

Einsatz von ICT zur Steigerung der Energieeffizienz im landwirtschaftlichen Bereich

BACHELORARBEIT

von

Martin Keiblinger

Matrikelnummer 0825118

Betreuung: Dipl.-Ing. Mag. Dr. Thomas Neubauer

Wien, DD.MM.JJJJ

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Martin Keiblinger
Musterplatz 1, 1111 Wien

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit - einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen -, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

(Ort, Datum)

(Unterschrift Verfasser/in)

Abstract

Contents

1	Einführung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Problemstellung	1
1.3	Verwendete Methode	1
1.4	Verwandte Arbeiten	2
2	Datenmodellierung	3
2.1	Datenmodelle zur Effizienzberechnung	3
2.2	Sichten von Datenmodellen	5
2.3	Entwurf von Datenmodellen	7
3	Sensorsysteme	9
3.1	Sensornetzwerke als Datenquellen	9
3.2	Satellitensysteme als Datenquellen	10
4	Expertensysteme und Design Tools	11
	Bibliography	12

Einführung

1.1 Motivation

Landwirtschaft spielt für jede Gesellschaft eine entscheidende Rolle, da ohne sie die Ernährung der Bürger unmöglich wäre. Für einen Staat ist eine moderne und effiziente Landwirtschaft wichtig um Abhängigkeiten zu anderen Staaten zu verhindern oder zumindest zu verringern. Daher ist dieses Thema auch für Länder der ersten Welt nach wie vor auf der Agenda. Da die Personalkosten hoch sind, ist die Effizienzsteigerung durch Technologie entscheidend für die Entwicklung des Landwirtschaftssektors.

Durch den ständig steigenden Energiebedarf ist vor allem die Frage nach eines optimalen Einsatzes von Energie wichtig für Zukunft der Landwirtschaftsbetriebe in der EU. Neben der Forschung in den Disziplinen der Chemie und des Maschinenbaus, ist die Informatik eine interessante Quelle für kleine und große Optimierungen des landwirtschaftlichen Betriebs. Da ich den Blick über den Tellerrand nicht nur nicht scheue sondern gerne wage und selbst aus einem landwirtschaftlich genutzten Gebiet in Niederösterreich, dem Marchfeld, stamme, liegt mir die Zukunft der Landwirtschaft in Europa am Herzen.

1.2 Problemstellung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Ausarbeitung des aktuellen Standes der Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft mittels Informations- und Kommunikationstechnik, kurz ICT. Dazu wird eine Zusammenfassung der aktuellen Forschungsprojekte in der EU erstellt und dann eine Zusammenfassung der für Effizienzsteigerung durch ICTs relevanten Literatur erstellt. Dabei wird Wert auf die Ausarbeitung der Forschungsschwerpunkte und Auflistung der für Vergleiche nötigen Kennzahlen.

Ziel ist es eine Übersicht der relevanten Literatur für folgende Arbeiten zu erstellen.

1.3 Verwendete Methode

Die Quellen für diese Arbeit wurden ohne Fokus auf bestimmte Konferenzen oder Datenbanken ausgewählt. Es wurden alle Arbeiten und Projekte die zumindest innerhalb der EU eine Rolle spielen ausgewertet.

Literaturrecherche

Um möglichst keine relevanten Arbeiten zu übersehen wurden neben den akademischen Datenbanken und Bibliotheken auch Berichte von relevanten Forschungsgruppen der EU herangezogen. Die dort erwähnten Projekte und Arbeiten wurden dann gezielt weiter verfolgt. Für die Suche nach Literatur wurden verschiedene Kombinationen aus folgenden Suchbegriffen gewählt:

energy, efficiency, it, informatic, stochastic, agriculture, Landwirtschaft, Effizienz, ICT, Informationstechnologie, Planung

Selektionsvorgang

Die wissenschaftliche Literatur wurde auf Basis folgender Kriterien bewertet:

- ICT-Relevanz. Bei der Suche nach Effizienz in der Landwirtschaft mussten alle Themen aussortiert werden die sich auf Effizienzsteigerung durch chemische Präparate oder bestimmte Entwicklungen im Maschinenbau bezogen.
- Veröffentlichungsmedium. Arbeiten die weder im Rahmen einer Konferenz noch in einem Journals oder zumindestens in einem wissenschaftlichen Magazins veröffentlicht wurden, wurden aussortiert.
- Aktualität. Die Arbeiten mussten relativ aktuell sein. Werke die vor 2010 geschrieben wurden, wurden nicht weiter verfolgt.

Neben wissenschaftlicher Literatur sind auch Reports von aktuellen Forschungsprojekte eine wichtige Quelle. Bei diesen Projekten wurde ebenfalls auf Aktualität geachtet.

1.4 Verwandte Arbeiten

Das Interesse in eine effiziente Landwirtschaft durch den Einsatz von ICTs wird bereits in [1] vorgestellt, auch wenn der Fokus auf Nachhaltigkeit liegt. Effizienz ist dabei nur Mittel zum Zweck. Durch verschiedene Förderungen versucht die EU dies aber voranzutreiben. Eine Übersicht der verschiedenen Forschungsrichtungen wird im Bericht des Projekts *D4.5 Agenda for Transnational Co-operation on energy efficiency in agriculture* geboten. [20]. Eine mögliche Stoßrichtung um hohe Effizienz in der Aufzucht von Pflanzen zu erreichen ist *Precision Farming* [4].

Die vorgeschlagenen Forschungsschwerpunkte *Sensor technology* wird von den Arbeiten von Zhou Jianjun, Wang Xiaofang, Wang Xiu, Zou Wei und Cai Jichen in [27] aufgegriffen. Für Sensoren in Glashäusern haben Mancuso und Bustaffa eine Studie [18] präsentiert die zeigt wie Sensoren Mikroklimas messen und so Pilzerkrankungen verhindern können. Kontextsensitive Landwirtschaftsorganisationssysteme die auf Sensornetzwerken aufbauen werden in [16] behandelt. Eine Möglichkeit wie diese Daten kostengünstig in einem automatisiertem System behandelt werden können, wird in [14] vorgestellt. In [24] wird ein Framework vorgestellt wie kontextsensitive Grid-Systeme gebaut werden können.

