



**16. Arbeitswissenschaftliches
Kolloquium des
VDI-MEG Arbeitskreises
Arbeitswissenschaften
im Landbau**

**9.-10. März 2009
Potsdam**



Bornimer Agrartechnische Berichte

Heft 66

Potsdam-Bornim 2009

**16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium
des
VDI-MEG Arbeitskreises
Arbeitswissenschaften
im Landbau**

**9.-10. März 2009
Potsdam**



Bornimer Agrartechnische Berichte
Heft 66

Potsdam-Bornim 2009

Published by:

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam-Bornim
☎ (0331)-5699-0
Fax.: (0331)-5699-849
E-mail: atb@atb-potsdam.de
Internet: <http://www.atb-potsdam.de>

February 2009

Editors:

Dr. Martina Jakob
Dr. Martin Geyer

Layout:

Andrea Gabbert

Published by the Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V. (ATB) with the support of the Federal Ministry of Consumer Protection, Food and Agriculture as well as of the Ministry of Agriculture, Environment Conservation and Regional Policy of the State Brandenburg.

Contents do not necessarily reflect the publisher or editors views in this area.

No part of the material may be reproduced or utilized in any form or by any means without permission from the publisher Leibniz-Institute of Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V.

ISSN 0947-7314

© Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam-Bornim 2009

Inhaltsverzeichnis

Preface	5
Ergonomics and occupational safety and health in agriculture an ILO perspective	
<i>Shengli Niu</i>	<i>7</i>
Mechanization in horticulture, possibilities and constraints	
<i>Martin Geyer, Martina Jakob</i>	<i>14</i>
Analysis and assessment of workloads via CUELA using the example of the milking procedure	
<i>Maren Kauke, Ingo Hermanns, Ulrike Höhne-Hückstädt, Matthias Schick, Rolf Ellegast</i>	<i>22</i>
Body posture variation during machine milking regarding weight of milking unit and working height- experimental study	
<i>Martina Jakob, Falk Liebers, Sylvia Behrendt</i>	<i>31</i>
Physical load during machine milking regarding weight of the milking unit and working level – experimental study	
<i>Falk Liebers, Martina Jakob, Sylvia Behrendt</i>	<i>38</i>
Reducing work load in neck-shoulder region in parlor milking	
<i>Veli-Matti Tuure, Sakari Alasuutari</i>	<i>48</i>
Does automatic milking influence farmers health and wellbeing?	
<i>Hendrik Jan C. van Dooren, Huub H.E. Oude Vrielink, Judith J. Poelarends, Francesca Neijenhuis</i>	<i>55</i>
Farm women’s occupational safety and well-being at work	
<i>Marja Kallioniemi</i>	<i>64</i>
Occupational accidents at ear tagging of bovine cattle	
<i>Reetta Palva, Sakari Alasuutari, Miia Maasola, Veli-Matti Tuure</i>	<i>69</i>
Workload in alternative keeping systems for laying hens	
<i>Tatjana Winter, Stefan Linke, Torsten Hinz</i>	<i>76</i>
Management of labour time on farms	
<i>Tarmo Luoma, Eerikki Kaila, Veli-Matti Tuure</i>	<i>85</i>
Economical Evaluation of Greenhouse Layout Design	
<i>Moshe Eben-Chaime, Avital Bechar, Ana Baron</i>	<i>92</i>
Working-Time Requirement when Using Films and Fleeces for Forcing Outdoor Vegetables	
<i>Marion Riegel, Matthias Schick, Till Belau</i>	<i>100</i>

Einsatz von agroXML in der Kalkulation von Arbeitszeitbedarfswerten <i>Jürgen Frisch</i>	107
Precision Storage – ein Beitrag zur Informationslogistik <i>Jürgen Hahn, Rainer Tölle</i>	116
Überbetriebliche Ernte von Grassilage – Quaderballen als Alternative zu Feldhäcksler und Ladewagen? <i>Christoph Moriz</i>	124
Kalkulation von Arbeitszeitbedarf und Kosten der Feldberegnung am Beispiel der Rohrberegnung <i>Mathias Funk</i>	130
Arbeitszeitbedarf für die Bereitstellungsketten von Scheitholz und Holzhackschnitzel <i>Christoph Moriz</i>	136
Arbeitswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Systeme zum Setzen von Stecklingen zur Anlage von Kurzumtriebsflächen <i>Franz Handler, Emil Blumauer</i>	144
Bewertung der körperlichen Arbeitsbelastung in einem computergestützten Arbeitsvoranschlagssystem <i>Matthias Schick, Marion Riegel, Ruedi Stark</i>	157
Aktion 55plus: Arbeit, Gesundheit und Pläne fürs Alter von über 55jährigen Personen in der bayerischen Land- und Forstwirtschaft <i>Christian Hetzel, Fritz Allinger, Michael Holzer, Reinhold Watzele, Andreas Weber</i>	163
Einzelbetriebliche Ansätze zur wirtschaftlichen Optimierung der Milchproduktion in Europa <i>Steffi Wille, Carina Friedrich, Birthe Lassen</i>	173
Arbeitszeitbedarf in der Milchviehhaltung <i>Matthias Schick, Marion Riegel, Wilfried Hartmann</i>	182
Auswirkungen von Qualitätsmanagementsystemen auf Organisation und Arbeitszeit in der Schweinehaltung <i>Heinz Bernhardt, Sabrina Kern, Thomas Weil, Martin Heckmann, Isabel Simmer</i>	188
Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Aspekte der Babyferkelproduktion im Großbetrieb <i>Elisabeth Quendler, Veronika Helfensdörfer, Irene Köckeis, Johannes Baumgartner, Josef Boxberger</i>	195

Preface

Agricultural employment is clearly decreasing all over Europe. This does not mean, however, that agriculture is doomed to play a secondary role in the process of economic and social cohesion. Technical progresses as well as improved work organisation have largely increased the possible output per worker. A reduction of physical strain is one of the characteristic changes of agricultural workplaces in Europe that were achieved within the past decades. The substitution of work force by machines and their constraints is in consequence one of the major topics to be discussed in the ergonomic sessions as part of the 16th work scientific colloquium held in Potsdam this time.

Ergonomic problems at the workplace and bad work organization are part of the contributing risk factors for work absenteeism. Workers in agricultural and horticultural enterprises still are one of the most affected groups in the traditional industries. This seems contradictory to the actual reduction of physical workload. Similar to the trend in global working life the occurrence of jobs characterized by long-lasting low-level loads or repetitive operations is increased with mechanization. Physical variation, achieved by job rotation or more breaks, is inhibited by many aspects characterising agricultural production despite the knowledge that these measures are commonly believed to prevent the workers from disorders. One of the characteristics of agriculture is that production peaks like harvest or post harvest operations can only be handled by hiring temporary workers that are assigned to easy, standardized jobs.

One of the sessions of the AKAL colloquium will intensely discuss these contradictory ergonomic aspects – the balancing act between technical progress and job satisfaction. Due to the rationalization in the dairy industry herd sizes are increasing demanding larger milking parlours, shift work and specialized work routines. The prevalence of musculoskeletal disorders in the upper extremities is increasing despite the actual reduction of physical load. The session will present different methods of workload assessment, their limits and explanatory power to open a discussion among the involved European scientists as well as offering a rounded off section for all participants.

The 2009 event will feature 2 keynote speakers followed by 2 parallel sessions, an English and a German session. The 16th biannual AKAL colloquium is going to host scientists from approximately ten different countries and is for the first time offering parallel bilingual sessions. The colloquium is the most important platform for German work scientists in the field of agriculture and has gradually been involving foreign colleagues. There is no other conference in Europe solely dealing with human factors and ergonomics in agriculture which caused us to offer English sessions.

We warmly welcome our guests and are confident that we will achieve considerable benefits for our discipline by organising this kind of meeting.



Prof. Dr. Reiner Brunsch

*Director of the Leibniz-Institute for Agricultural Engineering
Potsdam-Bornim e.V.*



Dr. Martina Jakob

Organizing Committee

Ergonomics and occupational safety and health in agriculture an ILO perspective

Shengli Niu

Senior Specialist on Occupational Health, International Labour Organization, Geneva, Switzerland

1 Introduction

More than two thirds of the world population live in rural areas. As many as 770 million people living in developing countries do not have access to primary health care services. Rural communities face a variety of health and safety risks ranging from inadequate safe water and food supply, poor sanitation, dangerous electric appliances and agriculture machines to pesticide and household chemicals. In most parts of the world, a large part of the rural population is engaged in agricultural activities.

According to the ILO estimates, about 1.3 billion workers are active in agriculture and a large number of people below the poverty line live in a rural environment. Agriculture is one of the most hazardous occupations worldwide. In several countries the fatal accident rate in agriculture is double the average for all other industries. The ILO estimated that in every single year, about 170,000 agriculture workers and farmers were killed in producing the world's food and commodities, out of a total of 358 000 fatal workplace accidents in all occupations. Agricultural workers also suffer disproportionately among the 250 million workers injured each year, and the 160 million who fall ill due to exposure to workplace hazards and risks. Contrary to mining, where fatal accidents have decreased in a number of countries, agriculture mortality rates remained consistently high in the past decade both in industrialized and developing countries.

