Wasserstoff für Mitteleuropa?

Autor(en): **Weber, Rudolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **84 (1993)**

Heft 16

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902712

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

Startrampe für eine Energieachse mit dem Schiff zu mitteleuropäischen Grossstädten könnte eine bereits bestehende Wasserstoff-Gewinnungsanlage in Nordnorwegen sein: Gemäss einer Studie der renommierten Ludwig-Bölkow-Stiftung und der norwegischen Firma Norsk Hydro wäre der sauber verbrennende Brenn- und Treibstoff am Zielort zwar bis zu dreimal so teuer wie Benzin und Diesel heute sind. Nach deren unausbleiblicher Verteuerung infolge Einberechnung ihrer Umweltbelastung könnte in Norwegen, Island oder gar Kanada mit Hilfe von Wasserkraft gewonnener Wasserstoff jedoch preislich konkurrenzfähig werden und eine umweltverträglichere Energiewirtschaft einläuten.

Wasserstoff für Mitteleuropa?

■ Rudolf Weber

Erster Schauplatz: Der tief in die nordnorwegische Felsküste nahe Bodö am Polarkreis eingeschnittene Glomfjord, an dessen innerstem Ende eine Kunstdüngerfabrik steht. Ausgangsstoff für den Dünger ist Ammoniak, und den wiederum erzeugt man durch chemische Synthese von Luft-Stickstoff und Wasserstoffgas. Letzteres wird durch Elektrolyse, die chemische Zersetzung von Wasser mit Hilfe von elektrischem Strom, gewonnen. Der Strom dafür kommt aus einem nahegelegenen Wasserkraftwerk. Das Geschäft war jahrzehntelang gut gelaufen, bis in den 80er Jahren die Konkurrenz billigeren Ammoniak aus anderen Quellen zu beziehen begann. Nun sucht der Betreiber Norsk Hydro nach neuen Verwendungsmöglichkeiten für seinen Wasserstoff, die Wasserkraft oder für beides.

Zweiter Schauplatz: Ein bescheidenes Bürogebäude im Münchner Vorort Ottobrunn. Hier hat der 80jährige frühere Grossindustrielle Ludwig Bölkow ein Team junger Wissenschafter und Ingenieure um sich geschart, das sich mit Systemen zur Nutzung erneuerbarer Energie befasst, insbesondere der Wasserstofftechnik. Eines der bekanntesten Projekte der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) ist jenes, mit kanadischer Wasserkraft gewonnenen Flüssig-Wasserstoff auf dem Seeweg nach Europa zu bringen. Alle technischen Aspekte sind bis ins Detail ausgearbeitet. Da aber das Produkt (derzeit noch) wesentlich teurer wäre als Benzin oder Diesel, besteht nun die Hauptaufgabe der LBST darin, die runde Milliarde Mark Anfangsinvestition aufzutreiben.

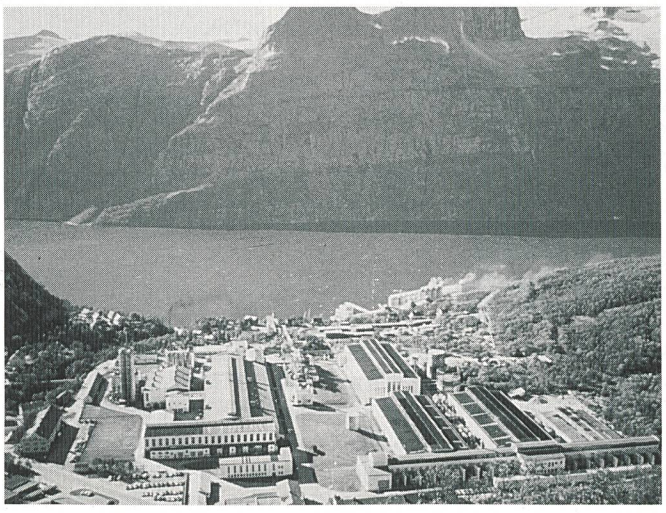


Bild 1 Die bestehende Düngemittelfabrik am Glomfjord: rechts vorne die Elektrolyse-Hallen, wo Wasser mit Strom in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. In Bildmitte am Fjord die Verladeeinrichtungen, die für LH_2 nur geringfügig umgebaut werden müssten. (Photo Norsk Hydro)

Adresse des Autors:
Dr. Ing. *Rudolf Weber*, Mayburger Kay 122, A-5020 Salzburg.

