



# Smart Services in der Landwirtschaft

# 11

## Die Digitalisierung der Kartoffel als Fallbeispiel für Smart Services in der Landwirtschaft

Wolfgang Maaß, Marcus Pier und Benedikt Moser

### Zusammenfassung

Die Landwirtschaft steht in den nächsten Jahren vor einer Reihe gravierender Veränderungen. Die steigende Weltbevölkerung muss bei einer gleichbleibenden Versorgungsfläche auch in Zukunft ernährt werden. Datenbasierte Dienstleistungen ermöglichen diese Produktivitätssteigerungen, indem sie Landwirte bei der Ernte unterstützen und Handlungsempfehlungen geben. Die nPotato als Smart Product und darauf aufbauende Smart Services ermöglichen es Landwirten, ihre Erntemaschinen während der Ernte an sich verändernde Bedingungen anzupassen, um den Ertrag durch optimale Maschineneinstellungen zu maximieren. Der folgende Beitrag beschreibt die systematische Entwicklung dieses Smart Service, erläutert die dahinterliegende technische Architektur und zeigt dessen Potenziale und mögliche Geschäftsmodelle auf.

---

W. Maaß (✉)

Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Deutschland

E-Mail: [wolfgang.maass@iss.uni-saarland.de](mailto:wolfgang.maass@iss.uni-saarland.de)

M. Pier

Aftersales, GRIMME Landmaschinenfabrik GmbH&Co.KG, Damme, Deutschland

E-Mail: [m.pier@grimme.de](mailto:m.pier@grimme.de)

B. Moser

Dienstleistungsmanagement, FIR e.V. an der RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

E-Mail: [benedikt.moser@fir.rwth-aachen.de](mailto:benedikt.moser@fir.rwth-aachen.de)

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

K. Meyer et al. (Hrsg.), *Service Engineering*,

[https://doi.org/10.1007/978-3-658-20905-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-658-20905-6_11)

167

## 11.1 Einleitung

Das ureigene Ziel der Landwirtschaft ist es, die Weltbevölkerung zu ernähren. Studien der Vereinten Nationen prognostizieren eine rapide steigende Bevölkerungsanzahl, sodass in der Mitte des Jahrhunderts etwa 10 Milliarden Menschen auf der Erde leben werden (United Nations 2015, S. 18). Um die steigende Anzahl an Menschen auch in Zukunft ernähren zu können und deren Streben nach Wohlstand zu befriedigen, werden im Jahr 2050 bei gleichbleibender Anbaufläche 50 Prozent mehr Lebensmittel benötigt als bisher (United Nations 2017, S. 46). In den vergangenen Jahrzehnten erfolgten die benötigten Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft vor allem über größere und leistungsstärkere Landmaschinen, die eine effizientere Bearbeitung der Felder ermöglichten. Die Maschinen stoßen jedoch an ihre mechanischen Grenzen, sodass kaum noch maschinelle Optimierungspotenziale bestehen (Horstmann 2014, S. 1). Die heutige Landwirtschaft nutzt bereits in vielen Bereichen digitale Technologien, um den Ertrag auf dem Acker, aber auch im Stall zu optimieren (Dressler et al. 2015, S. 2). Aktuell werden Digitaltechnologien vor allem zur Maschinensteuerung und für administrative Prozesse eingesetzt. Besonders hervorzuheben sind dabei Entwicklungen im Bereich von Precision-Farming-Anwendungen, die eine teilflächengenaue Bestellung von Schlägen ermöglichen, und der Farm-Management-Systeme, die als digitale Verwaltungs- und Managementsysteme für landwirtschaftliche Betriebe dienen (Westerkamp 2015, S. 68).

Die Zukunft der Landwirtschaft liegt, wie auch in vielen anderen Branchen, in der digitalen Vernetzung der beteiligten Unternehmen und Maschinen, um Maschinenkombinationen oder komplette Prozessketten zu optimieren. Diese Entwicklung wurde in der Landwirtschaft bereits in den letzten Jahren angestoßen mit intelligenten und vernetzten Produkten, sogenannten cyberphysischen Systemen (CPS) (Broy 2010, S. 18). Auf Basis der CPS können maßgeschneiderte Dienstleistungen erbracht werden, die den Mehrwert für den Kunden bzw. Anwender der Maschinen erhöhen. Dazu gehören beispielsweise die zuvor genannten Precision-Farming-Anwendungen, die die Produktivität einzelner Maschinen steigern. Der nächste Schritt nach Porter u. Heppelmann ist nun die Verknüpfung vieler solcher Systeme auf Plattformen. Die Verwendung und Verknüpfung verschiedener Datenquellen erlaubt die Entwicklung analytischer Echtzeitdienste zur Entscheidungsunterstützung, welche im Weiteren als Smart Services bezeichnet werden (Porter und Heppelmann 2014, S. 74–75). Aufgrund der Aktualität und der erhofften Potenziale durch Smart Services stellt die Entwicklung von Smart Services sicherlich die zentrale Herausforderung des Service-Engineerings in den nächsten Jahren dar (Jüttner et al. 2017, S. 337–338).

Der nachfolgende Beitrag beschreibt die Entwicklung und Anwendung eines Smart-Harvesting-Service im Bereich der Landwirtschaft, welcher auf Smarten Daten beruht, die über eine sogenannte *nPotato* erfasst werden. Zunächst wird der herkömmliche Prozess der Kartoffelproduktion erläutert, um die Ausgangssituation und Problemfelder zu verdeutlichen. Darauf aufbauend wird die Entwicklung der *nPotato* mit der dahinterliegenden technischen Architektur beschrieben. Der Beitrag endet mit einer Darstellung der Potenziale und möglicher Geschäftsmodelle für die *nPotato*.

