

Vorgehensweisen gegen Chemikalienkostenanstieg in Vollentsalzungsanlagen bei Harzalterung

Dieter Mauer

Abstract

Method against increasing chemical costs due to ageing resins in IEX DI plants

It is a familiar but unwelcome fact in ion-exchange DI systems that the loading throughput decreases with increasing age of the resin filling. In this paper, the reasons and the consequences will be outlined, which cause an improper response to these phenomena.

New strategies for the adaption of regenerant amounts emerge from the understanding of the specific ion-exchange aging mechanisms and the influence on the operating capacity by variations of regenerant amounts for thoroughfare regeneration and one-stage counter-current regeneration.

A new but simple approach to continuous monitoring of the installation and proper adaptation of regenerant amounts is described, which aims to create no significant increase in costs despite of resin aging. Similarly, measurement tools are provided that facilitate the correct setting.

Bisherige Vorgehensweise bei Laufzeitverlust

Es ist eine bekannte, aber ungeliebte Tatsache bei Ionenaustauscher-Vollentsalzungsanlagen (VE), dass die Beladedurchsätze mit zunehmendem Harzalter abnehmen. Üblicherweise wird dies mit abnehmenden Harzkapazitäten erklärt. Gut bekannt sind darüber hinaus Kurven der Harzhersteller, dass mit zunehmendem Regeneriermitteleinsatz (REs) die Kapazitäten steigen. Die übliche Reaktion auf solche sinkenden Durchsätze sind also Erhöhungen des REs und manchmal auch Doppelregenerationen. Letztlich wird also versucht, aus den alternden Füllungen die gleichen Laufzeiten herauszuholen, die die neuen Harze geschafft hatten.

Leider ist der Erfolg normalerweise nicht nachhaltig, sodass nach Doppelregenerationen sehr schnell die alte Situation wiederkehrt. Eine längerfristige Regeneriermittelerhöhung hat recht häufig sogar kaum eine spürbare Wirkung.

Eine noch häufigere Reaktion ist dagegen eher passiv. Der Betreiber nimmt die kürzeren Durchsätze zur Kenntnis und lässt die RE unverändert. Dies bedeutet, dass dieselben Regenerationskosten in immer kürzeren Zeitintervallen anfallen, was die jährlichen Kosten ebenso erhöht.

Finanzielle Folgen falschen Verhaltens

Sowohl REs-Erhöhung als auch REs-Konstanz bei sinkendem Beladedurchsatz führen dazu, dass der Regeneriermittelverbrauch steigt. Das Bild 1 zeigt beispielhaft für einen Anionenaustauscher (ANs), welche Kostensteigerungen für Lauge und Wasser zu erwarten sind. Es wird angenommen, einen ANs über x Jahre zu betreiben, wodurch sich eine mit dem Alter sinkende Abschreibung ergibt. Dieser Betriebskostenanteil zeigt also eine mit steigendem Harzalter sinkende Tendenz. Demgegenüber führt die beschriebene Alterung zu verkürzten Laufzeiten, wobei der nicht angepasste REs und der meist ebenso deutlich steigende Waschwasserverbrauch zu mit dem Alter steigenden Betriebskosten führen. Die Addition beider Effekte zeigt also eine erst sinkende und dann wieder steigende Kurve [1].

Interessant wird es, wenn auf der vertikalen Achse der Preis einer neuen Füllung zum Vergleich mit aufgetragen wird (blaue Gerade). Ab circa sieben Betriebsjahren kreuzen sich die Kurve und diese Gerade. Dies bedeutet, dass circa ab dem siebten Betriebsjahr damit zu rechnen ist, dass jedes Jahr mehr als ein Harznewert als Chemikalienmehrkosten in die Anlage gesteckt wird!

