

## Vom manuellen Selbstfahrer zum autonomen Futtermischwagen: Konzept, Technologie und Sicherheit

Christian Meltebrink<sup>1,2</sup>, Benjamin Malewski<sup>1</sup>, Andreas Trabhardt<sup>1</sup>, Tristan Igelbrink<sup>2</sup>,  
Steffen Hellermann<sup>2</sup> und Arno Ruckelshausen<sup>2</sup>

**Abstract:** Das autonome System „Verti-Q“ bildet eigenständig mit einem manuellen, selbstfahrenden Strautmann Verti-Mix SF Futtermischwagen den vollständigen Fütterungsprozess eines Rindviehbetriebes ab. Hierbei nimmt das System selbstständig Futterkomponenten in diversen Silos auf. Während der Navigation über den Hof zum Stall werden die Komponenten gemischt und abschließend dort eigenständig ausgebracht. In diesem Paper wird das Steuerungs- sowie das Sicherheitskonzept für den Personenschutz des autonomen Fütterungssystems vorgestellt.

**Keywords:** autonomes Fütterungssystem, Steuerungskonzept, Sicherheitskonzept, Personenschutz, funktionale Sicherheit

### 1 Einleitung

In der Innenwirtschaft moderner Rindviehbetriebe sind vollautomatisierte Prozesse bereits Realität. So ist der Melkroboter ein etablierter Bestandteil, der den zeitaufwendigsten Prozess neben der Fütterung vollständig automatisiert. Auch im Bereich der Fütterung werden bereits verschiedene Ansätze verfolgt [He16]. Es ergeben sich jedoch diverse Beeinträchtigungen für den Landwirt. Einige Systeme setzen aufwändige Umbaumaßnahmen an der vorhandenen Infrastruktur voraus, bilden nur Teilprozesse ab oder weisen eine fehlende Rückfallebene bei Defekten auf. So benötigt ein Landwirt zusätzliche Systeme, welche die teilautomatisierten Prozesse ergänzen und beim Ausfall einen manuellen Betrieb gewährleisten.

Das System „Verti-Q“ führt mit einem manuellen, selbstfahrenden Strautmann Verti-Mix SF Futtermischwagen den vollständigen Fütterungsprozess eigenständig durch (Abbildung 1). Anhand einer manuellen Anlernphase wird das System durch den Landwirt an die Gegebenheiten seines landwirtschaftlichen Betriebes angelehrt. Anschließend bildet das System autonom den gesamten Fütterungsprozess ab. Dieser Prozess beinhaltet die Futteraufnahme in diversen Silos (Fahrsilo, Hochsilo, Futterhaus), die Navigation über

---

<sup>1</sup> B. Strautmann & Söhne GmbH u. Co. KG, Bielefelder Straße 53, 49196 Bad Laer, C.Meltebrink@straumann.com

<sup>2</sup> Hochschule Osnabrück, Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Sedanstraße 26, 49076 Osnabrück, A.Ruckelshausen@hs-osnabrueck.de

den landwirtschaftlichen Betrieb sowie den Futterraustrag im Stall. Weiterhin besteht die Möglichkeit den Fütterungsprozess manuell durchzuführen.



Abb. 1: Autonomer Futtermischwagen Verti-Q

In dieser Arbeit werden das Steuerungskonzept und das Sicherheitskonzept für den Personenschutz des autonomen Fütterungssystems vorgestellt. Aktuell existieren noch keine normativen Anforderungen für autonome Fütterungssysteme anhand derer der Stand der Technik bei einer Inverkehrbringung nachgewiesen werden kann. Aus diesem Grund wird der Entwicklungsprozess in Zusammenarbeit mit einer TÜV-Zertifizierungsstelle durchgeführt.

## 2 Das Konzept des autonomen Futtermischwagens

Der manuelle Futtermischwagen wird mit einem leistungsstarken Industrie-PC für die Autonomiefunktionen sowie mit einer Sicherheitssteuerung ausgestattet. Eine der wesentlichen Neuentwicklungen des autonomen Futtermischwagens ist ein neues Steuerungskonzept, welches das Zusammenspiel von Fahrzeugsteuerung, Autonomiesteuerung, Sicherheitssteuerung sowie Sensorik und Aktorik regelt. Es ermöglicht den autonomen Fütterungsprozess sowie bei Bedarf oder widrigen Umgebungsbedingungen weiterhin einen manuellen Betrieb. Abbildung 2 zeigt dieses Konzept.

