

## Digitalisierung des Spermatransports – Anforderungen und Softwarearchitektur

Paul Schulze, <sup>1</sup>, Frank Fuchs-Kittowski <sup>1</sup>, Tim Hafemeister<sup>2</sup>, Martin Schulze<sup>2</sup>

**Abstract:** Beim Transport von Besamungsportionen für die künstliche Besamung (KB) von Schweinen fehlt aktuell eine effiziente, lückenlose und IT-gestützte Überwachung und Dokumentation des gesamten Transportprozesses. In diesem Beitrag werden die auf Basis einer Befragung von Besamungseberstationen erhobenen Anforderungen an eine Digitalisierung dieses Prozesses beschrieben. Für die Umsetzung der Anforderungen wird die entwickelte Systemarchitektur präsentiert und in den Kontext zu den Akteuren sowie den bestehenden Softwaresystemen der Besamungsstationen gesetzt. Mit dem vorgestellten Echtzeitmonitoringsystem wird erstmalig eine umfassende Überwachung, Dokumentation und Optimierung des Transports von Besamungsportionen möglich.


**Keywords:** Digitalisierung, Systemarchitektur, Echtzeitmonitoringsystem, Spermatransport, Eber

### 1 Einleitung

Die Digitalisierung und die digitale Transformation der Landwirtschaft schreiten immer weiter voran [HK21; Lu17]. Auch der Prozess der künstlichen Besamung von Schweinen wird zunehmend digital [Li21]. Der für die Tierzucht enorm wichtige Prozess der Produktion von Besamungsportionen ist bereits weitgehend digitalisiert. Derzeit werden ca. 12 Mio. Besamungsportionen pro Jahr in Deutschland produziert. Während die Produktionsbereiche Gewinnung, Verarbeitung, Konfektionierung und Lagerung bisher weitgehend digital unterstützt werden, fehlt beim Transport der Besamungsportionen zum Kunden (Ferkelerzeugerbetrieb) bisher eine IT-Unterstützung.

Ebersperma ist ein hochempfindliches Produkt, welches besondere Anforderungen an den Erhalt der Qualität stellt. Neueste Untersuchungen belegen den Einfluss des Transports auf die Spermaqualität [Sc18]. Der bisher geringe Automatisierungsgrad des Transportes liegt im fehlenden Wissen (Forschungslücke) über die genauen Transportparameter begründet. Bisher ist eine effiziente und lückenlose Überwachung und Dokumentation des gesamten Transportprozesses in Echtzeit nicht möglich. Um diese Digitalisierungslücke zu schließen, sind die Anforderungen aus Anwenderperspektive (zustellende Person, kundenbetreuende Person, Kunde, Besamungsstation) an eine IT-Unterstützung des Sperma-

---

<sup>1</sup> Hochschule für Technik und Wirtschaft, Fachbereich 2, Umweltinformatik, Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin, Germany, Paul.Schulze@htw-berlin.de,  <https://orcid.org/0000-0003-4997-7931>;

Frank.Fuchs-Kittowski@htw-berlin.de,  <https://orcid.org/0000-0002-5445-3764>

<sup>2</sup> Institut für Fortpflanzung landwirtschaftlicher Nutztiere Schönow e. V., Bernauer Allee 10, 16321 Bernau, Germany, t.hafemeister@ifn-schoenow.de; m.schulze@ifn-schoenow.de

transports zu identifizieren und eine Grobarchitektur für das Gesamtsystem zu entwerfen, die sich gut in den Gesamtprozess der Produktion von Besamungsportionen integrieren lässt.

## 2 Material und Methode

Im Rahmen des Forschungsprojekts „IQ-TranS“<sup>3</sup> wurde durch eine qualitative Befragung von sechs ausgewählten Besamungsbeherstationen (Produktionsunternehmen für Besamungsportionen von Ebersperma) mit insgesamt etwa 5.000 Ebern in Brasilien, Deutschland und den USA der aktuelle Stand des Transportprozesses untersucht. Aus den hieraus identifizierten Schwachstellen wurden Anforderungen an eine Digitalisierung abgeleitet sowie eine Softwarearchitektur entworfen, die diese Anforderungen umsetzt.

Hierfür wurde ein Interviewleitfaden entwickelt, der sowohl die aktuelle Situation beim Ablauf der Lieferung von Besamungsportionen berücksichtigt als auch die angrenzenden betrieblichen Prozesse wie Bestellung und Verpackung oder Umgang mit Reklamationen thematisiert. Im Ergebnis der Befragung wurde eine Dokumentation der Ergebnisse sowie Prozessbeschreibungen und -modelle des IST-Zustands des Transportvorgangs erstellt. Durch die Befragung wurden potenzielle Schwachstellen des derzeitigen Zustandes identifiziert sowie Ansatzpunkte zur Verbesserung durch eine IT-Unterstützung abgeleitet. Darauf aufbauend wurde der SOLL-Zustand mit Prozessbeschreibungen und -modellen dargestellt.

