

Rachmanin, Ju.A., Davydova, S.G., Selivanov, S.B.,  
Mel'nikova, A.I., Martynova, I.M.

HYGIENISCHE BESCHAFFENHEIT VON ENTSALZTEM WASSER, DAS IN FILTER-  
PRESSE-ANLAGEN MIT UMGEKEHRTER OSMOSE GEWONNEN WURDE

Übersetzung aus:

Gigieniĉeskie aspekty ochrany okruŕajujuŕej sredy.  
Moskva, 2 (1974), S. 65 - 69.

Russ.: ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОПРЕСНЕННОЙ  
ВОДЫ, ПОЛУЧЕННОЙ НА ФИЛЬТР-ПРЕССОВЫХ  
ОБРАТНО-ОСМОТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Gigieniĉeskaja charakteristika opresnennoj vody,  
poluĉennoj na fil'tr-pressovyh obratno-osmoti-  
ceskich ustanovkach

Die Wasserentkeimung durch umgekehrte Osmose, die darauf basiert, daß die im Wasser gelösten Salze mit Hilfe halbdurchlässiger Membranen bei hohem Druck (50 - 150 atm) entfernt werden, zeichnet sich durch folgendes aus: geringer Verbrauch von Energie und Chemikalien, einfache Konstruktion und zuverlässige Arbeitsweise der Anlage [1]. Die Möglichkeit, Entsalzungsanlagen mit umgekehrter Osmose in großem Umfang einzusetzen, ergibt sich aus den Konstruktionsunterschieden der Geräte und den Eigenschaften der semipermeablen Membranen. Anlagen dieser Art können nicht nur zur Entsalzung von versalztem Grundwasser verwendet werden, sondern auch zum Entsalzen von Meerwasser [2], von salzhaltigem Grubenwasser und der Industrieabwässer von Papier- und Ölverarbeitenden Betrieben u.a. [3, 4].

Gegenwärtig werden in der UdSSR vier in der Konstruktion grundsätzlich verschiedene Moduln verwendet: "Filterpresse", rohrförmiger Filter, Wickelmodul und Hohlfaser. In der Technik werden hauptsächlich Moduln der "Filterpressen"-Art mit flachem Rahmen hergestellt; diese haben einige Vorzüge: sie sind einfach zusammenzubauen, die Membranen können leicht eingebaut und ausgewechselt werden, und die Vorbehandlung des Brauchwassers ist minimal [5].

Zur Bestimmung der Arbeitsleistung derartiger Anlagen wurde von uns eine hygienische Analyse des entsalzten Wassers durchgeführt; dieses Wasser wurde an Moduln unter experimentellen (an Salz- und Brackwasser-Imitaten) und natürlichen Bedingungen im Prüfstand von Batumi<sup>1)</sup> (Entsalzung von Meerwasser) gewonnen. Die Moduln wurden vom Moskauer D.I. Mendeleev-Institut für chemische Verfahrenstechnik<sup>2)</sup>, dem Unions-Forschungsinstitut für Wasserversorgung, Kanalisierung, hydrotechnische Anlagen und Ingenieur-Hydrogeologie des Staatlichen Komitees beim Ministerrat der UdSSR für Baufragen<sup>3)</sup> und dem Wissenschaftlichen Forschungsinstitut für kommunale Wasserversorgung und Wasserreinigung der K.D. Pamfilov-Akademie für Kommunalwirtschaft<sup>4)</sup> konstruiert. Auf einem speziell dafür ausgerüsteten Laborprüfstand für Hygiene von entsalztem Wasser des Instituts wurde die hygienische Arbeitsleistung der Moduln unter Verwendung verschiedener Muster von semipermeablen Membranen und verschieden großem Gesamtmineralgehalt des Rohwassers untersucht. Die Membranen wurden von Wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Kunststoffe (WFIKS)<sup>5)</sup> und dem Wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Kunst-

- 
- 1) Hauptstadt der Adžarischen Autonomen Sowjetrepublik mit einem großen Hafen am Schwarzen Meer (Anm. d. Übers.)
  - 2) Moskovskij chimiko-technologičeskij institut im. D.I. Mendeleeva (Anm. d. Übers.)
  - 3) VNIIVODGEO Gosstroja SSSR-Vsesojuznyj naučno-issledovatel'skij institut vodosnabženija, kanalizacii, gidrotehničeskich sooruzenij i inženernoj gidrogeologi Gosudarstvennogo komiteta soveta Ministrov SSSR po delam stroitel'stva (Anm. d. Übers.)
  - 4) Naučno-issledovatel'skij institut kommunal'nogo vodosnabženija i očistki vody Akademii kommunal'nogo chozjajstva im. K.D. Pamfilova.
  - 5) Naučno-issledovatel'skij institut plastmass (Anm. d. Übers.)

harze in Vladimir (WFIKHV)<sup>6)</sup> hergestellt.