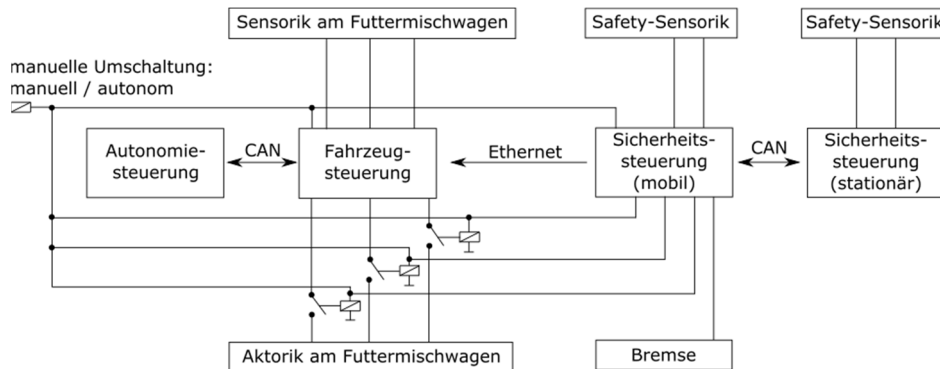


Abb 2: Das Steuerungskonzept des Verti-Q-Systems

Durch einen Schalter ist es dem Landwirt möglich, den Betriebsmodus der Maschine zwischen manuell und autonom umzuschalten. Im autonomen Betrieb übernimmt die Autonomiesteuerung die Aufgabe des Landwirtes und führt eigenständig durch Ansteuerung der Fahrzeugsteuerung den Fütterungsprozess aus. Ergänzt wird die Autonomiesteuerung durch eine Sicherheitssteuerung, die für einen sicheren Betrieb sorgt. Sie detektiert anhand zusätzlicher Sensorik mögliche Gefährdungen, wenn der Fütterungsprozess durch das unbemannte Fahrzeug ausgeführt wird. Durch das Schalten von Sicherheitsrelais zwischen der Fahrzeugsteuerung und der Fahrzeugaktorik sowie der Feststellbremse ist es der Sicherheitssteuerung möglich, ohne zusätzliche Aktorik bei einer gefahrenbringenden Situation das Fahrzeug zu stoppen und in einen sicheren Zustand zu überführen. Über eine drahtlose CAN-Bus Verbindung ist eine Kommunikation zu stationären Steuerungen auf dem landwirtschaftlichen Betrieb möglich. Durch die Umschaltung in den manuellen Betrieb wird die Verbindung zwischen der Autonomiesteuerung und der Fahrzeugsteuerung getrennt, die Ausgänge der Sicherheitssteuerung spannungslos geschaltet und die Relais dauerhaft geschlossen (siehe Abbildung 2). Somit bleibt für den Landwirt die Funktionalität des manuellen Futtermischwagens uneingeschränkt verfügbar.

### 3 Das Sicherheitskonzept

Durch das zuvor beschriebene Steuerungskonzept wird der manuelle Futtermischwagen nur um Funktionalitäten der Fahrzeugsteuerung und Elektronik erweitert. Nach Rücksprache mit der kooperierenden TÜV-Zertifizierungsstelle wird der Entwicklungsprozess für das System „Verti-Q“ in der internationalen Norm ISO 25119 [ISO10] vorgegeben. Aus diesem Grund wird das Sicherheitskonzept anhand des vorgeschriebenen Sicherheitslebenszyklus der Norm entwickelt. In jeder Iterationsstufe des vorgegebenen Iterationsverfahrens zur Auslegung sicherheitsbezogener Teile von Steuerungen werden darüber hinaus die Anforderungen der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) [SVL17] berücksichtigt und in einem Assessmentprozess mit dem TÜV abgestimmt. Der aktuelle Stand der Technik wird zusätzlich durch einen Abgleich bestehender Normen aus Teilbereichen oder Normentwürfen artverwandter Systeme ermittelt.

