

# Membrantgasung anstelle Rieseler

## Die Zukunft für die VE-Anlage?

Dieter Mauer

### Abstract

#### *Degassing by membranes – The future in IEX-demin plants?*

*IEX demineralisation plants need a degassing function when operated by carbonic acid containing raw water. Typically blowers are used. Besides others due to the atmospheric open construction some disadvantages occur like sump-pump, sump level control, pollution by e.g. microbiological germs as well as size and noise. On the other hand the apparatus itself is simple and cheap disregarding the additional pumps.*

*Membrane degassers don't have these disadvantages, but show a higher price at high flow rates. Nevertheless promising advantages show up above the simple comparison of the CO<sub>2</sub>-removal.*

*The paper gives assessment and discussion of such advantages with their possibly far-reaching impacts.*

### Unterschiede zwischen unterschiedlichen Entgasern

Ein Teil der Rohwasserinhaltsstoffe lässt sich ausgesprochen effektiv entfernen. Es sind dies der Anteil des bereits im Rohwasser gasförmig gelösten CO<sub>2</sub> und der HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Anteil, der in der Vollentsalzungs(VE)-Straße durch die Kationenaustauscher zum gasförmig gelösten CO<sub>2</sub> umgesetzt wird. Über Entgasungsverfahren lassen sich diese Anteile gänzlich ohne Regenerierchemikalieneinsatz entfernen. Dabei gibt es generell drei Möglichkeiten:

- Atmosphärisch betriebener Rieseler mit Luft im Gegenstrom
- Im Vakuum betriebener Rieseler
- Im Vakuum betriebener Membrantentgaser

Alle drei Techniken haben ihre speziellen Eigenarten, sodass zunächst ein Vergleich durchgeführt wird.

### Vergleich der Entgasungsverfahren

Am verbreitetsten ist der klassische atmosphärisch betriebene Rieseler. Sein Prinzip beruht auf der Tatsache, dass durch die Ansäuerung über die Kationenaustauscher gasförmig gelöstes CO<sub>2</sub> wesentlich höher konzentriert im Wasser vorliegt, als es dem Gleichgewicht mit Luft entspricht. Es bedarf also nur genügend Kontaktfläche und Zeit, dann würde sich dieser Gleichgewichtswert zu Luft von ungefähr 0,01 mmol/l auch in der Wasserphase annähern. Aufgrund begrenzter Reaktionszeit und Oberfläche wird jedoch typischerweise durch Rieseler eine CO<sub>2</sub>-Restkonzentration von etwa 0,15 bis 0,25 mmol/l erreicht, also doch deutlich über dem Gleichgewichtswert.

Der atmosphärische Rieseler besitzt zwei funktionale Eigenschaften. Zum einen enthält er eine Füllkörperkolonne, über die das Wasser mit sehr hoher Oberfläche verteilt wird, und zum anderen wird im Gegenstrom ein relativ hoher Luftstrom durchgeblasen, um einen Abtransport von gestripptem CO<sub>2</sub> zu erreichen (Bild 1). Für den atmosphärischen Rieseler lassen sich zusammenfassen:

#### **Vorteile:**

- bekannte Technik
- gute CO<sub>2</sub>-Restwerte erreichbar
- preiswert bei großen Anlagen

#### **Nachteile:**

- zwei Pumpenpaare notwendig, weil atmosphärisch entkoppelte Hälften

- Standregelung zur Synchronisierung der Hälften notwendig
- hohes Potenzial zur Bioverschmutzung
- benötigt großvolumige Abgasleitung nach draußen

Die Pros und Contras können also je nach Randbedingungen zu unterschiedlichen Bewertungen führen.

Als Alternativtechnologie wird schon seit vielen Jahren der geschlossene unter Vakuum betriebene Rieseler eingesetzt (Bild 2). Daraus wird schon klar, dass hauptsächlich das Potenzial zur Bio-Verschmutzung hier umgangen werden soll. Daher sind die Pharmawasserproduktion sowie Trink- oder Reinstwassererzeugung vorrangige Anwendungsbereiche.