The economic costs of occupational safety and health problems place a considerable burden on the competitiveness of the enterprises as well. It is estimated that the annual losses resulting from work-related diseases and injuries, in terms of compensation, lost of productivity, premium of insurance and medical expenses, etc. on average amount to over 4 per cent of the total gross national product of all the countries in the world [1]. The ILO estimate is based on a selected compensation system which takes only a fraction of work-related cancer into account – as they are usually neither properly recorded nor compensated. Furthermore, work-related communicable diseases have not been recorded at all. Thus the financial losses could finally rise even up to 10-15% of the country's national product if all the factors are taken into account.

2 Ergonomic problems at the workplace

Ergonomic problems at the workplace and bad work organization are part of the contributing risk factors to the above-mentioned safety and health problems suffered by the workers. Adverse ergonomic working conditions can cause visual, muscular and psychological disturbances such as eye strain, headaches, fatigue, musculoskeletal disorders (MSDs) such as chronic back, neck and shoulder pain, Cumulative Trauma Disorders (CTDs), Repetitive Strain Injuries (RSIs) and Repetitive Motion Injuries (RMIs), psychological tension, anxiety and depression.

MSDs are one of the most common health problems caused by adverse ergonomic working conditions affecting tens of millions of workers across all employment sectors. The fourth European working conditions survey in 2005 (EWCS 2005) [2] revealed that MSDs are the most common work-related problems in the EU-27 countries: 25% of European workers complain of backache and 23% of muscular pains. In terms of exposure to physical risks a quarter or more of the time, 62% of respondents are exposed to repetitive hand and arm movements; 45% report working in painful or tiring positions; 35% are required to handle heavy loads in their work. For certain risks, prevalence is higher amongst female workers, notably in education and health. For instance, 11% of women say their job requires them to lift or move people a quarter or more of the time, compared to 6% of men.

Work-related MSDs comprise well over half of all reported occupational illnesses in the United States [3]. At any one time, 30% of American adults are affected by joint pain, swelling, or limitation of movement [4]. Musculoskeletal conditions cause more functional limitations in the adult population in most welfare states than any other group of disorders. They are a major cause of years lived with disability in all continents and economies [5].

3 The ILO's Response

The ILO has a tripartite structure which is unique in the United Nations, in which employers' and workers' representatives have an equal voice with those of the governments in shaping ILO's policies and programmes. The ILO has a mandate to protect workers against sickness, diseases and injuries due to workplace hazards and risks including ergonomic and work organization risk factors. One of the main functions for the ILO is to develop international standards related to labour and work. The ILO standards take the form of international Conventions and Recommendations. The most important Conventions on occupational safety and health in general are No. 155 on Occupational Safety and Health, No. 161 on Occupational Health Services, and No. 81 on Labour Inspection [6].

Waged-workers in agriculture are protected by the ILO Plantations Convention, 1958 (No.110). In order to guarantee sustainable rural development, rural workers and their families should have access to adequate health services, safe and healthy working and

living conditions, welfare and social security. In this regard, the ILO Convention (No. 184) and its accompanying Recommendation (No. 192) on safety and health in agriculture were adopted at the International Labour Conference in 2001. The Convention No. 184 and Recommendation 192 are the first international law to guarantee that waged agricultural workers, whether permanent, temporary or seasonal, are entitled to the same rights and levels of protection as other categories of workers. Waged workers account for 40% of the global agriculture workforce.

In response to the grim picture of the global occupational safety and health problems including the increased concern with the workplace ergonomic problems and work-related MSDs in both developed and developing countries, the ILO adopted a Global Strategy on Occupational Safety and Health at the 91st Session of the International Labour Conference in 2003 [7] which reaffirmed the importance for all countries to apply international labour standards on occupational safety and health. The Global Strategy requested the ILO to give highest priority to the development of new instruments in the areas of ergonomics and biological hazards.

The Global Strategy on Occupational Safety and Health was designed to progressively improve safety and health in the world of work. In response to this strategy, the International Labour Conference adopted the Promotional Framework for Occupational Safety and Health Convention (No. 187) and its accompanying Recommendation (No.197) in 2006. The main purpose of Convention No. 187 is to ensure that a higher priority is given to OSH in national agendas and to foster political commitments in a tripartite context for the improvement of working conditions and environment. It has a promotional rather than prescriptive content and is based on two fundamental concepts outlined in the above Global Strategy, namely to develop a preventative safety and health culture and to apply a systems approach to managing OSH nationally.

Conventions and Recommendations specifically relevant to protection of workers against ergonomic risk factors at the workplace include Convention No. 127 and Recommendation No.128 which specify the international requirements concerning the manual transport of a load which by reason of its weight is likely to jeopardise a worker's health or safety and the necessary measures needed to protect the workers including women and young workers who are engaged in manual transport of loads other than light loads.

The List of Occupational Diseases, which forms the Annex to the List of Occupational Diseases Recommendation, (No. 194) was adopted at the International Labour Conference in 2002. This list includes a specific section on occupational MSDs.

Occupational MSDs have been recognized by a number of countries e.g. Algeria, Australia, Bangladesh, Belgium, Canada, China, Colombia, Denmark, Finland, France, Italy, Japan, Republic of Korea, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malaysia, Poland, Portugal, Spain, Switzerland, United Kingdom. MSDs are also included in the 2003 European schedule of occupational diseases. Replies to an ILO survey in 2005 to all its 176 member States on the list of occupational diseases indicated that the majority respondents were in favour to

include in the list specified MSDs whose causality link with exposures at the workplace could be established scientifically or determined by other means as appropriate by the national competent authorities [8].

Work to revise the List Annexed to the ILO Recommendation No. 194 began in 2005 and specific MSDs are currently being considered to be included in the revised ILO's list of occupational diseases.

4 ILO's programmes and activities on occupational safety and health and ergonomics

A common definition of occupational health was adopted by the Joint ILO/WHO Committee on Occupational Health at its First Session (1950) and revised at its 12th Session (Geneva, November 1995) which states that occupational health should aim at:

- i. the promotion and maintenance of the highest degree of physical, mental and social well-being of workers in all occupations;
- ii. the prevention amongst workers of departures from health caused by their working conditions;
- iii. the protection of workers in their employment from risks resulting from factors adverse to health; the placing and maintenance of workers in an occupational environment adapted to their physiological and psychological capabilities; and,
- i. to summarize, the adaptation of work to the workers and of each worker to his or her job.

Ergonomics is an essential and integral part of occupational health practice. According to the International Ergonomics Association (IEA):

“Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance.” (definition adopted by the IEA Council in August 2000) [9]

Ergonomics is a field which integrates knowledge derived from the human sciences in particular anatomy, physiology and psychology to match jobs, systems, products and environments to the physical and mental abilities and limitations of workers. Ergonomics stresses fitting the job to the worker as compared to the more usual practice of obliging the worker to fit the job. The aim of ergonomics is to optimize, first and foremost, the comfort of the worker, as well as his or her health, safety and efficiency.

Applying ergonomic principles, however, is beneficial not only to the workers. The benefits to employers are equally significant and are both visible and measurable in terms of increased efficiency, higher productivity, reduced lost work time due to illness or injury and decreased insurance costs, to name just a few advantages [10].

The ILO's SafeWork Programme responds to safety and health problems at work at the global level. Its primary objectives are to create worldwide awareness of the dimensions and consequences of work related accidents and diseases; to promote the goal of basic protection for all workers in conformity with international labour standards; to enhance the capacity of member states and industries; and to design and implement effective preventive and protective policies and programmes.

ILO's technical cooperation activities on ergonomics have been focused on the promotion in the member States of voluntary, participatory and action-oriented actions to improve working conditions and work organizations of the small and medium sized enterprises. To this end, two training packages developed by the ILO are being widely promoted in particular in Africa, Asia and Latin America. The first training package is "Work Improvements in Small Enterprises" - WISE [11]. WISE, also known as "Higher Productivity and a Better Place to Work", is aiming at assisting small and medium-sized enterprises in improving their working conditions and productivity by using simple, effective and affordable techniques that provide direct benefits to owners and workers. The second package is "Work Improvement in Neighbourhood Development" - WIND [12]. WIND is a programme aiming at promoting practical improvements in agricultural households by the initiatives of village families.

The WISE programme has resulted in improvements in small-scale industries in over 20 countries in Asia and the Pacific, Latin America and Africa.

The ILO's WIND programme is based on the ILO's WISE methodology and applies the same principles and approaches. It was first developed by ILO together with other organisations in Viet Nam. It is currently being adapted to local conditions, translated and pilot-tested in Ethiopia, Kyrgyzstan, Moldova and Senegal, in collaboration with the national social partners and other local organisations.

5 ILO/IEA collaborations

The ILO has had a long history of fruitful cooperation with the IEA to promote sound workplace ergonomic principles at the international level. The *Ergonomic Checkpoints* jointly developed by the IEA and the ILO has been a good example. This manual was firstly published by the ILO in 1996 [13]. It has been translated into many languages and been widely used in many countries. The ILO is currently updating this publication in close collaboration with the IEA. The checkpoints in this manual are based on numerous examples of practical ergonomic improvements achieved at low cost and provide simple, practical

and inexpensive solutions to ergonomic problems at the workplace applicable across a whole range of local situations.

