

Machbarkeitsstudie optischer Sensor für Düngemittel

Ausgangslage



Abbildung 1: Gülleausbringung mit einem Schleppschlauchverteiler

Gewässerverschmutzung durch zu viel Düngemittel ist ein ernsthaftes Problem, durch die vielen Nährstoffe im Wasser entsteht eine übermäßige Algenbildung. Diese verbrauchen den Sauerstoff im Wasser, was anderes Leben in diesen Gewässern erschwert oder gar unmöglich macht.

Mittels Präzisionsdüngung kann diesem Problem entgegengewirkt werden, ohne Abstriche im Ertrag machen zu müssen. Durch verschiedene Analysen kann der Nährstoffbedarf der Anbauflächen ermittelt und dann nur die vom Boden benötigte Menge an Nährstoffen ausgetragen werden.

Der Trend weg vom künstlich hergestellten Dünger hin zu natürlicher Gülle stellt für die Präzisionsdüngung eine Herausforderung dar.

Die Nährstoffgehalte in Gülle schwanken stark. Verschiedene Hersteller haben sich diesem Problem bereits angenommen und NIR-Spektrometer Messgeräte entwickelt, welche den Stickstoffgehalt ermitteln können. Diese Sensoren sind mit ca. 30'000 Franken jedoch für die meisten Schweizer Landwirtschaftsbetriebe zu teuer. Dieses Projekt soll herausfinden, ob ein solches Gerät auch günstiger hergestellt werden kann.

Messaufbau

Transmission

Um erste Messungen durchzuführen, wurde Kunstdünger verwendet, dieser wurde in Transmission gemessen. Dies funktioniert gut, da der Kunstdünger (AHL 30) transparent ist. Bei weniger transparenten Proben muss die Schichtdicke deutlich verringert werden, da sonst keine Signifikante Intensität am Sensor ankommt. Gemessen wurde mit einer Schichtdicke von 10mm und versuchsweise mit ca. 3mm.

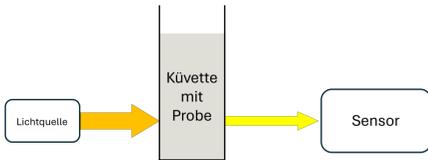


Abbildung 2: Prinzip Transmission

Reflexion

Für die Reflexionsmessung wurde ein Küvettenhalter 3D gedruckt und mit zwei Kollimatoren versehen, welche die Lichtstrahlen parallel zueinander ausrichten und somit ungewollte Streuung verhindern. Der Schacht für die Küvette wurde so ausgelegt, dass diese nicht zerkratzt wird, aber dennoch einen guten Halt mit minimalem Spiel hat.

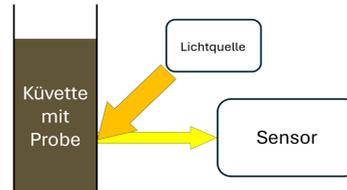


Abbildung 3: Prinzip Reflexion

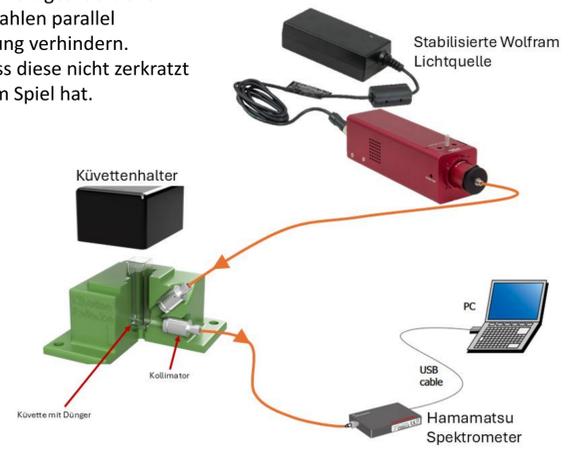


Abbildung 4: Messaufbau Reflexion

Berechnung

Das mit der Probe gemessene Spektrum wird mit einem hellen Referenz-Spektrum, welches ohne Probe aufgenommen wird, verglichen. Daraus ergibt sich die Extinktion (englisch absorption). Durch diesen Vorgang können Einflüsse des Aufbaus minimiert werden. Dazu wird noch das Dunkel Spektrum aufgenommen ohne Beleuchtung, welches den Sensoroffset aus der Extinktion eliminiert.

$$AU = \log_{10} \left(\frac{I_{ref} - I_{dark}}{I_{raw} - I_{dark}} \right)$$

Resultate

Transmission

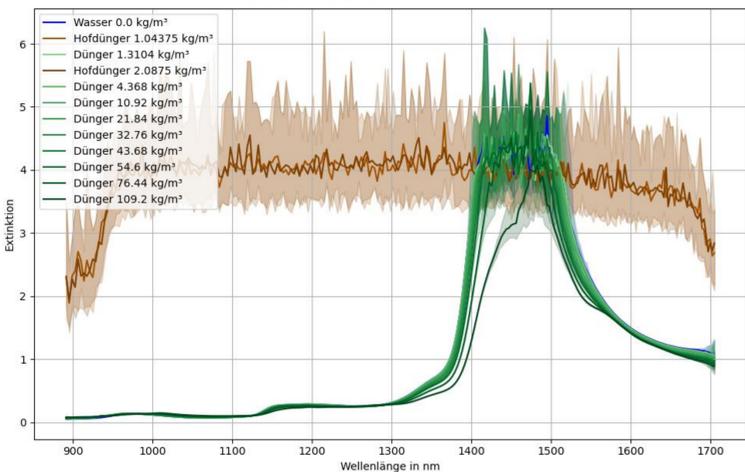


Abbildung 5: Transmission Spektrum Kunstdünger und Gülle mit unterschiedlichem Stickstoffgehalt