Entscheidende Unterschiede zum atmosphärischen Betrieb sind der – verglichen mit dem im atmosphärischen Entgaser – sehr niedrige Partialdruck des CO<sub>2</sub> und die gegen äußeren Lufteintritt geschlossene Bauweise. Für den vakuum-betriebenen Rieseler lassen sich zusammenfassen:

#### **Vorteile:**

- gute CO<sub>2</sub>-Restwerte erreichbar
- geschlossene Anlage und kein Potenzial zur Bio-Verschmutzung
- gleichzeitige Entfernung von O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>

#### **Nachteile:**

- zwei Pumpenpaare notwendig, weil druckmäßig entkoppelte Hälften
- Standregelung zur Synchronisierung der beiden Hälften notwendig
- sehr große Vakuumpumpe notwendig, weil viel Wasser verdampft

Das dritte Entgaserkonzept ist der Membrantentgaser (Bild 3). Die Funktion selbst wird im nächsten Abschnitt genauer beschrieben. Folgendes lässt sich für diese Entgasungskomponente zusammenfassen:

#### **Vorteile:**

- nur ein Pumpenpaar notwendig
- keine Standregelung notwendig
- geschlossene Bauweise und daher keine Bioverschmutzung
- entfernt auch O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>
- preiswert bei kleinen Anlagen
- sehr leicht in bestehenden Anlagen als Rieselerersatz nachrüstbar

#### **Nachteile:**

- noch relativ unbekannt Technik
- Preis steigt linear mit der Anlagengröße

### Funktion eines Membrantentgasers

Bei dem Membranmodul wird eine große Kontaktoberfläche zwischen Gas- und

### Autor

Dr. Dieter Mauer  
Geschäftsführer  
MionTec GmbH  
Leverkusen/Deutschland

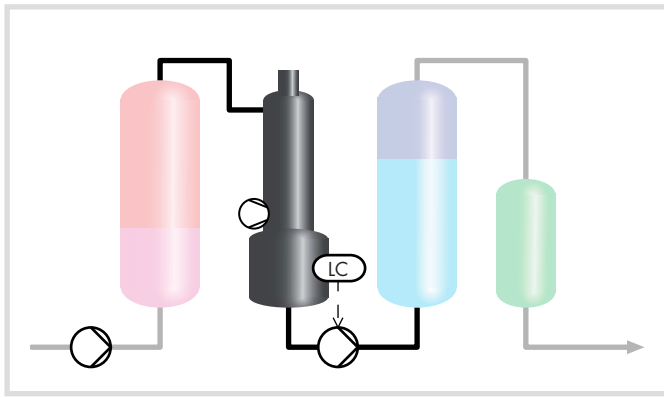


Bild 1. Rieseler zur klassischen Entgasung in der VE-Straße.

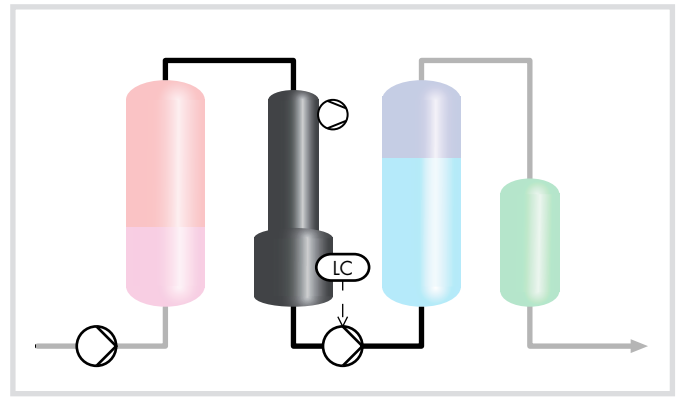


Bild 2. Vakuumentgaser für geschlossene Anlagen.

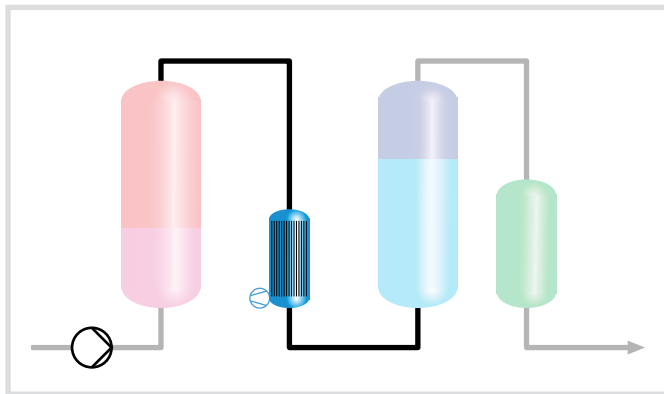


Bild 3. Membranentgaser zur kombinierten Entgasung innerhalb der VE-Straße.