## 11.2 Der Prozess der Kartoffelproduktion

Über den Erfolg oder Misserfolg des Kartoffelanbaus entscheiden verschiedene Kriterien, die es bei der Planung des Feldes, der Aussaat, der Pflege und der Ernte von Kartoffeln zu beachten gilt. Zunächst gilt es, auf Basis der Fruchtfolge die geeignete Kartoffelsorte zu identifizieren. Nachdem für die Aussaat die passende Sorte gewählt wurde, kann die Kartoffel mit Hilfe einer Legemaschine gepflanzt werden. Kartoffeln werden in der Regel in Dämme oder Beete gelegt. Die Kartoffeln werden heutzutage vorzugsweise im All-in-one-Verfahren gelegt. Dies bedeutet, dass beim Pflanzen der Kartoffel in nur einem Arbeitsgang der Boden gelockert, die Furche oder Kartoffel mit Pflanzenschutz behandelt, die Kartoffel mit Dünger versorgt und anschließend der Damm über der Kartoffel aufgebaut wird. Dieses Verfahren spart dem Landwirt einen Arbeitsgang.

Um eine möglichst hohe Qualität der Kartoffel zu erreichen, muss diese während ihrer gesamten Wachstumsphase in regelmäßigen Abständen gepflegt werden. Dazu gehört beispielsweise eine zu der Kartoffel passende Düngung. Kartoffeln reagieren sehr empfindlich auf Düngefehler, was zu späteren Qualitätsmängeln führen kann. Der Ertrag bei der Kartoffelernte wird gesteigert, indem die Kartoffeln durch große Bewässerungsanlagen künstlich bewässert werden und so eine optimale Versorgung mit Wasser und Nährstoffen gewährleistet wird.

Nach etwa 90–110 Tagen können die ersten Frühkartoffeln geerntet werden. Die Ernte findet maschinell durch gezogene oder selbstfahrende Erntemaschinen statt. Die Kartoffelroder können dabei einen bis vier Kartoffeldämme gleichzeitig aufnehmen. Die gerodeten Kartoffeln werden auf der Maschine zunächst durch Reinigungseinheiten vom größten Dreck befreit und anschließend in einem Bunker zwischengelagert. Die höchste Priorität bei der Ernte von Kartoffeln liegt darin, die Früchte beschädigungsfrei zu ernten, da Beschädigungen an der Knolle die anschließende Lagerfähigkeit und schlussendlich die Qualität der geernteten Früchte maßgeblich beeinflussen. Diese benötigte hohe Qualität kann nur gewährleistet werden, indem die Fahrer der Maschinen diese richtig einstellen und zuvor vom Hersteller bestmöglich geschult werden.

Nach dem Abtransport der Kartoffeln vom Feld werden diese nach Größe und Qualität sortiert. Kartoffeln, die der geforderten Qualität entsprechen, werden in entsprechenden Lagerhallen gelagert. Die Hallen sind meist mit einer aktiven oder passiven Belüftung sowie einer Kühlung ausgestattet. Die Ware wird entweder lose zu großen Haufen in der Halle aufgeschüttet oder direkt in Kisten gelagert. Die optimale Lagertemperatur liegt je nach Kartoffelsorte bei ca. 4 °C bis 8 °C. Auch während der Lagerung der Kartoffeln gilt es, die Qualität des Produkts zu gewährleisten, denn die Qualität spielt bei der Vermarktung der Kartoffeln eine große Rolle. Der Landwirt wird später nach der Qualität seiner Kartoffeln bezahlt. Diese werden in verschiedene Handelsklassen eingeteilt. Durch eine hohe Qualität der Kartoffel steigt gleichzeitig die Absatzsicherheit, da bei Überangeboten auf dem Kartoffelmarkt zunächst diejenigen Kartoffeln der höchsten Qualitätsstufe gekauft werden. Der Kartoffelmarkt ist dabei in fünf Marktsegmente eingeteilt. Diese sind absteigend nach der Qualitätsstufe: die Speisekartoffeln, die Industriekartoffeln, die Veredelungskartoffeln, die Pflanzkartoffeln und die Futterkartoffeln.

## 11.3 Entwicklung der nPotato als Smart Service

### 11.3.1 Grundlagen von Smart Services

Obwohl der Begriff *Smart Service* bereits 2014 durch die acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften geprägt worden ist, ist der Begriff noch nicht abschließend definiert worden (Jüttner et al. 2017, S. 338). Smart Services sind die oberste Ebene des Schichtenmodells digitaler Infrastrukturen. Das Modell besteht aus vier aufeinander aufbauenden Ebenen, die gemeinsam ein Smart Business bilden. Die unterste Ebene stellen vernetzte cyberphysische Systeme dar, die Smart Spaces bilden. Einzelne Produkte werden zu Smart Products, sobald sie aktiv auf ihre Umgebung einwirken und sich eigenständig an diese anpassen können. Zudem verfügen Smart Products über ein Produktgedächtnis, über welches Interaktionen und Zustände gespeichert werden. Smart Data ist die analytische Verdichtung aller Daten über Smart Spaces und Smart Products. Aus Smart Data lassen sich Erkenntnisse extrahieren, welche für Entscheidungsfindungen, beispielsweise in der Produktion und beim Produktdesign, von Bedeutung sind. Um diese Erkenntnisse in Entscheidungsprozesse zu integrieren, werden Smart Services entwickelt, die bestehende Services erweitern oder Serviceinnovationen darstellen. Serviceinnovationen sind der wesentliche Treiber für ein Smart Business und die damit verbundenen Geschäftsmodellinnovationen (Kagermann et al. 2015, S. 16–17). Jüttner et al. beschreiben als zentrales Merkmal von Smart Services abschließend, dass diese kontextbezogen und bedarfsorientiert über Plattformen mehrwertstiftend eingesetzt werden können (Jüttner et al. 2017, S. 338).