Neben *Sensor technology* wird auch die Forschung betreffend *Design Tools* und *Decision Support Systems* angeregt. Ein Vorschlag wie ein solche Planungsprogramme entwickelt werden könnten, wird in [26] vorgeschlagen. Ein Ansatz der GIS-Systeme, Webtechnologie und Data-Mining vereint um ein Expertensystem das verschiedene Bedürfnisse verschiedener Länder beachten kann, wird in [28] vorgestellt. Auf die Frage wie solche Daten modelliert werden können, wird in [23] behandelt. [2] beschäftigt sich mit dem weiterführenden Thema wie Umwelteinflüsse auf den Ertrag modelliert werden können.

Mögliche Hürden die eine Adaption ICT-Lösungen von Landwirtschaftstreibenden und wie diese überwunden werden können, wird in [3] vorgestellt.

Datenmodellierung

2.1 Datenmodelle zur Effizienzberechnung

Die Basis für eine jede Optimierung ist es Kennzahlen zu ermitteln die es ermöglichen die Effizienz vor und nach der Optimierung zu vergleichen. Das bedeutet, dass der Einsatz von gewissen Mitteln und deren Ertrag gemessen wird.

In der Literatur werden zwei verschiedene Modellierungsklassen zur Effizienzanalyse empfohlen: [9] [13]

- *Data Envelopment Analysis*, kurz DEA
- *Stochastische Frontier Analyse*, kurz SFA

Data Envelopment Analysis

DEA ist eine parameterlose Methode um die Effizienz von so genannten *Decision Making Units*, kurz DMUs, zu messen. Eine DMU kann einen oder mehrere Eingaben erwarten und kann auch einen oder mehrere Ausgabewerte besitzen. Um die Effizienz zu messen, wird eine einzige *virtuelle* Eingabe auf eine einzige *virtuelle* Ausgabe abgebildet ohne dabei eine vordefinierte Produktionsfunktion zu erstellen. [8]

Sei $x_k = (x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{Mk}) \in R_+^M$ um die Ausgabewerte $y_k = (y_{1k}, y_{2k}, \dots, y_{Nk}) \in R_+^N$ zu produzieren. Dann bilden die Zeilenvektoren x_k und y_k die Datenmatrizen X bzw. Y . Zusätzlich sei $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K) \in R_+^K$ ein positiver Vektor der die lineare Kombination aus K Firmen. Als letzte zu definierende Größe sei $e = (1, 1, \dots, 1)$ ein passend dimensionierter Vektor von Einheitsgrößen. [8]

Das ausgabeorientierte DEA-Modell maximiert die proportionale Steigerung der Ausgabe unter der Bedingung dass der Produktionsraum nicht verlassen wird. Ein ausgabenorientiertes Messproblem kann als eine Reihe von K linearer Programmierungsprobleme abgebildet werden. [8]. Für DEA gibt es mehrere Modelle wie das Verhältnis zu Eingabe/Ausgabe skalieren kann. Zwei häufig verwendete Varianten sind DEA-CCR, nach Charnes, und DEA-BCC, nach Bankes. DEA-CCR beschreibt im Gegensatz zu DEA-BCC Modelle in denen sich Eingabewerte zu Ausgabewerte proportional verändern. Die nötigen *Constraints* für das Lineare Programmieren werden durch beschrieben.

$$\max_{U, \lambda} U \quad (2.1)$$

$$\text{Maximiert } U'_{y_k} - Y' \lambda \leq 0 \quad (2.2)$$

$$X'_{y_k} \lambda - x'_k \leq 0 \quad (2.3)$$

$$x'_k \geq 0 \text{ (DEA-CCR)} \quad (2.4)$$

$$e\lambda' = 1 \text{ (DEA-BCC)} \quad (2.5)$$

Die ausgabeorientierte Messung der technischen Effizienz der k-ten DMU, bezeichnet als TE_k , kann so berechnet werden:

$$TE_k = \frac{1}{U_k} \quad (2.6)$$

Eine weitere Kennzahl die mit DEA-CCR(2.4) bzw. DEA-BCC(2.5) berechnet werden kann ist die Skalierungseffizienz SE_k :

$$SE_k = \frac{U_{CCR_k}}{U_{BCC_k}} \quad (2.7)$$

In *Cost Efficiency and Farm Self-selection in Precision Farming: The Case of Czech Wheat Production* [9] wird eine zweistufige Berechnung von Effizienzmodellen vorgeschlagen. Dazu wird im ersten Schritt eine DEA durchgeführt. Das resultierende DEA ist definiert als:

$$\min_{\lambda, x_{ic}} (p'_i x_{ci}) \quad (2.8)$$

$$st \quad -y_i + Y\lambda \leq 0, \quad (2.9)$$

$$x_{ci} - X\lambda \leq 0, \quad (2.10)$$

$$\lambda \leq 0. \quad (2.11)$$

Es wird zusätzlich vorgeschlagen, die daraus abgeleitete Betriebseffizienzbewertungen mittels *Endogenous Switching Regression* zu analysieren.

Stochastische Frontier Analysis

Im Gegensatz zu DEA, nimmt SFA an, dass es eine Funktion mit einem oder mehreren Parametern gibt, die die Produktionseingabewerte auf die Ausgabewerte abbilden kann. Zusätzlich hat SFA den großen Vorteil, dass die Funktionen so gestaltet werden können, dass nicht nur technische (In-)Effizienz den Ausgabewert beeinflusst sondern auch Ereignisse außerhalb des Einflussbereichs des Produzenten. Dementsprechend besteht der Fehlerterm in SFA aus zwei Komponenten:

- Eine einseitige Komponente die, die Effekte von Ineffizienz relative zur stochastischen Marke (*stochastic frontier*) einfängt.
- Eine symmetrische Komponente die es erlaubt eine zufällige Variation der Marken (*frontiers*) über Firmen hinweg abzubilden und so die Effekte von Messfehlern, anderem statistischem Rauschen und zufälligen Schocks außerhalb der Firmenkontrolle einzufangen.