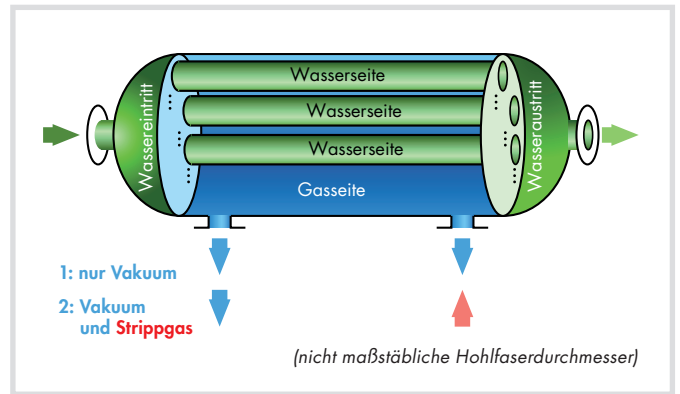


Bild 4. Schnittbild eines Membranentgasungsmoduls (Hohlfasern viel dicker als real dargestellt).

Wasserraum durch ein Bündel von dünnen Hohlfasern gebildet, die vom Wasser durchströmt werden. Außenseitig wird Unterdruck angelegt. Die Bauweise entspricht ungefähr einem Rohrbündelwärmetauscher, nur dass die Fasern sehr viel dünner sind. Membrantechnisch bedeutet dies, dass die Membran im Querstrom betrieben wird, was für eine lange Membranlebensdauer aufgrund geringer Foulinggefahr spricht. Auch anorganisches Scaling ist nicht zu befürchten, weil das Wasser hier einen pH-Wert von 2 bis 4 besitzt und auch keine Aufkonzentrierung wie bei einer Umkehrosmose auftritt.

Das Bild 4 zeigt ein Membranmodul schematisch. Es ist anzumerken, dass die Hohlfasern viel dünner sind, als in der Zeichnung dargestellt. In der Zeichnung sind zwei gasseitige Betriebsarten eingezeichnet. Zum einen wird nur Vakuum an-

gelegt, und zum anderen wird ein Stripppgas eingespeist, das durch die dann kräftiger ausgelegte Vakuumpumpe immer noch gut abgesaugt wird. Beide Maßnahmen dienen dazu, den gasseitigen Partialdruck des zu entfernenden Gases so niedrig wie möglich zu halten, damit das Konzentrationsgefälle des Gases über der Membran möglichst hoch wird.

Ob der reine Vakuumbetrieb oder der Betrieb mit einem Stripppgas einen niedrigeren Partialdruck erzeugt, muss individuell getestet werden. Hierzu gibt es unterschiedliche Aussagen. Schließlich sind zum Beispiel für die CO<sub>2</sub>-Entfernung das O<sub>2</sub> oder das N<sub>2</sub>, die in großer Menge aus dem Wasser mit durch die Membran treten, auch Stripppgase (Bild 5)!

Entscheidend für eine gute Unterscheidung von Wasser- und Gasdurchtritt ist eine möglichst hydrophobe Membranober-

fläche. Diese bewirkt, dass Wasser nur in sehr geringem Umfang durch die Membran durchtreten kann, während Gase als kleine Moleküle ohne Hydrathüllen recht gut hindurch diffundieren. Diese unterschiedliche Gängigkeit ist ein entscheidender Unterschied zum Vakuumentgaser, der keine Trennung zwischen Wasser- und Gasraum besitzt. Dadurch wird dort sehr viel Wasser mit verdampft, was die Vakuumpumpe ebenso absaugen muss. Beim Membranentgaser reicht dagegen eine vergleichsweise kleine Vakuumpumpe.

**Typische Messergebnisse der Membranentgasung**

Die erreichbaren CO<sub>2</sub>-Restwerte sind beim Membranentgaser stark von der dynamischen Auslegung und einigen apparativen Details abhängig. Eine beispielhafte Kurve für die CO<sub>2</sub>-Restwerte ist im Bild 6 dargestellt. Es ist erkennbar, dass der Membranentgaser zwar durchaus die Restwerte eines Rieselers erreichen kann, aufgrund der Einschränkungen durch die Membrandiffusivität für Gase aber eine deutlich ansteigende Kennlinie bei steigendem Durchfluss besitzt.

