

# Expertensysteme in der Brauerei

**VIRTUELLE ANLAGENFÜHRER** | Der Beitrag stellt eine neue Softwarelösung, den „virtuellen Anlagenführer“, vor. Die von der Firma gimbio entwickelten Produkte virtueller Filtermanager bzw. Läutermanager bestanden den Praxistest am InBev-Standort München (Franziskaner Weißbier, Löwenbräu und Spaten) erfolgreich. Die durchschnittliche Läuterzeit konnte um mehr als zehn Minuten reduziert werden, und das bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität und der Ausbeute. Beim Filtrieren wurde der Kieselgur-Verbrauch um 20 Prozent reduziert und die Standzeiten um 50 Prozent verlängert.

**SCHWANKENDE ROHSTOFFQUALITÄT**, Prozessvariationen und fehlendes Know-how bringen eine konventionelle Prozesssteuerung schnell an ihre Grenze. Eine Optimierung des Prozesses kann nur durch das Nachjustieren der Steuer- oder Reglerparameter durch einen erfahrenen Anlagenführer erfolgen.

Information und Know-how sind von einzigartiger Bedeutung, um Produkte sicherer und qualitativ hochwertig zu produzieren und die Herstellungsprozesse produktiver zu gestalten. Dies erfordert einerseits adäquate Prozesssensoren, die über den aktuellen Prozesszustand Auskunft geben und andererseits ein Prozessführungssystem, das aufbauend auf der Prozessinformation den Prozess in der gesamten Bandbreite von

auftretenden Variationen in den optimalen Verlauf bringt.

Eine besondere Möglichkeit, Prozesszustände zu beobachten, zu charakterisieren und darauf aufbauend Prozesssteuerungen zu realisieren, eröffnet die Anwendung moderner Expertensysteme, bei der das Erfahrungswissen eines ausgewiesenen Anlagenführers direkt abgebildet werden kann. Die durch langjährige Bedienung aufge-

baute Wissensbasis des Anlagenführers ermöglicht in vielen Fällen eine frühzeitige Beurteilung des Prozessverlaufes und erlaubt angepasste Eingriffe bei Abweichungen vom Norm- bzw. Idealzustand. Besonders bei komplexen Prozessen in Brauereien, bei denen Rohstoffe oder Zwischenprodukte mit starken Qualitätsschwankungen verarbeitet werden, versagen klassische Regelungs- und Automatisierungstechniken sehr schnell. Die starren Einstellungen in einem Rezeptsystem sind meist so ausgelegt, dass es bei allen Qualitäten läuft, aber diese Kompromisslösung nie optimale Ergebnisse erzielt. Natürlich existieren Regelsysteme, die Prozesswertabweichungen ausgleichen, aber sie arbeiten mit starrer Parametrierung. Gut gelingen kann die Steuerung nur mit einer situativen Prozessführung, bei der die Rezeptparameter aber auch die Reglerparametrierung jeweils an die aktuelle Situation angepasst werden. Genau das macht ein erfahrener Anlagenführer, der den Prozess beobachtet, den Prozesszustand beurteilt und manuell eingreift, um zu einem optimalen Ergebnis zu gelangen. Bislang gab es keine Softwarelösung, die die

