

Bachelor-Abschlussarbeit

Thema:

Environmental impact and economy of sugar kelp production with an IMTA-plant in the Westfjords of Iceland

Zusammenfassung:

In der folgenden Studie werden die Umweltauswirkungen und die Wirtschaftlichkeit der Zuckertangproduktion mit einer Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA)-Anlage mit einer Produktionskapazität von ca. 500 t Nassgewicht (FW)/Jahr in den Westfjorden von Island untersucht. Für das Unternehmen Djupid wird die Machbarkeit untersucht, um folgende Fragen zu beantworten:

- Wie hoch sind die Umweltauswirkungen für 1 kg Zuckertang in den Wirkungskategorien Klimawandel, marine Eutrophierung, Süßwasser-Eutrophierung und Versauerung?
- Wie hoch sind die Kosten für den Bau der Anlage?
- Wie hoch sind die Kosten für den Betrieb der Anlage?
- Wie hoch sind die Einnahmen?
- Gibt es einen Break-even-Punkt, ab dem sich die Investition lohnt?
- Ist es unter Berücksichtigung aller Antworten möglich, die Anlage zu bauen? (Platzbedarf, Kosten)
- Vor welchen Herausforderungen steht Elðey Aqua?
- Ist es wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll, diese Anlage zu bauen?
- Welche Art von Forschung oder Ressourcen werden benötigt?

Zu diesem Zweck werden eine ökologische Analyse nach der Methode des Life Cycle Assessment (LCA) sowie eine wirtschaftliche Analyse, bei der die Kosten, Einnahmen und Gewinne berechnet werden, und eine qualitative Risikobewertung durchgeführt. Darüber hinaus werden eine Unsicherheitsanalyse, eine Sensitivitätsanalyse und eine Szenarioanalyse unter Verwendung einer Monte-Carlo-Simulation durchgeführt.

Die Ergebnisse der ökologischen Analyse zeigen, dass 1 kg DW von *S. latissima* -0,56 kg CO₂-eq, 0,00465 kg SO₂-eq, 0,000017 kg P-eq und -0,0141 N-eq in den Wirkungskategorien Klimawandel, Versauerung, Süßwasser Eutrophierung und Marine Eutrophierung emittiert. Die direkten Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphoremissionen der Lachsfarm übersteigen um Faktor 21, 75 und 19 die Aufnahme durch den Zuckertang. Was die Durchführbarkeit betrifft, so ist es unwahrscheinlich, dass eine Anlage in einer Größe gebaut werden kann, die alle direkten Emissionen der Lachsfarm kompensieren könnte. Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass eine ausreichende Nährstoffzufuhr für den Kelp gewährleistet ist. Die Umweltauswirkungen von *S. latissima* haben über den untersuchten Zeitraum von fünf Jahren nur geringfügig abgenommen. Die Studie ergab, dass die biochemische Zusammensetzung, einschließlich des DMC, des C- und N-Gehalts sowie des Biomasseertrags, zu den wichtigsten Faktoren für die Umweltauswirkungen der funktionellen Einheit gehören. Die wirtschaftliche Analyse hat gezeigt, dass die Investitionskosten für den Bau der Anlage die Einnahmen in den Jahren 1 bis 4 übersteigen. Im Jahr 1 betragen die Kosten für Bau und Betrieb der Anlage ca. 101.000.000 ISK/Jahr. In den folgenden vier Jahren liegen die Betriebskosten zwischen 18.000.000 und 19.700.000 ISK/Jahr. Die Einnahmen steigen von 45.000.000 ISK/Jahr im Jahr 1 auf ca. 52.000.000 ISK/Jahr im Jahr 5. Der Gewinn beträgt ca. -62.500.000 ISK/Jahr im Jahr 1 und 20.000.000 ISK/Jahr im Jahr 5. Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass eine entsprechende Anlage nach vier Jahren amortisiert ist. In einer Marktanalyse muss jedoch ermittelt werden, wie wahrscheinlich es ist, dass der Ertrag vermarktet werden kann. Die Risikobewertung hat gezeigt, dass die Risiken für die Umwelt (durch Plastikverschmutzung und Veränderung des Genoms) hoch sind, ebenso wie das wirtschaftliche Risiko für den Betreiber. Die hohen Risiken sind insbesondere auf schwere Wetterereignisse wie starke Winde und Schneestürme zurückzuführen. Die Szenarioanalyse hat gezeigt, dass die Verwendung eines Elektroautos anstelle eines Autos mit Verbrennungsmotor und die Verwendung von Methanol anstelle von Diesel für das Kranschiff die durchschnittliche Umweltbelastung der funktionalen Einheit in einigen Wirkungskategorien verringern kann. Allerdings sind die Kosten, vor allem im ersten Jahr, höher als die des Standardszenarios. Wenn diese Kosten nicht durch höhere Einnahmen gedeckt werden, sinkt der Gewinn.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Bau und der Betrieb der Anlage grundsätzlich machbar und vertretbar sind, aber es wird dringend empfohlen, alle noch offenen Fragen im Vorfeld zu klären. Die vorliegende Arbeit ist aufgrund verschiedener Faktoren sehr spezifisch für die beschriebene Anlage. Sie kann potentiellen Betreibern einen Überblick über ein beispielhaftes System, die entsprechenden Prozesse und Arbeitsschritte, die wesentlichen Stoffströme und Umweltauswirkungen, die Kosten, Erlöse, Gewinne und Risiken geben. Die Ergebnisse dieser Studie sind nicht geeignet, exakte quantitative Antworten auf Detailfragen zu geben.