Durch die Bestimmung der physikalisch-chemischen Werte des Rohwassers und des entsalzten Wasser konnte eine starke Entsalzungswirkung festgestellt werden, und zwar sowohl bei Verwendung verschiedener Membranen als auch bei unterschiedlichem Mineralgehalt des Rohwassers (5, 10 und 15 g/l) bei ein und demselben Modul mit den vom WFIKHV hergestellten Membranen. Das mit Hilfe der vom WFIKS hergestellten Membranen entsalztes Wasser hatte bezüglich der Härtesalze (Kalzium und Magnesium) eine günstigere Zusammensetzung, besitzt aber einen höheren Gehalt an oxidierbaren Stoffen (Tab. 1).

T a b e l l e 1

Einige sanitäre und chemische Kennwerte der Beschaffenheit von Rohwasser und entsalztem Wasser beim Einsatz von Moduln mit den Membranen des WFIKS und WFIKHV

Wasserprobe	Membranen	Gesamtsalzgehalt in mg/l	Ionengehalt (mg/l)				Härte, mg-äqu./l	Sauerstoffverbrauch, mg·O <sub>2</sub> /l	Alkalität, mg-äqu./l	pH-Wert
			Cl	SO <sub>4</sub>	Mg	Ca				
Rohwasser		5500	3010	630	150	28,4	15,3	5,5	1,8	8,0
entsalztes Wasser	WFIKS	363	173	3,0	3,7	3,7	0,5	1,7	0,2	7,7
	WFIKHV	367	188	2,2	14,6	1,3	1,3	0,5	0,3	7,6

<sup>6)</sup> Vladimírskij naučno-issledovatel'skij institut sintetičeskich smol (Anm. d. Übers.)

Unabhängig vom Salzgehalt des Rohwassers und von den verwendeten Membranen entsprachen Geruch und Geschmack den Normvorschriften des Staatlichen Unions-Standards "Trinkwasser" [6].

An der vom Wissenschaftlichen Forschungsinstitut für kommunale Wasserversorgung und Wasserreinigung der K.D. Pamfilov-Akademie für Kommunalwirtschaft und Unions-Forschungsinstitut für Wasserversorgung, Kanalisierung, hydrotechnische Anlagen und Ingenieur-Hydrologie des Staatlichen Komitees beim Ministerrat der UdSSR für Baufragen konstruierten Versuchsanlage wurden die vom WFIKHV hergestellten Membranen 2 500 h lang bei einem Arbeitsdruck von 50 - 55 atm getestet; dabei wurde untersucht, wie groß die Abhängigkeit der hygienischen Entsalzungsleistung von der Betriebsdauer der semipermeablen Membranen und ihren Selektionseigenschaften ist. Die Versuche wurden an natürlichem Brackwasser mit 4 - 8 g/l Mineralgehalt (2 500 - 5 000 mg/l Chloridgehalt, 750 - 1 200 mg/l Sulfatgehalt, 40 - 90 mg/l Kalzium, 150 - 300 mg/l Magnesium, 2,5 - 3,0 mg-Äqu./l Alkali-Metall, pH-Wert von 7,0 - 8,0) durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigten, daß das Entsalzen auf dieser Anlage bei bis zu 1 000 h Betrieb eine ausreichende Entsalzungswirkung gewährleistet, und daß das gewonnene Wasser seinen sanitären und chemischen sowie organoleptischen Kennwerten nach den Normvorschriften von [6] entsprach.

Zur Bewertung dessen, welchen Einfluß die Selektivität der semipermeablen Membranen auf die Güte des gewonnenen Wassers hat, wurde das entsalzte Wasser von jedem der 27 Filtereinsätze des Moduls untersucht, die unter Berücksichtigung der NaCl-Selektivität in 6 Gruppen eingeteilt waren. Der etwas höhere Mineralgehalt des entsalzten Wassers nach 1 000 Stunden Betrieb hängt hauptsächlich mit einer starken Selektionsabnahme der Zelluloseazetatmembranen der 2. Gruppen ab (R für NaCl 48 - 10 %). Der Gesamtmineralgehalt des entsalzten Wassers, das mit Stahlfiltereinsätzen gewonnen wurde, nahm in dieser Zeit allmählich zu, bis auf ca. 90 - 150 mg/l.