### 11.3.2 Beschreibung der nPotato

Am Beispiel des Kartoffelanbaus untersucht ein Konsortium aus Forschungs- und Industriepartnern im Rahmen des durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Forschungsprojekts Smart-Farming-Welt (<https://www.smart-farming-welt.de>), wie Daten über physische Einwirkungen (z. B. Schläge), Temperatur und Luftfeuchtigkeit über den Lebenszyklus einer Feldfrucht während der Saat, der Ernte, des Transports und der Lagerung genutzt werden können, um einen ökonomisch optimalen Ertrag zu erzielen. So erleiden Kartoffeln beispielsweise durch zu hohe Geschwindigkeiten der Erntemaschinen Beschädigungen, die später bei der Lagerung durch Fäulnis zu Ausfällen im Ertrag führen. Somit haben Schläge die wirtschaftlich stärksten Auswirkungen bzw. das größte Schadenpotenzial und sind gleichzeitig am einfachsten durch bessere Maschineneinstellungen während der Ernte zu vermeiden. Die intelligente „schmerzepfindliche“ Kartoffel (nPotato) ist ein Kunststoffobjekt vom Gewicht und der Größe einer echten Kartoffel, das mit Sensorik ausgestattet Schläge und Rotationen erfasst (Maaß et al. 2017). Die nPotato wird vor der Ernte auf dem Feld ausgelegt und anschließend im regulären Erntebetrieb durch den Kartoffelroder aufgenommen. Abhängig von der Größe des Feldes, der gepflanzten Kartoffelsorte und weiteren Rahmenbedingungen, wie der Temperatur und Bodenqualität, muss

eine unterschiedliche Anzahl von nPotatoes auf dem Feld ausgelegt werden, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

Die Daten werden in Echtzeit auf der Landmaschine analysiert und die gewonnenen Erkenntnisse dem Landwirt in Echtzeit angeboten. Die Daten werden mittels Methoden des maschinellen Lernens ausgewertet. Dazu gehört, dass Schläge klassifiziert und Beschädigungsverteilungen der Ernte für das Feld fortlaufend auf Basis der gepflanzten Kartoffelsorte und deren Eigenschaften berechnet werden. Ergebnisse werden mit einem zweiten statistischen Verfahren gekoppelt, welches historische Kartoffelpreise der vergangenen Jahre dazu nutzt, um monatliche Durchschnittspreise für die nächsten drei Monate zu prognostizieren. Die Ergebnisse beider Dienste werden in einen prognostizierten finanziellen Ertragswert integriert. Dadurch kann der Landwirt jederzeit auf den vorhergesagten Ertragswert der aktuellen Ernte im gewünschten Zielmonat zugreifen. Falls die Prognose unterhalb des Zielertrags liegt, kann der Landwirt unmittelbar mit dem Fahrer der Maschine Kontakt aufnehmen, um beispielsweise eine schonendere Einstellung der Erntemaschine vorzunehmen oder gemeinsam mit dem Fahrer einen erweiterten Zeitraum für die Ernte zu vereinbaren.

### 11.3.3 Echtzeitdatenanalyse während des Ernteprozesses

Die nPotato erfasst Beschleunigungs- und Rotationsereignisse in Echtzeit, um diese entsprechend dem Kartoffeltyp in Schläge auf die Kartoffel umzurechnen, die wiederum klassifiziert werden (Maaß et al. 2017). Die Klassifikation erfolgt mittels eines „Deep Learning“-Modells, welches im Vorfeld über Fallexperimente trainiert wurde. In diesem Experiment werden Kartoffeln eines bestimmten Typs aus unterschiedlichen Höhen auf eine glatte Metalloberfläche fallen gelassen. Die Kartoffeln werden danach geschält, frittiert und von Experten auf Schadstellen geprüft. Die Ergebnisse gehen in das Lernverfahren des „Deep Learning“-Modells ein. Die Parameter des Modells werden auf die Recheneinheiten der Kartoffelerntemaschine übertragen und stehen damit als Klassifikationsmechanismus zur Verfügung (s. Abb. 11.1 und 11.2).

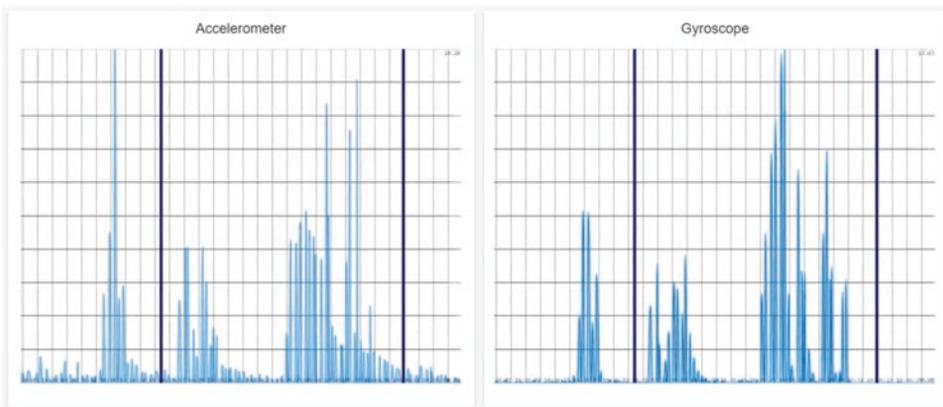
Eingehende Datenströme werden über ein Zeitfenster von 5 Sekunden über das „Deep Learning“-Modell klassifiziert (Schmidhuber 2015, S. 85–117). Damit erkennt der Landwirt sortenspezifisch die Anzahl an leichten, mittleren und starken Schlägen, die auf die nPotato pro Erntevorgang gewirkt haben. Da die nPotato am Ende wieder automatisch aus dem Ernteprozess herausgezogen wird, kann dieser Prozess permanent durchlaufen werden (s. Abb. 11.2 rechts oben). Mehrere Rundläufe werden über eine statistische Verteilung integriert, sodass dem Landwirt auch Mittelwerte angezeigt werden können.

### 11.3.4 Ökonomisches Vorhersagemodell

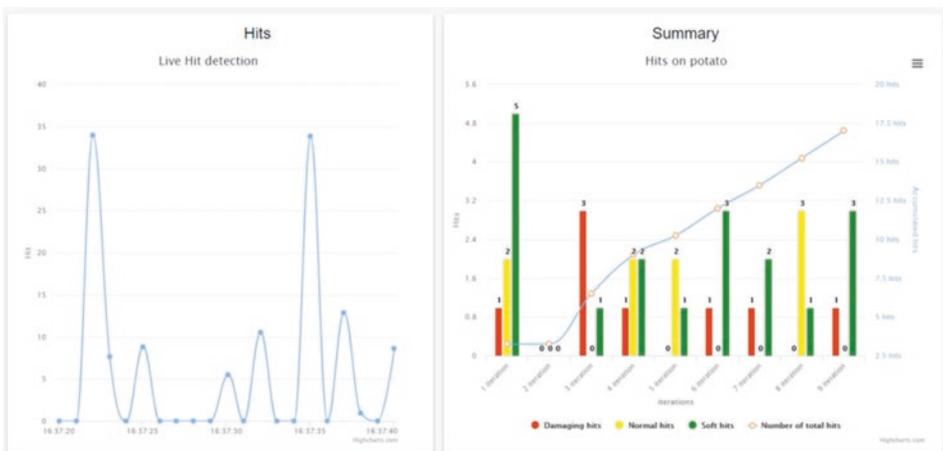
Basierend auf historischen Kartoffelpreisdaten wurde ein weiteres „Deep Learning“-Modell trainiert. Da der Kartoffelmarktpreis täglichen Schwankungen unterliegt, die schwer vorherzusagen sind, wird der monatliche Durchschnittswert relativ zum Tag der Ernte