Auch für die O<sub>2</sub>-Entfernung gelten dieselben Gesetzmäßigkeiten (Bild 7). Es gibt allerdings auf unterschiedliche Gase optimierte Membranen, sodass die beiden Kurven nur als Anhaltspunkte zu sehen sind.

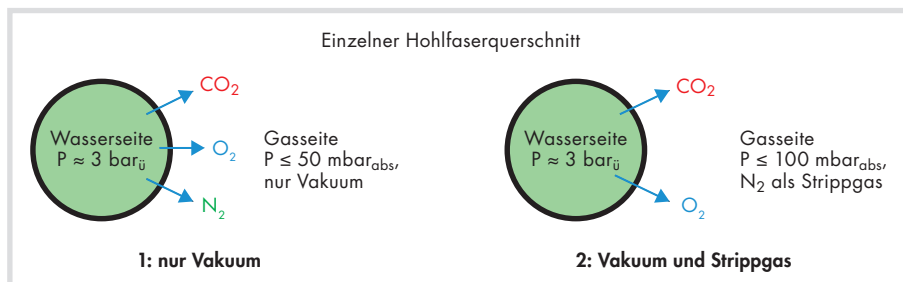


Bild 5. Unterschiede der Fahrweisen des Membranentgasers.

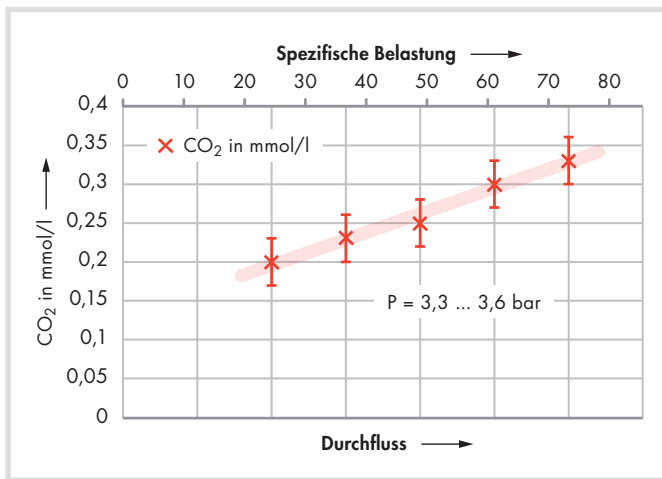


Bild 6. Typische CO<sub>2</sub>-Restwerte (aus einer Pilotanlage).

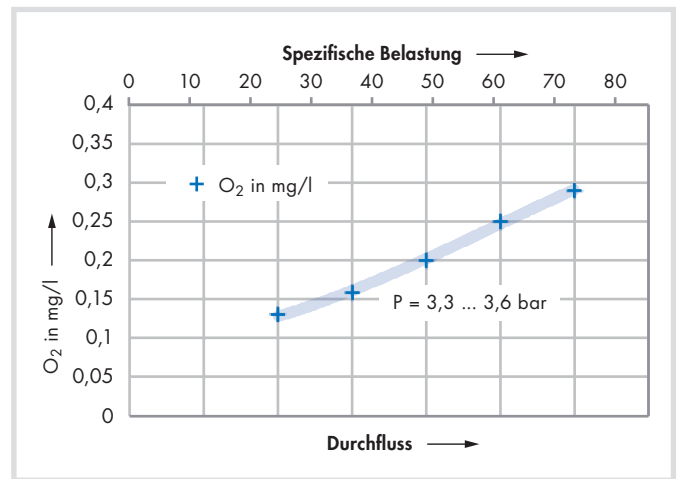


Bild 7. Typische O<sub>2</sub>-Restwerte (aus einer Pilotanlage).