Es wurden weiterhin Stakeholder und Anwendungsfälle des SOLL-Prozesses identifiziert und als Use Cases beschrieben. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde die konzeptionelle und praxistaugliche Architektur mit den wesentlichen Schnittstellen und Modulfunktionalitäten entworfen sowie das Gesamtkonzept für das Echtzeitmonitoringsystem erstellt. Die erstellten Modelle und Konzepte wurden im Rahmen von Betriebsbesichtigungen vor Ort validiert.

## 3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Expertenbefragung skizziert, es werden Anforderungen an die gewünschte IT-Unterstützung abgeleitet und im Anschluss daran wird die Systemarchitektur zur Umsetzung dieser Anforderungen dargestellt.

---

<sup>3</sup> Webseite: [www.iqtrans-projekt.de](http://www.iqtrans-projekt.de)

### 3.1 Anforderungen

Im Ergebnis der qualitativen Expertenbefragung zur IST-Situation zeigte sich, dass der Transportvorgang der befragten Besamungsstationen sehr heterogen ist und nur sporadisch kontrolliert und dokumentiert wird. Die gesamte Logistik wird aktuell überwiegend per Hand geplant. Es wird keine angepasste Logistiksoftware verwendet. Der Transport ist derzeit der wesentliche Kostenfaktor in der gesamten Produktion. Es sind mehrere Softwarelösungen vorhanden, die parallel betrieben werden. Die vorhandenen Softwaresysteme bieten keine vollständig digitale Unterstützung bei der Tourenplanung sowie auch bei der Erstellung von digitalen Ladelisten und Lieferscheinen. Ein **Echtzeitmonitoring-system** wäre zum Erhalt der Spermaqualität wichtig und wird von den Befragten gewünscht, um den sachgerechten Transport bei eventuellen Reklamationen nachzuweisen.

Für dieses gewünschte Echtzeitmonitoringsystem wurden folgende Akteure identifiziert: Kunde, kundenbetreuende Person, zustellende Person und Dispatcher. Zudem wurden als relevante externe Systeme das ERP-System der Besamungsstation, die Eberdatenbank (Datenbank mit Zuchtwerten) sowie die Produktionsdatenbank identifiziert. Es wird daher ein System benötigt, welches an die bestehenden Softwaresysteme anknüpft und die Funktionen in einem System bündelt. Der fachliche Kontext mit den relevanten Akteuren, in dem sich das geplante Echtzeitmonitoringsystem befindet, ist in Abb. 1 dargestellt.

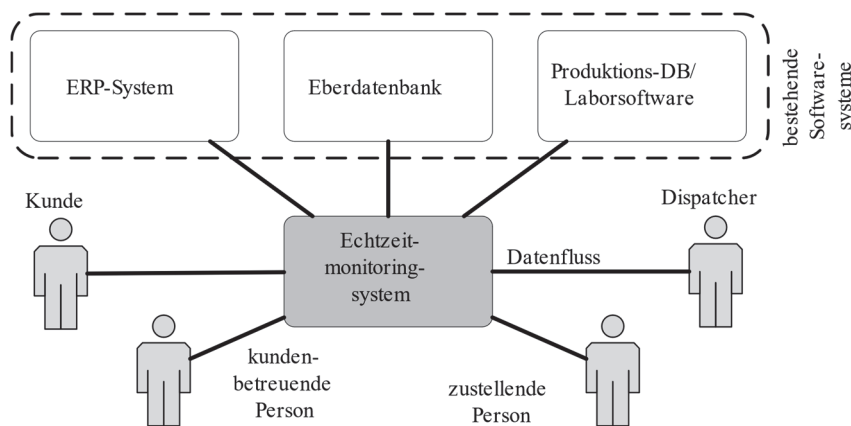


Abb. 1: Darstellung des fachlichen Kontextes für das geplante Echtzeitmonitoringsystem

Basierend auf den identifizierten, analysierten und im IST- sowie SOLL-Zustand modellierten Geschäftsprozessen (Kundenbestellung, Konfektionierung der Besamungsportionen, Kommissionierung der Besamungsportionen, Versandvorbereitung und Tourenplanung, Fahrzeugbeladung, Transportfahrt, Übergabe beim Kunden, Rückfahrt zur Besamungsstation und Übergabe an der Station) wurden die funktionalen Anforderungen ermittelt (siehe unten), als Use Cases beschrieben und logisch zusammengehörende Funktionen/Use Cases in die folgenden Komponenten des Echtzeitmonitoringsystems zusam-

mengefasst: Fahrassistenzsystem, Logistiksystem, Bestellsystem und IoT-Transportkisten. Bedingt durch die notwendigen (technischen) Komponenten des Echtzeitmonitoringsystem (u. a. Sensoren in den IoT-Transportkisten) nehmen die nachfolgend dargestellten Anforderungen bereits Bezug auf die in der technischen Konzeption (vgl. Abschnitt 3.2) identifizierten Komponenten (in eckigen Klammern aufgeführt).

