

Projekt: Hydraulikölqualität mit NIRS bestimmen

Teamname: OIL25

Teammitglieder: Louis Hofmann, Theo Hols, Nele Köhler, Josef Mangold

Kurzbeschreibung:

Hydrauliköl erfüllt im Getriebe zentrale Funktionen, darunter **Schmierung, Kühlung und den Schutz der Komponenten**. Diese Funktionen sind nur gewährleistet, wenn das Öl bestimmte Eigenschaften aufweist, wie z.B. **Partikelgehalt, Viskosität und Wasseranteil**.

Ziel des Projekts war es zu untersuchen, ob sich **NIRS-Spektren mit dem Wassergehalt im Öl korrelieren lassen**, um so Rückschlüsse auf den **Verschleißzustände des Öls** zu ziehen. Mithilfe von **Machine Learning (Random-Forest-Modell)** konnten die unterschiedlichen Ölproben erfolgreich voneinander unterschieden werden.

Zur weiteren **Verbesserung der Genauigkeit** und zur Berücksichtigung zusätzlicher Einflussfaktoren – etwa der **Öltemperatur** – sind künftig weitere Messungen und größere Stichproben erforderlich.

Langfristig könnte dieses Verfahren ermöglichen, **den tatsächlichen Zustand des Öls zu bestimmen**, Ölwechsel gezielter durchzuführen und dadurch **Ölverbrauch sowie Ressourcenverbrauch nachhaltig zu reduzieren**.



Abb. 1:

OIL25

Hydraulikölqualität mit NIRS bestimmen

EINLEITUNG

Die Nahinfrarot-Spektroskopie bietet die Möglichkeit, zerstörungsfrei Rückschlüsse über Substanzen und Stoffe zu ziehen und findet deshalb immer mehr Anwendung in der Landwirtschaft. Die Intension dieses Projekts ist, diese Anwendung speziell in Hinsicht auf den Wassergehalt in Getriebeöl zu testen.

Was ist NIRS?

Nahinfrarot-Spektroskopie nutzt Licht, um aus reflektierten Spektren Informationen über vorliegende Stoffe und deren Zusammensetzung zu erhalten [1].

Was ist Hydraulikölqualität?

Öl im Getriebe hat wichtige Funktionen, wie die Schmierung, Kühlung und den Schutz der Komponenten [2]. Diese Funktionen können nur gewährleistet werden, wenn das Öl bestimmte Eigenschaften erfüllt:

- » Partikelgehalt
- » Viskosität
- » Wassergehalt, ...



Abbildung 1:
NIR-Sensor



Abbildung 2:
Öl ohne
Wasser



Abbildung 3:
Öl mit 4%
Wasser

MATERIAL UND METHODEN

Da es nicht nur das Ziel ist, Zusammenhänge zwischen reflektierten Lichtspektren und dem Wassergehalt in Öl herzustellen, sondern auch, diese Methoden Werkstätten und Maschinenbesitzern zur Verfügung zu stellen, wurde im Rahmen dieses Projekts ein Prototyp für ein mobiles Messgerät entworfen. Dabei wurden unter anderem Einflüsse auf das Ergebnis durch unterschiedliche Wassergehalte, externe Lichteinflüsse und durch Unterschiede zwischen neuem und gebrauchtem Öl geprüft.

Die Messreihen

Der Aufbau einer Messreihe sieht vor, eine homogenisierte Ölprobe im Umfang eines halben Liters mit einem Triad-Sensor zu messen und die Daten mit einem Laptop aufzuzeichnen. Dies wird für unterschiedliche Ölproben mit unterschiedlichen Wassergehalten und unter unterschiedlichen Randbedingungen wiederholt. Anschließend erfolgt die Analyse und Visualisierung mit der Software „Orange“.

PROJEKT BETREUER
Prof. Dr. Patrick Noack

Das Messgerät (Prototyp)

Ziel war es, mit dem Messgerät akkubetriebene Echtzeitmessungen möglich zu machen. Es soll dabei benutzerfreundlich gestaltet und damit einfach zu bedienen sein. Wichtig ist es, dass auch die Ergebnisse für jeden leicht verständlich sind. Nach diesen eigenen Vorsätzen wurde der Prototyp gestaltet

ERGEBNISSE

Das Ergebnis des Projekts ist ein fertiger Prototyp, der mit Referenzmessungen kalibriert ist. Diese Daten wurden nach der Fertigungsphase im Messgerät selber erhoben und in einem Modell gespeichert, das dem Prototyp auf der Recheneinheit zur Verfügung steht. Nebenbei wurden auch andere Messreihen mit Variationen von Umgebungseinflüssen gemacht, um weitere Erkenntnisse für die Erhebung des Wassergehalts zu erhalten.

