

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:	92 (2001)
Heft:	8
Artikel:	Neue Mikroturbinen
Autor:	Suter, Marco
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-855689

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: 15.01.2026

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

Neue Mikroturbinen

Saubere Energie aus dem eigenen Keller

Effizientere und ökologische Nutzung natürlicher Ressourcen sowie preisgünstigerer Strom: Ein völlig neues Konzept zur dezentralen Stromerzeugung ermöglicht die Realisierung dieses Szenarios. Darin spielt eine Mikroturbine die zentrale Rolle. Mit Telekommunikationssystemen lassen sich solche Kraftwerke ausserdem zu Netzen zusammenschalten, welche die Art der Stromerzeugung und -verteilung revolutionieren werden.

■ Marco Suter

Dezentrale Energieversorgung

In einem deregulierten Strommarkt wird dezentrale Energieversorgung für den Verbraucher eine interessante Alternative. Denn sie macht es möglich, mit geringer Abhängigkeit vom Netz die Kosten der Energie zu kontrollieren. Die Deregulierung des Energiemarktes bringt daher immer mehr dezentrale Stromerzeugungseinheiten auf den Markt, wie zum Beispiel Blockheizkraftwerke. Diese müssen aber bestimmte Anforderungen erfüllen, damit dezentrale Stromversorgung für einen Kleinverbraucher überhaupt interessant wird:

- Einhaltung der neuesten Emissionsgrenzwerte,
- kompakte und leichte Bauweise, so dass sie durch Normtüren passen,
- niedriger Geräuschpegel,
- minimaler Wartungsbedarf,
- Fernbedienung, damit der Betrieb ohne Aufsicht möglich ist,
- niedrige Erstinvestition bei künftiger Serienfertigung und einfache Ausführung,
- Brennstoffflexibilität,
- hoher Wirkungsgrad.

Schweiz zusammen mit der ABB Industrie AG und ABB Motors die Entwicklung einer als Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (KWK) ausgeführte Mikroturbine beendet. Sie liefert im dezentralen Einsatz Elektro- und Wärmeenergie. Die Anlage mit einer Lebenserwartung von 60 000 Stunden produziert im weltweit einmaligen Leistungsbereich von 100 Kilowatt Strom und Warmwasser für gut 40 Normalhaushalte.

Die Mikroturbine ist in einem kleinen Gehäuse ($0,9 \times 1,9 \times 2,9$ Meter) untergebracht und für die Aufstellung in Innenräumen vorgesehen. Die Luft saugt sie von aussen an. Sie besteht aus folgenden Hauptteilen (Bild 2):

- Gasturbine und Rekuperator
- Generator
- Elektrisches System
- Abgas-Wärmetauscher
- Überwachungs- und Regelungssystem

Generator mit Turbinenwelle gekuppelt

In der Mikroturbine treibt ein Turbinenlaufrad ein auf die gleiche Welle montiertes Verdichterrad an. Der Ver-



Bild 1 Erste als Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (KWK) funktionierende Mikroturbine im ABB-Forschungszentrum Baden-Dättwil.

Adresse des Autors

Marco Suter

Bereich Systeme und Komponenten
ABB Corporate Research Ltd.
5405 Baden-Dättwil
marco.suter@ch.abb.com