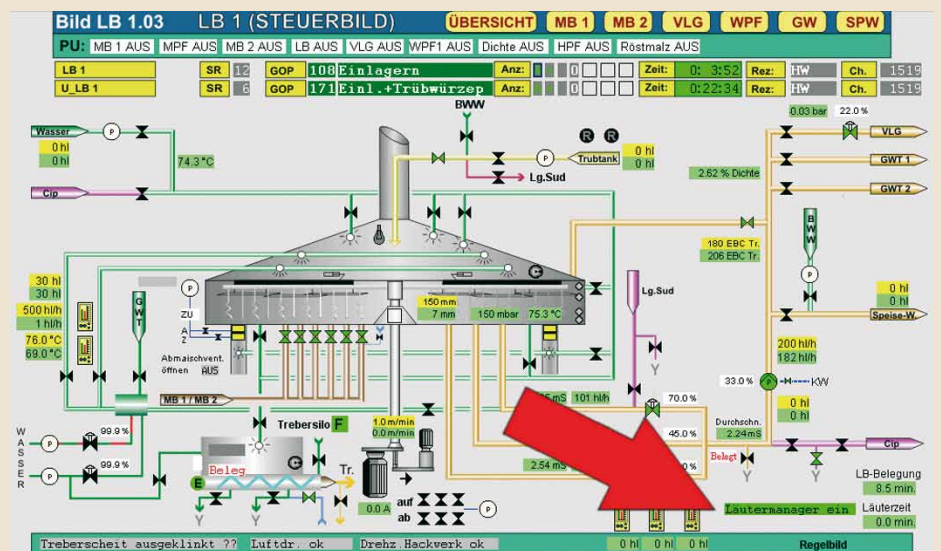


Abb. 1 Die Spaten-Franziskaner-Bräu GmbH erweiterte die Braumat-Steuerung der Läuterbotte um den virtuellen Läutermanager

**Autor:** Dipl.-Ing. Markus Fellner, gimbio mbH, Adelschlag, Dr. Jörg Lehmann und Harald Wening, InBev Deutschland, Spaten-Franziskaner-Bräu GmbH, München, und Prof. Dr. Thomas Becker, Lehrstuhl für Prozessanalytik, Uni Hohenheim

Aufgaben eines Anlagenführers in dieser Weise übernehmen konnte.

### Der „Virtual Expert“

Das von der Firma gimbio und dem Lehrstuhl für Prozessanalytik und Getreidetechnologie der Universität Hohenheim entwickelte Expertensystem „Virtual Expert“ ist so eine Softwarelösung, die die Aufgaben eines Anlagenführers übernimmt und diesen bei seiner Arbeit unterstützt. Dieser „virtuelle Anlagenführer“ überwacht pausenlos rund um die Uhr gleichzeitig alle Prozessparameter, bewertet den Prozesszustand und greift laufend korrigierend ein. Er ist kein klassisches Regelsystem, das nur auf einzelne Abweichungen reagiert, er optimiert den Prozess nach einer vorangegangenen linguistischen Bewertung des Gesamtprozesses. Er kann Trends erkennen und reagiert immer rechtzeitig. Seine Entscheidungen trifft er auf der Basis von Expertenwissen, nicht auf der Basis mathematischer Gleichungen oder Modelle.

Der Virtual Expert lässt sich mit nahezu allen Systemen koppeln. Er setzt einfach auf die vorhandene Steuerung auf. Die Software wird auf einem Standard-PC installiert, der über eine Schnittstelle zum Steuerungssystem verfügt. Über diese Schnittstelle greift der Virtual Expert lesend auf alle Informationen, die über den Prozess vorliegen, und schreibend auf die Stellgrößen, die wesentlich den Prozess beeinflussen, zu. In der Regel reicht die vorhandene Messtechnik aus, um den Prozess zu beurteilen. Zusätzliche Messsysteme sind meist nicht notwendig, könnten jedoch leicht integriert werden. Die konventionelle Steuerung bleibt erhalten und kann bei Wartung oder Störungen als Fallback eingesetzt werden. Die Integration der Software erfolgt im laufenden Betrieb ohne Stillstand und Produktionsausfälle. Sie ist erhältlich vom „schlüsselfertigen“ vollautomatischen System bis hin zum „nackten“ Software-Tool, mit dem nach einer intensiven Schulung jede Brauerei ihre eigenen Ideen umsetzen kann. In der Regel wird ein Grundpaket mit allen Basisfunktionen geliefert, das nach Wunsch an die jeweilige Anlage angepasst wird.

In der Brauerei sind solche Expertensysteme derzeit unter anderem bei zwei zentralen Schritten in der Produktion einsetzbar: beim Läutern und bei der Anschwemmfiltration als Läutermanager bzw. Filtermanager. Und sie arbeiten auch erfolgreich im Praxiseinsatz. Der Einsatz beider Systeme bei