In der vorgeschriebenen Risikoanalyse wird festgelegt, dass der autonome Betrieb lediglich auf einem landwirtschaftlichen Betrieb, einem halböffentlichen Raum, ausgeführt werden darf. Auf Basis der Ergebnisse der Risikoanalyse wird ein Sicherheitskonzept entwickelt. Es unterteilt den landwirtschaftlichen Betrieb in zwei Bereiche. Alle Futteraufnahmestellen bilden einen personenfreien Raum. Innerhalb dieses Bereiches ist ein Verfahren des Fräsarmes sowie Bewegungen vom Fräswalzenschutz und der Fräse (zusammen „Arbeitshydraulik“) erlaubt. Dieser Bereich wird von einem Zaun umgeben und die Zufahrt von berührungsloser stationärer Sensorik sowie einer stationären Sicherheitssteuerung abgesichert. Über eine drahtlose CAN-Bus Verbindung kann die stationäre Sicherheitssteuerung mit der mobilen Sicherheitssteuerung auf dem Futtermischwagen kommunizieren. Außerhalb dieses Bereiches muss sich die Arbeitshydraulik des Futtermischwagens auf einer definierten Position befinden und ein Verfahren ist nicht mehr erlaubt. Die

Sicherheitssteuerung öffnet entsprechende Sicherheitsrelais und kann dadurch sicherstellen, dass diese Bewegungen nicht mehr möglich sind. Zur Vermeidung eines Über-/Anfahrens von Personen werden taktile Sicherheitssensoren (sog. „Bumper“) nach den Anforderungen der SVLFG eingesetzt. Beim Auslösen der Bumper ist ein automatischer Wiederanlauf nach vorgegebenen Regeln der SVLFG erlaubt. Das Auslösen aller weiteren Sicherheitsfunktionen führt zu einem dauerhaften Stillstand des Futtermischwagens. Der Landwirt muss aus Sicherheitsgründen direkt am Fahrzeug das System wieder freigeben. Anhand von Pfosten oder eines Zaunes werden die Grenzen des Arbeitsraumes definiert. Der Landwirt wird darauf hingewiesen, den Arbeitsraum freizuhalten. Dies beinhaltet ebenfalls saubere sowie eis- und schneefreie Fahrwege.

#### 4 Zusammenfassung / Ausblick

Das System „Verti-Q“ führt mit einem selbstfahrenden Strautmann Verti-Mix SF Futtermischwagen den vollständigen Fütterungsprozess eigenständig durch. Der Fütterungsprozess beinhaltet die Futteraufnahme in diversen Silos, die Navigation über den landwirtschaftlichen Betrieb sowie den Futteraustrag im Stall. Gleichzeitig besteht weiterhin die Möglichkeit, den Fütterungsprozess manuell durchzuführen. Die Entwicklung des Sicherheitskonzeptes basiert auf der Norm ISO 25119 zur funktionalen Sicherheit von Landmaschinen und wird von einem TÜV begleitet. Um darüber hinaus auch alle Aspekte der Arbeitssicherheit auf dem landwirtschaftlichen Betrieb zu berücksichtigen, werden die Anforderungen der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau in das Sicherheitskonzept integriert.

Nach abschließender Evaluation geeigneter berührungsloser Sensorik für den Personenschutz im Außenbereich könnten diese die aktuellen taktilen Sicherheitssensoren ersetzen. Die hohe Flexibilität von „Verti-Q“ ermöglicht darüber hinaus einen Einsatz auf allen selbstfahrenden Strautmann Futtermischwagen sowie auf weiteren mobilen Arbeitsmaschinen.

#### Literaturverzeichnis

- [He16] Hemmerling, U. et.al.: 2.3 Moderne Tierhaltung - Automatisierung in der Milchviehhaltung nimmt rasant zu. In: SITUATIONSBERICHT 2016/17 TRENDS UND FAKTEN ZUR LANDWIRTSCHAFT, DEUTSCHER BAUERNVERBAND, 12/2016, S. 58
- [ISO10] International Organization for Standardization (ISO): Tractors and machinery for agriculture - Safety related parts of control systems. ISO 25119:2010-06. 06/2010
- [SVL17] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG): LSV-Information T08 - Auswahl und Betrieb von Automatischen Fütterungssystemen (AFS). 02/2017