Gewinnung und Transport

Dank dem regen Gedankenaustausch der Bölkow-Leute mit der Industrie konnten der Norsk Hydro Tätigkeit und Interessen der Ottobrunner nicht verborgen bleiben. Kurzum, man setzte sich im Frühjahr 1990 zusammen, um einen gemeinsamen Nenner zu suchen. Der war bald gefunden: In einer Studie NHEG (Norwegian Hydro Energy for Germany) wollte man alle Schritte einer Wasserstoff-Achse von Norwegen zu deutschen Binnen-Grossstädten einschliesslich der Kosten ausarbeiten, und zwar basierend auf bereits heute vorhandener Techniken.

Know-how steuerten einschlägige Firmen wie Linde (Wasserstoff-Verflüssigung), Kvaerner (Schiffstransport) oder l'Air Liquide (Transport von Flüssigwasserstoff) bei, an der Finanzierung der 680 000 Mark teuren Arbeit beteiligten sich neben den beiden Partnern noch das norwegische Energieministerium, das deutsche Bundesministerium für Forschung und Technologie und die EG. Seit Sommer 1992 liegen die Ergebnisse der Studie vor, wobei jeweils mehrere in Frage kommende Techniken geprüft und die günstigsten gewählt wurden.

Was wäre an technischen Einrichtungen nötig? In Glomfjord könnte eine grössere Elektrolyse-Anlage für 100 Megawatt elektrische Leistung genutzt werden und jährlich 166 Millionen m^3 gasförmigen Wasserstoff liefern. Diese Menge wiederum würde in einer – neu zu bauenden – Anlage zu rund 211 000 m^3, –253 °C kalten Flüssigwasserstoff (LH_2) verflüssigt. Dies, um das Volumen für den Transport auf rund ein Achthundertstel zu verringern. Ein Tankschiff mit zusammen 5700 m^3 fassenden Spezialbehältern für kalte, leichtsiedende Flüssigkeiten, sogenannten «Kryotanks», brächte den LH_2 zu einem Hafen wie Hamburg, Bremerhaven oder Rostock. Dort würde der LH_2 in kleinere Kryotanks an Land umgefüllt. Was auf dem Schiffsweg und in den Land-Tanks verdampft, soll teils in Gasbehälter zur Verwendung als Wasserstoffgas geleitet, teils zwecks Wiederverflüssigung in den Schiffs-Kryotanks nach Glomfjord zurücktransportiert werden (die Verdampfungsraten moderner Kryo-Grosstanks sind mit 0,1–0,3% im Tag gering). Das Schiff würde die 3500 km lange Rundreise Glomfjord und zurück in knapp acht Tagen absolvieren, und das jährlich 44mal.

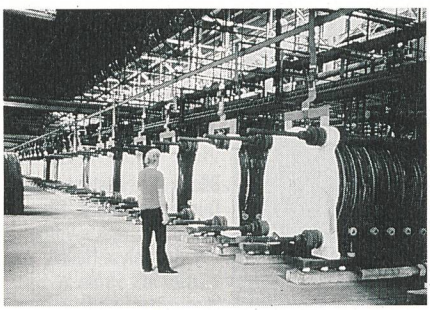


Bild 2 Blick in eine der Elektrolyse-Hallen: Ein Elektrolyse-Modul bildet eine wenige Zentimeter starke kreisförmige Zelle von nahezu 2 m Durchmesser. 200 solcher Zellen sind auf einer gemeinsamen Achse aneinandergereiht und elektrisch in Reihe geschaltet, sie bilden einen der Elektrolyseure mit den hellen Endkappen. (Photo Norsk Hydro)

