

## Bachelorarbeit

Thema: Aufbau eines szenarienfähigen Stoffstrom-Modells für Phosphor vom Kläranlagenzulauf bis zum Phosphorprodukt nach Phosphor-Rückgewinnung aus Klärschlamm

Bearbeiter: Felix Gumpert

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Jens Tränckner

Datum: 10.05.2019

## Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist es, eine Phosphor-Massenstrombilanz vom Kläranlagenzulauf bis zum Produkt, nach Phosphor-Rückgewinnung, für Mecklenburg-Vorpommern aufzustellen. Auf Grundlage der entstandenen Bilanz wurden fünf Verfahren untersucht, die Phosphor aus Klärschlämmen zurückgewinnen. Die Verfahren NuReSys® und ExtraPhos® setzen dabei direkt an der Kläranlage an. Ash2®Phos und Sera-plant/Phos4green gewinnen Phosphor aus Klärschlammverbrennungsrückständen wieder. Bei dem AVA/Cleanphos-Verfahren wird der Klärschlamm, vor der Phosphor-Rückgewinnung, einer hydrothermalen Karbonisierung unterzogen. Grundlage für diese Arbeit waren die Daten aus dem Fachinformationssystem „Wasserrechtlicher Vollzug“ (FIS WrV) von Mecklenburg-Vorpommern. Mithilfe dieser Daten wurde die Phosphorfracht im Klärschlamm bestimmt. Es konnte herausgefunden werden, dass in allen Kläranlagen in MV in Summe 1.356,4 [ta] Phosphor im Klärschlamm anfallen. Die Betrachtung der Ablaufkonzentration von Phosphor in der Kläranlage gibt dabei Rückschlüsse auf die Art der Phosphorelimination. Hinsichtlich der Phosphorbindung im Klärschlamm kann nicht jedes Aufbereitungsverfahren in jeder Kläranlage zur Anwendung kommen. Hier stellte sich heraus, dass im Jahr 2017 ungefähr 88% des Phosphors in den Klärschlämmen bei Kläranlagen mit einer Ablaufkonzentration von weniger als 1 [mg/l] Phosphor anfallen. Durch die in der Literatur angegebenen Wirkungsgrade, bezüglich einer Phosphor-Rückgewinnung, wurde für die einzelnen Verfahren das Potential festgestellt, um Phosphor im Wirtschaftskreislauf von Mecklenburg-Vorpommern zu binden. Die gefundenen Rückgewinnungsraten liegen zwischen 15% und 90%. Untereinander wurden die Verfahren anhand ihrer benötigten Betriebsmittel, den Voraussetzungen und anfallenden Neben- und Abprodukten verglichen.

In den Ergebnissen wird deutlich, dass die Aufbereitungsverfahren, die Phosphor aus der Klärschlammmasche zurückgewinnen, das größte Potential bieten, um die Phosphorimporte zu reduzieren und die Wertschöpfungskette von Phosphor zu schließen. Im Hinblick auf die eingesetzten Betriebsmittel zeigt sich, dass die Verfahren, die den Phosphor aus der Schlammphase zurückgewinnen, den niedrigsten Verbrauch aufweisen. Bezüglich der anfallenden Reststoffe stellt

das Seraplant/Phos4green-Verfahren deutliche Vorteile dar. Durch eine Granulierung am Ende des Prozesses werden alle eingesetzten Betriebsmittel und die komplette Klärschlammasche in das Produkt überführt. Zum jetzigen Zeitpunkt weißt nur das NuReSys®-Verfahren eine industrielle Anwendung auf. Die anderen Verfahren befinden sich noch in der Labor- oder Pilotphase. In der vorliegenden Bachelorarbeit wurde die Ökonomie nicht mit betrachtet.