Prototyp - Ergebnisse

Der Aufbau des Prototyps orientiert sich an den Methoden der Datenerhebung. Besonders wichtig war es, die Bedingungen während den Messungen gleich zu gestalten, um Fehler zu vermeiden. Dafür wurde unter anderem die Füllhöhe der Ölprobe für das Messgerät genau definiert und Licht während der Messung ausgeschlossen. Der Prototyp enthält einen Zu- und Abschalte für die Batterie und ein Display, auf dem der Nutzer sowohl Anweisungen vor und während der Messungen bekommt, als auch die Ergebnisse danach. Das Ergebnis einer Messung kommt dadurch zustande, dass die Recheneinheit des Prototyps die aktuelle Messung mit einer vorgegebenen Referenzdatei vergleicht und daraus den Wassergehalt ableitet. Die Komponenten wurden hauptsächlich mit 3D-Druck gefertigt.

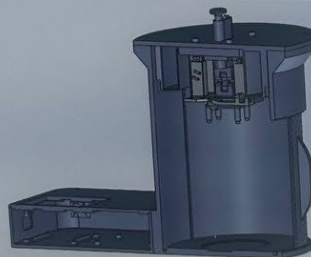


Abbildung 4: Schnitt durch die Prototyp-Konstruktion

PROJEKT BEARBEITER
Louis Hofmann

Datenerhebung - Ergebnisse

Die Messreihen haben ergeben, dass bei den Messungen mit NIRS schon kleinste Einflüsse der Umgebung eine große Rolle für das Ergebnis spielen können. Einflüsse von Licht, frischem und gebrauchtem Öl, Wassergehaltsabstufungen und Unterschiede zwischen Sensoren gleichen Typs wurden betrachtet und immer hatten diese einen Einfluss auf die erhobenen Daten. Die Auswertung mit „Random Forest“ als Modell des maschinellen Lernens hat sich bei den Ergebnissen im Vergleich zu den Modellen „Neural Network“ und „Support Vector Machine“ als die Zuverlässigste herausgestellt.

Actual	Predicted					
	0%_Koda_ID	0%_frisch	0,5%_frisch	1%_Koda_ID	2%_Koda_ID	3%_Koda_ID
0%_Koda_ID	96,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
0%_frisch	0,0%	84,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
0,5%_frisch	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
1%_Koda_ID	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
2%_Koda_ID	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	87,5%	0,0%
3%_Koda_ID	0,0%	0,0%	3,1%	0,0%	0,0%	96,9%
4%_Koda_ID	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
5%_Koda_ID	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
6%_Koda_ID	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Abbildung 5: Beispiel: Auswertungsausschnitt mit Random Forest

DISKUSSION

Da die Konstruktion und Fertigung des Prototyps einige Zeit in Anspruch genommen hat, müssen noch mehr Referenzmessungen im Prototyp selber aufgenommen werden, um die Ergebnisse zuverlässiger zu gestalten. Auch eine Möglichkeit für einen internen Schwarz- und Weißabgleich sollte der Prototyp noch bekommen, um ein Wechseln des Sensors einfacher zu gestalten. Der Prototyp kann außerdem im nächsten Schritt um eine Batterieüberwachung erweitert werden. Zudem gibt es noch diverse Einflüsse, die es noch ins Verhältnis zu den Ergebnissen zu setzen gilt, wie beispielsweise die Temperatur der Ölprobe. Das Ziel auf lange Sicht ist es, solche Messungen direkt im Traktor selbst vorzunehmen, um eine ständige Überwachung des Öls zu realisieren.

LITERATUR

- [1] Noack, P. O. (2018): Einsatz von Multi- und Hyperspektralsensoren in der Landwirtschaft. DPFG. Online verfügbar unter: <https://www.dgpf.de/src/tagung/it2018/proceedings/start.html>, zuletzt geprüft am: 19.06.2025.
- [2] Czichos, H.; Habig, K.H. (Hrsg.) (2020): Tribologie-Handbuch - Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik. 5. Auflage. Berlin: Springer Vieweg

SEMINARARBEIT