +41(0) 31 300 32 80 ■ FAX +41(0) 31 300 32 90 ■ E-MAIL:atlantis@access.ch