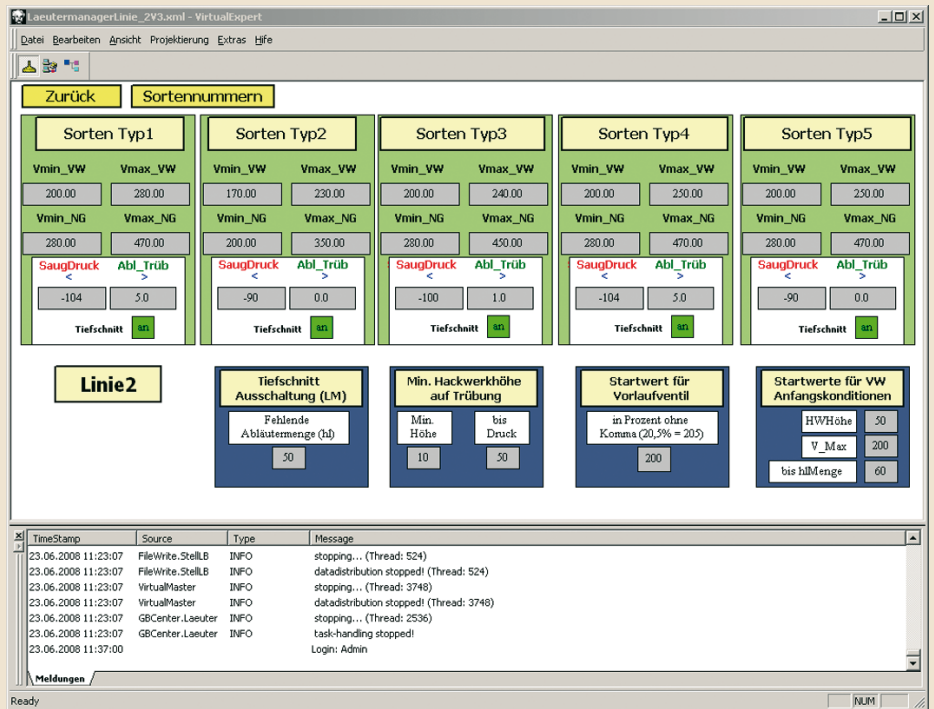


Abb. 2 Individuell zusammengestellte Parametrierungsansichten für den Braumeister in der Läutermanagersoftware „Virtual Expert“

der Spaten-Franziskaner-Bräu zum Beispiel belegt, welche Vorteile und Einsparungen eine intelligente situative Prozessführung für den Brauprozess bringt.

### Der Läutermanager

Das Läutern ist häufig der Knackpunkt bei den Produktionsprozessen im Sudhaus. Vor allem die je nach Saison und Lieferanten aber auch chargenweise stark schwankende Malzqualität führen zu stark schwankenden und vor allem verlängerten Prozesszeiten. Umfangreiche Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Wareneingangskontrolle sollen zwar eine einheitliche Malzqualität garantieren, dennoch lassen die untersuchten Malzparameter meist nur unzureichende Schlüsse auf das Läuterverhalten zu. Weitere Unsicherheiten stellen die möglicherweise schwankenden Einflüsse der vorgeschalteten Verfahrensschritte wie Schrotten oder Maischen dar. Um das Abläutern optimal in den Produktionsprozess zu integrieren, ist das Einhalten vorgegebener Taktzeiten, Qualitätsansprüche und Ausbeuten von großem Interesse.

### Praxiserfahrungen der Spaten-Franziskaner-Bräu GmbH

Nach dem Pilotprojekt bei der Bitburger Brauerei 2006 wurde Anfang 2007 der gimbio Läutermanager auch bei der Spa-

ten-Franziskaner-Bräu GmbH in München eingeführt. Vorgabe für das Projekt war, auch bei schlechten Malzqualitäten die Läuterzeiten so weit zu reduzieren, dass die vorgegebenen Taktzeiten und die geltenden Qualitätsanforderung eingehalten werden.

Steuerungsseitig war der Ausgangspunkt eine klassische Braumat-Rezeptsteuerung, die auf schwankende Malzqualität keine Rücksicht nahm. Nur durch häufige manuelle Anpassungen der Rezeptparameter konnte der Anlagenführer bei schlechtem Läuterverlauf das vorzeitige Einziehen des Treberkuchens verhindern. Bei bestimmten Sorten war eine dauernde Überwachung des Prozesses durch den Anlagenführer nötig.