Daraus folgt, dass eine SFA als Gleichung abgebildet werden kann in der die Effizienz der Firma k als U_k bezeichnet wird, wobei U_k positiv sein muss. Die oben angesprochene Komponente, die das statistische Rauschen einfängt, wird als V_k bezeichnet, wobei V_k sowohl negativ wie auch positiv sein kann. [8]

$$y_k = f(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{Mk}, U_k, V_k) \quad (2.12)$$

Um solche SFAs zu lösen, muss zu allererst ein stochastisches Frontier-Modell definiert werden. Diese beruhen meistens auf Werten die mittels Maximum-Likelihood-Methode geschätzt wurden.

In *Cost Efficiency of Dairy Farming in New Zealand: a stochastic frontier analysis* [13] wird ein Modell vorgeschlagen, dass dazu verwendet wurde die Effizienz der Landwirtschaftsbetriebe in Neuseeland zu ermitteln. Die Kostenfunktion wurde aufgrund von gemessenen Betriebskosten, Eingabepreise

und Ausgabemengen geschätzt. Die allgemeine Form des *Cost Frontier Model* kann wie folgt beschrieben werden:

$$c_{it} \geq c(w_{1it}, w_{2it}, \dots, w_{Kit}, y_{it}; \beta) \quad i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (2.13)$$

Dabei sind c_{it} die beobachteten Kosten der Firma i in der Periode t , w_{kit} ist der k -te Eingabepreis, y_{it} ist das Output-Volumen und β ist ein Vektor der technische Parameter abbildet welche die Relationen zwischen Eingabepreisen, Ausgabe und minimalen Produktionskosten beschreibt. Die Kostenfunktion $c(\cdot)$ muss als Kosten minimierende Funktion folgende Eigenschaften besitzen:

- Sie muss nicht-negativ sein.
- Eingabepreise und Output muss monoton steigend sein
- Muss homogen der Stufe 1 sein
- Konkav betreffend Eingabepreisen

Um Messfehler und Umwelteinflüsse die außerhalb der Kontrolle des Landwirts liegen mit einzubeziehen wird die Funktion wie folgt geschrieben:

$$c_{it} \geq c(w_{1it}, w_{2it}, \dots, w_{Kit}, y_{it}; \beta) \exp\{v_{it}\} \quad (2.14)$$

v_{it} ist eine unabhängige Fehlerverteilungskomponente welche das statistische Rauschen abbildet. Dafür wird eine Standardnormalverteilung mit einem 0-Median und einer konstanten Varianz σ_v^2 vorgeschlagen. Durch Ineffizienzfaktoren im Betrieb können die tatsächlichen Kosten über den statistischen Minimumkosten liegen, so dass sich folgende Formel ergibt:

$$c_{it} = c(w_{1it}, w_{2it}, \dots, w_{Kit}, y_{it}; \beta) \exp\{v_{it} + u_{it}\} \quad (2.15)$$

u_{it} ist eine nicht negative, Erzeugerineffizienzterm der bestimmten Verteilungsannahmen entspricht. Wenn eine Firma 100% effizient ist, wird der Ineffizienzterm 0 sein und die Firma arbeitet entsprechend der stochastischen Kostengrenze.

Für die Kosteneffizienz kann dann die folgende Formel gefunden werden:

$$CE_{it} = \frac{c(w_{1it}, w_{2it}, \dots, w_{Kit}, y_{it}; \beta) \exp\{v_{it}\}}{c(w_{1it}, w_{2it}, \dots, w_{Kit}, y_{it}; \beta) \exp\{v_{it}\} \exp\{u_{it}\}} \quad (2.16)$$

Fehlenden Parameter können mittels *Maximum Likelihood* geschätzt werden. Erzeugerspezifische CE können mittels folgender Formel ermittelt werden: [13]

$$CE_{it} = E[\exp(-u_{it}) \mid v_{it} + u_{it}] \quad (2.17)$$

Energieeffizienz-Modelling Frameworks

In *Energy efficiency in Agriculture-Opportunities, Constraints and Research needs* [19] stellen Meyer-Aurich, Balafoutis und Daalgard ein Framework vor, dass zum Ermitteln der Energieeffizienz von eingesetzten Technologien entwickelt wurde.

2.2 Sichten von Datenmodellen

Das Modellieren effizienter Datenmodelle spielt in verschiedenen Arten von ICTs eine Rolle. Im folgenden Kapitel wird auf die für Planungs- und Designsysteme relevanten Modellierungen eingegangen. Es wird nicht auf andere Bereiche eingegangen in der Datenmodellierung eine Rolle spielt. Zum Beispiel wäre die Modellierung von Datenstrukturen und Protokollen die erlauben die Daten energiesparend zu verarbeiten, wie es unter anderem in einem Paper von Gang [17] vorgestellt wurde.