A similar endeavour is being taken in the field of ergonomics in agriculture. The ILO and IEA are collaborating to prepare a practical manual on Ergonomic Checkpoints in Agriculture. A first draft Ergonomic Checkpoints in Agriculture has been reviewed by an international experts panel assembled by the IEA and ILO and it is expected that this manual will be completed and published by the ILO in the course of 2009.

In response to the ILO Global Strategy on Occupational Safety and Health and with a view to developing an international instrument on ergonomics, the ILO is collaborating with the IEA in collecting national practices and laws on ergonomics at the workplace. Contracted by the ILO, the IEA established an expert group to undertake an extensive search to obtain copies of Ergonomics Standards, Codes and Guidelines which have a primary focus on the prevention of work-related MSDs and which have international or national status. The group collected and performed full analysis of the documents from following countries, region and organization: Australia, European Community, ISO, Japan, Netherlands, New Zealand, Norway, South Africa, Spain, Sweden, UK and USA.

The analysis of the above collected documents was focused on the nature of the discipline of ergonomics and its various roles within the domain of occupational health and safety and the role of ergonomics in the prevention of work-related MSDs. On this basis, The IEA experts group evaluated the content of existing national and international ergonomics standards, codes and guidance materials related to work-related MSD prevention. The group prepared a preliminary draft report – “Ergonomics Approaches to the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders - An Analysis and Critical Review of Existing National, and Regional Standards and Guidelines”[14].

This report constitutes a first stage of the ILO/IEA collaborating process that is intended to culminate in a draft ILO guidance document for the prevention of work-related MSDs. Based on the conclusions and recommendations of this report, the ILO and IEA is currently working on a concrete and detailed collaborating plan to decide the nature, type and contents of the proposed international instrument on ergonomics at the workplace and to prepare a technical basis for the development of this international ergonomic guidance document. It is planned by the Secretariat of the ILO to make a proposal to the ILO Governing Body in the course 2010 and 2011 biennium to formally start the development process of this international labour instrument on ergonomics at workplace.

6 References

- [1] Takala J & Niu S. Responses to the Equity Challenge in Safety and Health at Work:
- [2] Fourth European Working Conditions Surveys (225)
(<http://eurofound.europa.eu/exco/surveys/EWCS2005/index.htm>)

- [3] OSHA. 2002. Injuries, illnesses and fatalities, 2000
- [4] The Consensus Document. The Bone and Joint Decade 2000-2010. Inaugural Meeting 17 and 18 April 1998. *Acta orthopaedica Scandinavica* 1998;69:67-86
- [5] Woolf AD & Pfleger B. Burden of Major Musculoskeletal Conditions. *Bulletin of the World Health Organization* 2003, 81 (9)
- [6] ILO/SafeWork. International and National Standards on occupational safety and health, ILO Standards and Codes of Practice and national legislation data sources, CD-ROM, Geneva 2002, and www.ilo.org/safework
- [7] ILO. Global Strategy on Occupational Safety and Health - Conclusions adopted by the International Labour Conference at its 91st Session, 2003 (http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/globstrat_e.pdf)
- [8] ILO. Report on the replies to the questionnaire on the updating of the "list of occupational diseases" annexed to the List of Occupational Diseases Recommendation, 2002 (No. 194) and on the amendments to the list of occupational diseases submitted to the Committee on Occupational Accidents and Diseases of the 90th Session of the International Labour Conference in 2002. ILO, 2005. (http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/health/expmtg05/english/meulod1_e.pdf)
- [9] <http://www.iea.cc/ergonomics/>
- [10] Roskam E & Baichoo P. Using ergonomics and *Ergonomic Checkpoints* to Improve Quality of Life. *Afr Newslett on Occup Health and Safety* 1997; 7:34-35
- [11] ILO. Work Improvements in Small Enterprises (WISE) (<http://www.ilo.org/public/english/protection/condtrav/workcond/wise/wise.htm>)
- [12] ILO. Working conditions: Agricultural workers (WIND) (<http://www.ilo.org/public/english/protection/condtrav/workcond/agriwork/agricult.htm>)
- [13] ILO & IAEA. *Ergonomics Checkpoints*. ILO, 1996
- [14] Macdonald W. ILO/IEA Collaboration Project Report (draft) on Ergonomics Approaches to the Prevention of Work-Related Musculoskeletal Disorders - An Analysis and Critical Review of Existing National, and Regional Standards and Guidelines

Mechanization in horticulture, possibilities and constraints

Martin Geyer, Martina Jakob

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., D-14469 Potsdam, Max-Eyth-Allee 100, Germany, e-mail: geyer@atb-potsdam.de

Abstract

Many agricultural resp. horticultural crops like asparagus, pickling cucumber or strawberry are very labor intensive. Especially hand harvest and processing have a high demand in labor. Compared to industrial production the conditions to mechanize such processes are quite difficult. For example harvesting takes place in the field under natural climatic conditions, the produce as well as the plants/trees are not standardized and their economic value is limited. In Europe pickling cucumbers are traditionally harvested by hand supported by harvesting aids. Decisive developments in breeding and technical innovations will support the introduction of mechanized harvest in a few years. The amount of labor will decrease from more than 2000 h/ha to less than 10 h/ha. Comparable developments took place in white asparagus production. The introduction of harvesting aids already clearly reduced the amount of labor. In the next step the combination of unselective and selective harvesters will further reduce the effort for harvest. The impact of such developments depends on the wages and the availability of foreign seasonal employees in the future.

More than 250 000 seasonal workers are employed every year for several months in horticultural and agricultural enterprises in Germany. Approximately several millions are working all over Europe. The workers are predominantly needed for vegetable and fruit harvesting and processing. Since the last expansion of the European Community in 2007 many of these seasonal workers especially those from Poland and Croatia favour year-round, less exhausting and better paid jobs in other European countries i.e. in Great Britain or Ireland. This development results in a lack of qualified, effective and cheap foreign agricultural employees in Germany. Increasing wages and decreasing interest in these seasonal jobs require new solutions. In contrast and in spite of rising production costs the net realizable value for fruit and vegetables is kept nearly constant in the last ten years because of the big competition in this market segment. In consequence it is not possible for the growers to pay acceptable and attractive wages for these jobs.

The fierce competition causes the growers to rethink the whole harvesting and processing of fruit and vegetables and to look for alternatives. The first and easiest step is to optimize the harvesting and processing of fruit and vegetables, i.e. to adapt the processes to the workers physical abilities, to train and to motivate the workers and to improve the human

machine interfaces. The second step is to automate all exhausting jobs like transporting the produce or the worker or carrying of weights and the most elaborate step is to fully mechanize or robotize harvesting and processing.

Figure 1 demonstrates the total amount and the distribution of man hours for four labor intensive horticultural crops, white asparagus, bunched carrots, pickling cucumbers and strawberries. The total amount of labor for these crops ranges from 1159 to 2376 man hours per ha. More than 80% of the time is needed for harvesting and processing. For example pickling cucumbers are harvested every two to three days over a three month period, explaining this high amount of labor. In comparison to harvesting and processing the time needed for transplanting or plant protection is comparably unimportant.

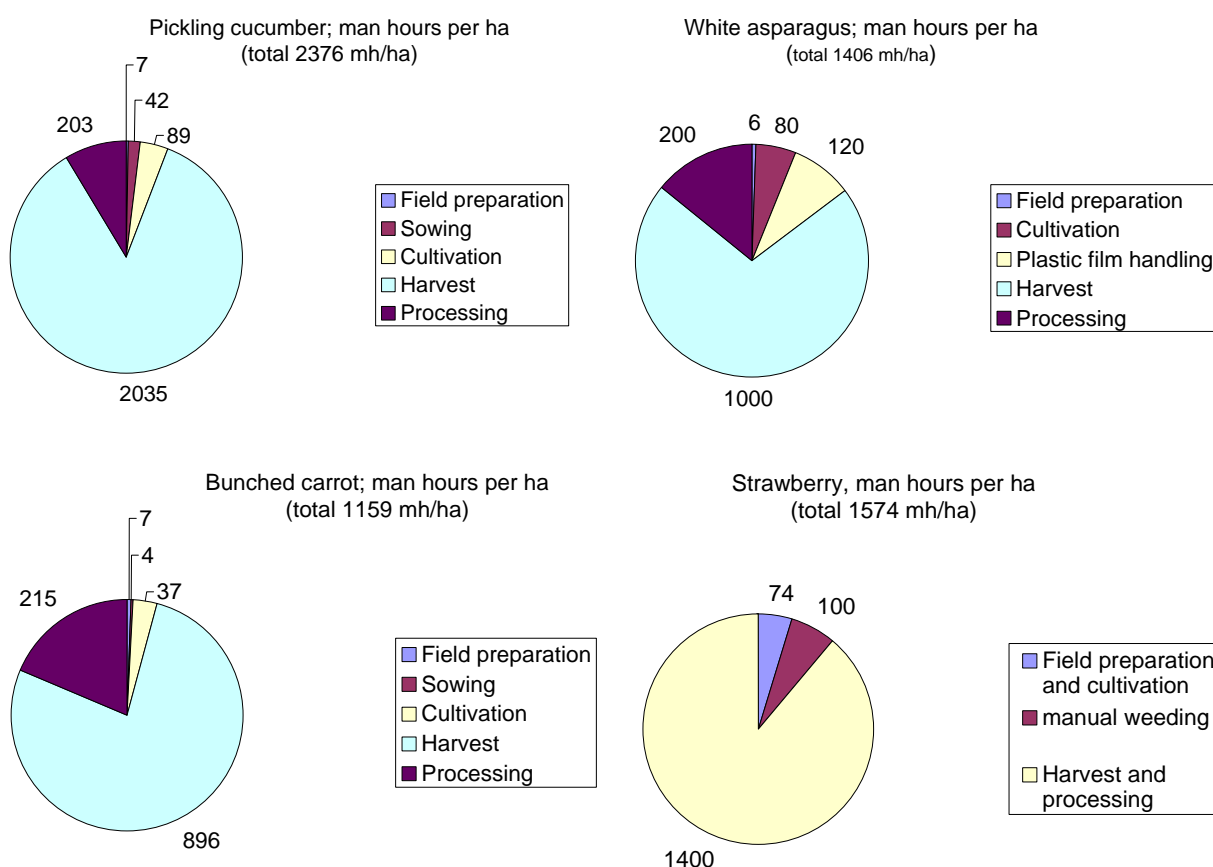


Figure 1: Amount of labor for different labor intensive horticultural crops (KTBL 1995, ZIEGLER *et al.* 2002)

Taking into consideration the actual technical standard in industrial production, i.e. the production of cars, many highly specific production steps are done by robots. Also for military and security purposes occur intensive developments in robots.