Die Güte des entsalzten Wassers, das aus verschiedenen Filtereinsatzgruppen bei gleichen Betriebsbedingungen des Umkehrosrose-Anlage gewonnen wurde, hing von der Selektivität der Membranen ab und entsprach bei einer Entsalzungsleistung für NaCl von weniger als 83 % (bei 4,6 g/l Salzgehalt des Rohwassers) nicht mehr den Normvorschriften von [6]. Bei ca. 8 g/l Salzgehalt des Rohwassers entsprach das entsalzte Wasser nach 2 400 h nicht mehr den erforderlichen Vorschriften über den Chloridgehalt.

T a b e l l e 2

Abhängigkeit der sanitären und chemischen sowie mikrobiologischen Werte von entsalztem Wasser von der Selektivität der semipermeablen Membranen nach 2 400 h Einsatz

Gesamtsalzgehalt des Rohwassers, mg/l	Filtereinsatzgruppe	Entsalzungswirkung bez. NaCl, %	Gütwerte des entsalzten Wassers								
			Ionengehalt (mg/l)					Sauerstoffverbrauch, O <sub>2</sub> mg/l	E.coli (in 1 ml)	Bakteriophagen T-1 (in 1 ml)	Poliovirus (in BOE/ml)
			Cl	SO <sub>4</sub>	Mg	Ca	B				
4600	1	91	305	1,8	3,4	2,4	4,4	0,3	0	0	0
	2	83,2	392	13,9	12,4	3,9	4,3	0,4	0	0	0
	3	74	861	42,2	25,0	7,1	4,5	0,5	0	0	0
	4	57	1425	65,3	51,5	9,3	4,3	1,9	0	0	15
	5	48	1655	207,7	68,3	12,6	4,3	2,5	0	0	12
	6	8,3	3017	509,0	150,1	28,7	4,9	3,3	0	0	42
8000	1	91	409	4,2	6,4	3,1	4,5	1,3	-	0	0
	2	84	642	24,6	11,7	5,6	4,4	0,6	-	0	0
	3	77,1	970	63,5	24,5	5,9	4,6	1,8	-	0	3
	4	64,8	1487	94,0	53,6	8,8	4,4	2,1	-	0	15
	5	48,4	2141	277,0	76,0	14,1	4,3	2,0	-	0	12
	6	10,7	3680	760,0	199,0	68,0	4,7	5,3	-	0	42

Unabhängig vom Rückhaltevermögen der Membranen gelangten sogar bei einer Betriebsdauer der Anlage von mehr als 2 400 h keine E. coli-Bakterien oder Bakteriophagen davon in das entsalzte Wasser; der Retentionsgrad der größenmäßig kleineren Poliomyelitisviren stand in direkter Abhängigkeit zur Selektivität der semipermeablen Membranen (Tab. 2). Eine entsprechende Abhängigkeit wurde auch für die Salzgrundbestandteile des Wassers (Chloride, Sulfate, Kalzium, Magnesium) und organische Substanzen (bezüglich Sauerstoffbedarf) festgestellt.

Die Membranen hielten Brom zu 80 % und Fluor zu 40 % zurück. Ihr Rückhaltevermögen hing von der Selektivität der Membranen bezüglich Natriumchlorid ab. Beim Entsalzen von Rohwasser mit einem hohen Bromgehalt (30 - 35 mg/l) lag die Bromkonzentration im entsalzten Wasser wesentlich über der für Brom gültigen hygienischen Norm, die nicht mehr als 0,2 mg/l zuläßt. Der Grad, zu dem Bor durch die semipermeablen Membranen gelangte, betrug annähernd 80 - 90 % und hing nicht vom Rückhaltevermögen der Salzgrundbestandteile, von seiner Konzentration im Rohwasser (1 bis 4 000 mg/l) und seinem Gesamtsalzgehalt (destilliertes Wasser, Meerwasser) ab. Dies macht es notwendig, wirkungsvolle Stoffe zu erarbeiten und hygienisch zu kontrollieren, die Bor und Brom rückhalten können.

#### S c h l u ß f o l g e r u n g e n

1. Die organoleptischen und wichtigsten sanitären und chemischen Gütwerte von entsalztem Wasser, das durch umgekehrte Osmose gewonnen wurde, hängen von der Selektivität und Verwendungszeit der benutzten Zelluloseazetatmembranen ab.

2. Fehlerfreie Zelluloseazetatmembranen mit über 80 - 90 % NaCl-Selektivität gewährleisten beim Entsalzen von Grubenbrackwasser mit einem Gesamtsalzgehalt unter 5 g/l und einem Bor- und Bromgehalt von nicht mehr als 1,2 und 1,0 mg/l Trinkwasser, das den Normvorschriften des Staatlichen Unionsstandards "Trinkwasser" entspricht.

