

Potenziale von Open Data für die Effizienzsteigerung von mobilen Arbeitsmaschinen

Thoralf Stein¹ und Tobias Henschel¹

Abstract: Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Abschätzung der benötigten Leistung für verschiedene landwirtschaftliche Arbeitsprozesse. Dabei wird auf eine Vielzahl von öffentlich zugänglichen Datenbanken zurückgegriffen und mittels eines komplexen Modells der Leistungsbedarf bestimmt. Anschließend wird das Modell mit Testdaten verglichen, um zu zeigen, dass eine Empfehlung von Maschine und Anbaugerät nur mittels öffentlich zugänglicher Datenbanken möglich ist.

Keywords: Open Data, Smart Data, Entscheidungsunterstützungssysteme, Kraftstoffeinsparung, Data Mining

1 Einleitung

Open Data ist ein wichtiger Begriff der Digitalisierung in verschiedenen Bereichen und enthält auch für die Landwirtschaft viele Potenziale. Immer mehr staatliche und nichtstaatliche Institutionen stellen Daten kostenfrei zur Verfügung. In den diversen Disziplinen der landwirtschaftlichen Optimierung könnten diese zum Einsatz kommen. „Entscheidungsunterstützungssysteme“ (engl.: *Decision Support System* (DSS)), spielen dabei eine immer größere Rolle und können durch moderne Informationstechnik in vielen Bereichen eingesetzt werden. Diese „bezeichnen in der Regel die [...] Unterstützung für Managementaufgaben (insbesondere Entscheidungsfindung) durch Informationssysteme“ [It18]. Die meisten Entwicklungen in diesem Bereich betreffen zurzeit die Pflanz –und Düngeplanung [Ta16] [SF93], die Kostenplanung [Sc15] oder den Bodenschutz [La04]. Die Systeme sollen dabei unterstützen, den Ertrag zu steigern oder Ressourcen einzusparen. Beides führt letztendlich zu einer Steigerung des Gewinns eines Betriebes.

Ein Bereich, der bisher weniger stark mit DSS unterstützt wird, ist der Maschineneinsatz eines Betriebes. Deutsche Betriebe haben 2017 durchschnittlich ca. 160 € pro Hektar und Jahr allein für Treibstoff ausgegeben [Ma17]. Wird eine nicht optimierte Maschinen-Anbaugeräte-Kombination eingesetzt, kann es zu einem um 26 % erhöhten Kraftstoffverbrauch kommen [To13]. Wird dieses mit den Treibstoffkosten sowie Miete und Unterhalt pro Jahr verrechnet, ist eine Einsparung schon für kleinere Betriebe ersichtlich: Dies setzt aber voraus, dass verschiedene Maschinen und Anbaugeräte für gleiche oder ähnliche Einsätze zur Verfügung stehen. Ein DSS könnte so gestaltet werden,

¹ Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 144, 10117 Berlin, thoralf.stein@tu-berlin.de, tobias.henschel@campus.tu-berlin.de

dass eine optimale Kombination von beidem für jedes Feld und jede Maßnahme errechnet wird. Unter anderem wird diese Aufgabenstellung vom Projekt „Big Data im landwirtschaftlichen Prozess innovativ nutzen“ (BiDa-LAP) bearbeitet. Es hat die Entwicklung einer elektronischen Infrastruktur, bestehend aus einer Plattformarchitektur und mobilen Datenloggern, zum Ziel. Die Entwicklung soll zukünftig als operatives und strategisches Entscheidungsunterstützungssystem zu Verfügung stehen.

2 Material und Methoden

Das System zur Empfehlung einer Maschinen-Anbaugeräte-Kombination wird mittels aufgezeichneter Daten eines Betriebes in Sachsen sowie diverser öffentlich zugänglicher Datenbanken entwickelt. Dazu wird ein Modell, welches die benötigte Maschinenleistung anhand des zu erwartenden Fahrwiderstands abschätzt, entwickelt. Der Fahrwiderstand wird nach dem Vorgehen von Schreiber [Sc06] modelliert. Mit diesem Vorgehen ist eine Einbeziehung diverser Parameter möglich. Es werden vielfältige Eingangsgrößen hierfür benötigt, die aber aus den öffentlich zugänglichen Datenbanken ermittelt oder abgeschätzt werden können. Weiterhin sind die Daten des Maschinenparks erforderlich. Das Modell wird mittels der aufgezeichneten Daten, bei denen die eingesetzte Motorleistung bekannt ist, validiert. Ist die Validierung erfolgreich, kann das Modell für die Empfehlung eingesetzt werden. Das genaue Vorgehen wird im Folgenden erläutert:

2.1 Datenbanken

Die hier aufgezeigten Datenbanken werden zur Berechnung der Fahrwiderstände benötigt.