Die Anwendungen

Zum Transport des LH_2 vom Hafen zu Städten wie Berlin, München oder Zürich kommen Binnenschiffe, Eisenbahn oder Strassenfahrzeuge in Betracht, jeweils mit Kryotanks ausgerüstet. Am Ziel würde man den Wasserstoff teils im flüssigen, teils im gasförmigen Zustand verwenden. In beiden Formen eignet er sich zum Antrieb von Fahrzeugen, wobei man in erster Linie an Busse und Taxis denkt. Im Vordergrund stehen diese sowie andere Anwendungen, die dank der sauberen Verbrennung von Wasserstoff (zu reinem Wasser) eine spürbare Verminderung des Schadstoffausstosses, zum Beispiel gegenüber Dieselbussen, bedeuten.

Die jährlich – nach Abzug der Verdampfungsverluste – am Zielort noch ankommenden 181 000 m^3 LH_2 würden ausreichen, um zum Beispiel die gesamte Busflotte von Berlin mit Wasserstoff zu versorgen.

Wohl noch interessanter für einen Pilotbetrieb dürfte die ebenfalls untersuchte Variante sein, den LH_2 in heutigen Standard-Containern über die normalen Güterumschlagswege direkt – unter Vermeidung der Verdampfung beim Umfüllen – zu den Endverbrauchern bringen.

Preise

Technisch, so versichern die Autoren der NHEG-Studie, liessen sich alle Probleme lösen (beispielsweise schaffen Tankschiffe LH_2 als Treibstoff für die europäische Ariane-Raumfahrtrakete aus Frankreich und den USA nach Kourou in Südamerika).

Die Crux sind die Kosten. In die technischen Einrichtungen der beschriebenen 100-Megawatt-Variante müssten, einschliesslich der Verteileinrichtungen zum und am Zielort, rund 490 Millionen Mark investiert werden. Einschliesslich der Betriebskosten, wobei der Strompreis in Glomfjord mit rund 5 Pfennig je Kilowattstunde als realistisch angesehen wird, errechnet sich daraus ein Kilowattstundenpreis von 0,27 Mark (bzw. 0,22 Mark ohne Verteilung). Die Varianten mit 20 statt 100 Megawatt Leistung der Elektrolyse in Glomfjord kommen auf 0,31–0,33 Mark bzw. 0,25–0,27 ohne Verteilung (zum Vergleich: Benzin und Diesel kosten heute in Deutschland 0,17 bzw. 0,10 Mark je Kilowattstunde). Umgerechnet auf einen Liter LH_2 sind das ungefähr 0,80 Mark. Aus Erdgas erzeugter LH_2 ist, einschliesslich Verteilung, auch bei grösseren Abnahmemengen derzeit nicht unter 1 Mark je Liter zu haben.

Das Fazit: Wer mit umweltverträglicher Energie gewonnenen LH_2 braucht, zum Beispiel für Forschungs- oder Kühlzwecke, könnte ihn schon heute zu Marktpreisen aus Kanada oder Norwegen beziehen, auch zum Beispiel über die kleinere norwegische 20-Megawatt-Variante.

Steigende Chancen

Ulrich Bünger, NHEG-Projektleiter bei Bölkow, hält darüber hinaus mehrere Entwicklungen für wahrscheinlich, die für das Projekt sprechen. Beispielweise dass die Preise der fossilen Brenn- und Treibstoffe in den nächsten Jahren stark steigen, wenn die Kosten ihrer Umweltbelastung eingerechnet bzw. «internalisiert» werden. Damit geriete NHEG-Wasserstoff in den Bereich der Konkurrenzfähigkeit auch im Verkehrssektor (sofern sich die Finanzminister keine Sondersteuer darauf einfallen liessen). Oder zum Beispiel Elektrofahrzeuge, die ihren Strom aus Brennstoffzellen beziehen und nicht aus Akkumulatoren. Mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen plus Elektromotoren haben mindestens den doppelten Wirkungsgrad heutiger Benzin- oder Dieselmotoren und verbrauchen daher nur halb so viel Energie bzw. Wasserstoff, womit dieser jetzt schon wirtschaftlich wäre (gäbe es Zellen für mobile Anwendungen bereits auf dem Markt).