Für Planungs- und Designsysteme dienen dazu, die Betriebswirte in der Bewältigung von Problemen und der langfristigen Planung zu unterstützen. Diese Aufgabe werden in [23] in kurzfristige sowie langfristige Planung aufgeteilt. Da sich die Aufgaben und die möglichen Aktionen unterscheiden, wird vorgeschlagen diese auf verschiedene Arten zu modellieren. Dabei werden die kurzfristigen Aktionen in der operationalen Sicht, der *Operational View*, und die langfristigen Aktionen in der analytischen Sicht, der *Analytical View*, behandelt. Siehe auch 2.2

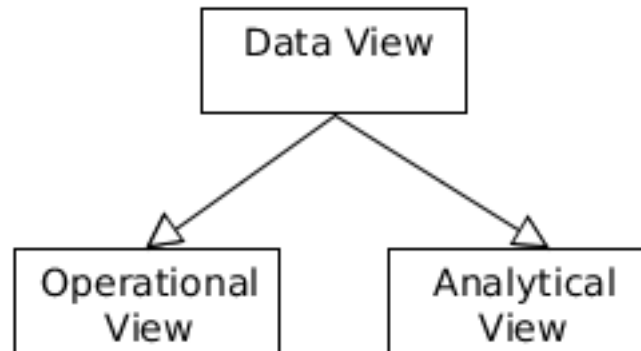


Figure 2.1: Sicht auf Daten. Operational View als Informationsquelle für taktische und Analytical View als Informationsquelle für strategische Entscheidungen.

Sørensen, Fountas und Nash stellen in [25] ein Modell für *Farming Management Information System* kurz FMIS vor. Dies soll als Basis für Planungssysteme wie es aus anderen Branchen als ERP bekannt ist eingesetzt werden. Sørensen beschreibt dies als drei aufeinander aufbauende Systeme, siehe auch 3.2.

Neben diesen Sichtweisen die für die Entscheidungen im Betrieb wichtig sind, gehen Ruiz-Garcia, Steinberger und Rothmund in [22] auf die Modellierung von Daten, Protokollen und Systemen ein, die es erlauben die Verarbeitung der Produkte in allen Schritten der Versorgungskette automatisch überwachen zu lassen. Dies dient dazu, den immer strenger werdenden gesetzlichen Bestimmungen (z.B. der ISO 22005 Standard zur Rückverfolgbarkeit der Lebensmittelbestandteile oder den EU Verordnungen Nr. 178/2002 bzw. Nr. 1935/2004) genügen zu können, ohne die Überprüfungen jedes Lieferanten manuell durchführen zu müssen.

Operationale Sicht

Die operationale Sicht dient dazu Entscheidungen in und für Geschäftsprozesse zu erleichtern bzw. zu ermöglichen. Unternehmerische Geschäftsprozesse werden in [23] als Entscheidungen in einem begrenzten Zeitraum beschrieben. Dementsprechend ist es wichtig, dass die operationale Sicht vor allem Daten präsentiert die folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Daten müssen so aufbereitet werden, dass sie innerhalb der Prozesse verfügbar sind. (*process-orientated data access*)
- Die Daten müssen aktuell und detailliert sein.
- Die Daten müssen Zustände beschreiben. Zustände sollten lt. [23] dabei als Menge von Attributen und Relationen zu anderen Zuständen definiert werden.

Analytische Sicht

Die analytische Sicht auf die bestehenden Daten leitet sich aus Messungen über einen bestimmten Zeitraum hinweg ab. Als Messungen sind Ergebnisse von bestimmten Berechnungen auf Klassifizierungspfade innerhalb der verfügbaren Datenbasis. In anderen Worten, geht es darum Aggregationen auf Rela-

FARM SYSTEM

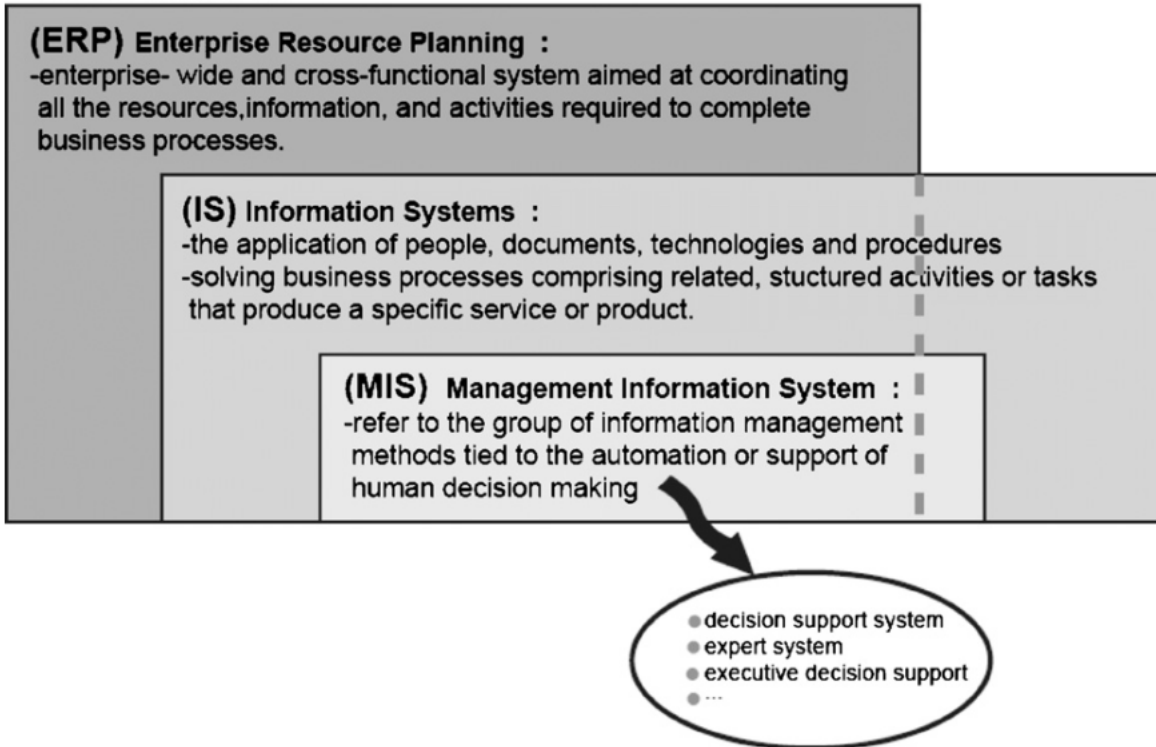


Figure 2.2: Konzept eines Management Information Systems. [25]

tionen innerhalb von relevanten Ressourcen im Betrieb durchzuführen. Schulze macht dies am Beispiel eines Rinderzuchtsbetriebs für die Milchproduktion deutlich. Dabei werden Informationen über drei Ebenen hinweg aggregiert. So stellt die Sicht auf Ebene der Ställe andere Informationen als auf Ebene der einzelnen Kühe zur Verfügung. Siehe dazu Abbildung 2.2.