Constraints

Several agricultural jobs can be already carried out fully mechanized for example milking cows or cleaning stables others will be mechanized in a few years like automotive steering

of self driven machines and tractors or the detection and treatment of weeds. But horticulture holds several economical and other constraints, which limit the development and the use of automatic machines for harvesting purposes. The following points have to be taken into consideration:

- Compared to industrial products, fruit, vegetables and ornamentals are extremely variable in form, measures and color and therefore have to be handled specific and individually.
- Most horticultural products are susceptible to mechanical load and have to be treated carefully.
- Plants are growing in the field, in the orchard or in the green house. Therefore the harvesting units or robots have to move to the plants. They need i.e. chassis, engine, controller, steering, etc.
- Adaptation of the crops, the growing conditions or the plants shape to the technical process is limited. Strawberries can be planted on a ridge or on a stelling, apple trees are smaller and easier to survey than 50 years ago but individual mechanical picking of these crops for the fresh market in high quality is still barely possible.
- The random distribution and the position of fruit and vegetables between the leafs of a plant or in the soil demand precise and complex identification algorithms as well as picking and transporting mechanisms. Selective automatic harvest has to carefully handle the fruit protecting neighbouring produce and should not disturb plant growth. The actual state of the technology is not satisfying regarding that fruits are hidden behind leafs or branches and in consequence not detectable for the cameras. Another example for great losses is automatic selective harvesting of asparagus because of the inexact cutting principle.
- The specific and highly mechanized machines have to run under difficult climatic conditions in agriculture regarding rain, humidity, wind, heat or cold and sun or shade.
- The machine capacity is limited. The speed of plant growth and fruit ripening predominantly depend on the temperature. In periods with high temperatures the limited machine capacities can lead to bottlenecks if there are no seasonal workers waiting in reserve.
- Security aspects have to be taken into consideration.
- The harvesting period of field or orchard crops only lasts for several weeks or months. The rest of the year the highly specialized machines are unused, have to be stored in a shed and cost money resp. time for servicing.
- Compared to industrial production the gaining in agriculture is relatively small. Therefore machines and robots have to be reasonably priced.
- In comparison to cars, tractors or other agricultural machines the produced number of these highly specialized machines is relatively small. The costs for development have to be distributed on this small number of machines and rise their price.
- Their operation has to be easy.
- Simple maintenance jobs should be possible within the agricultural enterprise.

Harvesting of vegetable crops for industrial use like carrots, onions or tomatoes is fully mechanized. The harvest of other crops like cabbage or leek is partly mechanized. Cutting and elevation are done mechanically, but the next steps, removing of limp leafs and putting into the boxes are hand work.

Other vegetable crops like lettuce, cauliflower or broccoli are predominantly harvested by hand, but the transport in the field and the cleaning/washing/packaging processes are supported by harvesting aids and field packaging lines.

The harvest of fruit like apples, pears and cherries for industrial purposes is predominantly fully mechanized. Only some berry fruits like strawberries are harvested by hand.

Fruit for the fresh market are only harvested manually. The time need ranges from 569 hours (apples) to 1662 hours per ha (sweet cherries) (KTBL 1995). It is possible to use harvesting aids, which carry the worker and move the picked fruit into the big bin, without inducing any damage to the fruit.

At present there are many developments under way dealing with mechanization of the harvesting process. Two specific crops are taken into consideration in this presentation: Pickling cucumber and asparagus. Both crops need a tremendous amount of labor for harvest and at the same time interesting technical innovations are on their way.

Pickling cucumbers

For more than 30 years hand harvest of pickling cucumbers is supported by the so called cucumber flyers. Up to 30 persons are bedded side by side on mattresses on two cantilevers, on the left and right side to the main track. The workers are pulled over the crop with a distance of about 30 cm to the ground. They pick the small cucumbers and put them on a conveyor belt which transports the fruit to the trailer. A tractor pulls the flyer and the trailer with a velocity of 0.1 to 0.5 km/h depending on the yield. Depending on temperature, the cucumbers are harvested two to three times per week, between mid of June until September. Therefore more than 2000 man hours per ha are necessary. The total yield is between 80 and 110 t/ha. Small cucumbers are of better quality and higher in price but the picking capacity is lower. On average about 50 kg resp. about 800 cucumbers per person and hour are harvested over the season. Several constructive improvements were achieved in the last years regarding the body posture and picking position of the workers (RULLMANN & KLEISINGER 2003).

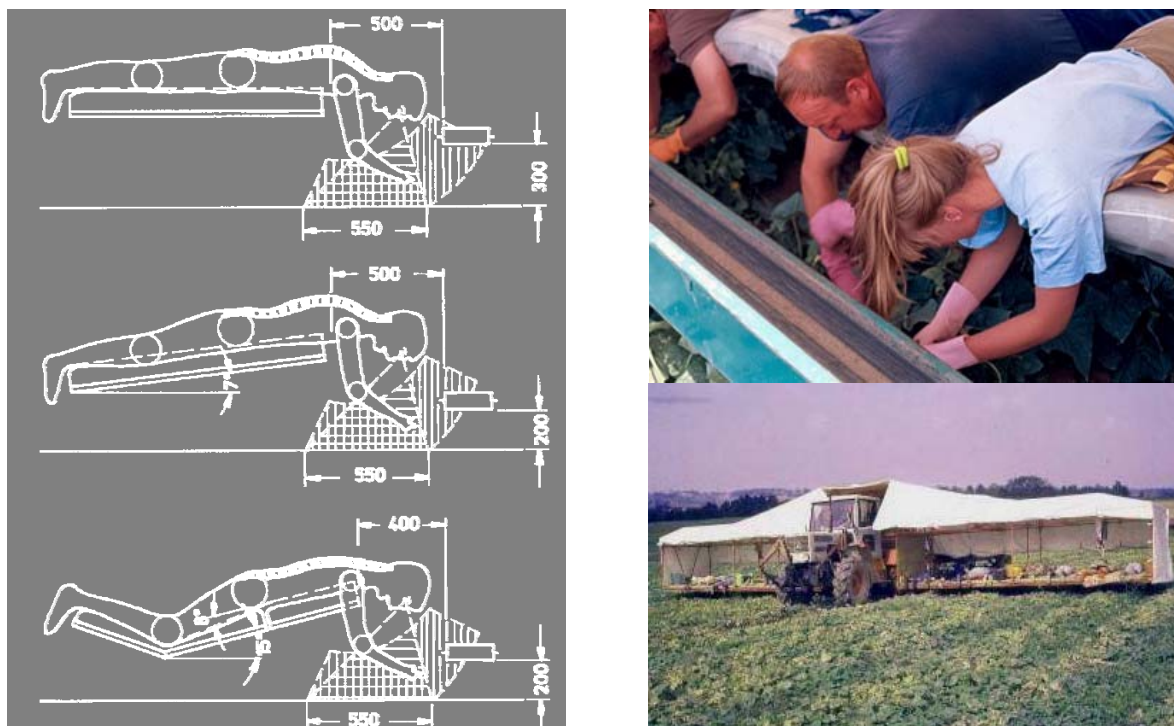


Figure 2: Ergonomic investigations of the prone working posture during pickling cucumber harvesting (RULLMANN & KLEISINGER 2003)

While European pickling cucumbers are still hand harvested the United States produce larger cucumber and only harvest them mechanically. Trials with American and Hungarian mechanical harvesters resulted in too little yields and wrong sorting (LABOWSKY 1977). The reason for this is the specific physiological attribute of cucumbers, the fruit ripen one after another and not simultaneously.

With increasing wages in Germany the production of pickling cucumbers became more and more uneconomical in the last years and most of the processing companies already buy their cucumbers abroad. On the other hand breeders have been presenting new parthenocarp varieties which develop four to five fruits of the same size simultaneously. Harvested all at once 25 to 30 tonnes of yield should be possible. Compared to selective harvest about threefold cultivation area is necessary. The expectations of the European growers and processors are that mechanical harvest will keep resp. bring back pickling cucumber production to Western Europe. For the moment several harvesting principals are in development and it can be predicted that in a few years nobody in Europe will harvest cucumbers manually any more. The disadvantage of this development is that many seasonal workers all over the world will loose their jobs.