Bünger und seine Kollegen sehen den Wert ihrer Studie in erster Linie darin, realistische technische und wirtschaftliche Richtwerte für ein mögliches Pilotprojekt geliefert zu haben. Das Pilotprojekt selbst müsste dann beweisen, dass man Wasserkraft in Form von Wasserstoff über grosse Entfernungen übertragen kann – und das nicht nur aus Norwegen, denn auch Island und Kanada bieten überschüssige Wasserkräfte an. Aber wer wagt den grossen Schritt und stellt jene 113 Millionen Mark zur Verfügung, die auch die billigste NHEG-Variante noch kostet? Er wäre eine Entscheidung für den Start in eine neue Energiewirtschaft, in der umweltverträglichen Energieträgern wie Wasserstoff – gewonnen auch mit Strom aus solaren Kraftwerken in der Sahara oder in Mittelasien – eine immer grössere Rolle zugewiesen würde. Eine solche Entscheidung erscheint überfällig, weil unser heutiger Hauptenergieträger Erdöl nicht nur der grösste Umweltverschmutzer ist, sondern bei der derzeitigen Bedarfszunahme auch in längstens 40 Jahren aufgebraucht sein wird.

SAT SYSTEME FÜR AUTOMATISIERUNGS TECHNIK

ineltec 93

Ihre Messe Basel.

7.–10.9.1993

SAT Schweiz

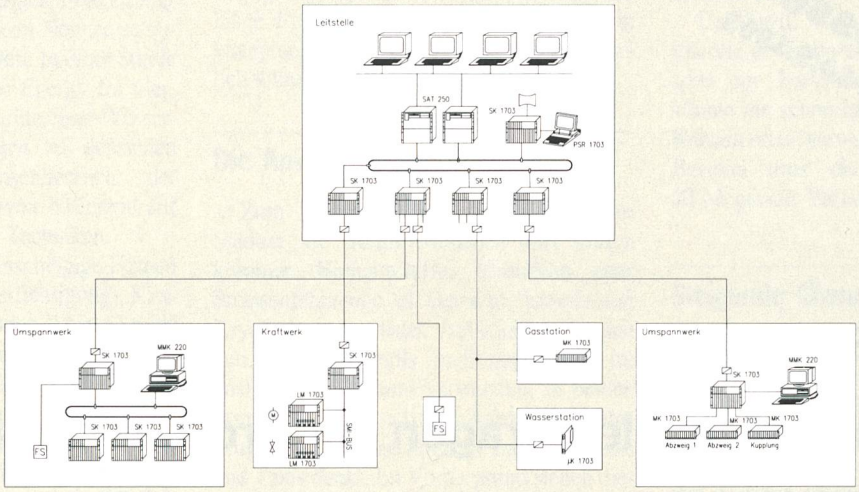
Ihr Partner in allen Fragen der Prozessleittechnik .....