prognostiziert. Um das unternehmerische Risiko zu vermeiden, gehen viele Kartoffel-landwirte Verträge mit Großabnehmern weit vor der Ernte ein. Nur ein kleinerer Teil der Ernte wird frei über den Markt verkauft. Mit dem ökonomischen Vorhersagemodell könnte dieser Anteil erweitert werden, da der Landwirt eine durchschnittliche Prognose für die nächsten drei Monate erhält, mittels derer er den optimalen Verkaufszeitpunkt approximativ erkennen kann.

Zusammen mit dem Anteil an unbeschädigten Kartoffeln kann ferner vorhergesagt werden, welcher Gesamtgewinn erzielt werden kann. Durch Kopplung mit einem Farm-Management-System können die Produktionskosten und somit das Ergebnis vor Steuern (EBT) für ein bestimmtes Feld bestimmt werden (s. Abb. 11.3, Sørensen et al. 2010, S. 37–47).



**Abb. 11.1** Rohdaten zu Beschleunigungen und Rotationen der nPotato (eigene Darstellung)



**Abb. 11.2** Diagramm klassifizierter Schläge (links) und zeitliche Entwicklung über die Zeit bei mehrfachen Rundläufen (rechts) (eigene Darstellung)

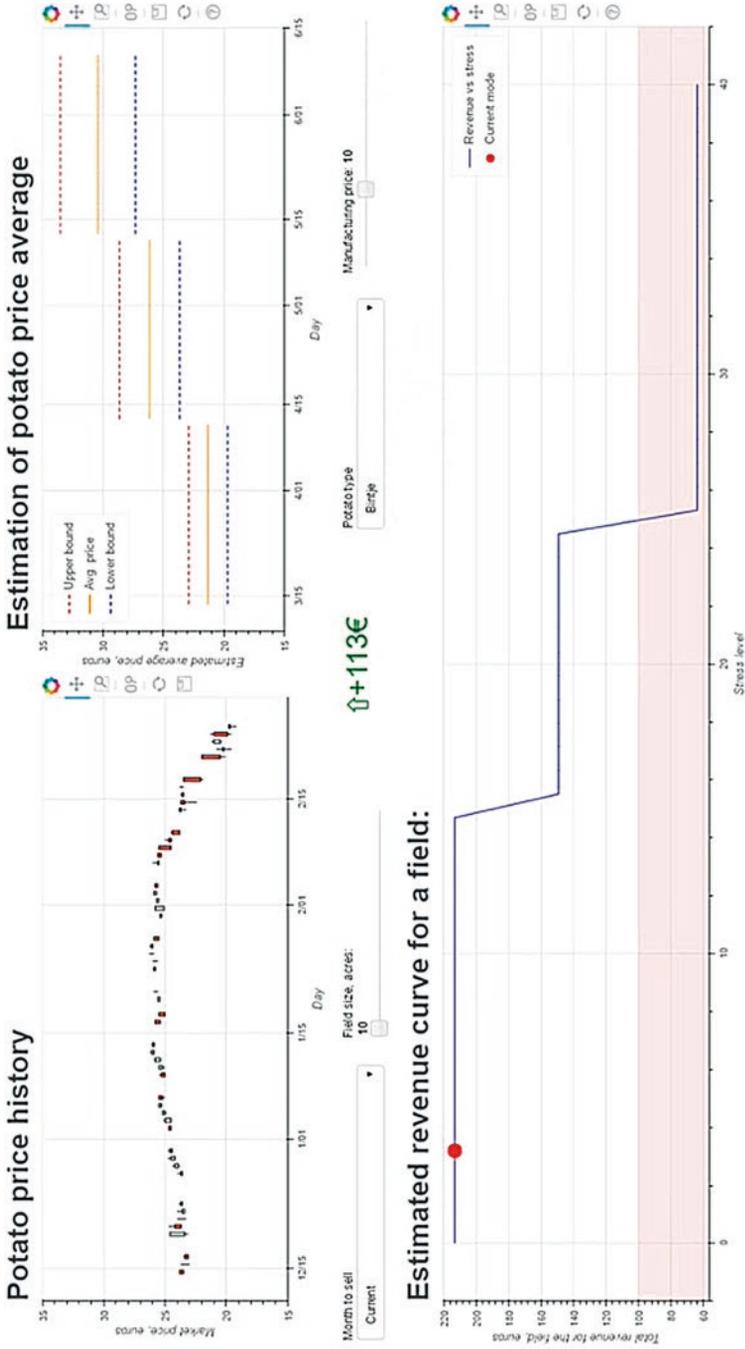


Abb. 11.3 Ertragsdienst mit unterschiedlichen Verkaufsklassen (Güteklassen I, II und III) (eigene Darstellung)

Landwirte erhalten dadurch die Möglichkeit, selbstbestimmter zu agieren, was ihre Marktposition stärkt. Die Abstufung erfolgt über Güteklassen. Güteklasse I sind Produkte guter Qualität mit leichten Fehlern, Güteklasse II sind marktfähig mit zulässigen Fehlern, wohingegen Kartoffeln der Güteklasse III nur noch als Viehfutter Verwendung finden und demzufolge einen niedrigeren Ertrag erbringen. Zu viele starke Schläge auf die Kartoffeln bewirken ein Abrutschen in die Güteklasse III. Im Beispiel in Abb. 11.3 ist dies mit einem ökonomischen Verlust für das betrachtete Anbaufeld gleichbedeutend.