White asparagus

White asparagus is the most important vegetable crop in Germany cultivated on an area of more than 20.000 ha. The harvest of white asparagus is labor intensive. The white spears grow in the field in ridges and are cut manually once they reach the surface. To prevent coloring of the spear tips by the sun light, to regulate the temperature in the ridge and to control the growth, the ridges are covered with a black/white plastic film.

Between mid of April and 24 of June the spears are harvested daily. The daily yield depends on the soil temperature, which is influenced directly by the sun irradiation. The workers cut the asparagus spears with long knives after controlling the growth direction by removing the soil around the spear with one or two grips.

Asparagus harvest mechanization showed an interesting development in the last years.

Thirty years ago asparagus was cultivated without black/white film and was harvested twice a day in the morning and in the evening. The workers used small baskets to transport the harvested asparagus. On the one hand the invention of the plastic film improved the harvesting conditions but on the other hand the film had to be removed and put back manually. Without any technical assistance the workers had to walk a distance of 5 km/ha three times for every harvesting run, spending about 4 hours per ha only for walking along the ridges. Innovative growers developed trolleys to increase the transported load and to decrease the walking distance. A specific film handling technique led to a reduction of the walking distance per ha to about twofold the ridge length.

The next step of mechanization are pushed or motor driven harvesting aids which have been available for about 15 years but found their way into practice only a few years ago. With them the plastic film is opened and closed automatically, the boxes are transported and the worker is only responsible for harvesting. The walking distance is reduced to one ridge length per ha and the human load is minimized because carrying the baskets as well as the handling of the plastic film is mechanized.

In combination with training and motivation the staff could be reduced from more than three to about one person per ha by these technical developments.



a)



b)



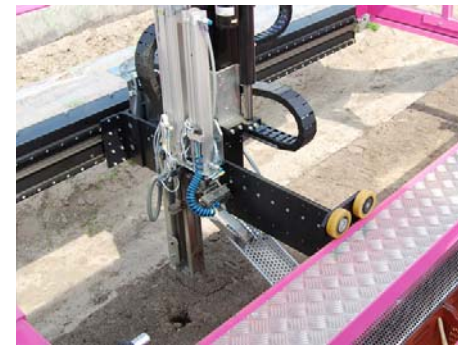
c)



d)



e)



f)

Figure 3: Developments in white asparagus harvest mechanization (a to f)

Parallel to these developments selective as well as unselective mechanized harvesters were developed. Unselective working harvesters were first developed in the United States for the can industry in the late 60's of the last century (KEPNER & O'BRIAN 1967). About ten years ago a second trial following this harvesting principle was started in Germany (GEYER *et al.* 2001). The unselective harvester cuts and takes up the complete soil, separates the spears by an oscillating sieve chain and rebuilds the ridges. 2 to 3 employees are collecting the spears along the conveyor belt placing them into boxes. Depending on the soil temperature the harvesters are utilized about once a week. One ha can be harvested in about 3 hours. Theoretically with this kind of harvester about 30 ha per week can be harvested employing 2 x 3 workers and 2 tractor drivers in two shifts. Unfortunately if the ridge is harvested only mechanically the total yield and the sorting grade of the spears is rather

unsatisfactory. Too many short spears are cut. Therefore unselective harvesters should only be used intermittent.

Since 2008 a selective asparagus harvesting device is available (AI-SOLUTION 2009). The self propelled vehicle harvests three ridges simultaneously needing one person. This year the spears will be detected by a camera. Once a spear is detected a u-shaped device stabs into the soil, a specific knife blade cuts the spear and a gripper pulls it out and puts it in a box. In shift-work up to 10 workers should be compensated. Unfortunately the harvester is fairly expensive with a price of about 200.000,- €. At the moment it can not be estimated if and how many growers will invest in this new and risky technique.

Conclusions

There is an increasing lack of reliable seasonal workers. Additionally wages rise and the work to manage the large number of seasonal workers is considerably high. Therefore the growers thoroughly wish to reduce the amount of labor developing or implementing solutions to mechanize the named labor intensive processes.

It can be expected that in close cooperation between breeders, engineers and growers most vegetable crops will be fully mechanized in a few years. Mechanization of fruit crops will take longer but is not impossible as for example Magali, an automatic French harvester for oranges already showed up twenty years ago.

References

AI-SOLUTION (2009): <http://www.ai-solution.de/>

GEYER M., OBERBARNSCHEIDT B., PASCHOLD P.-J. (2001): Nichtselektive maschinelle Ernte von Bleichspargel. Landtechnik 56, Heft 5, S. 326-327

KEPNER R.A., O'BRIAN M. (1967): Mechanical harvesting and handling of white asparagus. Transactions of the ASAE, p.145 -149

KTBL (1995): Datensammlung Obstbau, KTBL-Schriftenvertrieb im Landwirtschaftsverlag, GmbH, Münster-Hiltrup

LABOWSKY H.-J. (1977): Untersuchungen zur Anbau- und Erntetechnik von Einlegegurken, Dissertation TU München, Sonderdruck aus „Bayrisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 54. Jahrg., Heft 6

RULLMANN M., KLEISINGER S. (2003): Ergonomic investigations of the prone working posture during pickling cucumber harvesting. Proceedings XXX CIOSTA-CIGR V Conference, pp 1008-1016, Grugliasco (Turin), Italy, Sept. 22-24

ZIEGLER J. et al. (2002): Freilandgemüsebau, Daten zur Kalkulation der Arbeitswirtschaft und Deckungsbeiträge. KTBL Datensammlung, ISBN 3-7843-2146-1

Analysis and assessment of workloads via CUELA using the example of the milking procedure

Maren Kauke¹, Ingo Hermanns², Ulrike Höhne-Hückstädt², Matthias Schick¹, Rolf Ellegast²

¹ Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Switzerland, e-mail: maren.kauke@art.admin.ch

² Institute for Occupational Health and Safety of the German Social Accident Insurance, Alte Heerstrasse 111, D-53757 Sankt Augustin, Germany

Abstract

Increasing mechanisation and automation lead to an easing of workload, but also to monotonous, frequently repeated work sequences. The result is an above-average incidence of work-related musculoskeletal disorders among dairy farmers. Despite this, the effects of different milking systems and of the facilities of modern milking parlours on the physical load experienced by the milker are not well known. Consequently, the milking-parlour workplace is examined within the framework of the ART-project “Farm Workload”. The physical loads are recorded qualitatively and quantitatively, thus allowing for optimisation strategies in design of the milking parlour.

Data recording is performed by means of the CUELA method (a German acronym standing for “computer-supported recording and long-term analysis of loading of the musculoskeletal system”), a mechanical-electronic system for recording body movements and ground reaction forces. Since no findings are available regarding options for using CUELA in an agricultural context, the system will first be validated and then optimised within the framework of a feasibility study, using the example of the milking work-process. Four male subjects of different ages, height and build were examined during two milking sessions in each of two different milking systems. Using these measurements, first the influences of external negative effects are checked, then the typical tasks in the milking parlour. Next, the errors of unadjustable measurements will be quantified by the time slice of the whole measurement. Based on the findings, optimisation strategies are developed with the aim of avoiding the identified disturbances and special instructions for the use of CUELA during milking in parlours is created. Next, the analysis of the validated data and the interpretation of the results will be exemplified, using the example of the Wrist-Flexion/Extension during the task “attaching cluster”.

1 Problem definition

Milking takes a lot of the daily working time on dairy farms. The milker is exposed to different loads when milking. The load exposure depends - among other factors - on the milking system used as well as on the technical and structural design of the milking parlour. During milking with bucket and pipe-line systems the milker often adopts unfavourable postures. In addition, heavy loads need to be moved.

Increasing mechanisation and automation lead to an easing of workload, but also to monotonous, frequently repeated work sequences. Particularly in the case of female milkers, those repetitive movements lead to health problems in the forearm and wrist regions. (STÅL 1999). Studies by PINZKE (1999) revealed an above-average incidence of work-related musculoskeletal disorders among dairy farmers.

Within the framework of the ART-project "Farm Workload", the milking parlour is examined as a workplace in order to record workload both qualitatively and quantitatively. The aim is to derive optimisation strategies for the configuration of the milking parlour from the findings. To date, workload surveys have been conducted by means of the OWAS method (Ovako Working-Posture Analysing System; KARHU *et al.* 1977, STOFFERT 1985), since the latter permits quick and easy identification of injurious postures by observation (PINZKE 1997). Furthermore, OWAS evaluates the existing load on the basis of activity categories. By recording postures during an overall work process and determining the relative shares of the individual activity categories of the total time, the load index L according to LUNDQVIST (1990) and the expanded OWAS method – the mass-related load index LM (RIEGEL & SCHICK 2003) as well as the physically strenuous working time BPh (SCHICK 2004) – can be calculated. True, the OWAS method is not detailed enough, for example, to allow us to compare the loads on the upper limbs occurring in different milking systems. As studies by STÅL (1999) revealed, however, milking tasks in modern milking parlours often have a negative effect, especially in this area.

