

Dem Phosphor auf der Spur

RECYCLING Die Phosphor-Ressourcen gehen zurück, das Element verschwindet aber nicht, es muss nur aus Klärschlämmen zurückgewonnen werden. Mehrere Verfahren sind in Erprobung, eine wirtschaftliche Nutzung ist in wenigen Jahren möglich

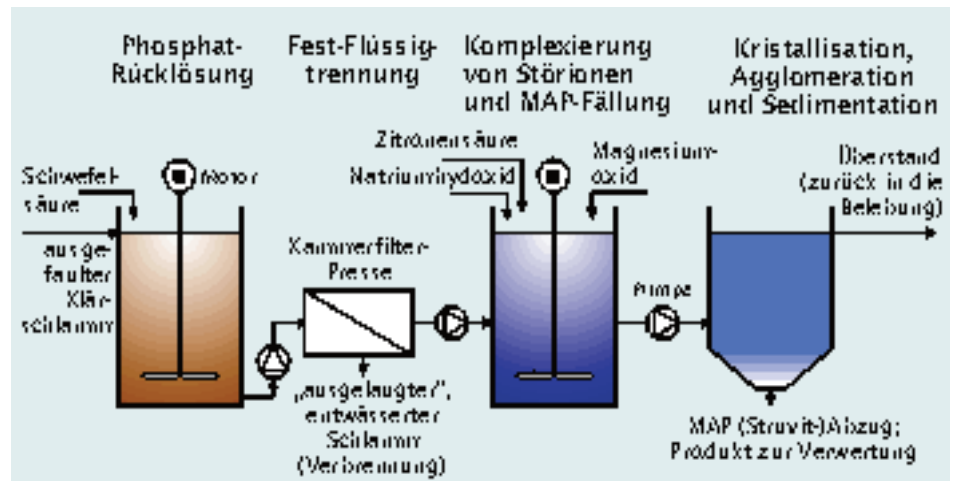
Von **MELANIE SCHULZ**, München

Für den lebensnotwendigen Nährstoff Phosphor gibt es keinen Ersatz. Da die Ressourcen kleiner werden, wird in Zukunft der Phosphor-Rückgewinnung eine größere Bedeutung zukommen. Quelle hierfür sind Kläranlagen.

Das Element Phosphor ist als Energielieferant für menschliche, tierische und pflanzliche Zellen lebensnotwendig. Der Hauptenergielieferant auf Zellebene, das Adenosintri-phosphat (ATP), besteht beispielsweise aus drei Phosphor-Einheiten. Ohne Phosphor keine Kraft im Körper. Die Nachfrage nach Phosphor steigt durch die Zunahme der Weltbevölkerung stetig.

Gleichzeitig nehmen die weltweiten Reserven beständig ab. Die meisten Vorkommen befinden sich in Afrika, im Mittleren Osten, in Asien und den USA. Deutschland ist auf den Import angewiesen. Mit einer Reichweite von 115 Jahren kann die Ressource jedoch schon bald knapp werden. Die weltweiten Phosphatreserven werden von J. von Horn und C. Sartorius vom Max-Planck-Institut auf 12 000 Mio. t geschätzt. Bis 2030 sollen sich die Reserven halbieren. Einige Experten sprechen bereits analog zum Peak Oil vom Peak Phosphorus.

Falsche Vergleiche | Vom Peak Phosphorus will Katrin Gethke-Albinus, die über Phosphor-Rückgewinnung promoviert hat und jetzt bei der Münchner Stadtentwässerung arbeitet, hingegen nichts wissen. „Es werden Äpfel mit Birnen verglichen. Phosphor ist ein Element und Erdöl eine chemische Verbindung. Und ein Element kann auf der Erde nicht verschwinden. Es liegt nur irgendwann in irgendeiner Form vor, in der es für uns



Funktionsschema des vom Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart entwickelten Stuttgarter Verfahrens.

Quelle: Meyer/ISWA/Universität Stuttgart

schwer erreichbar ist.“ Vor diesem Hintergrund ist ein Run auf die Phosphaterz-Vorkommen die logische Konsequenz.

