

chemPLANT-Aufgabe 2020:

Herstellung von Proteinen als Nahrungsgrundstoff aus CO₂

Faktoren wie das kontinuierliche Wachstum der Weltbevölkerung und der fortschreitende Klimawandel haben zur Folge, dass eine effizientere Nutzung der Ressourcen notwendig wird. Einen wesentlichen Aspekt im Rahmen der Versorgung mit Nahrungsmitteln stellen Proteine dar, die der Mensch für seinen Stoffwechsel benötigt. Trotz des Anstiegs der Verwendung von pflanzlichem Protein bildet tierisches Protein die Hauptproteinquelle in der menschlichen Ernährung. Bei einer Gesamtbilanzierung (CO₂, Energie, etc.) der Fleischproduktion durch Tierhaltung zeigt sich jedoch, dass diese im Widerspruch mit der nachhaltigen und effizienten Nutzung von Ressourcen steht. Weiterhin trägt die Tierhaltung zu einem Großteil (14,5%) der anthropogenen Treibhausgas-Emissionen bei.

Aus diesen Gründen steigt das Interesse an alternativen Proteinquellen. Eine innovative Möglichkeit ist die biotechnologische Herstellung von Proteinen mit Hilfe von Mikroorganismen, welche CO₂ als Kohlenstoffquelle in einem Kombinationsverfahren nutzen. Im Hauptverfahrensschritt wird dazu mit Hilfe von geeigneten Rohstoff- und Energiequellen proteinreiche (N-reiche) Biomasse produziert. Dies wird von einigen Startups bereits durchgeführt. Diese vermarkten die Biomasse als solche direkt (nach Trocknung und Mahlen). Das Produkt kann im Proteingehalt und -wertigkeit mit Sojaproteinkonzentrat konkurrieren, nicht aber in Herstellungspreis und -menge.

Der hier zu verfolgende (davon weiterführende) Ansatz beinhaltet eine Abtrennung der für die Lebensmittelindustrie nicht verwertbaren (CH-reichen) Biomasse (Nebenprodukt) in einem Folgeschritt. Dieser Nebenstrom soll über geeignete Konversionsschritte zur Energieerzeugung genutzt werden (zum Beispiel hydrothermale Verflüssigung, Vergasung oder biochemische Verfahren wie der Biogas-Prozess).

Vor diesem Hintergrund soll ein Gesamtverfahren entwickelt werden, bei dem zunächst mit Hilfe von CO₂ Biomasse erzeugt wird. Dazu sind im vorigen Schritt die für das Verfahren benötigten Mikroorganismen, sowie deren Stickstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff- und Energiequellen zu wählen. Im Folgeschritt soll diese Biomasse in einen proteinreichen Strom als Proteinquelle für den Einsatz in der Lebensmittelindustrie (zum Beispiel zur Herstellung von Fleischersatzprodukten) und in einen (CH-reichen) Strom zur Energieerzeugung aufgetrennt werden.

Wesentliche Bestandteile der Aufgabe sind dabei die Definition des Verfahrens zur Synthese von Biomasse aus möglichst nachhaltigen Rohstoff- und Energiequellen und des Aufreinigungsverfahrens in die beiden genannten Stoffströme. Dabei ist CO₂ als Kohlenstoffquelle vorgegeben, die restlichen Rohstoffe und die verfahrenstechnischen Lösungen können Sie frei wählen. Zu bewerten sind Ausbeuten, sinnvolle Reinheitsgrade und Kosten der vermarkteten Stoffströme sowie die Auswirkung des Gesamtverfahrens auf die Umwelt.