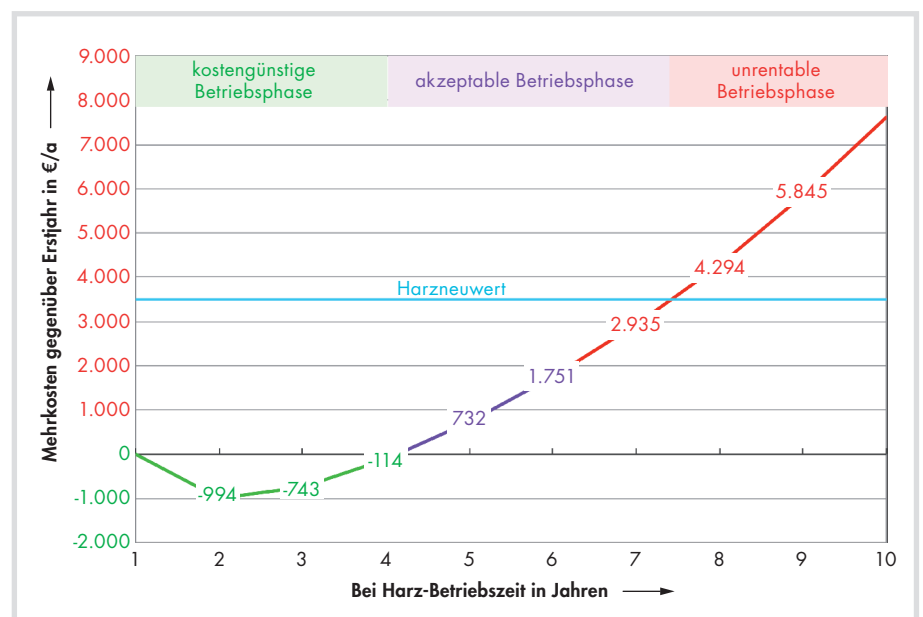


Bild 1. Finanzielle Folgen der Alterung eines Anionenaustauschers ohne entsprechende Reaktion.

Autor

Dr. Dieter Mauer
MionTec GmbH
Leverkusen/Deutschland

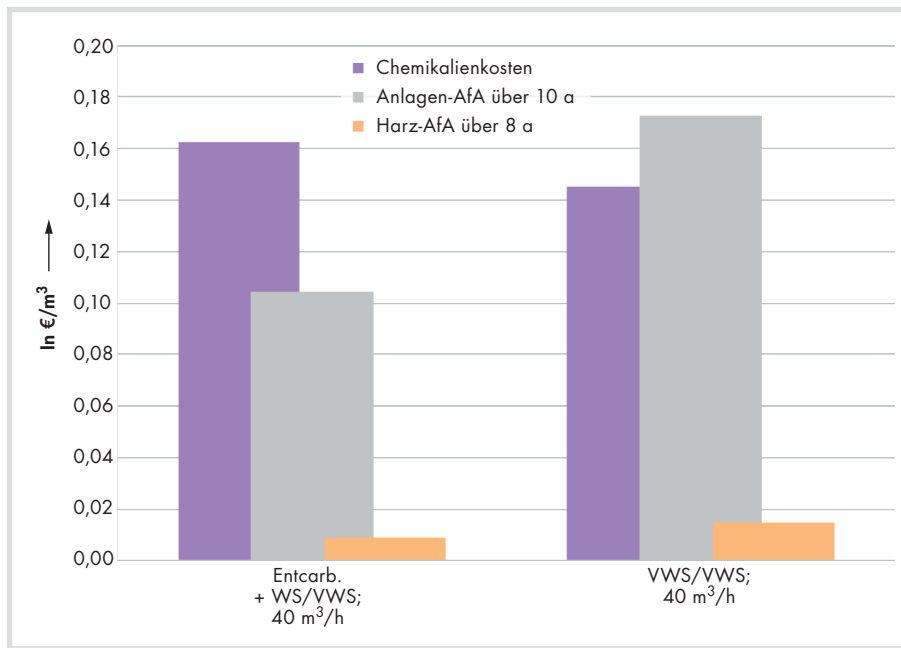


Bild 2. Kostenanteile für verbreitete Anlagentypen im Vergleich.

Wo wird in der VE-Anlage das Geld ausgegeben?

Im vorigen Kapitel wurde sehr auf die Chemikalienkosten eingegangen. Es wird wenig beachtet, dass bei IA-Anlagen meist genau diese Chemikalienkosten in der Gesamtkostenbetrachtung deutlich dominieren. Das Bild 2 zeigt den Vergleich der wesentlichen Kostenbestandteile, nämlich – die Chemikalienkosten, – die Abschreibung (AfA) für die Anlage und – die Abschreibung für die Harze.

Dies wird für zwei oft verwendete Anlagentypen gezeigt. Zum einen eine Verbundschwebbett (VWS)-VE-Straße mit der Folge WAC – SAC – Rieseler – WBA – SBAs (VWS/VWS) und zum anderen eine Straße, die kalkantcarbonisiertes Rohwasser entsalzt mit der Folge SAC – WBA – SBAs (WS/VWS), die also auf der KATs-Seite keine Verbundregeneration besitzt. Für das Rohwasser wurde in diesen Berechnungen eine Leitfähigkeit (LF) von circa 500 µS/cm eingesetzt.

Bisher lag das Interesse sowohl der Planer als auch der Betreiber meist auf minimierten Investitionskosten, minimierten Harzmengen oder niedrigsten Harzpreisen. Dass in den gesamten Lebenskosten einer solchen Anlage dagegen die optimierten Chemikalienkosten eine genauso wichtige Rolle spielen sollten, ist klar erkennbar. Es ist dabei zusätzlich zu beachten, dass in der circa 30-jährigen Lebenszeit die AfA konstant bleibt, während die Chemikalienkosten einer – gerade in den letzten Jahren sehr spürbaren – Preissteigerung unterliegen.

Dazu kommt die in diesem Aufsatz besonders behandelte (vermeidbare) Chemikalienkostensteigerung um 30 bis 100 % im Lauf der Jahre, wenn keine geeignete

Maßnahmen getroffen werden. Damit wird der Chemikalienkostenanteil letztendlich dominierend in der Gesamtkostenbetrachtung.