SAT Systeme für Automatisierungstechnik AG

Gewerbestrasse 9, 6330 Cham

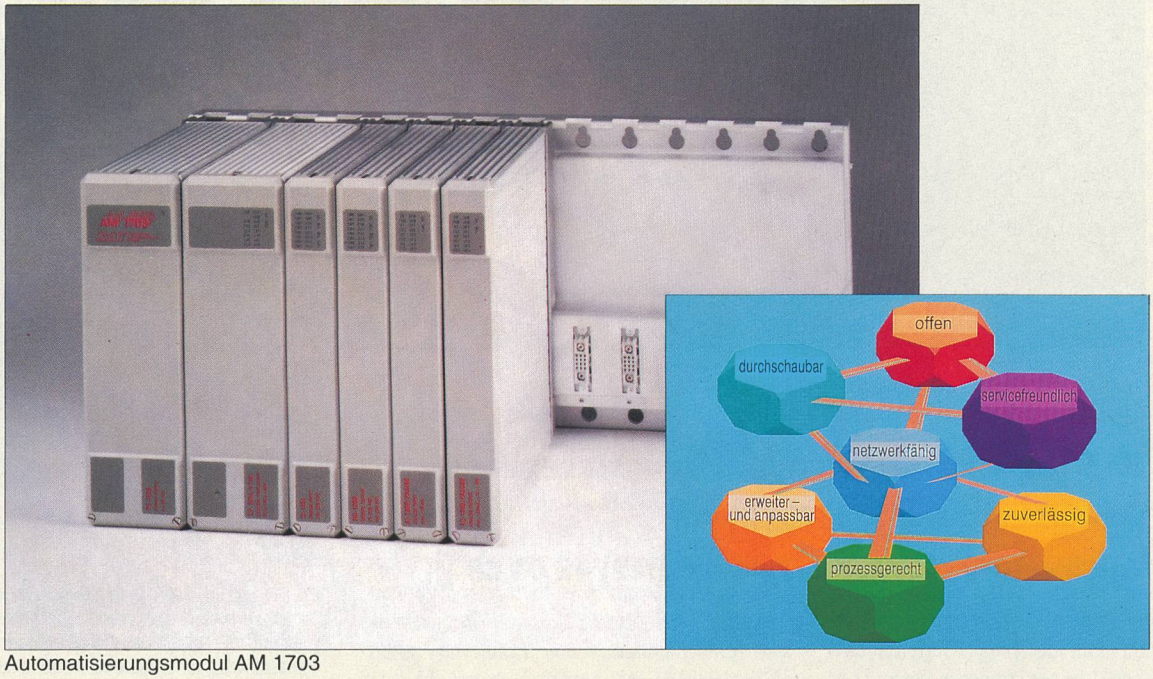
Telefon (042) 42 05 42, Telefax (042) 42 04 08

..... was wir bieten .....



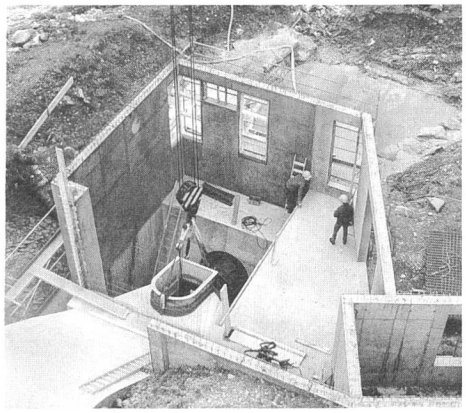
Das integrierte Prozessleitsystem:

- ☑ Fernwirk- und Automatisierungssystem SAT 1703
- ☑ Wartenleitsystem SAT 250
- ☑ digitale und analoge Datenübertragungssysteme SAT 120/SAT 100
- ☑ lokale Netzwerkprodukte SAT 1000



Automatisierungsmodul AM 1703

WKA Heidenheim sucht Partner in der Schweiz



Komplette Kraftwerke

Repräsentanten
mit Erfahrung im Bereich Wasserkraftanlagen sowie Wasserturbinen für eine Industrievertretung.

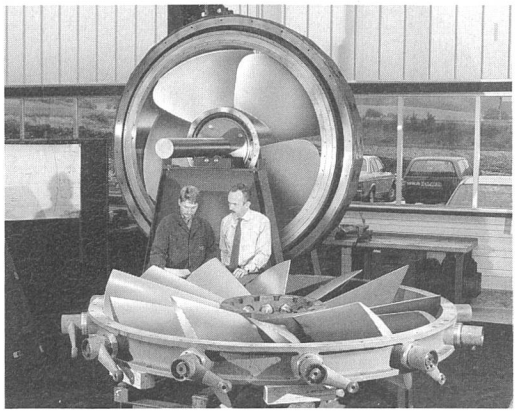
Ingenieurbüro
Fachbereich »Wasserbau«.