- Deutscher Wetterdienst (DWD): Der Wetterdienst bietet eine Vielzahl an Daten, die nicht nur Wetterstationen beinhalten, sondern auch interpolierte quadratische Gitternetze mit 1 km Kantenlänge, die anhand der Daten der Stationen berechnet werden. Für den Fahrwiderstand werden die Bodenfeuchtigkeiten und die Niederschlagsmenge benötigt.
- Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR): Mit den Radarsatelliten der Mission TanDEM-X wird ein hochgenaues, digitales 3D-Abbild der Erde aufgezeichnet. Es werden präzise Höhendaten in einem 12-m-Raster für die gesamte Erde gesammelt und in ein einheitliches Kartenmaterial überführt. Für das Fahrwiderstandsmodell kann mittels der Höhendaten der Steigwiderstand ermittelt werden.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Die BGR bietet umfassende Bodenkartierungen verschiedener Genauigkeiten an oder stellt Verbindung zu den Landesämtern her. Für das Modell wird die Bodenart mit dazugehörigen Sand-, Ton- und Schluffanteilen benötigt.

2.2 Berechnung Fahrwiderstand

Das Vorgehen nach Schreiber zur Bestimmung der benötigten Motorleistung P_{Motor} berücksichtigt eine Vielzahl an Einflüssen. Die Bestandteile werden im Folgenden erläutert.

$$P_{Motor} = P_{Fahr} + W_{Neben_m} \cdot \frac{m_1}{A} \cdot b_G \cdot v + P_{Neben_bt} \cdot t_G \cdot b_G + P_{Neben_b} \cdot b_G \quad (1)$$

Die Fahrleistung P_{Fahr} wird mittels des Getriebemodells errechnet. Darin fließen der Wirkungsgrad g_1 und die Art des Getriebes (hydraulisch/mechanisch) sowie die Nabenleistung P_{Nabe} und die Nennleistung P_{Nenn} des Traktors ein.

$$P_{Fahr} = \frac{P_{Nabe}}{g_1} + P_{Nenn} \cdot g_2 \quad (2)$$

Die Nabenleistung P_{Nabe} ist die benötigte Leistung am Rad und wird mit dem Antriebsstrangmodell berechnet. In dieses fließen die Zugkraft F_{Zug} , die Gewichtskraft F_G , der Rollwiderstandsbeiwert ρ sowie der Schlupf σ , der Steigungswiderstand F_{Steig} und die Fahrgeschwindigkeit v ein.

$$P_{Nabe} = (F_{Zug} + F_G \cdot \rho + F_{Steig}) \cdot \frac{v}{1-\sigma} \quad (3)$$

Die Zugkraft F_{Zug} wird mittels des Gerätemodells nach ASAE Standard 497.4 berechnet, in welches die Daten der Bodenkartierung der BGR und der Bodenfeuchtigkeitsberechnung des DWD einfließen. Auch die Geräteart, Geometrie und Arbeitstiefe werden berücksichtigt. Der Rollwiderstandsbeiwert ρ wird anhand des Reifen-Boden- sowie des Radlastmodells bestimmt. In das Reifen-Boden-Modell fließen die Bodendaten sowie die Reifenabmessungen ein. Im Radlastmodell werden die Gewichte von Fahrzeug und Anbaugerät sowie die Lasten der antreibenden Achsen berücksichtigt. Der Steigungswiderstand F_{Steig} wird mittels der Gewichtskraft und der Steigung berechnet. Diese kann anhand der Höhenkartierung vom DLR bestimmt werden. Der zu erwartende Schlupf wird mittels des abgeschätzten Bodenzustandes sowie aus dem Verhältnis von Zugkraftbedarf und Gewichtskraft der Maschine grob ermittelt. Alle Modelle und Berechnungen können in diesem Rahmen nicht genauer erläutert werden.

Die mengenabhängige Arbeit W_{Neben_m} , der breiten- und tiefenabhängige Leistungsbedarf P_{Neben_bt} und rein breitenabhängige Leistungsbedarf P_{Neben_b} werden nach Schreiber mittels einer Vereinfachung, die die Art des Gerätes sowie die Bodenart berücksichtigt, bestimmt. Der Einfluss auf die Motorleistung ist dabei auch abhängig von der Arbeitsbreite b_G und der Arbeitstiefe t_G des Geräts.

Nach der Abschätzung der Motorleistung kann diese mit der tatsächlich abgerufenen Leistung der Maschine validiert werden. Stimmen die Leistungen ausreichend überein, kann das Modell zur Abschätzung des Leistungsbedarfs und somit zur Maschinen- und Anbaugeräte-Empfehlung genutzt werden.