### 11.3.5 RESFAST-Plattform und technische Architektur

Die Analyse der Kartoffelbewegungen während des Erntevorgangs und des Transports sowie der Lagerung, die Vorhersage mittlerer Marktpreise und die Integration der beiden Analysen sind jeweils Smart Services, die erfasste Daten in Echtzeit analytisch verdichten und in Form von digitalen Diensten anbieten. Diese Smart Services sind Teil der „Real-time Smart Farming Services“-Plattform (RESFAST), welche landmaschinenübergreifend im Projekt Smart-Farming-Welt entwickelt wird (s. Abb. 11.4). Das Ziel von RESFAST ist die schnelle Entwicklung neuer Smart-Farming-Services, welche auf unterschiedlichen Datenströmen arbeiten. RESFAST koppelt lokale Analytik auf der landwirtschaftlichen Maschine mit zentralen Cloud-Services. Diese „Mobile Edge Computing“-Architektur unterstützt die dezentrale Auswertung von Datenströmen unabhängig von der Verfügbarkeit einer Kommunikationsverbindung zu Cloud-Services (Hu et al. 2015, S. 1–16). Cloud-Services integrieren über Maschinen und landwirtschaftliche Flächen hinweg und können so Aufschluss zu übergreifenden Entwicklungen geben. So kann beispielsweise über Cloud-Services der ökonomische Erfolg des Gesamtbetriebs festgestellt werden.

Entsprechend dem vom „Arbeitskreis Smart Service Welt“ der Deutschen Akademie der Technikwissenschaft (acatech) vorgeschlagenen Schichtenmodell werden landwirtschaftliche Maschinen und sensorisch ausgerüstete Objekte zu intelligenten Räumen vernetzt (Smart Spaces). Produkte erhalten dadurch eine digitale Schale, auf deren Basis das Produkt digital interaktiv wird (Smartes Produkt) (Kagermann et al. 2015). Besonders bedeutsam ist hierbei das digitale Produktgedächtnis, das über den Produktlebenszyklus hinweg angereichert wird und ausgewertet werden kann (Maaß et al. 2007, S. 165–173). Dadurch kann die landwirtschaftliche Maschine in ihrer Nutzung genauso analysiert werden wie eine Feldfrucht. Basierend auf Daten der Smarten Produkte können generische und spezialisierte Smarte Services angewendet werden. Generische Smarte Services sind domänenunabhängig. Daten, die aus generischen Smarten Services extrahiert wurden, können durch domänenspezifische Smarte Services auf die Anforderungen der Domäne angepasst werden. Ein Beispiel hierzu ist eine optimierte Routenplanung. Der in diesem Beitrag vorgestellte Service auf Basis der nPotato bestimmt Beschädigungen direkt auf Basis sensorischer Daten. Mit der Kombination aus dezentralen Smart Services und Cloud-Services kann der moderne Landwirt jederzeit den Zustand der Ernte einsehen. Da die RESFAST-Architektur herstellerunabhängig ist, kann die

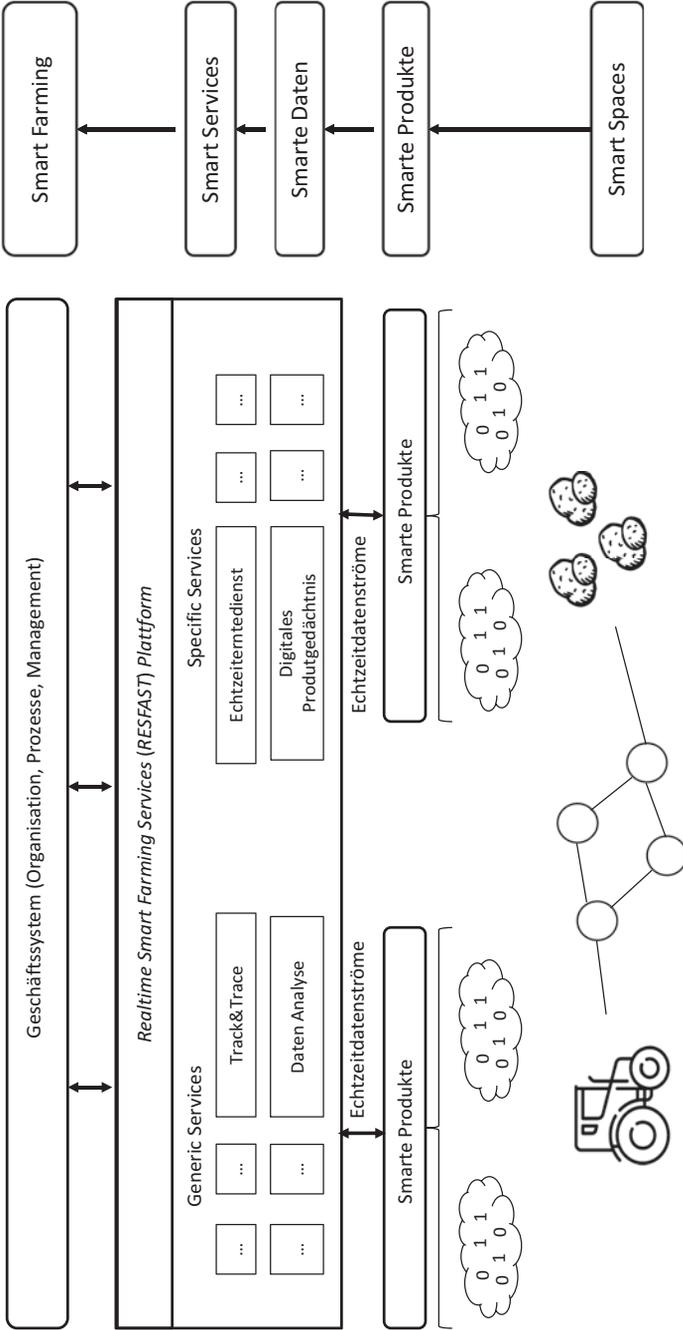
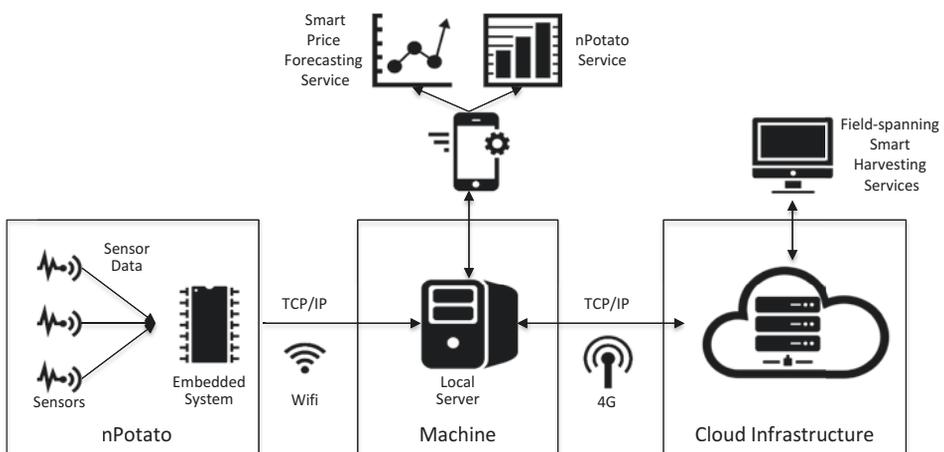