Der virtuelle Läutermanager wurde so in das System integriert, dass er von Braumat aus aktiviert werden kann (Abb. 1). Der Prozess kann auch wie gewohnt von Braumat aus überwacht werden. Ist der Läutermanager aktiviert, ersetzt er als übergeordnetes System laufend die aktuellen Stellwerte für die Hackwerkshöhe und -drehzahl sowie für die Würze- bzw. den Anschwänzwasservolumenstrom. Er setzt an geeigneter Stelle – wenn nötig – Tiefschnitte und steuert das Trübwürzepumpen. Zudem hat der Braumeister die Möglichkeit, in einer Ansicht des „Virtual Expert“, der Softwareplattform des Läutermanagers, die für ihn entscheidenden Parameter wie Startwerte, Durchfluss-

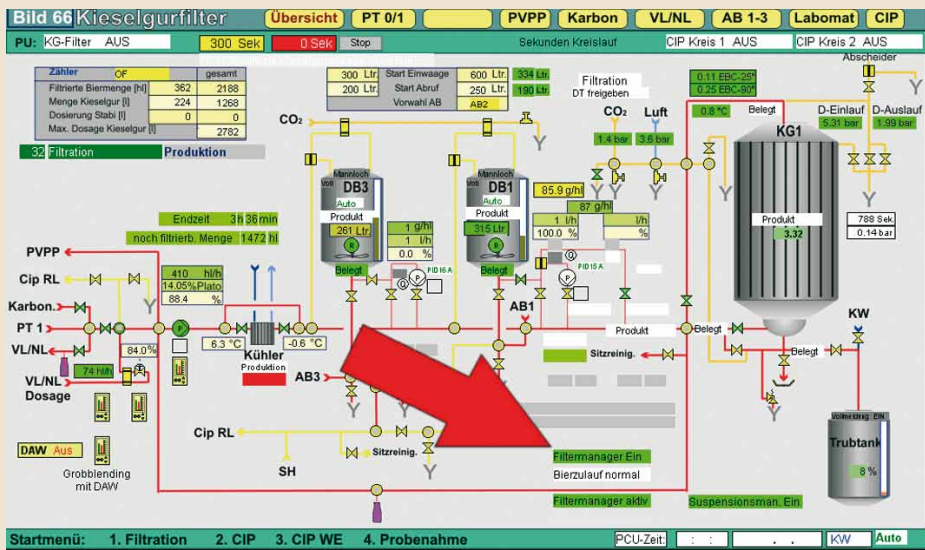


Abb. 3 Optimierung des Filters mit dem virtuellen Filtermanager

grenzen oder Tiefschnittbedingungen zu ändern, um den Prozess nach seinen Vorstellungen fein auszutariieren (Abb. 2). Die Software ist dabei so flexibel, dass jederzeit auch neue Bedingungen und Parameter integriert werden können. Intern bewertet der Läutermanager ähnlich wie ein erfahrener Anlagenführer nach einer Auswertung der Messwertverläufe den momentanen und sich zeitlich verändernden Zustand des Treberkuchens und trifft Entscheidungen für Stelleingriffe aufgrund seines regelcodierten Erfahrungswissens. Bei einem fertig adaptierten System deckt der Läutermanager die gesamte Bandbreite an auftretenden Prozessvariationen ab. Selbst bei Extremsituationen ist eine zuverlässige Betriebsweise gewährleistet. Der Läutermanager ist darauf getrimmt, automatisch eine zeitoptimierte Prozessführung unter Einhaltung der Qualitätsparameter zu realisieren. Bei guten Malzchargen werden problemlos die geforderten Taktzeiten erreicht und der

Prozess auf Ausbeute und Trübung optimiert. Auch bei schlechter Qualität werden die Läuterzeiten der herkömmlichen Prozessführung unterboten und manuelle Eingriffe von Anlagenführern auf Ausnahmen reduziert.

Bei der Spaten-Franziskaner-Bräu GmbH konnte die Läuterzeit um durchschnittlich mehr als zehn Minuten gesenkt und damit das gesetzte Ziel erreicht werden. Das Läutern ist nicht mehr der Engpass im Sudhaus. Außerdem wurde die Trübung und damit die Würzequalität wesentlich verbessert.