RULA (Rapid Upper Limb Assessment; MCATAMNEY & CORLETT 1993) and OCRA (Occupational Risk Assessment of Repetitive Movements and Exertions of the Upper Limbs; COLOMBINI *et al.* 2002) are evaluation methods to record and assess posture during the performance of repetitive activities, focusing on the upper limbs. Despite their detailed application, RULA and OCRA are also subject to subjective influences, since based on direct observation.

An objective recording of physical load is only possible via direct-measurement methods. For the investigation of workload on farms, the practicality of a measuring method under rough working conditions is of particular importance. Therefore – based on a thorough researching of the literature (KAUKE & SCHICK 2007) – the method of choice was the CUELA-system (a German acronym standing for "computer-supported recording and long-term analysis of loading of the musculoskeletal system"; ELLEGAST 1998, HOEHNE-HÜCKSTÄDT *et al.* 2007). This method was developed at the BGIA (BG Institute for Occupational Health and Safety of the German Social Accident Insurance) and has already been used in nu-

merous studies on workload in industrial jobs (ELLEGAST & HERMANNNS 2006, HOEHNE-HÜCKSTÄDT *et al.* 2007). Until this time, however, it has not been used on farms.

The possible uses of the CUELA system in the agricultural sector are thus being validated and optimised within the framework of a feasibility study based on the milking process. In the present paper, first results of the ongoing analysis will be presented.

2 Methods

The CUELA-System

CUELA is a measuring system which enables continuous recording and analysis of physical load factors like body and joint movements, adopting of postures and handled load weights. The system consists of various sensors (potentiometer, gyroscope, inclinometer, accelerometer and pressure sensitive insoles), that can be attached to the person's working clothes by means of mechanical components, and a miniature computer. The kinematic data (see **Table 1**) are measured with a sampling rate of 50 Hz and are stored on a memory card.

The measurements are additionally documented on video. By synchronizing the video recording with the measured data, it is possible to match the load readings with the actual work situation.

After concluding a measuring period, the data can be easily transferred to a personal computer using the memory card and can be placed into especially developed CUELA-software. The software provides the possibility to display the data as time-dependant graphs and as kinematic reconstruction in the form of a three-dimensional computer-animated figure in combination with the corresponding video images at any random time of the measurement, see **figure 1**.

Using the software, it is possible to mark any single or series of actions or situations to highlight certain work activities/job tasks or have them evaluated.

Table 1: Overview: joint/body region and recorded movements

joint/body region	movements	positive/negative values
head	Inclination side inclination	+ forwards / - backwards + to the right side / - to the left side
cervical vertebrae	flexion/extension	+ forwards / - backwards
upper thoracic spine and lumbar spine (separately)	Inclination side inclination	+ forwards / - backwards + to the right side / - to the left side
trunk	flexion/extension lateral flexion torsion	+ forwards / - backwards + to the right side / - to the left side + to the right side / - to the left side
hip joint	flexion/extension	+ forwards / - backwards
knee joint	flexion/extension	+ forwards / - backwards
scapula	depression/elevation, ante- rior/posterior	+ downwards / - upwards + forwards / - backwards
shoulder joint	ad-/abduction flexion/extension inner/outer rotation	+ to the body / - to the side + forwards / - backwards + inner rotation / - outer rotation
elbow joint	flexion/extension	+ flexion / - extension
forearm	pronation/supination	+ palm downwards / - palm upwards
hand joint	radial/ulnar –duction, flexion/extension	+ radial deviation / - ulnar deviation + flexion / - extension

Furthermore the CUELA-software automatically issues a series of statistical charts describing the occurrence of extreme and static prolonged body postures. These body angle positions are assessed with reference to the literature and relevant standards (ISO 11226, EN 1005-4, DRURY 1987, McATAMNEY & CORLETT 1993, EN 1005-1).

The CUELA-software includes a calculation of the characteristic values of the frequency distribution of each joint/body angle. The frequency distributions of each measurement can be depicted in a box-plot diagram. From the box-plot diagrams for each subject, “milking system” and task the mean values for the four subjects of the characteristic frequency distributions (5th, 25th, 50th, 75th and 95th percentile) with their standard deviations were calculated.

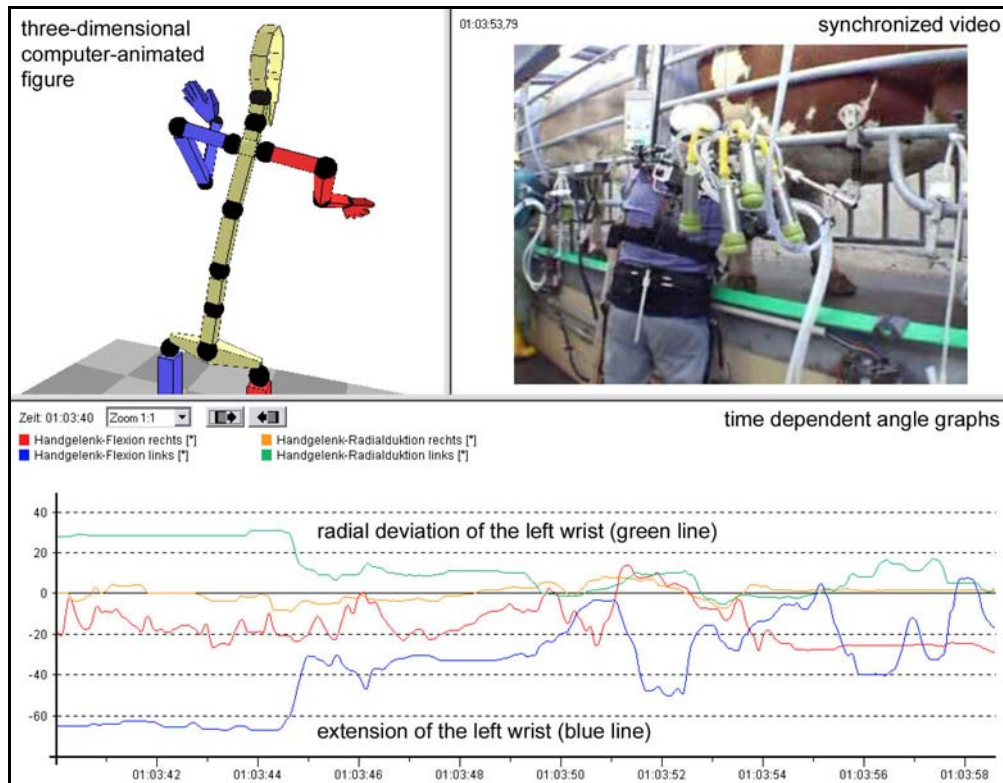


Figure 1: Screen shot: Visualizations of the measurement

Experimental Design

The feasibility study was performed on Research Farm Achselschwang (Germany), in whose milking barn two different milking systems were in use:

1. Herringbone milking parlour (HMP) 2x8 (Biomilker, positioning assistance)
2. Auto-tandem milking parlour (ATD) 2x3 (Biomilker; service arm)

Four male subjects (P1-P4) of different ages, height and build are examined during one milking session in the morning and one in the evening in each case (**Table 2**). All of the subjects were experienced milkers who regularly milked in at least one of the two parlour types. Eight cows per side in the HMP and approx. four cows per side in the ATD were milked per measurement.

Table 2: Overview of the subjects characteristics

	Sex	Age	Height [cm]	Weight [kg]	Right/left-handed	Usual milking system
P1	Male	46	168	72	Left-handed	HMP (conventional)
P2	Male	61	167	89	Right-handed	ATD (conventional)
P3	Male	44	187	89	Right-handed	HMP (Biomilker)
P4	Male	33	179	91	Ambidextrous	ATD (conventional)

Five milking routines were described as so-called “tasks” (see **table 3**) and marked accordingly in the CUELA-software. This allows for a comparative analysis of the milking systems for each task.

Table 3: Classification of tasks

Task	Description
Stripping	Approaching the animal followed by manual milking of 2-3 squirts of milk from each quarter into a strip cup
Cleaning udder	Teats and udder bottom are cleaned with a damp cloth
Attaching cluster	The cluster is picked up, attached and adjusted
Dipping	Test grip of udder, followed by dipping of teats with a dip cup
Waiting/ Ancillary activities	Other activities as well as waiting times

Evaluation

The first validation of the collected data results from the special description of the data in the CUELA-software. Each task is marked in the angle-graph in order to be able to track and analyse the different tasks individually in a later step.

During the marking of the tasks, striking data is identified. Using the video-documentation of the measurement the cause of the peculiar data can be reconstructed. In our example, those are individually affected movements when carrying out a task (see Figure 1, gripping the milking parlour frame at head height with his left hand) also as the slipping or loosening of a sensor.

Next, based on a statistical evaluation, we checked the consistency of the data and then eliminated critical values.

A subjective evaluation was achieved by a standardized interview with each subject after the measurement with reference to possible adverse effects.

3 Results and Discussion

In the following, the results of the hand joint extension of the left and right arm will be presented as a sample for the analysis of the body angle data. **Figure 2** shows the mean values of the percentiles as a boxplot diagram describing the distribution of the wrist flexion angles for the task „attaching cluster”. The values were averaged step by step for each measurement, both sides of the milking parlour and over four subjects; two milking systems, ATD and HMP, are compared.