Der bei der Abwasserreinigung anfallende Klärschlamm gilt als größte Sekundärquelle des Phosphors. Seit Jahrzehnten wird er auf landwirtschaftliche Böden eingebracht. Die im Klärschlamm gebundenen Nährstoffe Phosphor und Stickstoff werden so in den Nährstoffkreislauf zurückgeführt. Aufgrund der Schadstoffbelastung ist heute in manchen Regionen die Ausbringung von Klärschlamm auf die Felder durch die Klärschlammverordnung stark eingeschränkt. Darüber hinaus verfolgen Länder wie Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg die Strategie, den Klärschlamm nicht mehr weiter auf die Felder auszubringen. Um den Kreislauf also nicht zu unterbre-

chen, sind neuere Methoden der Phosphor-Gewinnung aus Klärschlämmen gefragt. Obwohl das nun seit mehr als zehn Jahren beforschte Phosphor-Recycling aus Abwasser oder Schlamm eine Möglichkeit darstellt, um an Phosphor zu kommen, scheinen die Methoden noch nicht wirtschaftlich zu sein. Es wird aber prognostiziert, dass sich die Phosphorrückgewinnung zur Herstellung von Düngemitteln in den nächsten 20 Jahren in den Industrieländern aus ökonomischen Gründen etablieren wird. Gethke-Albinus zufolge werden die ersten Methoden zur Phosphor-Rückgewinnung bereits innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre tragfähig sein. Weiterhin geht sie davon aus, dass immerhin 80 % des Düngemittels, das wir hierzulande nutzen, zurückgewonnen werden kann.

Erfolg mit Urin | Über 20 verschiedene Verfahren zur Phosphor-Gewinnung aus Abwasser, Schlamm, Asche, Gülle, Tiermehl und Urin sind entwickelt worden. Die Verfahren unterscheiden sich nach den Ausgangsmaterialien, den eingesetzten Chemikalien, nach ihrer Komplexität und Effizienz, dem chemischen Prozess (Fällung und Kristallisation, nasschemische Extraktion oder thermisch-metallurgische Behandlung) und der resultierenden Produktqualität.

Die Rückgewinnung von Phosphat aus Urin unterscheidet sich insofern von den anderen Verfahren, als dass das Phosphor nicht erst nach Vermischung mit den anderen Abwässern in der Kläranlage zurückgewonnen wird, sondern gleich zu Beginn nach seinem Aufkommen in häuslichen und anderen Sanitäranlagen. Spültrenntoiletten und wasserlose Urinale hat beispielsweise die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) in ihrem Hauptsitz in Eschborn zwecks Phosphorrecycling einbauen lassen. Die Eindampfung und die Fällung mit jeweils verschiedenen Fällungssalzen sind hier Verfahren mit hoher Wirksamkeit (EAWAG-Prozess, Huber SE-Verfahren, NuRe-Bas-Verfahren).

Die meisten Verfahren zur Phosphorrückgewinnung beschäftigen sich mit der

chemisch-thermischen Nachbehandlung von Klärschlammaschen oder der Fällung bzw. Kristallisation von Magnesiumammoniumphosphat (MAP, Struvit) aus Klärschlämmen bzw. Schlammwässern. „Da der Trend zur Klärschlammverwertung in den letzten Jahren immer mehr hin zur Verbrennung geht, wird dementsprechend auch eher die Phosphorgewinnung aus der Asche zum Tragen kommen“, so Gethke-Albinus.

Erfolg mit Schlammwasser | Für kleinere Anlagen biete sich hingegen eine Rückgewinnung aus dem Schlammwasser an. In beiden Stoffströmen, in der Asche und im Schlammwasser, sei die Phosphorkonzentration enorm hoch, so dass eine Rückgewinnung rein vom Wirkungsgrad her hier besonders effizient sei. „Der Rückgewinnungsgrad aus dem Abwasser und dem Klärschlamm ist hingegen relativ niedrig“, so Gethke-Albinus. Dies läge daran, dass ein Großteil des im Abwasser enthaltenen Phosphors in den Schlamm gehe. Im Schlamm wiederum liege das Phosphor gebunden vor oder es löse sich wieder ins Schlammwasser.