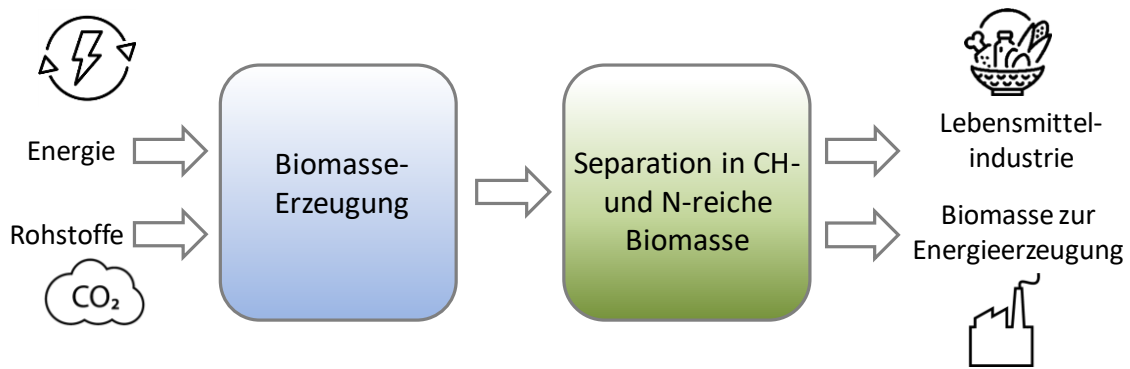


Abbildung 1: Schematisches Fließbild zur Produktion von Biomasse als Quelle für Energie und Proteine für den Einsatz in Lebensmitteln.

Im besonderen Fokus bei der Konzept- und Verfahrensentwicklung stehen **Innovation, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit**. Diskutieren Sie Ihre Entscheidungen und begründen Sie Ihre Annahmen.

Die Kriterien sind im Detail:

- Nutzung von Fläche und Ressourcenverbrauch
- Kohlenstoff- und Stickstoffeffizienz des Prozesses
- CO₂- und Energiebilanz
- Wirtschaftlichkeit: Kosten der vermarktbaren Stoffströme im Vergleich zu konventionellen, heute genutzten Rohstoffen

Die Anlage ist dabei an einem frei wählbaren, deutschen Standort mit bestehender Werksinfrastruktur nach deutschen Standards zu planen. Diskutieren Sie die erwartete Zusammensetzung der erzeugten Biomasse und erarbeiten Sie eine sinnvolle Verwertung dieser. Als konventionell erzeugte Proteinquelle soll marktübliches Sojaproteinkonzentrat und -isolat vergleichend herangezogen werden, das heute mehrheitlich zur Produktion von Fleischersatzprodukten eingesetzt wird. Wägen Sie bei Ihrem Konzept die Kosten gegen die Reinheit der entstehenden Stoffströme ab. Wählen und definieren Sie einen sinnvollen Absatzmarkt für die von Ihnen hergestellten Proteine zur Kapazitätsauslegung Ihrer Anlage.

Die Aufgabe gliedert sich in folgende Schritte:

- Innovative Konzeptentwicklung des kombinierten Verfahrens zur biotechnologischen Erzeugung von Energie- und Proteinquellen unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit
- Verfahrenstechnische Auslegung Ihres Produktionskonzeptes (Legen Sie Ihren Fokus auf die Auslegung des auf den gewählten Mikroorganismus angepassten Produktionsprozesses und den folgenden Separationsschritt)
- Findung Ihres Absatzmarktes, Bestimmung des Verkaufspreises und Kapazitätsauslegung der Anlage
- Erarbeitung der Massen- und Energiebilanzen
- Auslegung und Dimensionierung der Apparate
- Erstellen eines Verfahrensfließbildes inkl. Verfahrensbeschreibung
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten sowie der Auswirkungen für die Umwelt im Vergleich zu den genannten konventionellen Quellen

Infrastruktur und Betriebsmittel am Standort

Kosten für die einzelnen am Standort zur Verfügung stehenden Betriebsmittel (sofern sie nicht selbst erzeugt werden) sowie anfallende Kosten für Entsorgung sind Tabelle 1 zu entnehmen. Weitere Betriebsmittel sind bei Bedarf zu begründeten Bedingungen zu wählen.

Tabelle 1: Betriebsmittel und Infrastruktur am Standort.

	Spezifikation	Kosten
Betriebsmittelkosten		
Strom	10 kV & 400 V	60 € / MWh
Erdgas	-	30 € / MWh
Dampf	40 bar	50 € / t
Druckluft	6 bar	50 € / 1000 Nm ³
Kühlwasser	35 °C ($\Delta T_{\max} = 10$ K)	80 € / 1000 m ³
Trinkwasser	-	2 € / 1000 m ³
Entsorgungskosten		
Abwasser	< 10.000 ppm CSB*	5 € / m ³
Lösungsmittelhaltige Abfälle	-	0,5 € / kg

*CSB = Chemischer Sauerstoffbedarf