**Technologisches Wissen inklusive**

Die Idee die hinter dem Läutermanager steckt, ist neben der zeitlichen Optimierung unter Rücksichtnahme auf Trübung und Ausbeute die Schaffung einer möglichst umfassenden technologischen Wissensbasis, die auch die Übertragbarkeit auf andere Läuterbottiche und Biersorten gewährleistet. Ein wichtiger Effekt dieser Vorgehens-

weise ist, dass ausschließlich das von den Anlagenführern und Braumeistern erworbene spezifische Wissen zum Einsatz kommt und die Brauerei selbst Kontrolle und Überblick über den kritischen Prozess erhält bzw. wiedererlangt. Nach einer Anlaufphase mit dem Läutermanager wird die Prozessführung vollständig der Brauerei übergeben. Geschultes Personal kann ohne Kenntnis komplizierter Programmiersprachen die Wissensbasis erweitern, Grenzwerte modifizieren und Besonderheiten neuer Sorten integrieren. So können neue Ideen und Anweisungen des Braumeisters oder Prozessingenieurs ohne Reibungsverluste schnell und effizient realisiert und zu 100 Prozent „ans Bier“ gebracht werden.

Diese Strategie steht im Gegensatz zu der überwiegend praktizierten Vorgehensweise eine Steuerung bzw. Regelung vom Anlagenhersteller zu übernehmen. Diese eingeführte und konventionelle Vorgehensweise wird mit dem Verlust der Kontrolle über den Prozess erkauft und kann zu Folgekosten bei Erweiterungen und Umstellungen führen. Da Läuterprogramme meist synchron mit der Neuanschaffung von Anlagen erworben werden, kann neu erworbenes Wissen nur schwer oder mit nicht unerheblichem Kostenaufwand integriert werden. Im Allgemeinen hat die Brauerei selbst die besten Kenntnisse über ihr Produkt und dessen zeitliche Entwicklung und es erweist sich bei längerfristigen Überlegungen als vorteilhaft, dieses Wissen einzusetzen und zu sichern.

**Der Filtermanager**

Die positiven Erfahrungen mit dem Läutermanager gaben Anlass, ein solches Expertensystem auch bei der Kieselgurfiltration einzusetzen. Das Pilotprojekt für den „virtuellen Filtermanager“ startete im Oktober

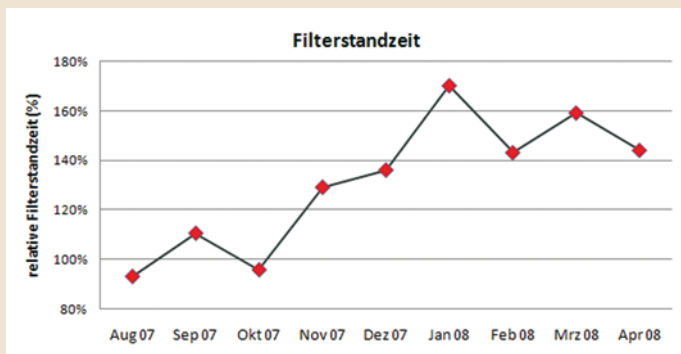


Abb. 4 Entwicklung der Filterstandzeit relativ zum Durchschnitt im Jahr 2007 (Inbetriebnahme des Filtermanagers von Oktober bis Dezember 2007)

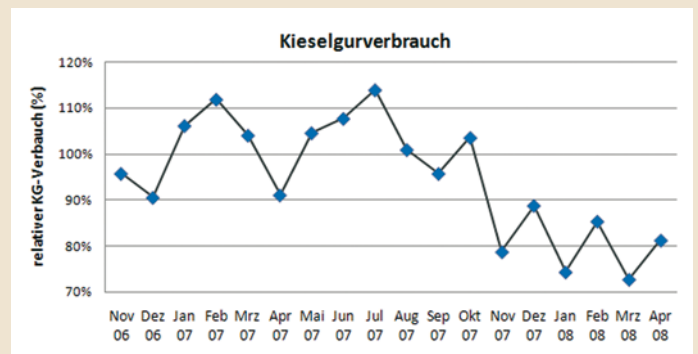


Abb. 5 Entwicklung des Kieselgurverbrauchs relativ zum Durchschnitt 2006 und 2007 (Inbetriebnahme des Filtermanagers von Oktober bis Dezember 2007)



