



5. Von A wie Acker, bis Z wie Zucker: Wie das IAL den Zuckerrübentransport nachhaltig revolutioniert

Prof. Dr. Ulrich Müller-Steinfahrt

Ausgangslage: Individuelle Lösungen für indivi- duelle Voraussetzungen

7 Tage die Woche, 24 Stunden am Tag rollen die Lkw von den Feldern Frankens in die Zuckerrübenverarbeitung der Südzucker AG in Ochsenfurt. Dabei transportieren die Fahrzeuge zwischen September und Januar jeden Tag viele 1.000 Tonnen Rüben über die Straßen, und das im 3-Schichtbetrieb. Um diese Menge befördern zu können, werden Diesel-Lkw genutzt und tonnenweise CO₂ in die Luft emittiert. Um hier etwas nachhaltig zu ändern, wie das Unternehmen die hohe Menge an Emissionen reduzieren kann, wurde das **Institut für angewandte Logistik (IAL)** von der Südzucker AG und dem Verband Süddeutscher Zuckerrübenbauer e. V. (VSZ) beauftragt, um dies gemeinsam zu ändern. Konkret lautet die Forschungsfrage:

Wie kann die Transformationsstrategie für die Umstellung der Lkw-Flotte auf alternative Antriebe für Südzucker aussehen?

Ein wesentlicher Aspekt ist, dabei zu ermitteln, welche alternativen Lkw-Antriebsarten aktuell und in absehbarer Zeit auf dem Markt verfügbar sind und welche am besten zum Nutzungsszenario von Südzucker passen.

Vor dieser Fragestellung stehen aktuell viele Flottenbetreiber, egal ob Logistik-Dienstleister, Handels- oder Industrieunternehmen. Wie bedeutend diese Fragestellung nicht nur für den Rübentransport ist, sondern für den gesamten Verkehrssektor, zeigt letztlich auch ein Blick auf die Zahlen. Ca. 22 % aller Treibhausgas-Emissionen in Deutschland fallen auf den Verkehrs-

sektor (143 Mio. t CO₂e in 2024). Davon entfallen ca. ein Drittel auf den Güterkraftverkehr mit Lkw. Als einer der wenigen Sektoren in Deutschland konnten die vereinbarten Klimaziele zum wiederholten Male nicht erreicht werden. Eine Umstellung auf alternative Antriebe und Kraftstoffe wird – forciert auch durch politische Fördermöglichkeiten – als ein wesentlicher Stellhebel gesehen.

Das IAL – Problemlösungen seit 20 Jahren

Aufgrund der über die vielen Jahre entwickelten umfassenden Expertise und Bekanntheit des Instituts für angewandte Logistik, kurz IAL, in der Branche, wie auch der Vielzahl von Beratungsaufträgen und Gutachten für das Bayerische und Bundesverkehrsministerium, nutzen auch immer wieder Unternehmen und Unternehmensverbände die Expertise des IAL, um aktuelle Problemstellungen und Herausforderungen der Logistik zu lösen. Denn wie Logistik nachhaltiger und effizienter gestaltet werden kann, wie Prozesse optimiert werden, wie Daten gezielt verarbeitet, analysiert und damit Vorhersagen für die Zukunft getroffen werden können, wie Kreislaufwirtschaft in der Praxis funktionieren kann, damit beschäftigt sich das IAL als ältestes Institut der THWS bereits seit 2006. Nicht auf einer theoretischen, abstrakten Ebene, sondern ganz konkret und eben angewandt.

Genau aus diesem Grund kommen Unternehmen wie Südzucker immer wieder auf das IAL zu, um von eben diesem Know-how zu profitieren und anwendungsbezogene, umsetzungsorientierte Lösungen für die Probleme dieser Zeit zu erhalten. Immer „hands on“,

wenn nötig und mit operativem Blick vor Ort wie z.B. auf dem Acker oder bei der Zuckerrübenenernte.