Neue Adaptionismethode unter Einbeziehung der speziellen Alterung und Verfahrenstechnik

Alterungsmechanismen von Ionenaustauschern

Wenn davon gesprochen wird, dass die Harzkapazitäten durch Alterung sinken, wird üblicherweise angenommen, dass dies sowohl Kat- als auch Anionenaustauscher betrifft. Dies ist nicht richtig, wie das Bild 3 zeigt [2].

Es wird sehr deutlich, dass bei den ANS ein spürbarer Abfall der starkbasischen

Kapazitätsanteile – der für die Funktion des Austauschers wesentlich ist – auftritt. Dies ist für unterschiedliche Harztypen nicht gleich, aber leider immer sehr ausgeprägt. Die Punkte rechts oben zeigen zum Beispiel Harzmuster, bei denen ein hohes Alter angegeben wird, aber nicht beachtet wurde, dass jedes Jahr Teilmengen nachgefüllt werden („Top-Up-Strategie“). Ebenso wird bei Anlagen, die sehr selten betrieben werden (zum Beispiel im Spitzenlastkraftwerk), meist eine stark verringerte Alterung festgestellt. Daher wurden mit den durchgezogenen Linien die „Worst-case-Fälle“ markiert, die einer kontinuierlich betriebenen VE-Anlage entsprechen.

Ganz anders sieht die Auftragung der Kapazitätsmessergebnisse von Kationen-austauschermustern gegen ihr Alter aus. Sowohl bei kalt betriebenen VE-Harzen als auch bei heiß betriebenen Kondensat-reinigungs-Harzen liegt kein messbarer Abfall vor. Kapazitätsverlust ist bei ANS also deutlich spürbar, bei KATs jedoch so gut wie nicht vorhanden. Dies wird in den folgenden Betrachtungen berücksichtigt.

Einflussnahmemöglichkeiten auf Kapazität und Durchsatz

Aus dem oben Gesagten wäre das Ziel denkbar, die nutzbare Kapazität der ANS auf irgendeine Weise anheben zu können, während dies bei den KATs nicht nötig ist. In diesem Kapitel werden nun die Möglichkeiten beschrieben, die der Betreiber hat oder nicht hat, um die nutzbare Kapazität (NK) zu beeinflussen.

Kapazitätskonstanz bei Verbundregeneration

Der erste Fall betrifft eine Verbundschaltung aus einem starken und einem schwachen Harz, zum Beispiel der Kombination schwachbasisch – starkbasisch (WBA – SBAs, in Beladerichtung). Diese Schaltung

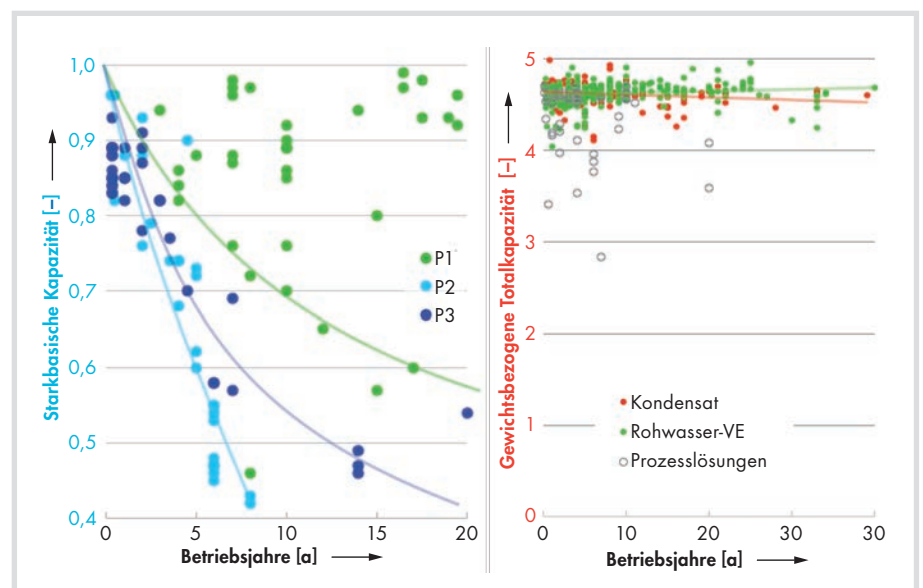


Bild 3 Unterschiedliches Alterungsverhalten von Kat- und Anionenaustauschern.

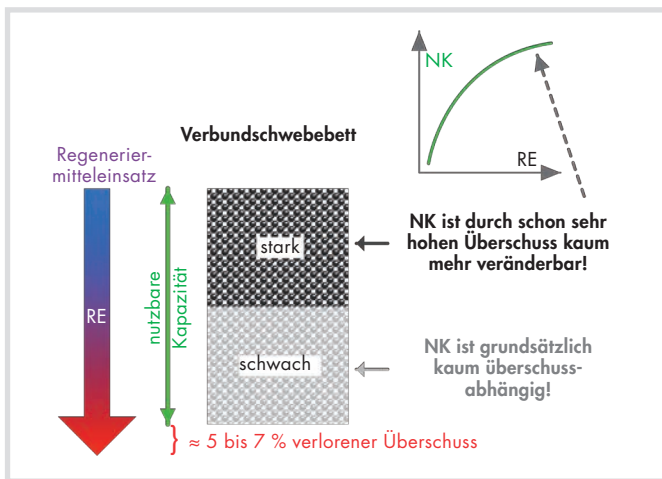


Bild 4 Kapazitätskonstanz bei Verbundregeneration.