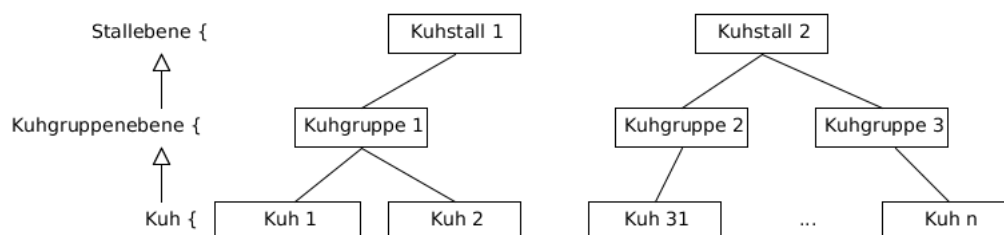


Figure 2.3: Klassifizierungsschema eines Milcherzeugungsbetriebs.

Dadurch wird die analytische Sicht im Unterschied zur operationalen Sicht, durch folgende Eigenschaften definiert:

- Die analytische Sicht enthält auch historische Daten.
- Die analytische Sicht versucht verschiedene Datenquellen zu integrieren und ein Gesamtbild zu generieren.
- Die Daten werden ständig aggregiert und damit wiederverwendet.

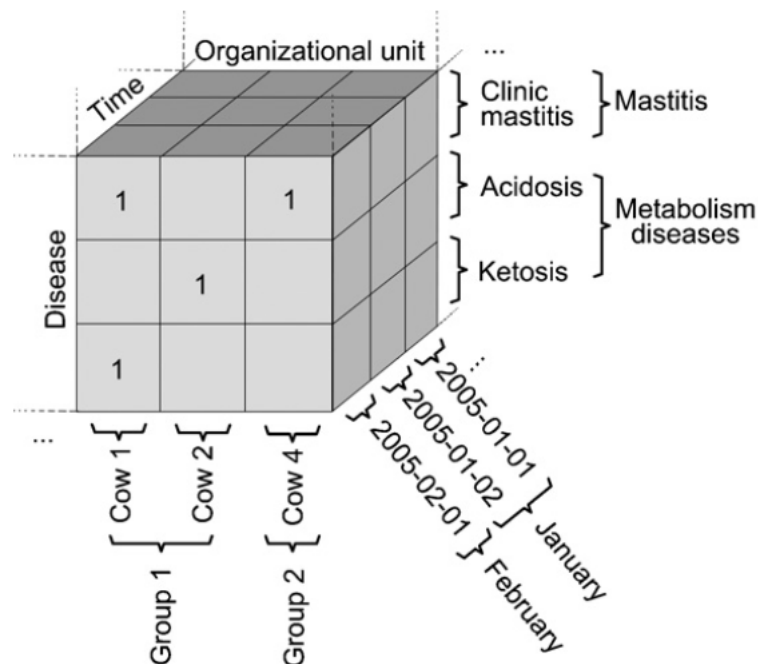


Figure 2.4: Darstellung der Daten eines Milcherzeugungsbetriebs in Form eines OLAP Würfels. [23]

Für die Speicherung und Verarbeitung von solch strukturierten Daten gibt es mehrere Ansätze. Die Daten können entweder getrennt gespeichert und verarbeitet werden in Form der Separierung in OLAP- und OLTP-System, oder auch zusammen geführt werden um die Auswertung auf aktuelleren Daten zu erlauben. Kemper stellt dafür in [15] *HyPer* vor.

2.3 Entwurf von Datenmodellen

Das Planen, Entwerfen und Erstellen von Datenmodellen ist ein Prozess, der im Zusammenspiel von Domänenexperten und Datenmodellierungsexperten durchgeführt werden muss. Sowohl Sørensen wie auch Schulze schlagen dafür einen strukturierten Ansatz vor, der bei der Bestandsaufnahme der Akteure und Ressourcen beginnt und bei der Abbildung der verschiedenen Dimensionen und Relationen endet. [23] [25]

Dem oder der Expertin für Datenmodellierung wird dabei nicht nur abverlangt die Relationen und Attribute in den verschiedenen Dimensionen formal abbilden zu können, sondern die Prozesse auch zu identifizieren um sie dann beschreiben zu können. Burkhart, Wolter, Schief, Di Valentin, Werth, Loos und Vaderhaeghen empfehlen dafür eine Ontologie zu entwerfen, stellten aber gleichzeitig fest, dass es noch keine Methode gibt, die völlig zufriedenstellend anleitet. [6]

Sørensen hat in [25] einen stark von der *Soft Systems Methodology*, kurz SSM, beeinflussten Ansatz gewählt. SSM wurde entwickelt um praktische Erfahrungen systematisch in Erkenntnisse umzuwandeln. [7]. Diese Erkenntnisse müssen in Prozessen abgebildet werden. In Sørensens Versuch wurden in der Analysephase mit den Landwirten folgende Fragen geklärt:

- Welche Akteure außerhalb des Betriebs müssen modelliert werden? (z.B. Behörden, Lieferanten, etc.)
- Welche Abläufe funktionieren gut im Betrieb? Wie funktionieren diese?
- Welche Abläufe funktionieren nicht zufriedenstellend? Wie funktionieren diese? Was würde der Landwirt bzw. die Landwirtin gerne daran ändern?