Reflexion

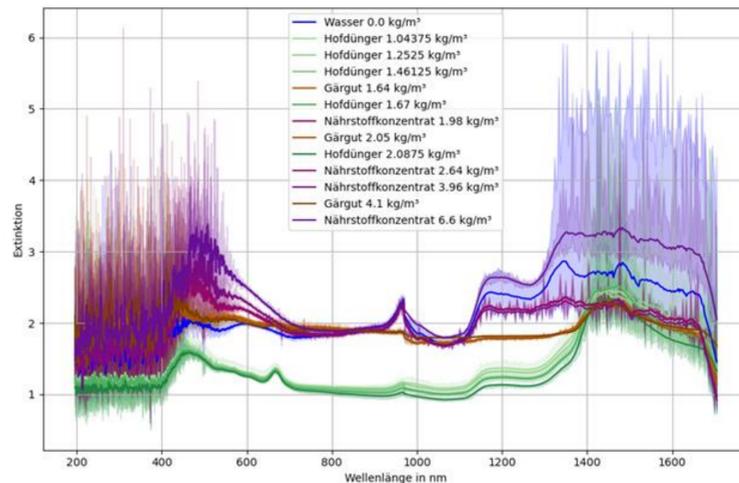


Abbildung 6: Reflexion Spektrum, für Gülle mit unterschiedlichem Stickstoffgehalt

Dieses Spektrum ist aus Daten von zwei Messgeräten zusammengesetzt für sichtbares Licht und Nahinfrarot Licht, daher kann der Knick bei knapp 1000 nm ignoriert werden. Die Güllesorten wurden mit Wasser verdünnt, um eine grössere Anzahl Proben zur Verfügung zu haben. Die Linien zeigen das Durchschnitts-Spektrum für alle Messungen, der transparente Bereich ist der Fehlerbalken.

Zwischen 1400nm und 1550nm sind die Ergebnisse nicht mehr zuverlässig, was daran liegt, dass Wasser in diesem Wellenlängenbereich so gut wie kein Licht durchlässt.

In den anderen Wellenlängenbereichen ist aber ein klarer Unterschied zwischen den verschiedenen Dünger Verdünnungen zu sehen.

Zuletzt wurde auch die Gülle in Transmission gemessen, jedoch wurde schnell klar, dass durch die trübe Gülle, selbst bei einer 1 zu 1 Verdünnung mit Wasser, kein Licht mehr am Sensor ankommt. Um Gülle in Transmission messen zu können, müsste eine deutlich dünnere Küvette verwendet werden als die mit 3 mm, welche zur Verfügung stand.

PLS-Regression

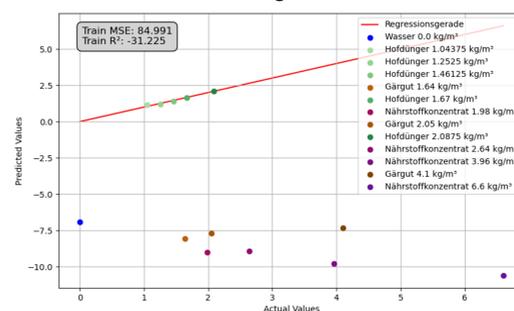


Abbildung 7: Laborwerte im Vergleich zu den PLS-Werten

Mit den gemessenen Spektren wurde ein PLS-Modell erstellt, mit dem der Stickstoffgehalt anderer Proben bestimmt werden soll. Jedoch sind solche Modelle nur für eine Sorte Gülle gültig. Es müsste für alle zu bestimmenden Güllesorten, beispielsweise Gärgut, Rinder- und Schweinegülle, jeweils ein Modell mit ein paar hundert Proben erstellt werden, um eine zuverlässige Bestimmung mittels Spektroskopie zu ermöglichen.

Wenn das Modell für Hofdünger auf eine andere Messung des Hofdüngers angewandt wird, ergibt sich ein R^2 von 0.968.

Es ist aber wahrscheinlich, dass dies eher eine Messung der Wasserkonzentration zeigt als des Stickstoffgehalts. Dies lässt sich mit der geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Proben leider nicht ändern.

Studiengang/Semester: Systemtechnik FS24

Diplomand: Gawan Marhenke

Auftraggeber: Tellnet AG

Experte: Dr. Paolo Losio

Dozenten: Prof. Dr. Stefan Gorenflo, Prof. Dr. Gerd Simons