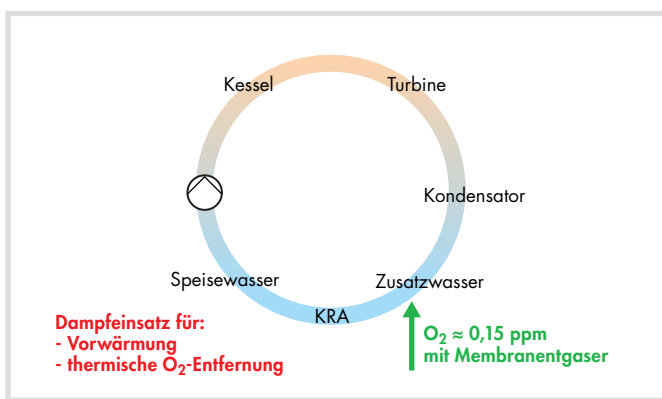


Bild 8. Einsparmöglichkeit von Stripddampf in der thermischen Entgasung im Speisewasser.

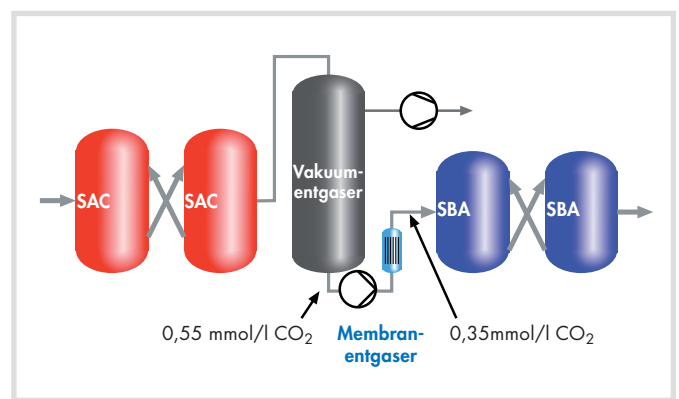


Bild 9. Beispiel einer geschlossenen Anlage zur Pharmawasservorproduktion (reale Größenverhältnisse).

## Anwendungsbeispiele

### Einsparung von Dampf für die thermische Entgasung im Kraftwerk

Im Kesselspeisewasser wird in der Regel eine thermische Entgasung zur O<sub>2</sub>-Entfernung betrieben. Bei dieser Stufe kann ausgenutzt werden, dass das Kesselspeisewasser sowieso bis etwa 105 bis 110 °C erwärmt werden soll, um den Wirkungsgrad zu erhöhen. Dazu wird Niederdruckdampf verwendet, der gleichzeitig die Strippung von O<sub>2</sub> bewirkt (Bild 8).

Es ist allerdings umstritten, welche Menge Dampf für die Erwärmung und welche für die Strippung benötigt wird. Es gibt Meinungen, dass die Erwärmung eigentlich schon durch Rauchgaswärmetauscher erreicht werden kann. Dann würde der meist kostspielige Dampfverbrauch vorrangig für die O<sub>2</sub>-Entfernung eingesetzt. Hier kann die Membrantgasung in der VE-Anlage als kombinierte CO<sub>2</sub>- und O<sub>2</sub>-Entgasung helfen, weil das VE-Wasser die eigentliche Sauerstoffquelle für das Speisewasser ist. Dabei muss allerdings vorausgesetzt werden, dass ein N<sub>2</sub>-überlagerter Deionattank verwendet werden kann.

Insbesondere werden hier Vorteile in folgenden Situationen gesehen:

- O<sub>2</sub>-freies Wasser bereits während des Anfahrbetriebs, wenn noch kein Dampf zur Verfügung steht.
- Nachspeisung von Fernwärmenetzen mit Sauerstofffreiem Wasser (aufgrund der hohen Temperatur der Rückläufe aber leider kein Einsatz der Membrantgasung innerhalb des Kreislaufs)
- O<sub>2</sub>-Entfernung nach VE-Tank bei offen gebauten Tanks

### Geschlossene Anlage ohne Verkeimungspotenzial

Gerade im Bereich der Pharmaindustrie wird verkeimungssichere Technik bereits in den Vorstufen der Pharmawassererzeugung benötigt (Bild 9). Dies gilt allerdings genauso in der Lebensmittel-, Brauwasser- und der Reinstwassererzeugung. Daher werden in diesen Branchen schon länger Vakuumentgaser eingesetzt. Deren Baugröße ist allerdings verglichen mit einem Membrantgaser sehr viel größer. In einem realen Beispiel war auch die Effektivität mit 0,55 mmol/l CO<sub>2</sub>-Restwert nicht ausreichend, sodass ein Membranmodul nachgeschaltet wurde. Damit wurden dann noch einmal deutlich niedrigere Restwerte erreicht, was sich in Qualität und Laugekosten positiv auswirkte.

