



Aufgabenstellung zur Projektarbeit Anlagenprojektierung

## **Auslegung einer Anlage zur Verwertung von Faulschlamm mittels HTC und anschließender Verbrennung des Carbonisats**

**Motivation:** Klärschlamm wird im Zuge der Klärschlammnovelle zunehmend thermisch verwertet. Eine Verwertungsmöglichkeit des anfallenden Faulschlammes ist die hydrothermale Carbonisierung (HTC). Diese wandelt einen Teil des Schlammes in das kohleähnliche Carbonisat um, welches als Brennstoff verwendet werden kann.

Im Zuge des vorliegenden Projekts soll eine solche Anlage ausgelegt werden. Dabei ist ein Gesamtkonzept der Anlage zu entwickeln sowie für zwei Apparate eine intensive Betrachtung anzufertigen, nämlich für den HTC-Reaktor und einer Turbine zur energetischen Nutzung der Verbrennungsgase.

**Anlagenkonzept:** Als Ausgangsprodukt steht Faulschlamm einer Kläranlage zur Verfügung.

Die Anlage sei wie folgt aufgebaut: Faulschlamm einer Kläranlage wird mit einer Zentrifuge entwässert. Danach wird der entwässerte Schlamm in HTC-Reaktoren geführt. Im Reaktor kommt es dann unter erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur zur Reaktion. Als Produktstrom entsteht vorrangig Prozesswasser, Carbonisat sowie Reaktionsgase. Dessen Wärme wird zur Vorwärmung des Eingangstroms in die HTC genutzt. Die Reaktionsgase werden aus der Anlage herausgeleitet und durch eine Filtration erfolgt die Auftrennung des Carbonisats vom Prozesswasser. Nach einer Trocknung wird das Carbonisat verbrannt und die Reaktionswärme wird mithilfe eines Dampfkreislaufs für eine Stromerzeugung genutzt. Die Abgase der Verbrennung werden in weiteren Verfahren gereinigt, welche aber nicht Bestandteil bei der Betrachtung der vorliegenden Anlage sind. Die Wärme aus der Verbrennung wird zudem für die Trocknung des Carbonisats genutzt.

**Aufgabenstellung:** Entwerfen Sie eine Anlage mit den oben genannten Spezifikationen.

Definieren Sie dazu Arbeitspakete, eine Zeitplanung mit Gantt-Diagramm, aus der die Aufgabenverteilung innerhalb des Projekts hervorgeht.

Für die gesamte Anlage ist das Basic Engineering zu erstellen. Alle notwendigen Apparate sind festzulegen. Sowohl für die gesamte Anlage als auch für die einzelnen Apparate sind die Massen- und Energiebilanzen aufzustellen und die Zusammensetzung der einzelnen Ströme zu bestimmen. Das Ergebnis ist in einem Verfahrensfliessschema mit Grund- und Zusatzinformationen gemäß DIN EN ISO 10628-1 darzustellen.

Für den HTC-Reaktor sowie der Dampfturbine ist das Detail Engineering festzulegen. Es sind also zusätzlich zu den verfahrenstechnischen Merkmalen auch Fragen zur Anlagensicherheit, Werkstoffauswahl, Wärmemanagement und gesetzlichen Regelungen zu beantworten. Zum Reaktor ist eine technische Zeichnung zu erstellen, aus der Anschlüsse, Wandstärken, Baugrößen, Messstellen, Ventile sowie andere Einbauten hervorgehen. Die Turbine ist hinsichtlich Werkstoff, Bauform und Baugröße (ggf. mit einem Referenztyp) zu beschreiben. Für den Reaktor ist ebenfalls ein Rohr- und Instrumentenschema zu erstellen.

Auf Basis des Basic und Detail Engineering sind Investitions- und Betriebskosten zu ermitteln und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067 oder der Cash-Flow Betrachtung zu erstellen.



### **Inhaltliche Punkte einer Anlagenprojektierung:**

1. Titelblatt mit Titel, Studiengang, Gruppenmitglieder, Matrikelnummer, Beginn, Abgabedatum, Betreuer, Professur
2. Zusammenfassung/Management Summary
3. Inhaltsverzeichnis
4. Aufgabenstellung und Zielsetzung
5. Gruppenstruktur, Aufgabenteilung, Vorgehensweise
6. Zeitablaufplan für die Erstellung der Arbeit
7. Stand der Technik
8. Beschreibung der zu planenden Anlage oder des Apparates, Anlagenaufbau
9. Erstelltes Anlagenschema/Prozessfließbild der Anlage nach DIN EN ISO 10628 mit Benennung der wesentlichen Apparate, Maschinen und Medien.
10. Beschreibung der Anlagenfunktion
11. Kurze Beschreibung der Anlagengruppe, Apparate, Maschine innerhalb der Anlage
12. Erstellte Massen- und Energiebilanz für die Anlage und/oder den Apparat und Maschinen entsprechend der Aufgabenstellung unter Anwendung der dafür erforderlichen chemischen, biologischen, reaktionstechnischen, thermodynamischen, strömungstechnischen, wärmetechnischen und stofftransporttechnischen Aspekten.
13. Versuchsdurchführung, Analyse, Ergebnisse (Optional bei Bedarf)
14. Technische Auslegung und Scale-Up der Apparate oder Maschinen entsprechend den technischen Anforderungen wie beispielsweise Umsatz, Volumen/Verweilzeit, Druck, Temperatur, pH-Wert, ...
15. Technische Auslegung entsprechend den sicherheitstechnischen Aspekten wie z. B. Werkstoffwahl, Korrosion, Wandstärke nach z.B. AD 2000, Dichtungswahl für Flansche, Lagerarten von Rührwellen, Isolationsbedarf, Bedarf an Ex-Schutz Zonen, Luftwechsel, ...
16. Technische Auslegung entsprechend genehmigungsrechtlichen Aspekten wie Schadstoffemissionen in Abgasen und Abluft, Lärmemission, Abwasserbelastung, ...
17. Übersicht zum erstellten Sicherheitskonzept (HAZOP) mit Abhandlung der wesentlichen Sicherheitstechnischen Aspekte (Maschinenrichtlinie, Druck, Explosion, Maschine) und Lösungen (gemäß Produktsicherheit), Angabe der Methode der Sicherheitsbetrachtung
18. Erstellte technische Apparatespezifikationen bezüglich technischen Auslegungsparametern, Werkstoffvorgaben und sonstigen z. B. produktionstechnischen Besonderheiten und Anforderungen wie Schweißungen und Prüfungen
19. Ableitung und Darstellung eines Regelungskonzeptes mit wesentlichen systemtechnischen und sicherheitstechnischen Regelkreisen in einem Rohrleitungs- und Instrumentenfließschema
20. Erstellte Medienspezifikationen von wesentlichen Einsatzstoffen, Produkten und Abfällen mit Bezug auf das Anlagenschema, Eigenschaften und Sicherheit
21. Capex und Opex-Ermittlung und ökonomische Bewertung mittels einer Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 oder der Cash-Flow Betrachtung.
22. Literaturverzeichnis mit Angabe der wesentlichen Fachliteratur, Literaturverweise in den Kapiteln
23. Anhang mit Abbildungsverzeichnis und Tabellenverzeichnis, ...