3 Ergebnisse

Die Qualität der Datenbanken und des daraus resultierenden Modells kann auf verschiedenen Wegen untersucht werden. Dabei muss das Modell in jedem berechneten Punkt nicht hochgenau sein, sondern es genügt die korrekte Abbildung des Leistungsbedarfs des geplanten Einsatzes.

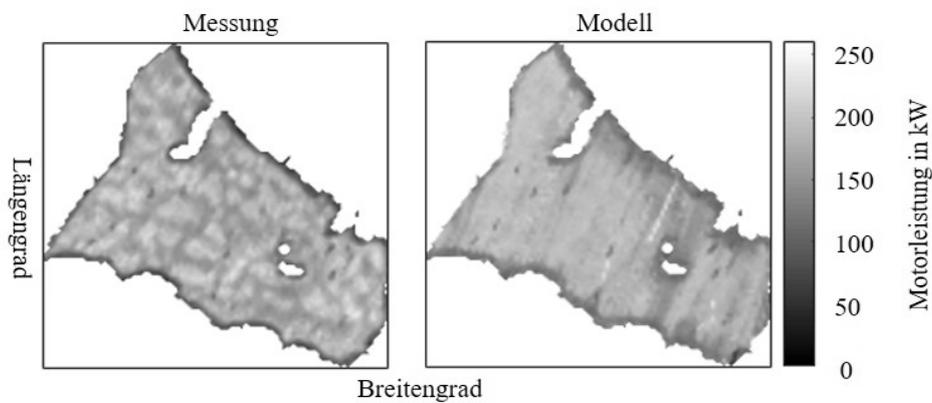


Abb. 1: Lastkartierung für eine Pflugarbeit in kW. Links Messung, rechts Modell

In Abb. 1 ist eine Lastkartierung für eine Bodenbearbeitung mit dem Pflug dargestellt. Es sind Unterschiede zwischen Realität und Modell zu erkennen. Dies kann auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen sein, die in Abschnitt 4 diskutiert werden. Jedoch zeigt die Verteilung der Motorlastbereiche in Abbildung 2, dass der Leistungsbedarf sehr ähnlich ausfällt. Nur die Abweichungen im Bereich zwischen 150 kW und 200 kW sind sehr deutlich. Für andere Testdaten zeigt das Modell ähnliche Ergebnisse. Auch bei diesen ist die Abschätzung meist etwas leistungsintensiver als die Messung.

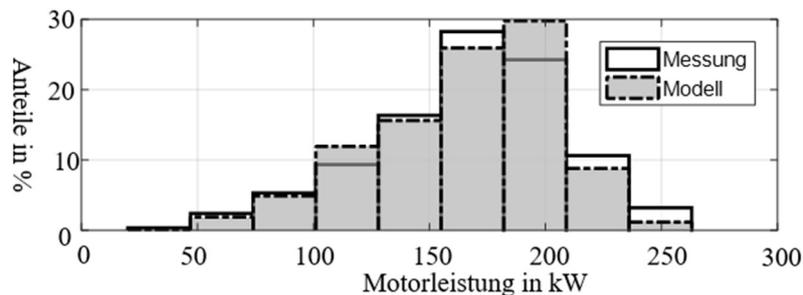


Abb. 2: Verteilung der Lastbereiche von Messung und Modell bei einer Bodenbearbeitung

4 Diskussion und Fazit

Das demonstrierte Vorgehen zur Leistungsabschätzung zeigt vielversprechende Ergebnisse in der ersten Validierung. Die Abweichungen in den mittleren und oberen Leistungsbereichen haben verschiedene Ursachen, die im Folgenden besprochen werden.

4.1 Datenbanken

Die Qualität der Datenbanken spielt eine erhebliche Rolle für das Ergebnis des Modells. Der DWD und das DLR bieten eine gute Abdeckung für die bezogenen Daten an, Schwächen gibt es noch bei der Bodenkartierung von der BGR. Diese sind sehr unterschiedlich in ihren Rastergrößen und Genauigkeiten je nach Bundesland und Gebiet. Dies hat einen erheblichen Einfluss auf das Modellergebnis, da der Tongehalt, der in Deutschland hauptsächlich zwischen 0 und 20 % liegt [Dü07], das Ergebnis um 15 % verändern kann. Dieses Problem könnte mittels Messungen auf den Betrieben gelöst werden, ist aber mit einigem Aufwand und Kosten verbunden.