Abstract

In the following study the environmental impact and economy of sugar kelp production with an IMTA plant, with a production capacity of ca. 500 t FW/year in the Westfjords of Iceland is examined. For the operating company Djupid, the feasibility is examined to answer the following questions:

- What are the environmental impacts of the production of 1 kg of sugar kelp (*Saccharina latissima* (*S. latissima*)) in the impact categories climate change, marine eutrophication, freshwater eutrophication and acidification?
- How much does it cost to build the plant?
- How much does it cost to run the plant?
- How high are the revenues?
- Is there a break-even-point in time when the investment is worthwhile?
- When taking all the answers into consideration, is it possible to build the plant? (Space needed, costs)
- What challenges are Elðey Aqua facing?
- Is it economically and ecologically reasonable to build this plant?
- What kind of research or resources are needed?

Therefore an environmental impact assessment, using the method of LCA, as well as an economic analysis, calculating the costs, revenues and profits, and a qualitative risk assessment is carried out. Furthermore an uncertainty analysis, a sensitivity analysis and a scenario analysis is carried out, using a MonteCarlo simulation.

The results of the environmental impact assessment show, that 1 kg DW of *S. latissima* is emitting -0.56 kg CO₂-eq, 0.00465 kg SO₂-eq, 0.000017 kg P-eq and -0.0141 N-eq in the impact categories Climate, Change, Acidification, Freshwater Eutrophication and Marine Eutrophication. The direct emissions of carbon, nitrogen and phosphorus of the salmon farm exceed by a factor of 21, 75 and 19, the uptake of the kelp. In terms of practicability, it is unlikely to build a plant of a size that could compensate for all the direct emissions from the salmon plant. On the other hand, it can be assumed that a sufficient nutrient supply for the kelp is ensured. The results of the impact assessment showed only a minor decrease in the environmental impact of *S. latissima* over the time period examined of five years. The study found, that the biochemical compositions, including the DMC, the C and N content, as well as the biomass yield are the some of the most relevant factors for the environmental impact of the functional unit.

The economic analysis showed that the investment costs to build the plant are exceeding the revenues in year 1 to 4. In year 1 the costs to build and run the plant are ca. 101,000,000 ISK/year. In the following four years the running costs are between 18,000,000 and 19,700,000 ISK/year. The revenues rise from 45,000,000 ISK/year in year 1 to ca. 52,000,000 ISK/year in year 5. The profit is ca. -62,500,000 ISK/year in year 1 and 20,000,000 ISK/year in year 5. From these results, it can be deduced, that a corresponding plant is amortizing after four years. However, a market analysis has to determine how likely it is, that the yield can be marketed.

The risk assessment has shown, that the risks for the environment (plastic pollution and change in genome) are quite moderate, while the economic risk for the operator is high. The high risks are due in particular to severe weather events such as strong winds and snowstorms.

The scenario analysis showed, that using an electric car instead of a car with a combustion engine and methanol instead of diesel for the vessel, can decrease the average environmental impact of the functional unit in some impact categories. However, the costs are, especially in the first year, higher than the ones of the default scenario. If these costs are not covered by higher revenues, the profit decreases.

The results indicate that it is fundamentally feasible and justifiable to build and operate the plant, but it is strongly recommended that any questions that remain unanswered be answered in advance.

The present work is very specific to the system described due to various factors. This work can give potential operators of a corresponding plant an overview of an exemplary system, the corresponding processes and work steps, the basic material flows and environmental impacts, the costs, revenues, profits and risks. The results of this study are not suitable for providing exact quantitative answers to detailed questions.

Verfasser/in: Sophie-Kristin Heling

Betreuer/in: Prof. Dr. Norbert Reintjes, Gunnar Ólafsson

Datum der Abgabe: 04.04.2023