- Welche Informationen werden in der alltäglichen Arbeit benötigt bzw. wie könnten diese aufbereitet werden um die Arbeit zu erleichtern?

Neben solchen Hardfacts sind auch Softfacts wichtig um während der Analyse ein möglichst vollständiges Bild (*rich picture*) der abzubildenden Realität zu erhalten. Dementsprechend werden die Informationen aufgezeichnet um Beziehungen, Verbindungen, Einflüsse zwischen den verschiedenen Entitäten abzubilden.

Um aus diesen Informationen sinnvolle Prozesse und Informationsquellen ableiten zu können, müssen die richtigen Fragen gestellt werden. SSM stellt dafür eine Anleitung zur Verfügung der bei der Gestaltung helfen soll: *CATWOE*. *CATWOE* ist eine Sammlung von Aspekten die beachtet werden müssen:

- *C* Customers. Wessen Problem soll gelöst werden?
- *A* Actors. Wer sind die Akteure des Systems?
- *T* Transformation Process. Dies definiert was das System ausführt, wie es die Eingabe- in Ausgabewerte umwandelt, wohin Ausgabewerte geschoben werden, welche Stadien und Schritte in diesem System existieren.
- *W* World View. Die Weltanschauung definiert in welchem Kontext das System eingebettet ist. Was bedeutet es wenn das System ausgeführt wird? Was bedeutet eine Fehlfunktion oder ein Ausfall?
- *O* Owners. Definiert Personen die, die formale Macht haben über Einführung oder Ablehnung des Systems haben.
- *E* Environmental constraints. Definiert welche Grenzen dem System gesetzt sind, egal ob es sich dabei um ethische, juristische, personeller oder Grenzen anderer Natur handelt.

Schulz schlägt vor, zur Modellierung der Daten auf ein erweitertes *Entity Relationship Modell*, kurz ER-Modell zurück zu greifen und hat dies auch exemplarisch vorgeführt.

Sensorsysteme

3.1 Sensornetzwerke als Datenquellen

Sensortechnologie wurden im Laufe des AGREE-Projekts zum wichtigsten Forschungsgebiet in der zu zukünftigen Zusammenarbeit gewählt. [20] Sensornetzwerke sind Netzwerke aus Knoten die folgende bestimmte Funktionen verfügen bzw. folgende Bestandteile haben:

- Sensoren um verschiedene Umweltparameter messen zu können. (z.B. Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Zusammensetzung der Gase in Umgebungsluft, Helligkeit, etc.)
- Rechenmodule um bestimmte Kalkulationen durchzuführen um z.B. Sensorenwerte auszuwerten.
- Kommunikationsmodule um entweder Messungen oder (Teil-)Ergebnisse von Kalkulationen zu übermitteln. (z.B. ZigBee, Wireless Lan, etc.)

Wenn diese Funktionen um ein Modul zur Fortbewegung des Knotens erweitert wird, handelt es sich um einen mobilen Sensornetzwerkknoden. [10]

Die Sensormodule können je nach Einsatzzweck sowohl in kleinen, gut zu kontrollierenden Bereichen wie z.B. Glashäusern eingesetzt werden, in großflächigen Feldern oder in Ställen in der Viehhaltung. Dies ist eine notwendige Basis für sg. *Context Aware Computing*-Anlagen die bestimmte Umweltparameter wie z.B. Licht, Nahrung oder Bewässerung steuern können.

Energieeffizienz spielt für Sensorknoten im Falle von Einsätzen auf großflächigen Feldern eine besondere Rolle, da hier der Einsatz von Batterien bzw. Akkumulatoren eine Notwendigkeit ist und die Wartung bzw. das Austauschen oder Aufladen aufwendig.

In *Energy Efficient Cognitive Radio MAC Protocols for Adhoc Network: A Survey* werden drei *Media Access Control*-Protokolle, kurz MAC, vorgestellt (ECR-MAC, EECR-MAC, EQR-MAC) die für den Einsatz für Adhoc-Sensornetzwerke konzipiert wurden. [29] In *Context-Adaptive Multimodal Wireless Sensor Network for Energy-Efficient Gas Monitoring* werden Optimierung sowohl was das Netzwerkprotokoll bis hin zum Physical Layer betrifft vorgestellt aber auch was den Energiehaushalt des Knoten selbst betrifft. Dabei wird eine Lebenszeit von mehreren Jahren für einen Knoten erreicht. [12]

In *Design and Development of Precision Agriculture System Using Wireless Sensor Network* wird eine Beispiel-Implementierung eines Sensor-Netzwerks zur optimalen Wasserversorgung vorgestellt. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis dass sowohl der Ernteertrag gesteigert werden konnte sowie Wasser-, Energie- und Arbeitsaufwand gemindert werden konnten. [21]

Bhargava untersucht in *Wireless sensor network based advisory system for Apple Scab prevention* nicht nur das Netzwerk am effizientesten aufgebaut werden kann, sondern geht auch auf die Auswertung der gemessenen Daten ein. Bhargava unterscheidet hier grob zwischen zwei Architekturen:

- Die sg. *Two-Tier-Architecture*
- Einem *Peer to Peer Netzwerk* kurz P2P

Die Two-Tier-Architektur ist die Aufteilung von Sensor-Netzwerk und Intelligenz. Dabei sind die Tiers durch das Internet verbunden was auch die Auswertung in Cloud-Services erlauben würde. Neben dem Vorteil die Auswertung auch aus dem Betrieb auslagern zu können, erlaubt diese Aufteilung auch die Knoten langlebiger betreiben zu können. Der Autor stellt fest, dass auf den Sensorknoten eine jede Berechnung auf Kosten der verfügbaren Akkuleistung geht. [5]