Industriebetrieb
Richtung »Maschinenbau«, für Fertigung und Montage verschiedener Teile oder Komponenten unseres Lieferprogramms.

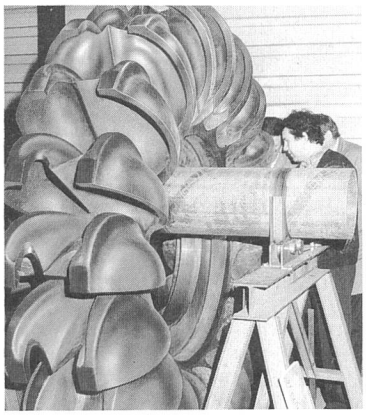
Hersteller
von Steuerungen und Schaltanlagen.

In der Bundesrepublik Deutschland sind wir als renommierte und anerkannte Fachfirma für Aufgaben im Bereich »Wasserkraftanlagen« bekannt. In der Schweiz wurden von uns bereits Aufträge ausgeführt. Die zunehmenden Anfragen führen dazu, daß wir unsere Aktivitäten in der Schweiz verstärken werden.

Interessierte Firmen, Ingenieurbüros sowie Bewerber bitten wir, entsprechende Bewerbungsunterlagen an unsere Adresse zuzusenden.

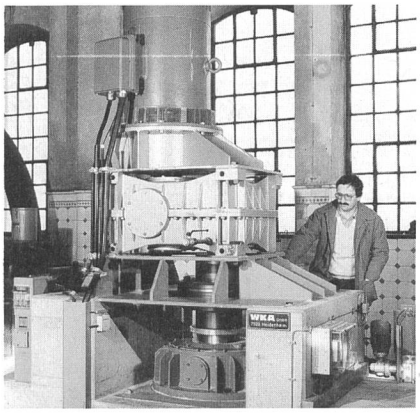


Ersatzteile/Revisionen

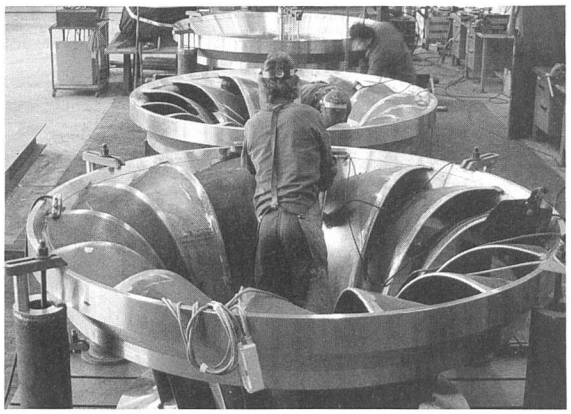


Neue Laufräder

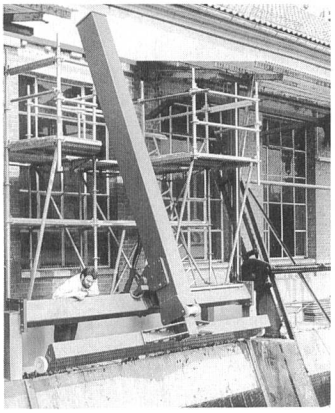
Neue Turbinen



Modernisierungen



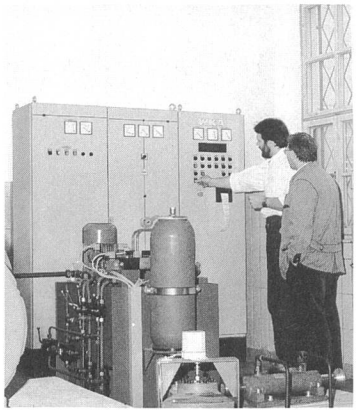
Neue Laufräder



Reinigungsmaschinen

WKA
HEIDENHEIM

Postfach 1949
D-89 509 Heidenheim
Badenbergstraße 30
Tel. (0 73 21) 96 92-0
Fax (0 73 21) 6 66 13
Telex 7 14 867 wka d



Turbinenregler