Weiterhin stellt die Eingabe von Maschinenparametern eine zeitaufwendige Aufgabe dar. Hierfür konnte noch keine Datenbank erschlossen werden, es müssen alle relevanten Parameter aus den Datenblättern der Hersteller entnommen werden.

4.2 Maschinen- und Geräteeinstellungen

Die Maschinen- und Geräteeinstellungen haben ebenfalls einen massiven Einfluss auf das Ergebnis des Modells und werden bisher nur abgeschätzt. Signifikante Faktoren dabei sind vor allem die Arbeitstiefe t_G und der eingestellte Reifendruck. In der Abschätzung werden konstante Durchschnittswerte und Empfehlungen verwendet, bei jedem Anwender können diese aber variieren. Auch schwankt die Arbeitstiefe aufgrund von Unebenheiten während der Fahrt. Für den Anwendungsfall sollte in der Zukunft eine Maske für den Benutzer vorgesehen werden, in der dieser entsprechende Parameter vor der Empfehlung eingeben kann. Weiterhin ist nicht bekannt, wann das Gerät aus dem Boden gehoben wird, wodurch es zu erheblichen Unterschieden in den Randbereichen der Lastkartierung kommt.

4.3 Fazit und Ausblick

Das Vorgehen zur Empfehlung einer Maschinen-Geräte-Kombination zeigt, dass allein die Nutzung von öffentlichen Datenbanken und Informationen zu dem Maschinenpark eines Betriebes zu einem optimierten Maschineneinsatz führen kann.

Es könnten zukünftig auch weitere Anwendungsfälle mit dem Modell untersucht werden, da nicht jeder Betrieb verschiedene Anbaugeräte zur Auswahl hat. Mittels des Modells kann untersucht werden, ob für einen Arbeitsgang die optimalen Einstellungen gewählt

worden sind. Der Anwender kann dahingehend informiert werden, ob eine Zeit- oder Kostenersparnis vorhanden wäre. Dies könnte mithilfe von mobilen Datenloggern und Endgeräten sogar während des Arbeitsgangs errechnet werden.

Auch könnten Betriebe beim Neukauf eines Schleppers durch Modelle unterstützt werden. Für typische Arbeiten könnte der Leistungsbedarf bestimmt und anhand dessen die Leistungsklasse der Neuanschaffung empfohlen werden.

Weitere Feldversuche finden im Jahr 2019 statt und werden zeigen, wie gut sich das Modell tatsächlich zur Empfehlung von Maschine und Anbaugerät eignet.

Das Projekt BiDa-LAP wird vollständig vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft gefördert.

Literaturverzeichnis

- [Dü07] Düwel, O.; Siebner, C. S.; Utermann, J.; Krone, F.: Bodenarten der Böden Deutschlands.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Produkte/Schriften/Downloads/Bodenarten_Bericht.pdf?__blob=publicationFile, 30.10.2018.
- [It18] Ittershagen, M.: Entscheidungsunterstützungssystem (EUS).
<https://www.umweltbundesamt.de/entscheidungsunterstuetzungssystem-eus>, 15.10.2018.
- [La04] La Rosa, D. de; Mayol, F.; Diaz-Pereira, E.; Fernandez, M.: A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection. In *Environmental Modelling & Software*, 2004, 19; S. 929-942.
- [Ma17] Maul, A.: Buchführungsergebnisse der Testbetriebe Landwirtschaft 2016/17.
https://www.bmel-statistik.de/fileadmin/user_upload/monatsberichte/BFT-1100001-2017.pdf, 15.10.2017.
- [Sc06] Schreiber, M.: Kraftstoffverbrauch beim Einsatz von Ackerschleppern im besonderen Hinblick auf CO₂-Emissionen. Dissertation, Hohenheim, 2006.
- [Sc15] Scott, J.; Ho, W.; Dey, P. K.; Talluri, S.: A decision support system for supplier selection and order allocation in stochastic, multi-stakeholder and multi-criteria environments. In *International Journal of Production Economics*, 2015, 166; S. 226-237.
- [SF93] Smaling, E.; Fresco, L.: A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). In *Geoderma*, 1993, 60; S. 235-256.
- [Ta16] Tayyebi, A.; Meehan, T. D.; Dischler, J.; Radloff, G.; Ferris, M.; Gratton, C.: SmartScape™: A web-based decision support system for assessing the tradeoffs among multiple ecosystem services under crop-change scenarios. In *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, 121; S. 108-121.
- [To13] Toll, C. v.: Energieorientierte Analyse der Landmaschinentechnik. Untersuchung zur maschinenrelevanten Energiebilanzierung in der Getreideproduktion mit Erfassung von CO₂-Einsparpotenzialen. Dissertation, Berlin, 2013.