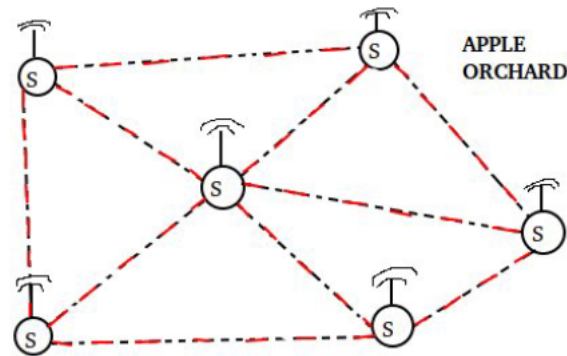


Figure 3.1: Vorgeschlagene Two-Tier-Architektur [5]

Im Gegensatz dazu, werden die gemessenen Daten in der P2P-Architektur im Netzwerk selbst ausgewertet. Dies hat im Vergleich zur Two-Tier-Architektur einige Nachteile:

- Die Lebensdauer der verwendete Energiequelle leidet darunter und ist früher erschöpft.
- Es können durch die begrenzte Leistungsfähigkeit der verfügbaren Chips auf den Sensorknoten nur triviale Auswertungen durchgeführt werden.
- Je nach Einsatzgebiet (z.B. in gebirgigen Landschaften), kann die Verfügbarkeit der Daten nicht garantiert werden. Dies könnte bei einem Alarm dazu führen, dass dieser nur zu spät gemeldet werden kann.

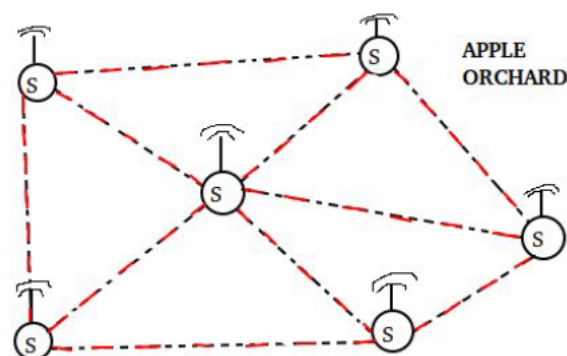


Figure 3.2: P2P-Struktur des Sensornetzwerks [5]

Aus diesen Gründen spricht Bhargava die Empfehlung aus, die Auswertung auf einen Server welcher über das Internet erreichbar ist auszulagern. [5]

3.2 Satellitensysteme als Datenquellen

In *Estimating rice nitrogen status with satellite remote sensing in Northeast China* wird eine auf Satellitenbildern aufbauende Analyse des Reisanbaus vorgeschlagen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass zum einen die Gebiete nicht mit Sensorknoten bestückt werden müssen - was im Falle von Nassgebieten wie Reisfeldern weitere Probleme bereit hält - und dass die lokalen Messinstrumente nur über längere Zeitperioden verlässliche Daten liefern. [11]

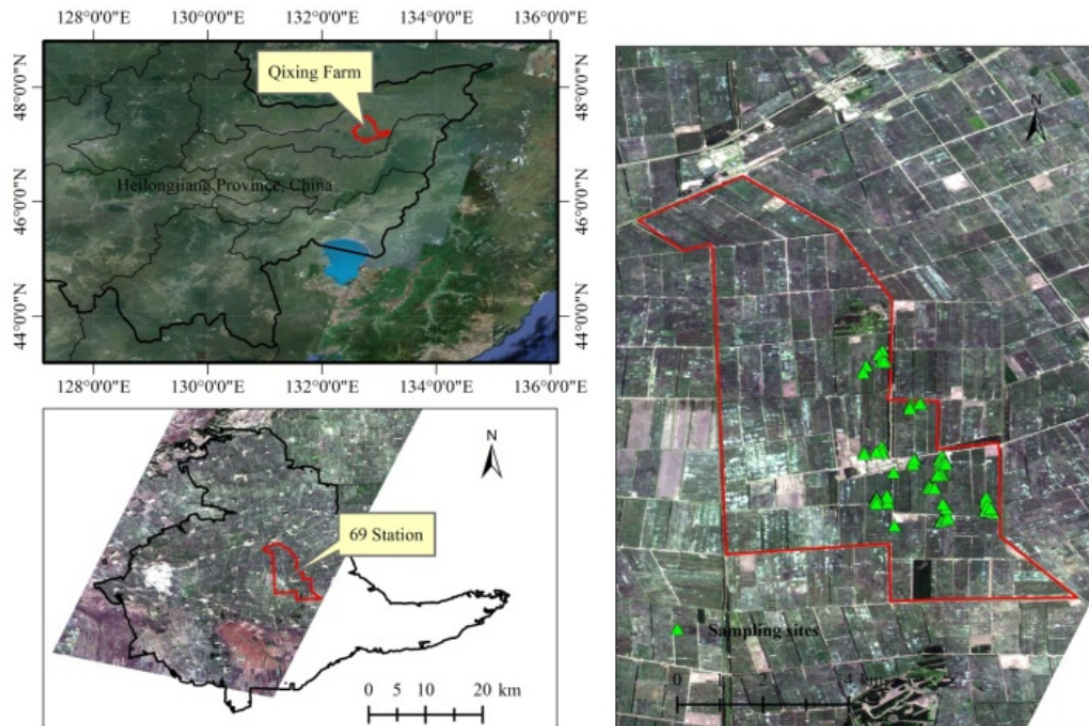


Figure 3.3: Aufnahme des Gebiets dessen Umweltwerte gemessen wurden. [11]