Soll-Ist-Analyse: Ausgangslage erfassen, Herausforderungen erkennen und Ziele festlegen

Um die speziellen Herausforderungen für Südzucker zu lösen und den Transport der Zuckerrübe deutlich nachhaltiger gestalten zu können, fand zunächst eine Analyse der Ist-Situation statt. Hierfür wurden alle relevanten Daten zusammengetragen und anschließend analysiert. Notwendige Daten waren u. a. die Anzahl der Lkw sowie Ø-gefahrte Tagesentfernung je Lkw, Anzahl und Fahrtdauer der Touren je Tag, Einzugsgebiete der Zuckerrüben, Ø-Verbrauch der genutzten Lkw, täglich beförderte Tonnage. Neben der Analyse der gegenwärtigen Situation waren diese Daten notwendig, um unterschiedliche Nutzungsszenarien der Fahrzeuge zu erstellen und so den idealen Mix an Fahrzeugen mit alternativen Antrieben für Südzucker herauszuarbeiten.

Nach der Ist-Analyse folgte in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber die Klärung der kurz- und langfristigen Zielsetzung der Flottentransformation und der gegebenen Rahmenbedingungen. Hauptfokus war die Reduktion der transportbedingten Treibhausgas-Emissionen. Zudem war zu berücksichtigen, dass die Transporte – wie in der Logistikbranche üblich – von

Subunternehmern ausgeführt werden. Hier sind es u. a. Landwirte, die sich zusammenschließen und gemeinschaftlich zu einem festen Transportpreis die Transporte durchführen. Die Herausforderung war, die Subunternehmer zu überzeugen, in Kooperation mit Südzucker die aktuellen Fahrzeuge umzustellen bzw. auszutauschen.

Eher ungewöhnlich ist, dass die Unternehmer zum großen Teil lediglich den Zuckerrübentransport abwickeln und außerhalb der sogenannten Rübenkampagne keine weiteren Transporte durchführen. Besonders in den letzten Jahren wurde bei den Transportfahrzeugen überwiegend auf eine Nutzlastoptimierung geachtet, um möglichst viele Rüben mit einer Fuhre transportieren zu können. Nachteil der Rahmenbedingungen dieser Optimierung ist, dass die Lkw vom Kampagnenende im Januar bis zum Kampagnenstart im September, wenn die Rüben geerntet werden, stillstehen und sich bis dato noch keine wirklich geeignete Alternative für die Lkw samt Kippanhänger ergeben hat. Der eigentliche Transport findet also innerhalb von 100 – 140 Tagen im Jahr statt. Auch dies muss bei der Szenarienbildung berücksichtigt werden.

Markttransparenz: Viele Alternativen – viele Hürden

Wesentlich war es, den aktuellen Status quo sowie die Entwicklung der alternativ verfügbaren Fahrzeuge und der notwendigen Lade- und Tankinfrastruktur zu ermitteln. Neben einer umfassenden Literatur-



Prozess der
Rübenverladung



Pressentiment zu alternativen Antriebstechnologien

recherche wurden insbesondere aktuelle Studien herangezogen, die Angebote der Lkw-Hersteller analysiert, zahlreiche Experten befragt, Konferenzbeiträge ausgewertet und viele weitere Quellen studiert.

Eine entscheidende Rolle beim Einsatz alternativer Antriebe spielt die Lade- und Tankinfrastruktur. Im Vergleich zur klassischen Tankstelle, von der es in Deutschland ca. 14.500 Stück gibt, ist die Tank- und Ladeinfrastruktur zu alternativen Antrieben für Nutzfahrzeuge bisher noch wenig verbreitet. Diese Infrastruktur ist für die Anschaffung und Nutzung der alternativen Antriebe und auch Kraftstoffe Grundvoraussetzung.

Staatliche Förderungen und privatwirtschaftliche Initiativen forcieren insbesondere die Infrastrukturentwicklung gerade im Bereich des Schnellladens für batterieelektrisch angetriebene Lkw. Wasserstoff-Tankstellen verbreiten sich für Nutzfahrzeuge eher schleppend. Eine oft nicht planbare und schwankende Förderpolitik erschwert Investitions- und Anschaffungsentscheidungen. Die dargestellten Pressestimmen zeigen die Dynamik, die es innerhalb der Branche gibt. Teilweise werden Anreize gesetzt, in eine bestimmte Antriebstechnik zu investieren, beispielsweise in Erdgas-Lkw. Vorhandene Vorteile, wie etwa eine Mautbefreiung, sind jedoch nur für eine gewisse Zeit gültig und mit Auslauf bestimmter Regularien

ergeben sich lediglich Mehrkosten. Die fehlende Planbarkeit erschwert eine gezielte Transformation der Fahrzeugflotten. Aktuell wird von Technologieoffenheit gesprochen und die Förderung von Elektro-Lkw forciert.