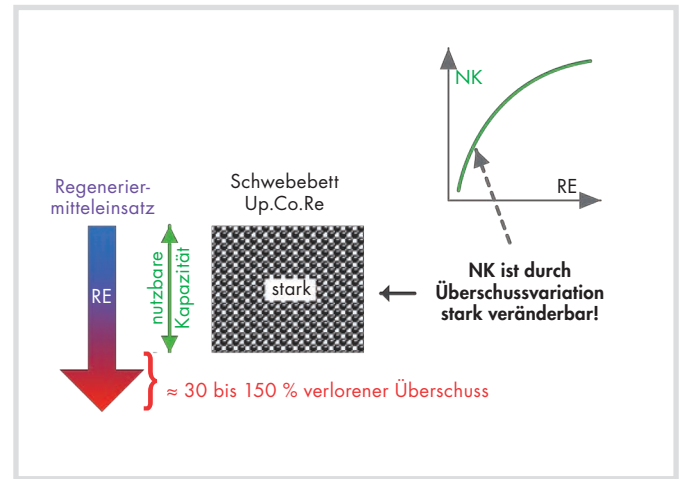


Bild 5. Kapazitätsveränderbarkeit ohne Verbund.

bietet sehr hohe Regeneriermittelüberschüsse (RÜ) bezogen auf den SBAs, weil dieser mit der für beide Austauschstufen gerechneten Menge im Gegenstrom regeneriert wird. RÜ kann Werte um 600 bis 1000 % der NK des SBAs annehmen. Die Abhängigkeit der NK von REs ist eine Kurve mit einem steilen Anstieg und einer asymptotischen Entwicklung auf einen Maximalwert für hohe REs. Diese Kurve ist im Bild 4 oben mit skizziert [3]. Gleichzeitig ist in dem Schema die Höhe des Harzbetts als NK interpretiert und die Länge des Regeneriermittelpfeiles als REs. Der Arbeitspunkt des SBAs allein liegt auf dieser Kurve weit rechts oben. Es ist leicht erkennbar, dass Änderungen von REs aufgrund der geringen Kurvensteigung kaum eine Wirkung auf die NK zeigen.

Die Kapazität der schwachen Typen ist dagegen wesentlich vom Ionenangebot abhängig. Dieses ist das Produkt aus Zulaufkonzentration mal spezifischer Belastung und damit so gut wie gar nicht von REs abhängig. Auch hier liegt also keine Einflussnahmemöglichkeit auf die NK vor. Es besteht also kaum die Möglichkeit, die NK einer Verbundschaltung durch REs-Erhöhung zum Beispiel zu erhöhen.

Andersherum kann REs aber ohne Probleme erniedrigt werden, weil die starke Stufe dann trotzdem immer noch hohe RÜ sieht und die schwache Stufe meist ohne erkennbare Probleme unterregeneriert werden kann. Es bleibt am Bettanfang eine Restbelastung, die bei der nächsten Beladung als NK fehlt. Somit hat besteht im Verbund durchaus die Möglichkeit, die NK unter den Auslegungswert einzustellen, ohne Regeneriermittel zu verlieren; im Gegenteil wächst die Annäherung an den theoretisch bestmöglichen RÜ von möglichst knapp über 100 %.

Kapazitätsveränderbarkeit ohne Verbund

Anders sieht es aus, wenn kein Verbund vorliegt. Dies ist zum Beispiel bei Anlagen nach Kalkentcarbonisierung immer auf der KATs-Seite der Fall. Im Bild 5 ist ne-

ben der NK-Interpretation der Harzschicht das Diagramm NK versus RE mit eingezeichnet. Der Arbeitspunkt wird in dieser Kurve typischerweise möglichst nach links geschoben, weil rechts eher der unwirtschaftliche Betrieb vorliegt. Links auf der Kurve liegt jetzt aufgrund der hohen Steigung sowohl nach oben, als auch nach unten eine Einflussnahmemöglichkeit auf die NK vor.

Zu bedenken ist bei solchen RE-Variationen, dass nach rechts die Grenze der sinkenden Wirtschaftlichkeit besteht. Je weiter rechts im Diagramm gefahren wird, desto höher ist der verlorene Überschuss, der ungenutzt in das Neutrabecken abgegeben wird. Andererseits steht dem Wunsch nach einem möglichst weit links liegenden Arbeitspunkt das Phänomen der „Hungerregeneration“ entgegen. Es findet dann eine Qualitätseinbuße für das produzierte VE-Wasser bis hin zur sehr verfrühten Abschaltung durch Überschreitung der Grenzleitfähigkeit bereits während der Plateauphase der Beladung statt. Im Kapitel „Optimierungskontrolle durch LF- und pH-Durchbruchkurven“ werden Hinweise gegeben, wie in einer Optimierungsphase diese Grenzsituationen voneinander unterschieden werden können.