Expertensysteme und Design Tools

Bibliography

- [1] ZS Andreopoulou. Green Informatics: ICT for green and Sustainability. *Journal of Agricultural Informatics*, 3(2):1–8, 2013.
- [2] SZA Aqeel-ur Rehman. ONTAgrri: scalable service oriented agriculture ontology for precision farming. *2011 international conference on agricultural and ...*, 2011.
- [3] Benoit a. Aubert, Andreas Schroeder, and Jonathan Grimaudo. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers’ adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1):510–520, December 2012.
- [4] Hermann Auernhammer. Precision farming—the environmental challenge. *Computers and electronics in agriculture*, 30(1-3):31–43, February 2001.
- [5] Kriti Bhargava. Wireless sensor network based advisory system for Apple Scab prevention. ... (NCC), *2014 Twentieth ...*, pages 1–6, February 2014.
- [6] Thomas Burkhart, Stephan Wolter, and Markus Schief. A comprehensive approach towards the structural description of business models. *Proceedings of the ...*, page 88, 2012.
- [7] P Checkland. Soft systems methodology: a thirty year retrospective. *Systems Research and Behavioral Science*, 58:11–58, 2000.
- [8] Kevin Cullinane, Teng-Fei Wang, Dong-Wook Song, and Ping Ji. The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(4):354–374, May 2006.
- [9] J Curtiss and L Jelinek. Cost Efficiency and Farm Self-selection in Precision Farming: The Case of Czech Wheat Production. ... *18-19, 2012, Prague, Czech Republic*, 2012.
- [10] Andrew Howard, MJ Matarić, and GS Sukhatme. Mobile sensor network deployment using potential fields: A distributed, scalable solution to the area coverage problem. *Distributed autonomous robotic ...*, 2002.
- [11] Shanyu Huang, Yuxin Miao, Guangming Zhao, and X Ma. Estimating rice nitrogen status with satellite remote sensing in Northeast China. *Agro-Geoinformatics ...*, (31071859), 2013.
- [12] Vana Jelcic, Michele Magno, Davide Brunelli, Giacomo Paci, and Luca Benini. Context-Adaptive Multimodal Wireless Sensor Network for Energy-Efficient Gas Monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 13(1):328–338, January 2013.
- [13] Nan Jian and Basil Sharp. Cost Efficiency of Dairy Farming in New Zealand: a stochastic frontier analysis. In *NZARES Conference - Creativity in Research*, page 27, 2013.

- [14] Murari Devakannan Kamalesh and Mani Gandan. Increasing the Production Rate by Automation Systems in Fields. *International Journal of Computer Science and Informations Technologies*, 5(2):1574–1576, 2014.
- [15] Alfons Kemper and Thomas Neumann. CONFERENCE: HyPer: A Hybrid OLTP&OLAP Main Memory Database System Based on Virtual Memory Snapshots. pages 195–206, 2011.
- [16] Zafar Khaydarov, Teemu H. Laine, Silvia Gaiani, Jinchul Choi, and Chaewoo Lee. Context-aware agriculture organizer. *Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication - ICUIMC '12*, page 1, 2012.
- [17] Gang Lu. An adaptive energy-efficient and low-latency MAC for tree-based data gathering in sensor networks. *... and Mobile Computing*, (May):863–875, 2007.
- [18] M. Mancuso and F. Bustaffa. A wireless sensors network for monitoring environmental variables in a tomato greenhouse. *2006 IEEE International Workshop on Factory Communication Systems*, pages 107–110, 2006.
- [19] A Meyer-Aurich, A Balafoutis, and T Daalgard. Energy efficiency in Agriculture—Opportunities, Constraints and Research needs. 2013.
- [20] Hannu Mikkola, Tommy Dalgaard, Demetres Briassoulis, Panos Panagakis, Athanasios Balafoutis, Andreas Meyer-Aurich, Fatima Baptista, Luis Silva, Dina Murcho, Miguel de Castro Neto, Ryszard Myhan, Zbigniew Brodziński, Mariusz Stolarski, Ewelina Olba-Zięty, Janusz Gołaszewski, Herman Schoorlemmer, and Chris de Visser. D4.5. Agenda for Transnational Co-operation on energy efficiency in agriculture. Technical report, 2013.
- [21] S R Nandurkar, V R Thool, and R C Thool. Design and Development of Precision Agriculture System Using Wireless Sensor Network. *Automation, Control, Energy and Systems (ACES), 2014 First International Conference on*, pages 1–6, 2014.
- [22] L. Ruiz-Garcia, G. Steinberger, and M. Rothmund. A model and prototype implementation for tracking and tracing agricultural batch products along the food chain. *Food Control*, 21(2):112–121, February 2010.
- [23] Christian Schulze, Joachim Spilke, and Wolfgang Lehner. Data modeling for Precision Dairy Farming within the competitive field of operational and analytical tasks. *Computers and electronics in agriculture*, 59(1-2):39–55, November 2007.
- [24] Zubair A Shaikh, Noor A Shaikh, Noman Islam, and Emerging Sciences. An Integrated Framework to Develop Context-Aware Sensor Grid for Agriculture 1. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(5):922-931, 4(5):922–931, 2010.
- [25] C.G. Sørensen, S. Fountas, E. Nash, L. Pesonen, D. Bochtis, S.M. Pedersen, B. Basso, and S.B. Blackmore. Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(1):37–47, June 2010.
- [26] Xiaoshan Wang and Qingwen Qi. Design and realization of precision agriculture information system based on 5S. *2011 19th International Conference on Geoinformatics*, pages 1–4, June 2011.
- [27] Jianjun Zhou, Xiaofang Wang, Xiu Wang, Wei Zou, and Jichen Cai. Greenhouse Monitoring and Control System Based on Zigbee. *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE 2013)*, (Iccsee):2361–2364, 2013.
- [28] Zhiqing Zhu, Rongmei Zhang, and Jieli Sun. Research on GIS-Based Agriculture Expert System. *2009 WRI World Congress on Software Engineering*, pages 252–255, 2009.

- [29] Muhammad Talah Zia, Faisal Fayyaz Qureshi, and Syed Sitwat Shah. Energy Efficient Cognitive Radio MAC Protocols for Adhoc Network: A Survey. *2013 UKSim 15th International Conference on Computer Modelling and Simulation*, pages 140–143, April 2013.