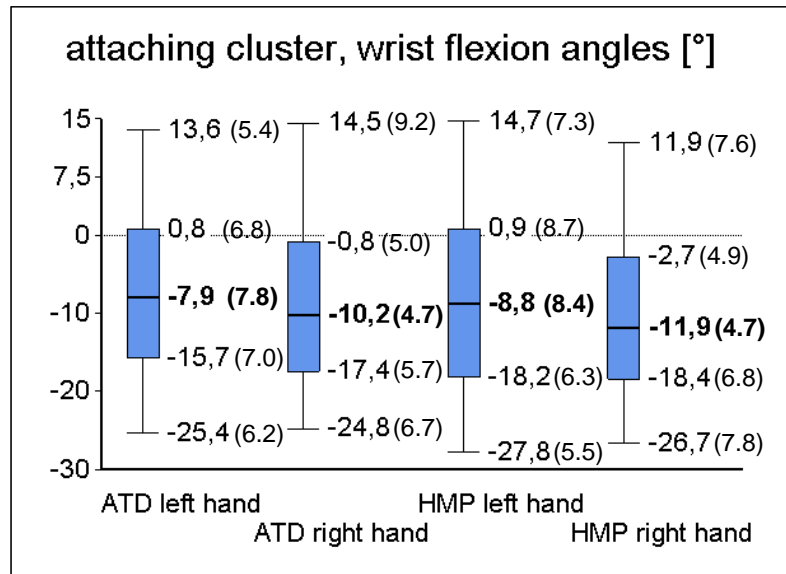


Figure 2: Boxplots (5th, 25th, 50th, 75th and 95th percentiles) of the wrist flexion angles (right and left arm, in °), mean value over 4 subjects with standard deviation (SD) for the task “attaching cluster” and two milking systems ATD and HMP

At both milking systems, the subjects work mainly with their wrists in the extension posture but still with in an almost favourable range of movement. For the mean values of the wrist flexion angles of both hands no significant differences in the frequency distributions can be observed in comparison with the two different milking systems.

However the statistical analysis shows that the side of the milking parlour significantly influences the body posture and also the wrist posture.

As a consequence, the standard deviation from the average differs between the subjects or between the side of the milking parlour whereas there are no differences in this regard between the different milking systems. These results are going to be analysed and discussed, so that these aspects can be taken into account in the design of future trials.

This question will be discussed in the current analysis of the data with the objective of the problem specification concerning the design of further studies.

All other joint angles have to be analysed as well in the ongoing study.

During the overall measuring time of 15 hours, one interval with inaccurate data of the sensors of the wrists (flexion/extension) could be noticed during a period of 22 minutes. This interval was marked as “wrong” and consequently excluded of the following statistical analysis. The reason for the wrong data was identified as an extreme movement of the wrist during the task “attaching cluster”. This induced a loosening of the mechanical fixation of the sensor at one subject. After this experience the BGIA developed a more stable kind of fixation of the sensors. This has been the only error in measurement, to be associated with the special conditions during milking and that could not be corrected. The percentage of the overall measuring time was simply 2.4%. In more than 97.6% of the meas-

uring time, valid data has been collected. As a consequence, the possible application of the CUELA-system for the analysis of the work load during milking in milking parlours can be evaluated as positive.

All four subjects judged the CUELA system as practical to use, feeling almost completely unencumbered by it when performing their milking tasks. In some cases, there are differences between measurements 1 and 2. Because of milking in an unfamiliar milking parlour, however, these differences can also be attributed to getting used to working in the new milking parlour and to acquired routine, as well as to an habituation phase with CUELA. This should be examined within the framework of further trials and supplementary working-time measurements on commercial farms.

The automatic-removal rope, which occasionally got caught in the shoulder-arm system, had a restrictive effect on subject 1; subject 4 commented that his shoulder system frequently came into contact with the milking-parlour frame. A qualitative examination of the recorded data confirmed this appraisal, with problems arising first and foremost with the shoulder-arm system in both the wrist and shoulder regions. Initial optimisation strategies for eliminating these problems are currently being investigated at the BGIA.

Within the framework of further field trials, different milking systems and their equipment with technical facilities (e.g. automatic cluster removers, service arms, etc.) are examined and compared with one another by means of loading models. Furthermore, the milker's way of working in the milking parlours is analysed to enable identification of any possible errors in the handling of the technology.

Finally, optimisation strategies for configuring the milking-parlour workplace and instructions for the proper handling of the technology are formulated with a view to preventing long-term health damage. In addition, the use of CUELA within the context of training and prevention courses is deemed to be a sensible idea.

4 References

- COLOMBINI D., OCCHIPINTI E., GRIECO A. (2002):** Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of the upper limb. Elsevier, Amsterdam
- DIN EN1005-1 (2002):** Menschliche körperliche Leistung Teil 1: Begriffe. Beuth, Berlin
- DRURY C.G. (1987):** A Biomechanical Evaluation of the Repetitive Motion Injury Potential of Industrial Jobs. Seminars in Occupational Medicine, 2; pp. 41-49
- ELLEGAST R.-P. (1998):** Personengebundenen Messsystem zur automatisierten Erfassung von Wirbelsäulenbelastungen bei beruflichen Tätigkeiten. BIA-Report 5/98. Dissertation Universität Bonn, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin
- ELLEGAST R., HERMANN I. (2006):** Einsatz des Messsystems CUELA zur Erfassung und Bewertung physischer Arbeitsbelastungen. Information des Berufsgenossenschaftlichen Instituts für Arbeitsschutz - BGIA, Sankt Augustin. www.hvbg.de/d/bia/fac/ergonomie/pdf/cuela.pdf (24.07.2006)

- EN 1005-4 (2002):** Menschliche körperliche Leistung Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. Beuth, Berlin
- HOEHNE-HÜCKSTÄDT U., HERDA C., ELLEGAST R., HERMANN S. I., HAMBURGER R., DITCHEN D. (2007):** Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität. Entwicklung eines Systems zur Erfassung und arbeitswissenschaftlichen Bewertung von komplexen Bewegungen der oberen Extremität bei beruflichen Tätigkeiten. BGI-Report 2/2007. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin, pp. 113-157
- ISO/CD 11226 (1995):** Ergonomics - Evaluation of working posture, International Organization of Standardization
- KARHU O., KANSI P., KUORINKA I. (1977):** Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, pp. 199-201
- KAUKE M., SCHICK, M. (2007):** Analyse und Bewertung von Arbeitsbelastungen in verschiedenen Melksystemen. CD zum Tagungsband 15. Arbeitswissenschaftliches Seminar, 5.-6. März 2007, Wien
- LUNDQVIST P.(1990):** WOPALAS- A practical method for ergonomical analysis and practical improvements – examples from Swedish industry and agriculture advances. In: *Industrial Ergonomics and Safety II*, 827-832, Montreal, Quebec, Canada. London, England: Taylor & Francis
- MCATAMNEY L., CORLETT E.N. (1993):** RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics* 24(2), pp. 91-99
- PINZKE S. (1997):** Observational Methods for Analyzing Working Postures in Agriculture. *Journal of Agricultural Safety and Health* 3 (3), pp. 169-194
- PINZKE S. (1999):** Towards the good work. Methods for Studying Working Postures to prevent Musculoskeletal Disorders with Farming as Reference Work. Dissertation Lund University, Lund, Sweden, pp. 33-45
- RIEGEL M., SCHICK M. (2003):** Bewertung der Arbeitsqualität in der Milchviehhaltung unter Einbezug von Körperhaltung und Massenfluss. In: *Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Landwirtschaftlichen Nutztierhaltung*, Vechta, S. 376-380
- SCHICK M. (2004):** Arbeitsbelastung aus kritischen Tätigkeiten am Beispiel verschiedener Milchviehhaltungssysteme. In: *KTBL-Schrift 436: Luftgetragene biologische Belastungen und Infektionen am Arbeitsplatz Stall*, S. 144-150
- STÅL M. (1999):** Upper Extremity Musculoskeletal Disorders in Female Machine Milkers. An epidemiological, clinical and ergonomic study. Dissertation Lund University, Lund, Sweden
- STOFFERT G. (1985):** Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 39(11NF) 1985/1; S. 31-38

Body posture variation during machine milking regarding weight of milking unit and working height- experimental study

Martina Jakob¹, Falk Liebers², Sylvia Behrendt²

¹ Leibniz - Institut für Agrartechnik Bornim e.V. Max-Eyth-Allee 100 / 14469 Potsdam, Germany
Ph.: 0331-5699624 e-mail: mjakob@atb-potsdam.de

² Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin / Berlin, Nöldnerstraße 40-42, 10317 Berlin, Germany

Abstract

Workers in modern German milking parlours – especially women – were found to be over-represented in those suffering from musculoskeletal disorders (MSD) compared to the whole employed population. The objective of this study was therefore to assess the effect of workstation geometry on female milking parlour operatives. Motion analysis in combination with EMG data recording was applied to evaluate three different working heights and two weights of milking units. Results showed that the optimal working height for attaching the cluster is having the teat ends at shoulder level of the parlour operative. Another important work load reduction can be achieved by reducing the weight of the milking cluster.