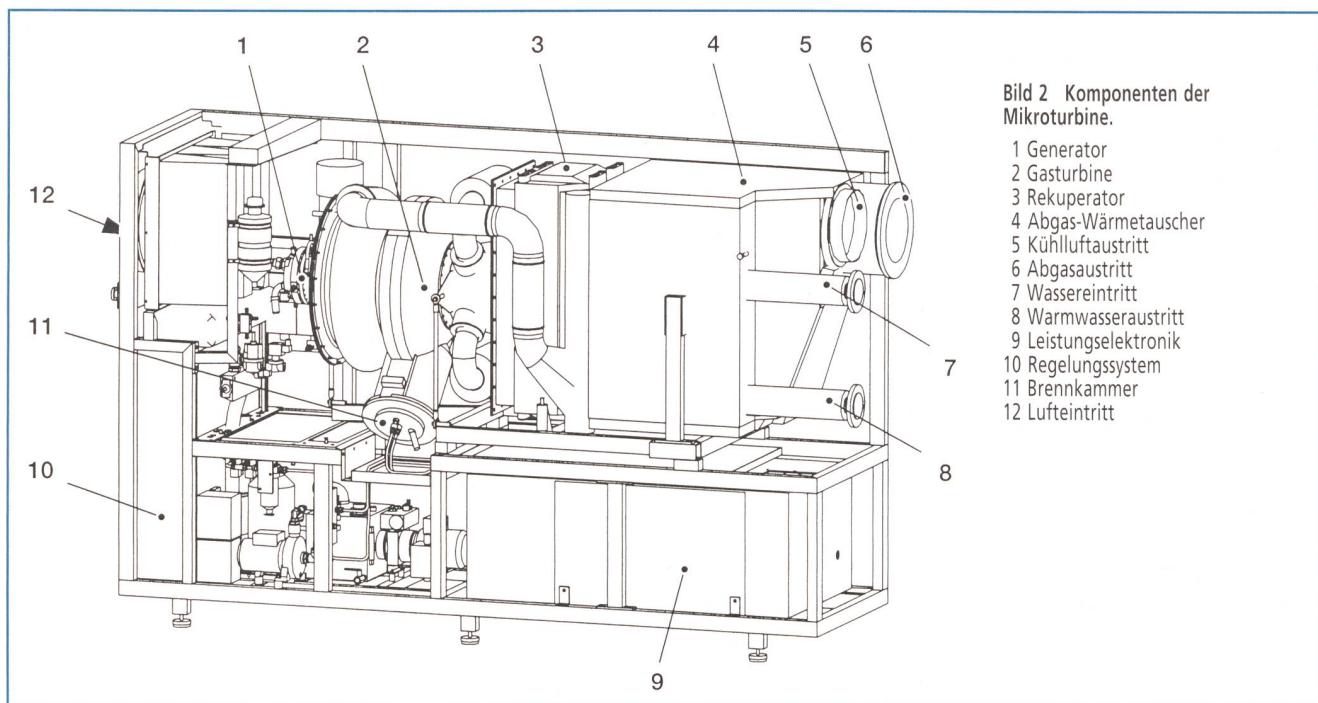


Bild 2 Komponenten der Mikroturbine.

- 1 Generator
- 2 Gasturbine
- 3 Rekuperator
- 4 Abgas-Wärmetauscher
- 5 Kühlaustritt
- 6 Abgasaustritt
- 7 Wassereintritt
- 8 Warmwasseraustritt
- 9 Leistungselektronik
- 10 Regelungssystem
- 11 Brennkammer
- 12 Lufteintritt

dichter fördert Verbrennungsluft in die Brennkammer, in der zur kontinuierlichen Verbrennung Brennstoff beige mischt wird. Der Heissgasstrom expandiert in der Turbine. Sie wandelt einen Grossteil der Wärmeenergie in mechanische Energie um, die den Verdichter und die Last antreibt. Im Gegensatz zu konventionellen Kraftwerken ist bei der Mikroturbine ABB MT100 der hochtourige Generator direkt mit der Turbinenwelle gekuppelt, und ein Umrichter passt die Drehzahl elektronisch an.

Am Ende des Ausdehnungsprozesses leitet ein Kamin die restliche Wärme-

energie der Gasturbine ab. Solche Anlagen hätten allerdings schlechte Wirkungsgrade, es sei denn, es würden mehrere Verdichter- und Turbinenstufen vorgesehen. Die ABB MT100 umgeht dieses Problem durch einen Rekuperator. Er gewinnt die Abhitze zurück und nutzt sie zum Vorheizen der verdichteten Verbrennungsluft vor deren Brennkammereintritt. Vorteilhaftes Ergebnis: die gewünschte Betriebstemperatur wird mit weniger Brennstoff erreicht. Ein weiterer Wärmetauscher hinter dem Rekuperator erwärmt das Wasser im äusseren Kreislauf.

Saubere Energie

Tiefe Emissionswerte zu erreichen, waren eine Grundvoraussetzung bei der Entwicklung der Mikroturbine. Weil sich die kontinuierliche Verbrennung genau regeln lässt, entstehen in der Gasturbine sehr wenig Emissionen [3], [4]. Der NO_x-Ausstoss der Mikroturbine ist mit 15 Partikel pro Million Luftmoleküle (ppm) – Zielwert: 5 bis 9 ppm – rund 20-fach geringer, verglichen mit den 200 bis 300 ppm von Gasmotoren (Zielwert: <100 ppm). Der Grenzwert für Lastwagen mit Dieselmotor (Euro3, Norm 2001) liegt bei rund 4000 ppm und damit etwa tausendmal höher als die Mikroturbinenwerte.