Die wichtigsten funktionalen Anforderungen/Use Cases sind:

- Es soll eine automatische Erfassung von Messdaten der transportbezogenen Einflussparameter auf die Besamungsportionen (Temperatur und Lichtintensität in der Transportbox, Erschütterungen, Luftdruck) durchgeführt werden. Die erfassten Daten sollen in Echtzeit verfügbar sein und auch für eine Dokumentation und Auswertung des Transports gespeichert werden. [IoT-Transportkisten]
- Aus den gemessenen Einflussparametern soll eine Prognose des aktuellen Warenzustandes und des Warenzustandes bei Kundenübergabe vorgenommen werden. [Fahrassistenzsystem]
- Der zustellenden Person werden in Abhängigkeit des Warenzustandes Handlungsanweisungen angezeigt, um eine weitere Verschlechterung des Zustandes zu verhindern. In kritischen Situationen sind Warnungen auszugeben. [Fahrassistenzsystem]
- Es soll der Status der zuzustellenden Besamungsportionen während des gesamten Transportvorgangs erfasst werden. Hierzu zählt auch das Ein- und Ausbuchen der Sendung in eine IoT-Transportkiste (Entgegennahme an der Besamungsstation und Übergabe beim Kunden) sowie die Zuordnung der gemessenen transportbezogenen Einflussparameter zur jeweiligen Sendung. Optional soll beim Kunden eine Fotodokumentation der Übergabesituation ermöglicht werden. [Fahrassistenzsystem]
- Während der Fahrt wird die optimale Fahrtroute in Abhängigkeit der Verkehrssituation nach dem Kriterium „spermafreundlich“<sup>4</sup> ermittelt und der zustellenden Person zur Navigation angezeigt. [Fahrassistenzsystem]
- Es sollen optimierte Liefertouren unter Berücksichtigung von Kundenwünschen (z. B. zeitgenaue Lieferung) inklusive digitaler Ladelisten und Lieferscheine erstellt werden. Ladelisten und Lieferscheine müssen überprüfbar und manuell anpassbar sein. [Logistiksystem]
- Dem Dispatcher werden alle sendungsrelevanten Informationen (Warenzustand, Ankunftszeit, Kundenstammdaten) während und nach dem Transportvorgang angezeigt. [Logistiksystem]
- Über eine App/Website sollen Bestellungen aufgenommen, angepasst oder eingesehen werden können. Erfolgte Bestellungen lösen im optimalen Fall automatisch einen Produktionsauftrag aus. [Bestellsystem]

---

<sup>4</sup> Eine „spermafreundliche“ Route ist erschütterungsarm und ohne Stau.

- Mittels der Eberdatendank sollen die passendsten Besamungseber, die zur Erfüllung der Bestellung geeignet sind, automatisch herausgefiltert werden. [Bestellsystem]
- Es sind prognostizierte Bestellungen in der Produktion von Besamungsportionen für kurzfristige Kundenbestellungen zu berücksichtigen. [Bestellsystem]

### 3.2 Technische Konzeption

Für die Umsetzung der ermittelten Anforderungen wurde ein Grobkonzept für das Echtzeitmonitoringsystem erstellt, in dem sich die ermittelten Teilsysteme/Komponenten einbetten. Die Grobarchitektur für das Echtzeitmonitoringsystem ist in Abb. 2 dargestellt.