Um ein ganzheitliches Konzept für Mecklenburg-Vorpommern zu erstellen, müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden. In dem BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) -Projekt RePhor-MV, in das diese Bachelorarbeit eingebunden ist, wird nach einer allumfassenden

Strategie geforscht. So könnte zum Beispiel, wie in dem 2019 erschienen Bericht des Umweltbundesamtes von Kraus et al., die Ökobilanz der Verfahren näher betrachtet werden. Weitere Vorschläge für eine ganzheitliche Betrachtung werden in der abschließenden Diskussion der Arbeit beschrieben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch die Untersuchungen in dieser Bachelorarbeit eine Möglichkeit geschaffen wurde, um Verfahren zur Phosphor-Rückgewinnung in MV miteinander zu vergleichen. Dadurch wurde ein grundlegender Beitrag zur Konzept-phase von RePhor-MV geleistet, da erstmals eine Literaturbasierte Phosphorstrombilanz direkt auf Klärschlämme in MV entstanden ist.

## **Abstract**

The aim of the present bachelor thesis is to establish a phosphorus mass flow balance for Mecklenburg-Western Pomerania from the wastewater treatment plant inlet to the product after phosphorus recovery. Based on the balance, five processes were investigated to re-cover phosphorus from sewage sludge. The NuReSys® and ExtraPhos® processes start directly at the wastewater treatment plant. Ash2®Phos and Seraplant/Phos4green recover phosphorus from incineration ashes of sewage sludge. In the AVA/Cleanphos process, the sewage sludge is subjected to hydrothermal carbonisation prior to phosphorus recovery. The basis for this thesis was the data provided by the State Agency of Environment, Nature Protection and Geology of Mecklenburg-Western Pomerania (LUNG MV) from the technical information system called "Wasserrechtlicher Vollzug" (FIS WrV). It was possible to estimate the phosphorus load in the sewage sludge with the help of this data. As a result, it was found that in all sewage treatment plants in MV 1,356.4 [ta] phosphorus is bound in the sewage sludge. The analysis of the effluent concentration of phosphorus in the wastewater treatment plant provides information on the type of phosphorus elimination in the wastewater treatment plant. With regard to the phosphorus binding in sewage sludge, not every recovery process can be applied in every sewage treatment plant. Here it turned out that in 2017 about 88% of the phosphorus in the sewage sludge is produced by sewage treatment plants with a phosphorus discharge concentration of less than 1 [mg/l]. By the efficiency rates concerning a phosphorus recovery that are indicated in the literature the potential to bind phosphorus in the economic cycle of Mecklenburg-Western Pomerania was determined for the individual processes. The recovery rates are between 15% and 90%. The processes were compared with one another on the basis of their required operating resources, the prerequisites and the by- and waste products that had been produced.

The results show that the treatment processes that recover phosphorus from sewage sludge ash have the greatest potential to reduce phosphorus imports and close the phosphorus value chain. With regard to the operating resources used, the processes that recover phosphorus from the sludge phase have the lowest consumption. The Seraplant/Phos4green process has clear advantages with regard to the residual substances produced. By granulating at the end of the process, all the operating materials are used and the complete sewage sludge ash is transferred into the product. At present, only the NuReSys® process has an industrial application. The other processes are still in the laboratory or pilot phase. In the present bachelor thesis, the economy has not been considered. In order to create a holistic concept for Mecklenburg-Western Pomerania, further investigations have to be carried out. In the BMBF (Federal Ministry of Education and Research) project RePhor-MV, in which this bachelor thesis is integrated, an overall strategy is planned to be developed. For example, as in the 2019 report of the Federal Environment Agency by Kraus et al., the life cycle assessment of the processes could be examined more closely.

Further suggestions for a holistic approach are described in the concluding discussion of the bachelor thesis.

In summary it can be said that the investigations in this bachelor thesis have created an opportunity to compare processes for phosphorus recovery in Mecklenburg-Western Pomerania with each other. Thus, a fundamental contribution to the concept phase of RePhor-MV was made, as for the first time a literature-based phosphorus flow balance was created directly on sewage sludge in Mecklenburg-Western Pomerania.