Der Gesamtwirkungsgrad der ABB-Mikroturbine liegt bei 80%; der entsprechende Wert der in Europa (elektrisch und thermisch) produzierten Energie liegt bei 40%. Daher schneidet die Mikroturbine im Bereich dezentrale Stromerzeugung auch gegen die bereits umweltfreundlichen Blockheizkraftwerke wesentlich besser ab. Wer sich also eine Mikroturbine in seinen Keller holt, hat den umweltfreundlichsten Energie erzeuger im Haus, den es momentan auf dem Markt gibt.



Bild 3 Innenleben der Mikroturbine: Mikroturbine (links), Wärmetauscher (oben rechts) und Leistungs elektronik (unten rechts).

Hochtouriger Generator

Kleine Gasturbinen arbeiten vor allem dann effizient, wenn das Getriebe entfällt, das die Drehzahl der Turbinenwelle auf die Drehzahl der konventionellen

elektrischen Maschinen reduziert. Ohne Getriebe wird die Maschine kompakter und zuverlässiger. Bei einem solchen hochtourigen System besteht der Vorteil darin, dass sich die Grösse der Generatoren fast direkt proportional mit steigender Drehzahl reduziert. Die Drehzahlerhöhung führt zu sehr kleinen Einheiten, die gut mit der Gasturbine integriert werden können. Dank ihrer kompakten Bauweise ist die Mikroturbine für einen Einsatz in Hotels, Spitätern, Wohnüberbauungen oder auch in Kleinfabriken prädestiniert.

Allerdings erfordern hochtourige elektrische Maschinen den Einsatz besonderer Werkstoffe. Permanentmagnete und hochfeste Materialien haben sich bestens bewährt und gehören zum Stand der Technik. Eine weitere Voraussetzung für hochtourige Anwendungen mit direkter mechanischer Kupplung ist eine sehr effiziente Frequenzumformung. ABB hat sich für den Einsatz so genannter IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) entschieden. Sie arbeiten nicht nur mit der nötigen Effizienz, sondern lassen sich auch mit entsprechend hoher Frequenz schalten.

Netzanalysen erlauben stabilen Betrieb

In einem typischen Anwendungsfall mit Mikroturbine kann eine unbekannte Netztopologie zu Schwierigkeiten bei der Regelung der Netzstabilität führen. Müssen mehrere dezentrale Stromerzeugereinheiten koordiniert werden, so kann die Gefahr der Netzininstabilität sehr ausgeprägt sein. Da es in solchen Fällen mehr als ein Überwachungs- und Regelungssystem gibt, können innere Schwingungen auftreten, wie Versuche an einer KWK-Prototypenanlage [6] im ABB-Konzernforschungszentrum in Baden-Dättwil gezeigt haben.

Um diese Art der Instabilität zu untersuchen, hat ABB verschiedene Simulationsmodelle erstellt. Abgeleitet wurden sie von früheren Arbeiten am Hybridbus [5], der Topologie der KWK-Anlage und von Messungen. Es versteht sich von selbst, dass die ABB MT100 alle möglichen Probleme beherrschen muss, ohne dass dabei sie selbst oder Einrichtungen ausserhalb des Mikroturbinensystems Schaden nehmen. Die Untersuchungen basieren auch auf Erfahrungen mit Bahnnetzen, in denen Instabilitäten vor einigen Jahren zu Abschaltungen geführt hatten [7].

Gekonntes Energiemanagement

Bei der dezentralen Energieversorgung spielt eine professionelle Betriebsführung eine wichtige Rolle. Dank eines optimierten Betriebes einer Mikroturbine können die Energiekosten bis zu 15% gesenkt werden. Die ABB Energie Services Schweiz (Paul.van_Trigt@ch.abb.com) ist im Gebiet der Energiedienstleistungen tätig. Sie bietet komplette Energie-Lieferverträge an: Die Anlage wird für den Kunden finanziert, installiert und betrieben.

Virtuelles Energieversorgungsunternehmen

Die dezentrale Stromerzeugung mit Mikroturbinen bietet eine wirtschaftlich und ökologisch interessante Alternative zu konventionellen Lösungen. Das ABB-Forschungszentrum in Baden-Dättwil positioniert sich mit dieser Entwicklung nachdrücklich im wachsenden Markt der Alternativenergien.