Abb. 11.4 RESFAST-Plattform (eigene Darstellung)

Plattform auf unterschiedlichen Maschinen übergreifend verwendet werden. Somit kann der Landwirt zunehmend betriebliche Entscheidungen in Echtzeit treffen, um sein unternehmerisches Risiko zu verringern.

Auf der RESFAST-Plattform (s. Abb. 11.5) können auch generische und spezifische Smarte Services von Drittanbietern installiert und miteinander gekoppelt werden. Smarte Services unterstützen die Geschäftsabläufe und berücksichtigen über ein webbasiertes Autorisierungsverfahren (getragen von OAuth 2.0) aufbauorganisatorische Rollenkonzepte. Somit liefert RESFAST eine Smart-Service-Plattform, auf der eine datengetriebene smarte Landwirtschaft effizient realisiert werden kann.

Technologisch basiert RESFAST auf einer webbasierten, mehrschichtigen Architektur. Die Sensoren sind direkt mit einer Hardware-Plattform verbunden, auf der ein Betriebssystem für eingebettete Systeme läuft – beispielsweise ROS oder Android (Quigley et al. 2009, S. 5). Die Sensorik und das eingebettete System sind in der nPotato verbaut. Der Datenstrom wird mit einer relativ hohen Rate erfasst (z. B. 5 Hz) und permanent an die Software auf dem eingebetteten System übertragen. Mittels WLAN werden die Daten im JSON-Format über eine REST-Schnittstelle an einen lokalen Server weitergeleitet, der auf der landwirtschaftlichen Maschine installiert ist. In Erweiterung dieser Architektur ist der lokale Server über eine weitere REST-Schnittstelle an einen Cloud-Dienst angebunden, um feldübergreifende Analysen durchführen zu können. Durch diese Architektur ist die permanente Verfügbarkeit der Smarten Farming-Services unabhängig von der Verfügbarkeit eines Internet-Zugangs gewährleistet. Auf dem lokalen Server ist die Datenanalytik-Software auf Basis von Methoden des maschinellen Lernens realisiert. Bei der Auslieferung der landwirtschaftlichen Maschine ist ein trainiertes Modell auf dem lokalen Server vor-konfiguriert, sodass der intelligente Ernte-Service sofort einsetzbar ist. Analyseergebnisse und erfasste Rohdaten können auf dem lokalen Server gespeichert werden.



**Abb. 11.5** Technische Architektur von RESFAST (eigene Darstellung)

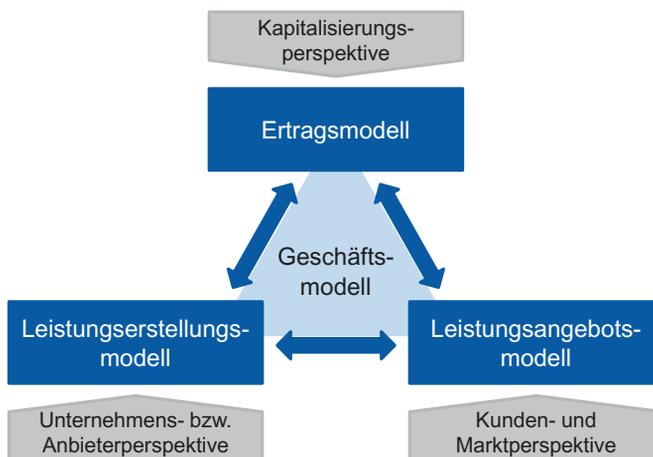
## 11.4 Potenziale und Geschäftsmodelle der nPotato

### 11.4.1 Grundlagen von Geschäftsmodellen

Ein Geschäftsmodell setzt sich aus verschiedenen Teilelementen zusammen, die das Gesamtgeschäftsmodell einer industriellen Dienstleistung aus verschiedenen Perspektiven betrachten (Schuh et al. 2016, S. 65). Die Abb. 11.6 zeigt die drei Grundelemente Ertragsmodell, Leistungserstellungsmodell und Leistungsangebotsmodell. Das Leistungsangebotsmodell beschreibt das Geschäftsmodell aus der Kunden- bzw. Marktperspektive. Das Leistungsangebot definiert den Nutzen des Geschäftsmodells für alle beteiligten Akteure und wie mit den Kunden interagiert wird. Dabei werden Kommunikations- und Vertriebskanäle für definierte Kundensegmente beschrieben (Schuh et al. 2016, S. 69). Dem steht das Leistungserstellungsmodell gegenüber. Dieses beschreibt, wie das Geschäftsmodell aus der Unternehmens- bzw. Anbieterperspektive erbracht wird. Dabei steht also die Erbringung des Smarten Service im Fokus (Schuh et al. 2016, S. 71). Das letzte Teilmodell stellt das Ertragsmodell dar. Dieses betrachtet das Geschäftsmodell aus einer Kapitalisierungsperspektive und beleuchtet insbesondere Kosten, die während der Erstellung entstehen, und Umsätze, die durch das Angebot der Dienstleistung auf dem Markt erzeugt werden (Schuh et al. 2016, S. 73).