Bei entsprechender Auslegung kann der Membrantgaser aufgrund der hohen Oberfläche der Hohlfasern gegenüber der Rieselsäule des Vakuumentgasers sehr viel kompakter gebaut werden und trotzdem den großen Vakuumentgaser vollständig ersetzen.

### Kostensenkung und pH-Stabilisierung im Spülwasser der Metalloberflächentechnik

In einem ebenso aktuellen Beispiel aus der Metalloberflächentechnik wurde bemängelt, dass durch eine aus starksaurem Kationenaustauscher (SAC) und gemischtbasischem Anionenaustauscher (GBA) bestehende VE-Spülwasserkreislaufanlage ein zu niedriger pH-Wert für die Spezifikation des Spülprozesses erzeugt wurde. Dies ist nicht weiter verwunderlich, weil die GBA-Stufe Kohlensäure nicht ausreichend zurückhält. Durch die unvermeidbare Rohwasserzuspewung wird immer mehr Kohlensäure in das eigentlich geschlossene System eingetragen und reichert sich an. Die GBAs brechen immer früher über die Kohlensäure durch, was aber nicht zur Abschaltung führt, weil die Abschaltgrenzen bei solchen Anlagen meist bei  $\geq 20 \mu\text{S}/\text{cm}$  liegen. Kohlensäure erzeugt bei vollem Durchbruch aber nur Leitfähigkeiten von bis etwa  $15 \mu\text{S}/\text{cm}$ , was im VE-Wasser bereits pH-Werte von  $< 5$  bewirkt.

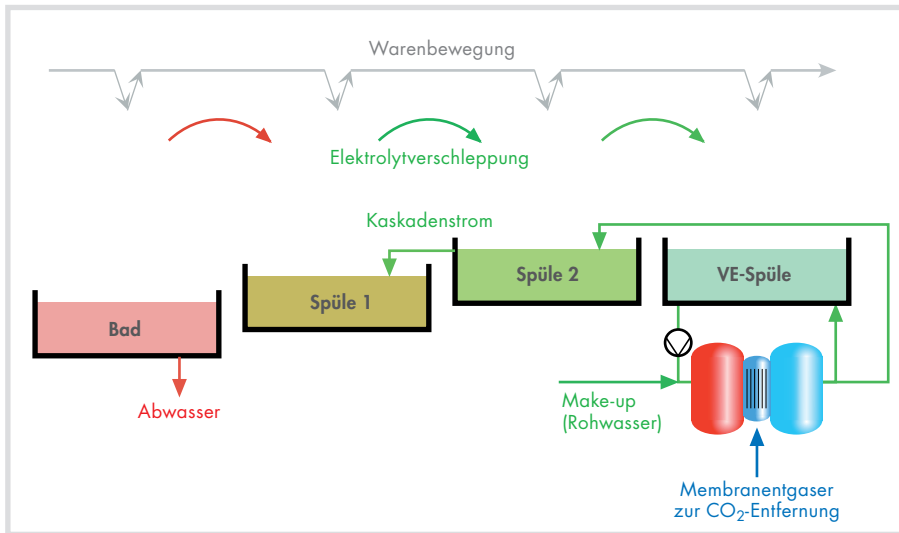


Bild 10. Stabilisierung des pH-Wertes durch CO<sub>2</sub>-Entfernung ohne SBA.

Durch nachträgliche Zwischenschaltung eines Membranentgasers zwischen Kat- und Anionenaustauscher konnte die eingetragene Kohlensäure weitgehend entfernt werden, sodass zum einen die Laufzeit der ANs deutlich steigt (im vorliegenden

Beispiel aufgrund einer Reihen-Wechselschaltung sogar leicht und vollständig nutzbar!) und andererseits ohne Kostensteigerung sehr viel niedrigere Abschaltleitfähigkeiten eingestellt werden können, was die pH-Qualität des Spülwassers deutlich verbessert (Bild 10).