Die Situation ohne Verbund findet sich oft bei Kationenaustauschern, dagegen in größeren Anlagen fast nie bei Anionenaustauschern. Der letztere Fall soll daher in diesem kurzen Aufsatz nicht mit betrachtet werden.

Entwicklung des Durchsatzes bei einer VWS/VWS-Anlage durch alternde Anionenaustauscher

Für die weiteren Betrachtungen wird eine Anlage angenommen, die auf der KATs-Seite zu 100 % der in der Füllung möglichen NK genutzt wird und auf der ANs-Seite anfänglich circa + 20 % Altersreserve in der Kapazität besitzt. Der anfängliche Durchsatz orientiert sich also an der NK der KATs (als 100 % definiert, rote Linie im Bild 6). Die ANs besitzen

zwar 20 % Reserve, erhalten aber einen REs, der „nur“ 100 % davon nutzt. Damit wird zu Beginn der Lebenszeit der Füllung 100 % des Auslegungsdurchsatzes mit der dazu passenden Säure- und Laugemenge erreicht.

Wie oben schon beschrieben, bleibt die NK der KATs mehr oder weniger konstant (horizontale rote Linie), während die NK der ANs mit dem Alter sinkt (fallende blaue Kurve). Irgendwann kommt der Zeitpunkt, an dem sich die Linien kreuzen. Die ANs erbringen jetzt trotz anfänglicher Auslegung auf 120 % also nur noch maximal 100 % Durchsatz. Dem entspricht ein alterungsbedingter Verlust von funktionellen Gruppen auf circa 83 % des Neuwertes.

Damit beginnt die Lebensphase der Füllung, in der Anpassungen der Regeneriermittel notwendig werden. Die unter 100 % sinkende Zahl von anionischen Gruppen erlaubt eine Absenkung der Laugemenge. Eine Anhebung des REs bringt nichts, weil zum einen die funktionellen Gruppen nicht mehr in originaler Anzahl vorhanden sind und zum anderen gerade auf der AN-Seite fast immer eine Verbundregeneration verwendet wird. Hier ist eine Kapazitätssteigerung durch Erhöhung des REs also – wie oben beschrieben – so gut wie nicht möglich.

Neben der Absenkung des REs der ANs (ihrer Maximalleistung auf der blauen Linie folgend) muss das gewünschte Asymmetrierungskriterium, dass zuerst der KATs durchbrechen soll, erfüllt bleiben. Hierzu muss die Säuremenge abgesenkt werden, um der orangefarbenen Linie – als Fortführung der roten Geraden – zu folgen. Es ist dafür notwendig, dass die NK auf der KATs-Seite noch absenkbar ist. Dies ist zum einen bei einer WAC-SAC-Verbundschaltung sehr weitgehend und bei einer auf höheren REs betriebenen einzelnen SAC-Stufe (ohne Verbundregeneration) teilweise der Fall. Bei dieser Nicht-Verbund-Anordnung gibt es nur die Grenze der Hungerregeneration, die ein sehr weites Absenken des

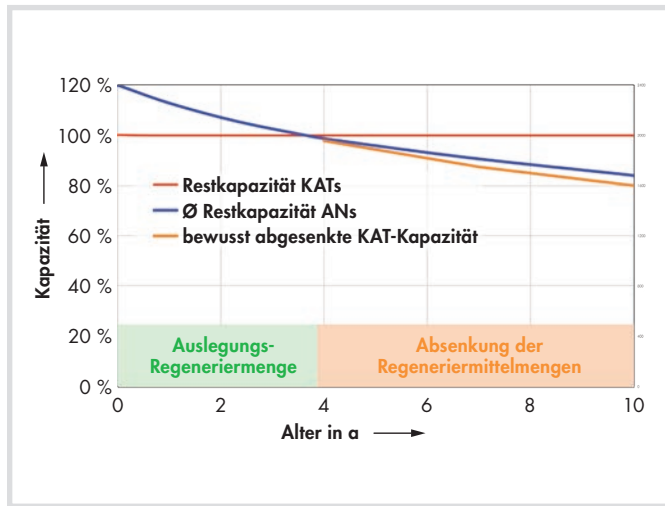


Bild 6. Sinkender Beladedurchsatz durch Alterung.