### 11.4.2 Geschäftsmodelle für die nPotato

Bei der Entwicklung eines Geschäftsmodells für die nPotato ist zunächst der Anbieter dieses Smart Service zu identifizieren. Grundsätzlich sind verschiedene Betreiber des Smart Service denkbar. Dazu gehören vornehmlich zum einen die Hersteller landwirt-



**Abb. 11.6** Teilmodelle und Perspektiven eines Geschäftsmodells (i. A. a. Schuh et al. 2016, S. 69)

schaftlicher Erntemaschinen, die ihr Serviceportfolio um die hochvernetzten Maschinen um einen weiteren intelligenten Dienst erweitern wollen. Zum anderen könnte der Smart Service aber auch von externen Dienstleistern erbracht werden, die unabhängig vom Hersteller der Maschinen agieren. In diesem Beitrag soll das Geschäftsmodell aus der Perspektive eines Landmaschinenherstellers betrachtet werden.

Der Kern des Leistungsangebots der nPotato wurde bereits im vorherigen Kapitel beschrieben und besteht in der Analyse von Stößen und Schlägen und den darauf basierenden Handlungsempfehlungen. Die Handlungsempfehlungen für die optimalen Einstellungen der Erntemaschinen unterstützen die Landwirte bei der Ernte der Kartoffeln und helfen, direkt das Betriebsergebnis zu optimieren. Dieses Leistungsangebot der direkten Verbesserung des Betriebsergebnisses ist aus Kunden- bzw. Marktperspektive entsprechend reizvoll, da der Smart Service einen direkten Einfluss auf das Ergebnis hat und der Landwirt über die ökonomischen Vorhersagen eine bessere Planungssicherheit für die Zukunft erhält. Mit dem Leistungsangebot gehen die Leistungserstellung und das Ertragsmodell einher. Abhängig von der Wahl des Ertragsmodells lassen sich unterschiedliche Typen von Geschäftsmodellen definieren. Die Typisierung der Geschäftsmodelle für die nPotato erfolgte auf der Basis eines morphologischen Kastens, mit dessen Hilfe generische Typen für Smart Services bestimmt werden können. Die Abb. 11.7 zeigt vier mögliche Varianten des Geschäftsmodells für die nPotato, die im Anschluss detaillierter beschrieben werden.

Als erste Variante wäre es möglich, die nPotato und den dahinterliegenden Smart Service als kostenloses Add-on für die Erntemaschinen anzubieten. Damit würde die Attraktivität der Erntemaschine als physisches Produkt gesteigert, ohne dass die nPotato als Service für einen direkten Umsatzstrom verantwortlich ist (Ansorge 2014, S. 100). In einer zweiten Variante kann die nPotato als zusätzlicher Sensorknoten eigenständig oder mit der Erntemaschine verkauft werden. Dabei wird die nPotato mit einer Einmalzahlung verrechnet und die anschließende Nutzung des Smart Service ist für den Landwirt kostenfrei (Ansorge 2014, S. 100). Dies entspricht einem in der Landwirtschaft eher klassischen Geschäftsmodell, bei dem Hardwarekomponenten durch einmalige Abrechnungen vertrieben werden. Eine dritte Variante entspricht einer leistungsbezogenen Abrechnung. Dies bedeutet, dass die Hardwarekomponente für einen geringen Preis oder gar kostenlos vertrieben wird und die Umsatzströme durch eine stetige Nutzung



**Abb. 11.7** Geschäftsmodellvarianten für die nPotato (eigene Darstellung)

des intelligenten Ernte-Service erfolgt. Dabei könnte eine Abrechnung beispielsweise pro eingesetzte Zeiteinheit oder pro eingesetzte Fläche erfolgen. Man spricht hierbei auch von einer Abrechnung auf Basis von „Pay-per-Use“ (Ansoerge 2014, S. 101). Die letzte mögliche Ertragsvariante entspricht einer ergebnisbezogenen Abrechnung. Der Landmaschinenhersteller garantiert dabei dem Kunden, dass jede Kartoffel, die unter Nutzung des nPotato-Service geerntet wurde, der höchsten möglichen Güteklasse entspricht. Der Landwirt erhält damit eine maximale Sicherheit und gibt fast das gesamte Risiko an den Maschinenhersteller ab. Voraussetzung für diese Geschäftsmodellvariante ist, dass jeglichen Empfehlungen der nPotato gefolgt wird und der Ernteprozess somit (teil-)automatisiert abläuft (Matyssek 2017, S. 167).

Die hier aufgezeigten vier Varianten des Ertragsmodells zeigen bereits die umfangreichen Möglichkeiten, die Smart Services für das Geschäftsmodell von Erntemaschinenherstellern bedeuten können. Der flächendeckende Einsatz der nPotato könnte zu weiteren Varianten führen. Über die Aggregation der Datensets verschiedener Landwirte, deren Kartoffelsorten, der eingesetzten Düngemittel und weiterer Einflussgrößen, könnten schlussendlich ganzheitliche strategische Empfehlungen für die Kartoffelproduktion gegeben werden. Unabhängig davon ergeben sich im Kontext von Smart Services in der Landwirtschaft verschiedene organisatorische Herausforderungen. Die zentralen Herausforderungen stellen sicherlich die Hoheit und der Zugriff auf die erfassten Daten dar. Neben dem Landwirt, dem Maschinenhersteller und dem Hersteller der nPotato können auch noch weitere Dienstleister und der Besitzer der Ackerfläche einen Anspruch auf die erhobenen Daten haben. Hierzu wurde bisher noch keine abschließende Lösung erarbeitet; dies bleibt somit ein zentraler Ansatzpunkt zukünftiger Forschungsaktivitäten im Bereich der Geschäftsmodelle von Smart Services.