Strom kann jedoch noch optimaler und umweltfreundlicher erzeugt werden, wenn die Mikroturbinen untereinander mit Telekommunikations- und Informationstechnologie verbunden und von einem Betreiber gesteuert werden. Ein virtuelles Energieversorgungsunternehmen wäre in diesem Fall für den sicheren und gesamthaft optimalen Betrieb ohne Aufsicht zuständig.

Literatur

- [1] P. Chudi, A. Malmquist: Hybridantrieb für Automobile der Zukunft. ABB Technik 9/93, 3-12.
- [2] G. Lagerström, A. Malmquist: Advanced hybrid propulsion system for Volvo ECT. Volvo Technology Report no 2, 1995.
- [3] A. Malmquist, O. Aglén, E. Keller, M. Suter, J. Wickström: Mikroturbinen als Wegbereiter der dezentralen Wärme- und Stromversorgung. ABB Technik 3/2000, 22-30.
- [4] D.K. Mukherjee: Stand der Gasturbinentechnik. ABB Technik 2/97, 4-14.
- [5] A. Malmquist: Analysis of a gas turbine driven hybrid drive train for heavy vehicles. Ph. D. thesis, The Royal Institute of Technology. KTH 1999.

[6] M. Suter: Do it yourself. Akzent, ABB Schweiz, 2/2000.

[7] M. Meyer, J. Schöning: Netzstabilität in grossen Bahnnetzen, «Eisenbahn-Revue», Juli-August 1999.

[8] Saubere Energie «homemade». ABB Schweiz, Umweltbericht 2000, 10-11.

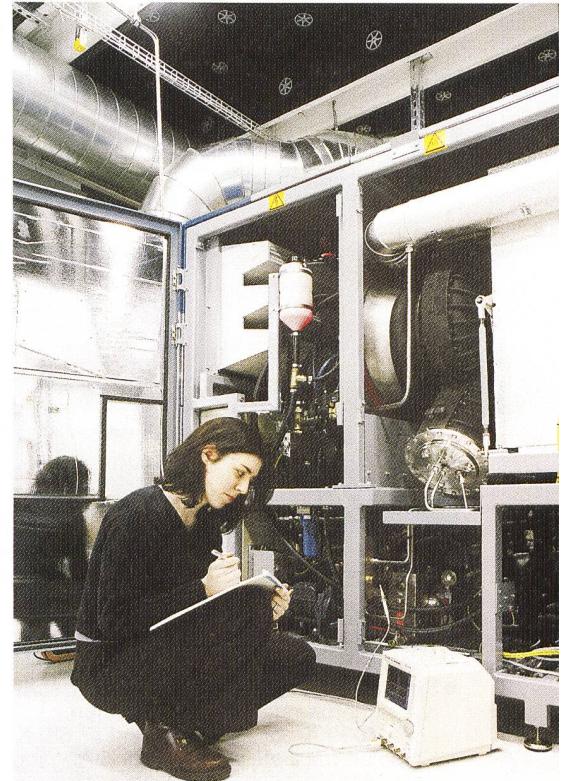


Bild 4 Versuche an einer KWK-Anlage im ABB-Forschungszentrum in Baden-Dättwil.

De l'énergie propre produite dans la cave

Nouvelle génération de microturbines

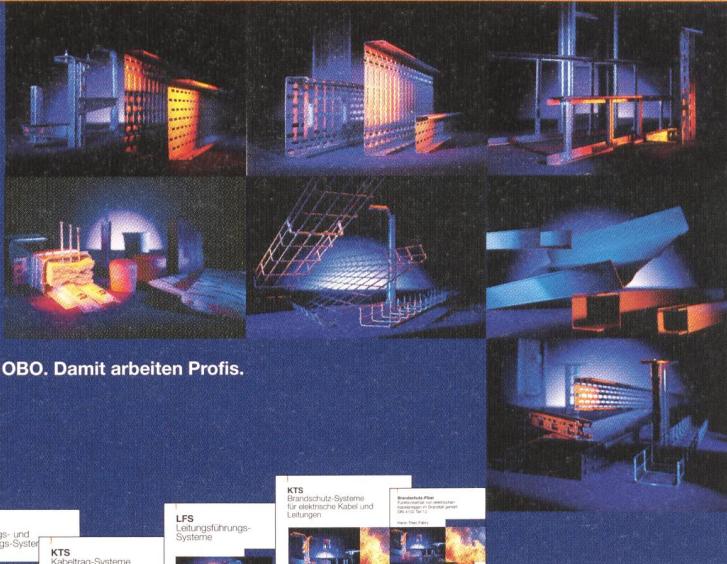
Un concept entièrement nouveau de production d'électricité décentralisée permet de mieux utiliser les ressources naturelles. L'électricité écologique ainsi produite est par ailleurs bon marché. ABB Corporate Research Ltd. à Baden-Dättwil a, en collaboration avec ABB Industrie SA et ABB Motors, développé une microturbine qui se présente comme une installation de couplage force-chaleur (CFC). La production d'électricité décentralisée peut être exploitée de manière encore plus économique et écologique si les microturbines sont reliées entre elles par une technologie de télécommunication et d'information et sont commandées par un seul gestionnaire.