Um für den Zuckerrübentransport ideale Szenarien entwickeln zu können, wurden konkret folgende Antriebsarten und Kraftstoffe betrachtet:

- Elektroantrieb
- HVO100
- Wasserstoffantrieb
- Hybridantrieb
- LPG (Autogas)
- CNG (Erdgas)
- Bioethanol
- Biodiesel

Systematisch bewertet wurden die Antriebsarten jeweils nach den Kriterien: Klimawirkung, Zukunftstendenz, Nutzlast, Ladeinfrastruktur, Betriebskosten, Tankdauer, Anschaffungskosten, Verbrauch, Reichweite und staatliche Förderung. Die nachfolgende Tabelle (siehe Seite 33) zeigt dabei die Bewertung der unterschiedlichen Antriebsarten.

Die einzelnen Ausprägungen wurden unter Abstimmung mit dem Auftraggeber unterschiedlich stark gewichtet. Besonders entscheidend waren neben der Klimafreundlichkeit die Zukunftsaussichten des jeweiligen Antriebs.



v.l.n.r.: Dr. Paul-Martin Pfeuffer (VSZ), Dr. Bernhard Loibl (Südzucker), Niklas Dekkers (IAL), Simon Vogel (Südzucker), Patrick Daratha (IAL), Dr. Fred Zeller (VSZ), Klaus Weippert (VSZ), Prof. Dr. Ulrich Müller-Steinfahrt (IAL), Gerald Corell (Südzucker)

Ergebnisse und Transfer: Gegenwärtige Alternative und Zukunftsausblick

Lokal emissionsfrei, sprich Fahrzeuge, die während der Fahrt keine Emissionen verursachen und damit aktuell noch von der Lkw-Maut befreit sind, sind derzeit lediglich mit Elektroantrieb und Wasserstoffantrieb möglich. Relevant für entstehende Emissionen ist dabei allerdings die jeweilige Produktion der Energie bzw. des Wasserstoffes. Wasserstoff wird je nach Herstellungsart beispielsweise nach grünem, grauem oder blauem Wasserstoff unterschieden. Im schlechtesten Fall entstehen bei der Produktion des Wasserstoffs beinahe so viele Emissionen wie bei der Diesel-Nutzung. Vorteil im Vergleich zum Elektro-Lkw ist gegenwärtig die geringe Tankdauer. Die Kosten für ein kg Wasserstoff sind aktuell mit 10 – 16 € jedoch derzeit enorm hoch.

Im Bereich der Elektromobilität tut sich dagegen auch im Lkw-Bereich sehr viel. Erste Fahrzeuge können bereits jetzt eine Reichweite von 500 – 600 km mit einem Ladezyklus erreichen. Zudem sind perspektivisch Ladekapazitäten von 3 MW möglich, was die Ladezeiten auf 20 – 30 Minuten reduzieren kann. Bis jedoch eine serienmäßige Umsetzung erfolgt, wird noch einige Zeit vergehen. Desweiteren sind die Anschaffungskosten für die Fahrzeuge noch sehr hoch im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen. Gerade für eine derart intensive Nutzung, wie im Rübentransport, wo innerhalb eines Drittels des Jahres Entfernungen zurückgelegt werden, die andere Logistikdienstleister in einem ganzen Jahr zurücklegen, sind die aktuellen Ladezeiten und Reichweiten noch nicht ausreichend. Ein Umstieg auf Wasserstoff etwa oder Elektromobilität kann lediglich schrittweise geschehen.

Der einzige Antriebsstoff, der kurzfristig und ohne hohe Investitionskosten zu einer erheblichen CO₂-Reduktion führen kann, ist gegenwärtig HVO (Hydro-treated Vegetable Oil). Dabei werden Abfallstoffe wie