Fazit

Es wurden Vor- und Nachteile des Membranentgasungskonzepts aufgezeigt. Sicherlich lassen sich neben den aufgeführten Beispielen noch weitere Szenarien finden, bei denen die besonderen Eigenschaften

- der kombinierten Entgasung oder
  - der einfachen Verfahrenstechnik oder
  - der geschlossenen und keimeintragsfreien Bauweise oder
  - der leichten Nachrüstbarkeit
- vorteilhaft genutzt werden können.

Wenn also diese hier zusammenfassend genannten Eigenschaften entscheidend sind, dann ist die Technik des Membranentgasers als zukunftsweisend zu sehen. Wenn „nur“ die übliche CO<sub>2</sub>-Entgasung nach KAT benötigt wird und die Anlage groß ist, reicht die Technik des klassischen Rieselers aus. Bei kleineren Anlagen kann jedoch der Membranentgaser schon beim Neubau preiswerter als ein Rieseler sein, sodass das Konzept des Membranentgasers dann nicht nur besser, sondern sogar preisgünstiger ist.

Jobs im Internet: [POWERJOBS.VGB.ORG](http://POWERJOBS.VGB.ORG)



**Simulatortraining für Betriebspersonal hochautomatisierter Kraftwerke zum**

- Vorbereiten auf neue Technologien
- Fachkunderhalt
- Umgang mit modernster Leittechnik
- Kommunikations- und Teamtraining

Kostenlose Einführungstage nach Vereinbarung.

Sprechen Sie uns an!

**NEUE SIMULATOREN IN BETRIEB**

**KRAFTWERKSSCHULE E.V. – ZUKUNFT AUSBILDEN**

Deilbachtal 199, 45257 Essen, Deutschland  
 Telefon: +49 201 8489-206, Telefax: +49 201 8489-202

www.kraftwerksschule.de  
 frank.neuwirth@kraftwerksschule.de

Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008



# VGB | P O W E R T E C H

International Journal for Electricity and Heat Generation



✂ Please copy >>> fill in and return by mail or fax

Yes, I would like order a subscription of VGB PowerTech.

The current price is Euro 275.- plus postage and VAT.

Unless terminated with a notice period of one month to the end of the year, this subscription will be extended for a further year in each case.

\_\_\_\_\_  
Name, First Name

\_\_\_\_\_  
Street

\_\_\_\_\_  
Postal Code                      City                      Country

\_\_\_\_\_  
Phone/Fax

\_\_\_\_\_  
Date                      1st Signature

Cancellation: This order may be cancelled within 14 days. A notice must be sent to VGB PowerTech Service GmbH within this period. The deadline will be observed by due mailing. I agree to the terms with my 2nd signature.

\_\_\_\_\_  
Date                      2nd Signature

Return by fax to

VGB PowerTech Service GmbH

Fax No. +49 201 8128-302

or access our on-line shop at [www.vgb.org](http://www.vgb.org) | MEDIA | SHOP.

# VGB PowerTech-DVD

More than 12,000 digitalised pages with data and expertise  
(incl. search function for all documents)



## Please fill in and return by mail or fax

I would like to order the VGB PowerTech-DVD  
1990 to 2012 (single user license).

- Euro 950.-\* (Subscriber of VGB PowerTech Journal <sup>1</sup>)
- Euro 1950.-\* (Non-subscriber of VGB PowerTech Journal <sup>2</sup>)  
Plus postage, Germany Euro 7.50 and VAT
- Network license (corporate license), VGB members' edition (InfoExpert) and education license on request (phone: +49 201 8128-200).

\* Plus VAT.

Annual update <sup>1</sup> Euro 150.-; <sup>2</sup> Euro 350.-  
The update has to be ordered annually.

Return by fax or in business envelope with window to  
VGB PowerTech Service GmbH  
Fax No. +49 201 8128-329

\_\_\_\_\_  
Name, First Name

\_\_\_\_\_  
Street

\_\_\_\_\_  
Postal Code

\_\_\_\_\_  
City

\_\_\_\_\_  
Country

\_\_\_\_\_  
Phone/Fax

\_\_\_\_\_  
Date      1st Signature

Cancellation: This order may be cancelled within 14 days. A notice must be sent to VGB PowerTech Service GmbH within this period. The deadline will be observed by due mailing. I agree to the terms with my 2nd signature.

\_\_\_\_\_  
Date      2nd Signature