Überlassen Sie nichts dem Zufall.

Es gibt keine bessere Bestätigung für überlegene Technik, perfekte Qualität und Anwendervorteile als den millionenfachen Einsatz.

Hinter jedem Detail der Konstruktion steht jahrelange Erfahrung – in allen denkbaren Einsatzbereichen und eine Qualitätsphilosophie sowie Innovationskraft, die nur grosse Markenartikel-Unternehmen zu Ihrem Vorteil umzusetzen verstehen: OBO

Bei Ihrem Elektrogrosshandel verfügbar.



BETTERMANN AG
Lochbühlried · 6386 Wolfenschiessen
Tel: 041 628 24 64 · Fax: 041 628 19 35
E-Mail: info.bettermann.ag@obo.ch

BETTERMANN SA
Rue Industrie 3 · 1373 Chavornay
Tel: 024 441 63 33 · Fax: 024 441 63 35
E-Mail: info.bettermann.sa@obo.ch

OBO
BETTERMANN



Für Projekte weltweit liefert LANZ zu international konkurrenzfähigen Preisen:

- Einfach montierbare LANZ Stromschienen typengeprüft nach EN/IEC-Normen. 25 – 8'000 A, IP 20, IP 54 und IP 68. **Korrosionsfest.** Komplett mit Befestigungen und Abgangskästen.
- **LANZ Multibahnen und Weitspann-Kabelpritschen** mit abrutschsicher verzahntem MULTIFIX-Trägermaterial. ACS Schockatest 3 bar. Stapelbar, geringer Platzbedarf.
- **G-Kanäle aus Gitterstahl 50 x 50 bis 125 x 150 mm,** zur rationellen Installation kleiner Kabelmengen. Auch aus Stahl rostfrei V4A und farbig pulverbeschichtet.
- **Aus rostfreiem Stahl V4A gefertigte Multibahnen, Gitterbahnen, Steigleitungen inkl. Befestigungsmaterial** zur Kabelführung in Chemie, Lebensmittelindustrie, korrosiven Umgebungen, Offshore-Anlagen, Stollen und Tunnel. CE konform. ISO 9001-zertifizierte modernste Produktion.

Fragen Sie LANZ! Wir beraten Sie und liefern termingerecht für Sammelsendungen oder direkt an den Bestimmungsort.

lanz oensingen ag Tel. 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24

- LANZ für den Export interessieren mich! Bitte senden Sie Unterlagen.
 Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!
 Name/Adresse/Tel. _____

AL 06



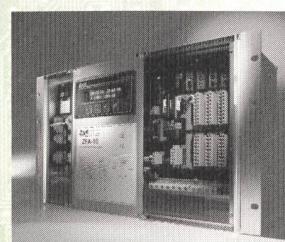
lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen · Telefon ++41/62 388 21 21

ERTECH



**Energiedaten-
erfassung
und
Management**

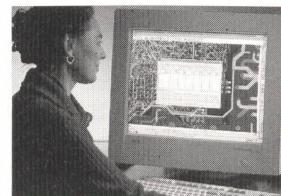
**Für jede Anforderung
das passende System**



ZFA-10
die grosse Lösung



ZFA-2
das kleine Genie



ProCos-ZFA
Leitsystem und
Energiemanagement

ERTECH Elektronik AG
Sägeweg 7
2557 Studen

Tel. 032 374 45 45
Fax 032 374 45 40

www.ertech.ch info@ertech.ch