2007 bei der Spaten-Franziskaner-Bräu GmbH und erzielte bereits zum Jahreswechsel 2008 mehr als das angestrebte Einsparungspotenzial. Die Filtrierbarkeit, mit der der zu optimierende Kerzenfilter der Firma Filtrox (Abb. 3) mit einer Nennleistung von 600hl/h zurechtkommen muss, variiert nicht nur zwischen den Sorten, sondern auch von Charge zu Charge, vor allem wegen der heterogenen Lagersituation in der Brauerei. Der Filterkeller ist wie das Sudhaus mit einer Braumat-Rezeptsteuerung ausgestattet und wird von Filtrierern im Mehrschichtbetrieb bedient. Der Filtrierer entscheidet über Auswahl und Dosierung der passenden Kieselgursuspension und passt die Durchflussgeschwindigkeit an. Außerdem macht er Vorschläge für die Anpassung des Filtrationsplans an den aktuellen Filterzustand. Aufgrund der Sensibilität des Filters muss der Filtrierer über reichlich Erfahrung verfügen und die Informationen von den vorhergehenden Arbeitsschichten in seine Entscheidungsfindung einbeziehen. Standzeiten und Kieselgurverbrauch sind somit nicht nur von der Bierqualität sondern auch von der Erfahrung der Anlagenführer abhängig.

Ziele des Projektes bei der Spaten-Franziskaner-Bräu GmbH waren die Reduzierung des Kieselgurverbrauchs, die Verlängerung der Filterstandzeit, die Vereinheitlichung der Bierqualität sowie die Vermeidung kritischer Zustände und die Entlastung des Personals von Routineaufgaben. Der Filtermanager

basiert auf der Softwareplattform „VirtualExpert“ und wurde ebenfalls als Aufsatz zur bestehenden Braumat-Rezeptsteuerung konzipiert. Er hat Zugriff auf alle Messwerte im Bereich des Filters und auf den Filtrationsplan und greift innerhalb bestimmter Module in den Filtrationsprozess ein:

Das Filtersteuermodul passt laufend die Durchflussgeschwindigkeit und die Kieselgurdosage an den aktuellen Filtrationsverlauf an. Der Suspensionsmanager bestimmt Zeitpunkt, Kieselgur-Mischverhältnis und Menge der Zubereitung einer für die aktuelle Situation passenden Kieselgursuspension, auch unter Berücksichtigung der Restmenge aus dem Filtrationsplan und der geschätzten Restzeit, die vom dritten Modul dem Filtrations-Estimator, bestimmt wird. Dieser schätzt den weiteren Filtrationsverlauf und den Abbruchzeitpunkt, also das Erreichen des Maximaldrucks bzw. der maximalen Kieselgurmenge, ab und kann so auch den Scheduler unterstützen.

Das vierte Modul, das so genannte „Sortengedächtnis“, analysiert die Filtrationshistorie der einzelnen Sorten und gibt Anweisungen für die Auswahl der ersten Suspension nach der 1. und 2. Voranschwemmung bzw. in der Nähe eines Sortenwechsels.

Die Anlage verfügte über eine vollautomatische Kieselgurküche. Dadurch konnte ohne zusätzliche Belastung des Personals die Chargengröße der vorbereiteten Kieselgursuspension wesentlich verkleinert wer-

den und so eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit auf veränderte Filtrationsverläufe vor allem vor einem Sortenwechsel erreicht werden. Aber das integrierte Expertenwissen hat als einheitliche Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der Suspension alleine schon sehr positive Auswirkungen auf das Gesamtergebnis. Für die Folgefiltration ungeeignete Kieselgur-Restmengen am Filtrationsende konnten mit dem System weitgehend eliminiert werden. Somit kann auch bei Anlagen ohne vollautomatische Kieselgurvorbereitung durch gezielte Anweisungen an das Personal ein besseres Ergebnis erzielt werden.

Die so optimierte Prozessführung führte beim Pilotprojekt zu erheblichen Einsparungen (Abb. 4, 5) und zur erheblichen Entlastung des Personals von Routineaufgaben. Der Kieselgur-Verbrauch konnte um 20 Prozent reduziert, die Filtrationschargen um 30 Prozent vergrößert und die Standzeiten um 50 Prozent verlängert werden. Im Durchschnitt wurden bessere Trübungswerte erzielt, was einen erheblichen Beitrag zur Vereinheitlichung der Bierqualität liefert. Durch die reduzierte Anzahl von Reinigung und Neuanschwemmung konnten der Wasser-, CO<sub>2</sub>- und Energieverbrauch sowie die Menge an Kieselgurschlamm entscheidend minimiert werden.

Beide Projekte führten nicht nur zur Optimierung der Prozesse Läutern und Filtrieren sondern auch zu einer Neubewertung der vorgelagerten Produktionsschritte. ■