---

## 11.5 Ausblick

Landwirtschaftliche Betriebe erzeugen über intelligente Maschinen und andere Sensoreinheiten zunehmend mehr Daten, die durch Smart-Farming-Services ausgewertet und dem modernen Landwirt als Wissen und Entscheidungshilfen in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden können. Durch die zunehmende Automatisierung können darüber hinaus ganze Produktionsprozesse über die Zeit lernend optimiert werden, indem sich vernetzte Smart Services an die Abläufe und Entscheidungen des Landwirtes anpassen und das Gesamtsystem optimieren. Dies wiederum ist die Basis für einen Einsatz von Agrarrobotern, woraus langfristig eine weitere Verstärkung der Automatisierung der Landwirtschaft resultiert. Ein solcher Agrarroboter könnte z. B. eine autonome Erntemaschine für Kartoffeln sein, die rein auf Basis der gewonnenen Informationen aus der nPotato eigenständig Entscheidungen fällt und Einstellungen vornimmt.

Der Einsatz der nPotato als Sensorknoten und Smart Service muss sich in Zukunft jedoch nicht nur auf die Erntephase von Kartoffeln beschränken. Technologische Fortschritte, die zu einem deutlich geringeren Energieverbrauch führen, können dafür sorgen,

dass die nPotato bereits während der Aussaat der regulären Kartoffeln mit in das Feld integriert wird und somit den gesamten Lebenszyklus mit durchläuft. Die nPotato wird damit zum digitalen Schatten bzw. Produktgedächtnis der Kartoffel. Damit einhergehend kann zum einen die gesamte Wertschöpfungskette der Kartoffelproduktion optimiert und zum anderen die Transparenz für den Endverbraucher drastisch gesteigert werden. In Zukunft wird jedoch nicht nur die Kartoffel über einen digitalen Schatten verfügen. Vorstellbar sind auch digitale Zwillinge von anderen Feldfrüchten wie zum Beispiel von Mais oder Salat. Der Einsatz von Smart Services in der Landwirtschaft steht erst am Anfang und birgt große Potenziale für die Zukunft.

---

## Literatur

- Ansorge B (2014) Ordnungsrahmen für die Positionierung industrieller Dienstleister In: Schuh G (Hrsg) Schriftenreihe Rationalisierung, Bd 129. Apprimus, Aachen. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss, 2014
- Broy (Hrsg) M (2010) Cyber-physical systems – Wissenschaftliche Herausforderungen bei der Entwicklung. In: Cyber-Physical Systems. Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme. Springer, Berlin, S 17–31
- Dressler N, Gundermann S, Keese S, Aulbur W, Zhang J, Amichi S, Marinoni A, Nagashima S, Cherkin E (2015) Business opportunities in precision farming: will big data feed the world in the future? Roland Berger Strategy Consultants GmbH, München. [https://www.rolandberger.com/publications/publication\\_pdf/roland\\_berger\\_business\\_opportunities\\_in\\_precision\\_farming\\_20150803.pdf](https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_business_opportunities_in_precision_farming_20150803.pdf). Zugegriffen am 10.09.2017
- Horstmann J (2014) Moderne Kommunikationssysteme in der Landtechnik. In: Frerichs L (Hrsg) Jahrbuch Agrartechnik 2013. Institut für mobile Maschinen, Braunschweig, Braunschweig, S 1–7
- Hu YC, Patel M, Sabella D, Sprecher N, Young V (2015) Mobile edge computing. A key technology towards 5G. In: ETSI (Hrsg) White paper, No. 11, ETSI, Sophia Antipolis. [http://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi\\_wp11\\_mec\\_a\\_key\\_technology\\_towards\\_5g.pdf](http://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_wp11_mec_a_key_technology_towards_5g.pdf). Zugegriffen am 10.09.2017
- Jüttner U, Windler K, Schäfer A, Zimmermann A (2017) Design von Smart Services – Eine explorative Studie im Business-to-Business-Sektor. In: Bruhn M, Hadwich K (Hrsg) Dienstleistungen 4.0. Springer, Wiesbaden, S 335–361
- Kagermann H, Riemensperger F, Hoke D, Helbig J, Stocksmeier D, Wahlster W, Schweer D (2015) Smart service welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht (Langversion). acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., Berlin
- Maaß W, Filler A, Janzen S (2007) Reasoning on smart products in consumer good domains. In: European conference on ambient intelligence. Springer, Berlin, S 165–173
- Maaß W, Shcherbatyi I, Marquardt S (2017) Real-time decision making with smart farming services. In: 75th international conference on agricultural engineering, LAND.TECHNIK AgEng 2017. Accepted conference paper, vorauss. VÖ-Datum, Nov 2017
- Matyssek T (2017) Geschäftsmodelle im Internet der Dinge. In: Schallmo D, Rusnjak A, Anzengruber J, Werani T, Jünger M (Hrsg) Digitale Transformation von Geschäftsmodellen. Grundlagen, Instrumente und Best Practices. Springer Gabler, Wiesbaden, S 159–178
- Porter ME, Heppelmann JE (2014) How smart, connected products are transforming competition. Harv Bus Rev 92(11):64–88

- Quigley M, Conley K, Gerkey B, Faust J, Foote T, Leibs J, Wheeler R, Andrew YNg (2009) ROS: an open-source Robot Operating System. In: ICRA workshop on open source software, o. Jg (3), S 5
- Schmidhuber J (2015) Deep learning in neural networks: an overview. *Neural Netw* 61:85–117
- Schuh G, Gudergan G, Kampker A (2016) Management industrieller Dienstleistungen. In: Handbuch Produktion und Management, Bd 8, 2. Aufl. Springer, Berlin
- Sørensen CG, Fountas S, Nash E, Pesonen L, Bochtis D, Pedersen SM, Basso B, Blackmore SB (2010) Conceptual model of a future farm management information system. *Comput Electron Agric* 72(01):37–47
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (Hrsg) (2015) World population prospects: the 2015 revision, key findings and advance tables. [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key\\_Findings\\_WPP\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf). Zugegriffen am 10.09.2017
- United Nations, Food and Agriculture Organization of the United Nations (Hrsg) (2017) The future of food and agriculture. Trends and challenges. <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>. Zugegriffen am 10.09.2017
- Westerkamp C (2015) Wie verändern digitale Plattformen die Landwirtschaft? In: Baums A, Schössler M, Scott B (Hrsg) Kompendium Industrie 4.0. Wie digitale Plattformen die Wirtschaft verändern – und wie die Politik gestalten kann. Bd 2. Kompendium Digitale Standortpolitik. stiftung neue verantwortung e. V., Berlin, S 66–72