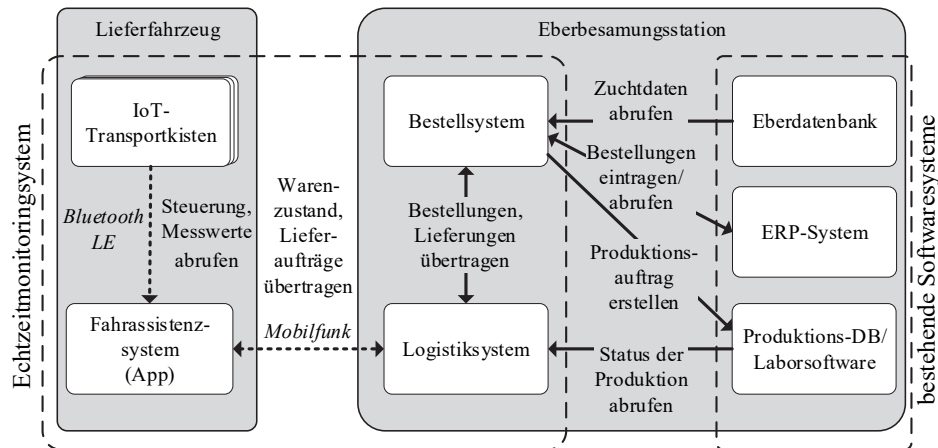


Abb. 2: Grobarchitektur für das Echtzeitmonitoringsystem

Im Folgenden werden die entwickelten Teilsysteme in ihren Funktionen und Beziehungen zueinander kurz skizziert. Mit den **IoT-Transportkisten** werden die Besamungsportionen temperiert und die Einwirkungen des Transportes auf die Besamungsportionen in Echtzeit erfasst. Die Datenübertragung von den Kisten zur **Fahrassistenzsystem-App** wird mittels Bluetooth Low Energy realisiert. Die App stellt das Frontend zum Nutzenden (**zustellende Person**) dar und übernimmt zudem die Zustandsbewertung der Besamungsportionen, die „spermafremdliche“ Routenführung nach aktueller Verkehrslage sowie die Dokumentation des Lieferprozesses (Einbuchen, Ausbuchen, Übergabe dokumentieren). Der jeweils aktuelle Zustand jeder IoT-Transportkiste sowie der aktuelle Status der Lieferfahrt wird über ein Mobilfunknetz an das **Logistiksystem** übertragen. Vor der Liefertour wird mit dem Logistiksystem eine optimale Lieferroute unter Berücksichtigung von Kundenwünschen ermittelt und vom **Dispatcher** bestätigt. Das Logistiksystem erstellt automatisch elektronische Ladelisten und Lieferscheine und überträgt diese an das Fahrassistenzsystem. Die hierfür notwendigen Daten erhält das Logistiksystem vom Bestellsystem und aus

der Produktionsdatenbank. Mit dem **Bestellsystem** können Bestellungen aufgegeben, eingesehen und bearbeitet werden. Auf das Bestellsystem haben **kundenbetreuende Personen** (bspw. landwirtschaftliche Fachberatung) oder auch **Kunden** ohne Betreuer Zugriff. Das Bestellsystem ermittelt automatisiert einen zur Bestellung passenden Zuchteber aus der **Eberdatenbank** aus und erstellt einen Produktionsauftrag, der in die Produktionsdatenbank sowie in das ERP-System eingetragen wird. Das bestehende ERP-System wird weiterhin zur Abrechnung der Bestellungen verwendet.

#### 4 Fazit

Während die anderen Bereiche der Produktion von Besamungsportionen (Gewinnung, Verarbeitung, Konfektionierung und Lagerung) bisher weitgehend digital unterstützt werden, fehlt beim Transport zum Kunden bisher eine IT-Unterstützung. Mit der in diesem Beitrag konzipierten Digitalisierung dieses wichtigen Schrittes (Versandvorbereitung, Routenplanung, Fahrt zum Kunden und Übergabe beim Kunden) wird diese Lücke („Transport“) geschlossen. Erstmals wird der komplette Workflow der Produktion digitalisiert. Der Informationsgewinn der angestrebten Lösung ermöglicht nicht nur eine Überwachung, Dokumentation und Optimierung des Transports, sondern sichert zudem die Herstellung einer lückenlosen Überwachung und Dokumentation des gesamten Produktionsablaufs der Herstellung von Besamungsportionen mit dem Ziel einer Verbesserung der Produktqualität beim Kunden.

##### Literaturverzeichnis

- [HK21] Hannus, V.; Kolbe, T.H.: Towards a common understanding of digital transformation in agriculture: Gesellschaft für Informatik e.V., 2021.
- [Li21] Lieboldt, M.A.; Sagkob, S.; Reinkensmeier, J.; Marx Gómez, J.; Hölscher, P.; Kemper, N.; Traulsen, I.; Drücker, H.; Diekmann, L.: Experimentierfeld DigiSchwein – Entwicklung eines sensorbasierten Frühwarn- und Entscheidungshilfesystems für die Schweinehaltung. In: Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft: Referate der 41. GIL-Jahrestagung, S. 391-396, 2021.
- [Lu17] Lutz, K.J.: Digitalisierung der Landwirtschaft: Revolution mit evolutionärem Charakter. In: Hildebrandt, A.; Landhäußer, W. (Hrsg.): CSR und Digitalisierung: Der digitale Wandel als Chance und Herausforderung für Wirtschaft und Gesellschaft, Management-Reihe Corporate Social Responsibility. Berlin: Springer, S. 429-442, 2017.
- [Sc18] Schulze, M.; Bortfeldt, R.; Schäfer, J.; Jung, M.; Fuchs-Kittowski, F.: Effect of vibration emissions during shipping of artificial insemination doses on boar semen quality. In: Animal Reproduction Science Bd. 192, S. 328-334, 2018.