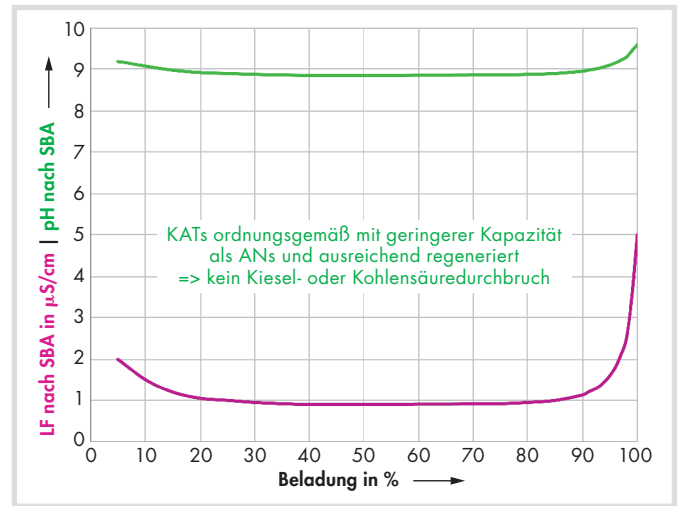


Bild 7. LF- und pH-Profile nach SBA in einer ordnungsgemäß arbeitenden Anlage.

REs begrenzt. In jedem Fall gilt, dass ein Ende der Absenkbareit der KATs-NK letztlich das Lebensdauerende der ANs (meist des SBAs) bedeutet.

Wenn die REs sowohl auf der KATs-, als auch auf der ANs-Seite diesem Modell entsprechend abgesenkt werden, ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Der Regeneriermittelüberschuss in Prozent der NK wird weitgehend konstant gehalten.
- Der Durchsatz geht ab einem Zeitpunkt zurück, was kein Fehlerfall ist!
- Der Quotient Chemikalienverbrauch pro Durchsatz bleibt weitgehend konstant und damit auch die Kosten pro Kubikmeter VE-Wasser, was letztlich das Ziel ist.
- Mit der letzten Schlussfolgerung wird klar, dass ein sinkender Durchsatz nicht notwendigerweise ein großes Übel ist.

Zum Schluss dieses Kapitels ist noch anzumerken, dass diese Betrachtungen für den Fall der alleinigen Kapazitätsalterung gelten. ANs zeigen manchmal auch Foulingsschäden, die zu verschlechterten kinetischen Eigenschaften und damit letztlich auch verringertem Durchsatz führen.

Ebenso führt Fouling mit organischen Säuren zu einer irreversiblen Belegung von funktionellen Gruppen, was wie ein Kapazitätsverlust zu sehen ist. Diese Leistungseinbuße ist aber einerseits nahezu überhaupt nicht quantitativ zu erfassen und andererseits durch gelegentliche Reinigung mit warmer alkalischer Kochsalzlösung im Rahmen zu halten.

Eine weitere Anmerkung betrifft Anlagen, die über feste Durchsätze abgeschaltet werden. Nur in sehr seltenen Fällen wird die Beladung in Form von Zulaufkonzentration x Durchsatz multipliziert und die darauf folgende Regeneriermittelmenge darauf angepasst. Üblicherweise sind die REs konstant, aber die Ausnutzung der NK während der Beladung wird nicht überprüft. Insbesondere wenn zusätzlich schwankende Zulaufverhältnisse vorliegen, ist diese Vorgehensweise aufgrund schlechter Wirtschaftlichkeit nach Möglichkeit zu vermeiden.

Optimierungskontrolle durch LF- und pH-Durchbruchkurven

Nachdem im vorigen Kapitel die etwas ungewöhnliche Vorgehensweise der alte-

rungsbedingten Regeneriermittlabsenkung begründet wurde, sollen in diesem Kapitel Hinweise gegeben werden, wie diese Optimierungen überprüft werden können. Dazu sind Kurvenaufzeichnungen der Leitfähigkeit (LF) nach SBAs und gelegentliche Protokollierungen des pH-Wertes nach SBAs notwendig. Das Bild 7 führt schematisch pH- und LF-Profile für eine ordnungsgemäß arbeitende Anlage auf.

Dieser Fall wird am Lebensanfang einer gut dimensionierten Anlage immer auftreten. Dann setzt die Alterung ein, bis die erreichbare NK der ANs diejenige der KATs unterkreuzt. Damit ändert sich der Kurvensatz wie im Bild 8 gezeigt.

Zu erkennen ist der Kohlendäuredurchbruch vor dem endgültigen Na-Durchbruch, der sich durch den schlagartigen pH-Abfall am Beladeende ankündigt. Dieser Fall ist grundsätzlich zu vermeiden! Zu bedenken ist, dass zum Beispiel Kieselsäure und auch Organik sich einerseits nicht über die beiden elektrischen Messmethoden nachweisen lassen und andererseits beide bereits vor der Kohlendäure durch-