3. Die Gewinnung von entsalztem Trinkwasser (entsprechend den organoleptischen, physikalisch-chemischen sowie sanitären und mikrobiologischen Werten) durch umgekehrte Osmose aus Salz-(Meer-)Wasser mit einem hohen Gehalt an Spurenelementen (insbesondere Bor und Brom) kann sichergestellt werden, wenn Qualität und Selektivität der semipermeablen Membranen verbessert und spezifische Stoffe gefunden werden, die Bor und Brom rückhalten können.

#### L i t e r a t u r

1. Карелин Ф. Н. — Исследование процесса опреснения воды гиперфильтрацией. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук М., 1968.

Karelin, F.N.: Issledovanie processa opresnenija vody giperfil'traciej. — Aftoreferat kandidatskoj dissertacii na soiskanie učenoj stepeni kandidata techničeskich nauk. Moskva: 1968.

⟨Untersuchung der Wasserentsalzung durch Hyperfiltration, — Kandidatendissertation; russ.⟩

2. Орлов А. К., Чумаченко Н. В., Цейтлин И. М., Ясминов А. А. — Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по мембранным методам разделения смесей. М., 1973, с. 43—46

Orlov, A.K., Čumačenko, N.V., Cejtlin, I.M., Jasminov, A.A.: Apparaty i ustanovki dlja opresnenija solevych vod metodom giperfil'tracii.

In: Tezisy dokladov. I Vsesojuznaja konferencija po membrannym metodam razdelenija smesej. Moskva, 1973, S. 43 - 46; auch in: Membrannaja tehnologija - novoe napravlenie v nauke i tehnike. Moskva: 1973, S. 43 - 45.

⟨Geräte und Anlagen zur Entsalzung von versalztem Wasser durch Hyperfiltration; russ.⟩

3. Дытнерский Ю. И., Семенов В. П., Кочаров Р. Т., Терпугов Г. В., Романенко Ю. К. — В кн. Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по мембранным методам разделения смесей. М., 1973. 68—72

Dytnerskij, Ju.I., Semenov, V.P., Kočarov, R.T., Terpugov, G.V., Romanenko, Ju.K.: Očistka stočnych vod predpriyatij celljulozno-bumažnoj promyšlennosti obratnym osmosom i ul'trafil'traciej.

In: Tezisy dokladov. I Vsesojuznaja konferencija po membrannym metodam razdelenija smesej. Moskva; 1973, S. 68 - 72; auch in: Membrannaja tehnologija - novoe napravlenie v nauke i tehnike. Moskva: 1973, S. 68 - 71.

⟨Abwasserreinigung von Betrieben der Zellulose- und Papierindustrie durch Umkehrosmose und Ultrafiltration; russ.⟩

4. Корнева Л. В., Авдонин Ю. А., Олевский В. М., Константинов И. И. В кн. Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по мембранным методам разделения смесей. М., 1973, с. 72—74.  
Korneva, L.V., Avdonin, Ju.A., Olevskij, V.M., Konstantinov, I.I.:  
Očistka stočnych vod ot chlorbenzola.  
In: Tezisy dokladov. I Vsesojuznaja konferencija po membrannym metodam razdelenija smesej. Moskva, 1973, S. 72 - 74;  
auch in: Membrannaja tehnologija - novoe napravlenie v nauke i tehnike. Moskva: 1973, S. 72 - 73.  
<Beseitigung von Chlorbenzol aus Abwasser; russ.>
5. Лукатый Л. С., Дытнерский Ю. И., Волгин В. Д., Синяк Ю. Е. «Теоретические основы хим.—технологии». 1970, т. 4, № 4, с. 585—586.  
Lukavyj, L.S., Dytnerskij, Ju.I., Volgin, V.D., Sinjak, Ju.E.:  
O mechanizme selektivnoj pronicaemosti polimernych membran.  
In: Teoretičeskie osnovy chmičeskoj tehnologii. Moskva, 4 (1970), Nr 4, S. 585 - 586.  
Engl.: Selective Permeability Mechanism in Polymeric Membranes.  
In: Theoretical Foundations of Chemical Engineering. New York, 4 (1970), Nr 4, S. 564 - 565.
6. GOST [Gosudarstvennyj obščesojuznyj standart] "Voda pit'evaja".  
<Staatlicher Unionsstandard "Trinkwasser">.

Stuttgart, den 2. Mai 1980

übersetzt von

*Ottmar Pertschi*  
(Ottmar Pertschi)  
Dipl.-Übersetzer