Altspeiseöle, Küchenfette, Algen, Schlachtabfälle etc. gereinigt, mit einer geringen Menge Wasserstoff versetzt und anschließend isomerisiert. Das Endergebnis ist ein dieselähnlicher Kraftstoff, der problemlos in den meisten Dieselfahrzeugen verwendet werden kann. Nachdem der Kraftstoff in Deutschland 2024 auch als reine Variante zugelassen wurde, sicherten sich große Speditionen umgehend enorme Mengen, um ihre Klimawirkung zu reduzieren. Bei der Verbrennung des Kraftstoffs werden lediglich die Emissionen freigesetzt, die im Vorfeld aufgenommen wurden. Dadurch können im Vergleich zum herkömmlichen Diesel die Emissionen um bis zu 90 % reduziert werden. Die Kosten je Liter liegen hier aktuell etwa 0,10 € über dem Preis für einen Liter Diesel. Ein Nachteil dieses Kraftstoffs ist trotz der gestiegenen Produktion die weiterhin begrenzte Menge. Preissteigerungen zeichnen sich ab. Zudem stand der Kraftstoff immer wieder in der Kritik, dass die oftmals unter klimaschädlichen Umständen produzierten Palmfette Verwendung finden. EU-weit sollen diese jedoch nur noch bis 2030 in begrenzten Mengen verwendet werden dürfen. In Deutschland wurde deren Verwendung in Biodiesel bereits 2023 beendet.

Als Outcome wurde für Südzucker und dem VSZ eine konkrete Roadmap der Transformation erstellt, die verschiedene Szenarien des Umstieges beginnend mit der Nutzung von HVO, stufenweise Anschaffung von E-Lkw bis hin zu Testläufen mit Wasserstoff-Lkw aufzeigt. Daneben wurden in Diskussionen mit Südzucker über Betreibermodelle und dem Aufbau einer eigenen Lade- und Tankinfrastruktur erörtert. Transferiert wurden die Ergebnisse u.a. im nationalen Zuckerrüben Fachstellenseminar in Gollhofen, vor ca. 100 Landwirten. Ein wesentliches Ergebnis dieses Projekts war, dass ein systematisches methodisches Vorgehen erarbeitet wurde, um generell Unternehmen bei der Umstellung ihrer Fahrzeuge auf geeignete alternative Antriebe und Kraftstoffe zu unterstützen. So kann das IAL Unternehmen helfen einen Beitrag zur Reduzierung von Emissionen im Verkehr zu leisten.

	Kriterien	Klimafreundlichkeit	Zuladung	Infrastruktur	Antriebskosten	Anschaffungskosten	Reichweite	Staatliche Förderung	Tankdauer	Zukunftstendenz	Gesamtpunktzahl	Rang
	Gewichtung	3	2	2	2	2	2	1	2	3		
Diesel	Punkte	1	9	9	6	9	8	1	7	1		
	Gewichtet	3	18	18	12	18	16	1	14	3	103	6
Elektroantrieb	Punkte	9	6	2	9	2	2	9	2	9		
	Gewichtet	27	12	4	18	4	4	9	4	27	109	4
Wasserstoffantrieb	Punkte	6	1	1	1	1	3	9	4	7		
	Gewichtet	18	2	2	2	2	6	9	8	21	70	9
Hybridantrieb	Punkte	3	9	3	7	5	5	6	3	3		
	Gewichtet	9	18	6	14	10	10	6	6	9	88	7
LPG (Autogas)	Punkte	4	9	5	4	6	5	5	9	4		
	Gewichtet	12	18	10	8	12	10	5	8	12	105	5
Erdgas (CNG)	Punkte	2	9	4	8	4	9	4	9	5		
	Gewichtet	6	18	8	16	8	18	4	18	15	111	2
Bioethanol	Punkte	7	4	6	3	2	2	7	1	8		
	Gewichtet	21	8	12	6	4	4	7	2	24	88	7
Biodiesel	Punkte	5	9	8	3	9	8	2	7	2		
	Gewichtet	15	18	16	6	18	16	2	14	6	111	2
HVO 100	Punkte	8	9	7	5	9	8	3	7	6		
	Gewichtet	24	18	14	10	18	16	3	14	18	135	1

Nutzwertanalyse alternativer Antriebsarten und Kraftstoffe – Systematische Bewertung und Gewichtung nach ökonomischen, ökologischen und operativen Kriterien

Short Facts:

Thema

Logistik

Leitung

Prof. Dr. Ulrich Müller-Steinfahrt
Prof. Dr. Christian Menden

Standort & Kontakt

Münzstraße 19
97070 Würzburg
ial@thws.de

(Spezial-)gebiete

Nachhaltigkeit
Circular Economy
Versorgungssysteme für Stadt & Land
Digitalisierung
Few Data Learning
Sustainable Supply Chain
Analytics und Forecasting