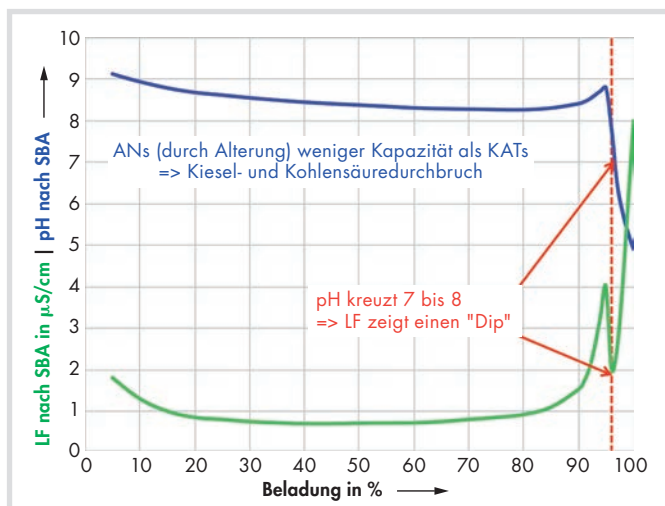


Bild 8. LF- und pH-Profile nach SBA bei zu hoher KAT-Kapazität.

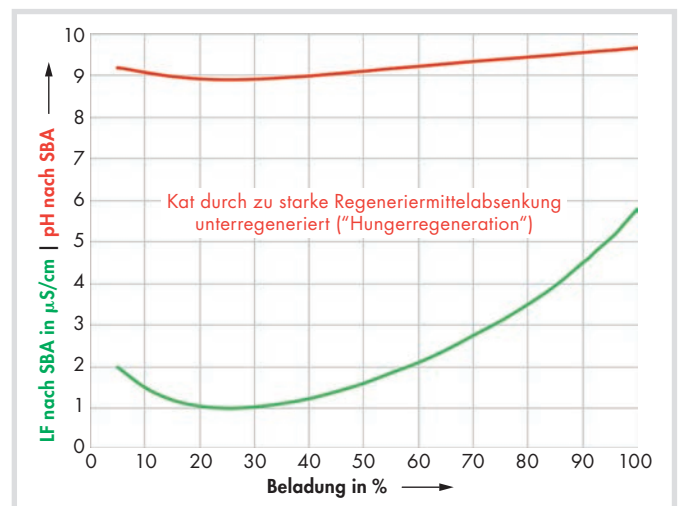


Bild 9. LF- und pH-Profile nach SBA bei zu niedriger Säuremenge.

brechen, also kurz links von der roten gestrichelten Linie im Bild 8.

Der LF-„Dip“ kommt aus der Situation, dass vorher nahezu reine NaOH schlupft, deren spezifische LF recht hoch liegt. Bei pH 7 bis 8 liegt aber NaHCO_3 vor, was bei gleicher molarer Konzentration ungefähr die halbe LF erzeugt. Nach dem Dip steigt die $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ Konzentration dann durch den Kohlensäuredurchbruch der ANs schnell an, und die LF-Kurve steigt entsprechend steil. Der kurze Dip zeigt also letztendlich indirekt einen pH-Durchgang von > 8 auf < 6 an. Auf diese Weise kann die LF-Kurve die pH-Messung im entscheidenden Moment ersetzen.

Die Aufgabe ist nun, die Säuremenge soweit abzusinken, dass der „Dip“ in der LF-Kurve wieder verschwindet. Dies kann über die betriebliche LF-Messung sehr leicht erkannt und durch gelegentliche pH-Handmessungen bestätigt werden. Der pH-Wert darf am Beladungsende nicht unter etwa 8 absinken. Dann liegt wieder der gewünschte Na-Durchbruch vor. Zum Schluss wird noch die Laugmenge ebenso dem sinkenden Durchsatz linear folgend nachgestellt. Dieser Arbeitspunkt kann in der Regel dann über Monate wieder beibehalten werden, bis erneut der LF-Dip erscheint und Handlungsbedarf anzeigt. Das Ende dieser Maßnahmen ist erreicht, wenn der REs für die KATs so niedrig wird, dass die besprochenen Hungerregenerationseffekte auftreten. Diese sind im Bild 9 gezeigt.

Es ist zwar einerseits keine sinkende pH-Tendenz im Durchbruch zu erkennen, was ja gewollt ist. Andererseits weicht das LF-Profil immer mehr auf und steigt immer früher bereits an, bis gar keine Plateauphase mehr zu erkennen ist. Damit ist der Zeitpunkt gekommen, an dem die ANs (meist nur die SBAs) gewechselt werden müssen. Die Regeneriermittelmengen können danach wieder auf die Neuwerte eingestellt werden und weder Hungerregeneration noch Säuredurchbrüche sollten weiterhin auftreten.

Zusammenfassung

Alterung von Ionenaustauschern bedeutet für Anionenaustauscher Kapazitätsverlust, für Kationenaustauscher nicht. Das führt zur Veränderung des Durchbruchverhaltens einer VE-Straße. Mit zunehmender Alterung brechen die ANs eher als die KAT durch, sodass Kiesel- oder Kohlensäure in zunehmendem Maß durchbricht.

Als Kompensation wurde beschrieben, die Regeneriermittelmengen soweit zu drosseln, dass zum einen nur – dem verkürzten Durchsatz entsprechend – weniger Regeneriermittel angeboten wird und zum anderen, dass die KATs-Kapazität immer niedriger gehalten wird als die ANs-Kapazität (korrekte Asymmetrierung).