Beide Methoden der Phosphorrückgewinnung sind verfahrenstechnisch aufwendig. Besonders die MAP-Fällung ist seit langer Zeit bekannt und wird von einigen Unternehmen schon im Dauerbetrieb erprobt (Seaborne EPM AG, Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc., Unitika Ltd., Nishihara Environment Technology Inc., RWTH Aachen). Sie lässt sich an allen Standorten mit Schlammfäulung realisieren und stellt Produkte her, die eine hohe Reinheit haben und eine sehr gute Pflanzenverfügbarkeit besitzen.

Bei der thermischen Behandlung werden Tiermehle oder Klärschlämme zunächst bei hoher Temperatur verbrannt. Hierbei werden Krankheitserreger, Hormone und Arzneimittelmittelrückstände vernichtet, die Schwermetalle aus den Aschen entfernt und der Phosphor in eine pflanzenverfügbare Form transformiert (ASH DEC Umwelt AG, VTS Koop Schiefer GmbH & Co Thüringen KG). Immense Energiezufuhr trägt bei diesem Verfahren zu den hohen Betriebskosten bei. Generell sind thermisch-metallurgische Verfahren an Standorten sinnvoll, an denen eine

Klärschlamm-Monoverbrennung existiert; dies ist nur an wenigen Orten der Fall.

In gelöster Form | Im Abwasser und im Schlammwasser liegt Phosphor in gelöster Form vor, was die Phosphorrückgewinnung erleichtert. So sind die Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphat aus der flüssigen Phase sehr einfach und erfordern nur eine geringe Zugabe an Chemikalien. Die Schwermetalle bleiben von vornherein im Schlamm und müssen nicht extra abgetrennt werden. Gleichzeitig kann festgehalten werden, dass die Volumenströme beim Ab- und Schlammwasser wesentlich größer sind als beim entwässerten Faulschlamm bzw. der Klärschlammasche. Verfahren zur Phosphorrückgewinnung aus Schlammwässern weisen ein Rückgewinnungspotential von bis zu 45 % auf.

Sobald Phosphor gebunden vorliegt, erhöht sich der technische und energetische Aufwand, um es zu separieren. Nasschemische Verfahren, die sich auf die Rückgewinnung von Klärschlamm oder Klärschlammasche beziehen, weisen einen Rückgewinnungsgrad von bis zu 80 % auf. Diese hohen Anteile lassen sich jedoch nur mittels komplexer Verfahren und einem hohen Chemikalienaufwand erzielen.

Praxis-Beispiel 1

P-ROC-Verfahren: Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und MSE (Mobile Schlammmentwässerungs GmbH, Tochter von EnBW Kraftwerke AG) entwickeln derzeit auf der Kläranlage Neuburg an der Donau eine mobile Anlage zur Schlammmentwässerung mit einem Modul zur Phosphorrückgewinnung. Zum Einsatz kommt das P-ROC-Verfahren, das am KIT entwickelt wurde. Im Prinzip wird im Abwasser gelöstes Phosphat durch Kristallisation an Calcium-Silicat-Hydrat-Phasen als Calciumphosphat zurückgewonnen. Die Rückgewinnung liegt bei 20 %, die Kosten für jeden angeschlossenen Einwohner bei 60 ct/Jahr.

Praxis-Beispiel 2

Stuttgarter Verfahren: Auf der Kläranlage in Griesheim (Offenburg) hat Baden-Württemberg für 650 000 € eine großtechnische Anlage zur Phosphorrückgewinnung bauen lassen. Sie funktioniert nach dem Stuttgarter Verfahren, das vom Institut ISWA (Universität Stuttgart) und der IAT-Ingenieurberatung GmbH entwickelt wurde. Bei dem Verfahren entsteht aus anaerob stabilisierten Klärschlämmen unter Zugabe von Schwefelsäure, Natronlauge, Zitronensäure und Magnesiumchlorid das Produkt MAP. Der Betrieb ist beim aktuellen Phosphorpreis noch nicht rentabel, die Rückgewinnung liegt bei 50–60 %.