Damit bleiben folgende Schlussfolgerungen:

- Die sinkende Laufzeit ist kein zu behebender Fehlerfall, sondern bestimmungsgemäß.
- Die Anlage bleibt über die Leitfähigkeit abschaltbar. Bei Vorhandensein können auch SiO_2 online oder TOC online als Überwachungsgrößen dazu alarmiert werden.
- Abschaltungen nach Menge sind grundsätzlich zu vermeiden, wenn nicht Bilanzierungen der beladenen Mengen und entsprechende Rückkopplungen erfolgen.
- Die Kosten pro Kubikmeter Deionat bleiben annähernd konstant.

Es bleibt die etwas unlogisch erscheinende Folge, dass Kapazitätsverlust Regeneriermittelabsenkungen verursachen soll. Aber verlorene funktionelle Gruppen brauchen nicht mehr regeneriert zu werden!

Literatur

- [1] Mauer, D.: Bewertung und Optimierung von Ionenaustauscheranlagen, Zittauer kraftwerkschemisches Kolloquium, Oybin, 16. September 2004.
- [2] Mauer, D.: Lebensdauer und Alterungsverhalten von Ionenaustauschern, in: VGB PowerTech 90 (2010), H. 3.
- [3] Mauer, D.: Modellierung des Regeneriermitteleinsatzes nach dem Langmuir-Formalismus zur Auslegung von VE-Anlagen, Zittauer kraftwerkschemisches Kolloquium, Ostritz, 21. September 2009.

VGB-Standard

Bauart, Betrieb und Wartung von Rauchgasentstickungsanlagen (DeNO_x)

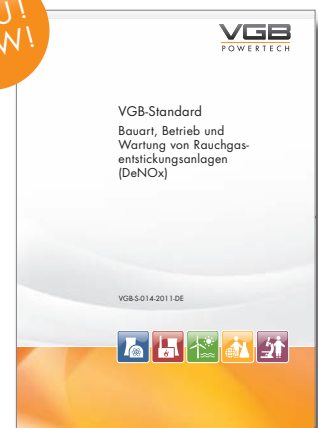
Ausgabe/edition 2011 – VGB-Standard-S-014-2011-DE
DIN A4, 178 Seiten, Preis für VGB-Mitglieder € 160,-, für Nichtmitglieder € 320,-, + Versandkosten und MwSt.
DIN A4, 178 Pages, Price for VGB members € 160,-, for non members € 320,-, + VAT, shipping and handling.

Der VGB-Standard spannt einen Bogen von den Anfängen dieser Technologie in Japan bis hin zum heutigen Betrieb mit den entsprechenden prozesstechnischen Regelsystemen und der Instandhaltung. Auch Entwicklungen in der Entstickungstechnologie, die keine weite Verbreitung gefunden haben, werden aufgeführt.

Nach 2001 ist EU-weit die Nachrüstung bestehender Anlagen mit Entstickungstechnologie Pflicht geworden, so dass bis 2016 alle großen Kohlekraftwerke in der EU nachgerüstet werden müssen. Inzwischen werden internationale Kraftwerksprojekte in Entwicklungsländern und Schwellenländern, die von der Weltbank Fördermittel erhalten wollen, dahingehend überprüft, ob die Anlagenplanung die Forderung nach Umweltschutzeinrichtungen gemäß „Bester verfügbarer Technik (BVT)“ erfüllt. In Zukunft wird ein internationaler Stand der Technik gegeben sein, der weltweit bei jeder Neuanlage zu beachten ist.

Mit der heute bekannten Entstickungstechnologie liegen bereits mehr als 20 Jahre an Betriebserfahrungen und Verfahrensentwicklungen vor, die in diesem VGB-Standard zusammengestellt worden sind.

Dieser VGB-Standard ist von der VGB-Projektgruppe „DeNO_x-Merkblatt“ des VGB-Arbeitskreises „Abgasreinigungstechnik“ erstellt worden, um die Mitarbeiter der VGB-Mitgliedsunternehmen bei einem wirtschaftlichen Betrieb und bei Wartungsmaßnahmen der DeNO_x-Anlagen zu unterstützen. Der VGB-Standard dient außerdem dazu, die in den vergangenen Jahren gesammelten Erfahrungen festzuhalten. Nur so kann vermieden werden, dass „dieses Rad“, d. h. die DeNO_x-Technologie, immer wieder neu erfunden wird.



VGB PowerTech Service GmbH
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften
Klinkestraße 27-31
45136 Essen
P.O. Box 10 39 32
Germany
Fon: +49 201 8128-200
Fax: +49 201 8128-329
Mail: mark@vgb.org

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 | 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 2011 (single user license).

- Euro 950.-* (Subscriber of VGB PowerTech Journal ¹)
- Euro 1950.-* (Non-subscriber of VGB PowerTech Journal ²)
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 ¹ Euro 150.-; ² 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