1 Introduction

Mechanisation and automation in dairy farming have changed the work situation over the past decades. Physically demanding work tasks like lifting and carrying buckets or the necessity to sit down next to the cows udder have nearly disappeared, but at the same time the variety of tasks has decreased. The number of cows that are milked per hour has increased rapidly with automation. Despite the reduction of risk factors for back injuries and other musculoskeletal disorders (MSD) the evaluation of temporary disability data in Germany has shown a significant number of female milkers being absent due to MSD (LIEBERS & CAFFIER 2006). A Swedish long term survey also reported a raise in discomfort among milkers (PINZKE 2003, STAL *et al.* 1999 + 2000).

The body posture of the milker depends on different influencing factors i.e. the height of the udder, the body height or the pit floor depth. In consequence each cow induces her own situation for the milker as well as his/her individual body height in combination with the constructive frame work of the milking parlour (JAKOB *et al.* 2007).

The objectives were to determine the effects of different ergonomic settings in milking parlours on the body posture concerning the udder to body height ratio. Variations were made regarding working heights and the weight of the milking unit. Ergonomic recommendations

for the usage of milking units and the working heights in milking parlours should be indicated.

2 Material and Methods

Test procedure

The study was performed in a laboratory setting (see **figure 1**) using an artificial udder to be able to control and adjust different working heights. Wooden platforms were used to simulate the floor height. For each person the udder height at teat ends was individually adjusted above, at and below shoulder level (see **table 1**).

The milking parlour design was identical to a 30° herringbone parlour and vacuum was available to keep the teat cups attached to the artificial udder. Apart from the working heights two different milking units were tested. The light one weighed 1.4 kg and the heavy one 2.4 kg. The six settings (3 heights x 2 weights) were repeated 15 times each. The duration per repetition was fixed to one minute assuming an hourly work rate of 60 cows. Within the duration of one repetition the worker had to attach the milking cluster and take it off after half a minute. The time in between two cycles was free to recover. The process of attaching the cluster is described by grabbing the milking unit with the left hand, and holding it beneath the udder while the right hand is attaching cup by cup to the teats.

The sequence of the six settings was systematically changed for each subject in an experimental matrix to avoid effects due to the sequence of the different task settings to each other and over time.

Table 1: Experimental matrix

	above shoulder level	at shoulder level	below shoulder level
Light milking unit	A1	B1	C1
Heavy milking unit	A2	B2	C2

Subjects

Six experienced female milkers were included in the measurements. The body height of the test persons ranged from 157 cm to 176 cm, their age from 25 to 39 years and their body mass index from 19 to 31.

The project was approved by the Ethics Committee of the Charité-University of Medicine Berlin and all subjects signed informed consent forms and voluntarily participated in the data collection.

Body posture analysis

In order to quantitatively determine body posture characteristics, 3D motion capture was used. Specifically, two Canon XM 2 cameras gathered kinematic data from the subjects. Capture occurred at a rate of 50 frames per second and was rendered in three-dimensional computer space with SIMI Motion® (Unterschleißheim, Germany) software. Calibration was carried out with a 14 point system covering the area of activity. The subjects wore black garment with tight fit, covering the area of marker application.

The markers were attached to the top of the clothes (see figure 1). Three markers were fixed along the spine (C7, Th12, S1), one on the back of the head, one on the acromion, one on the trochanter major, one on the epicondylus and one on the wrist.

The evaluation of the body postures was done according to DIN EN 1005-4, ISO 11226 and RULA (MCATAMNEY & CORLETT 1993). Based on these work load assessment tools four variables were calculated, respectively the thorax inclination, side bending and thorax torsion as well as upper arm elevation.

Statistical Analysis

To identify whether there were any statistical differences in working height or weight of the milking all outcomes were analysed using general linear modelling (SPSS Inc., USA). Significance was tested requiring an alpha level of 0.05.



Figure 1: Experimental setting working height above shoulder level with light milking unit showing the marker positions

3 Results

The body posture analysis was carried out according to variables defined in work assessment tools such as RULA, ISO 11226 and DIN EN 1005-4. For this, the relevant body segments were equipped with reflecting markers (see figure 1). In addition to the markers the planes of the reference system were used for the determination of specific angles such as trunk inclination, side-bending and torsion.

All values exceeding 10° in either direction were considered in the results for torsion and side-bending. The duration for both motion characteristics is displayed in **figure 2**. A significant influence of the weight of the milking unit was given for the torsion. Side-bending showed a large personal and inter-personal variation (see figure 2), weight and working height were not statistically significant.

The biggest influence of the working height was measured for trunk inclination and upper arm elevation (see **figures 3 and 4**). Due to the marker positions the upper arm elevation was only considered for the left side, which was holding the milking unit at a constant distance to the udder. This action was considered a static working posture when the process took longer than four seconds for each cycle. Each holding time was followed by a recovery time of approximately half a minute.

If the teat was above shoulder level, the upper arm elevation showed the largest values (see figure 4) whereas the teat below shoulder level induced the largest values for the trunk inclination (see figure 3). The interpersonal differences were fairly large, but all participants showed the same described trend.

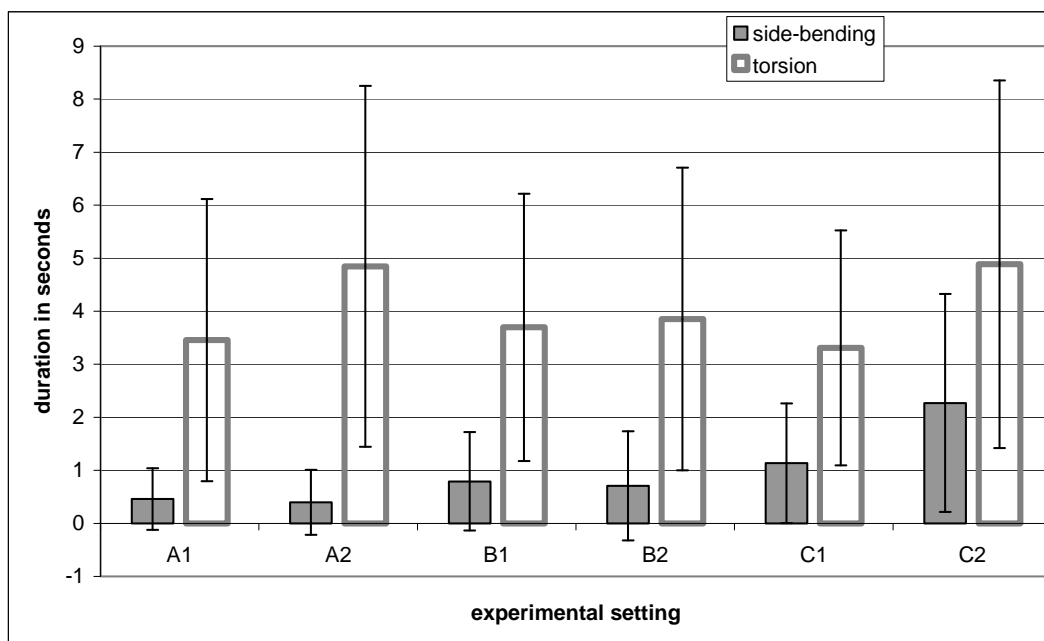


Figure 2: Average time in seconds and standard deviation when torsion and side-bending of the trunk exceed 10° while attaching the teat cups once (see table 1)

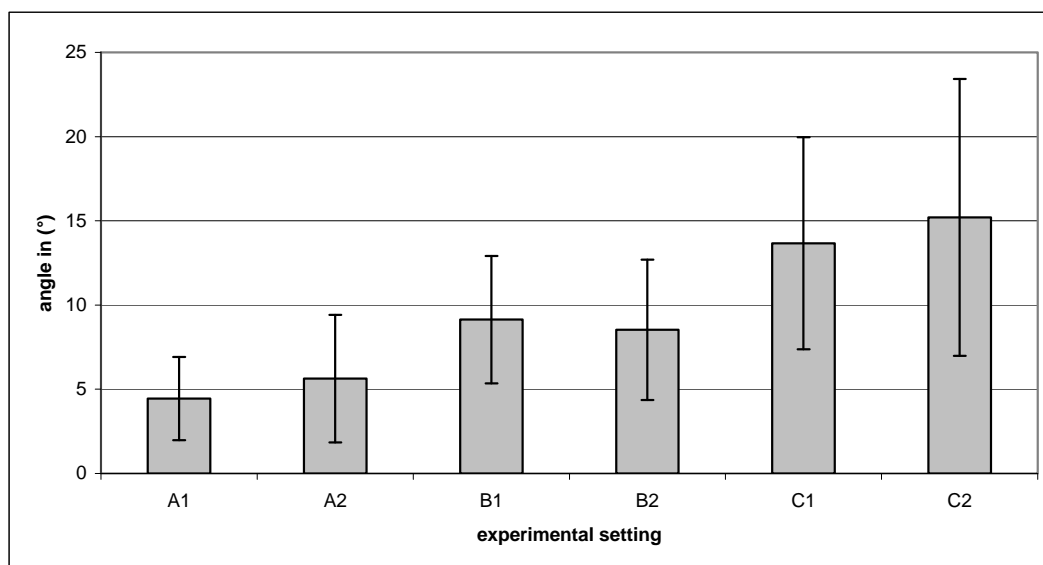


Figure 3: Average trunk inclination and standard deviation for the different experimental settings (see table 1)

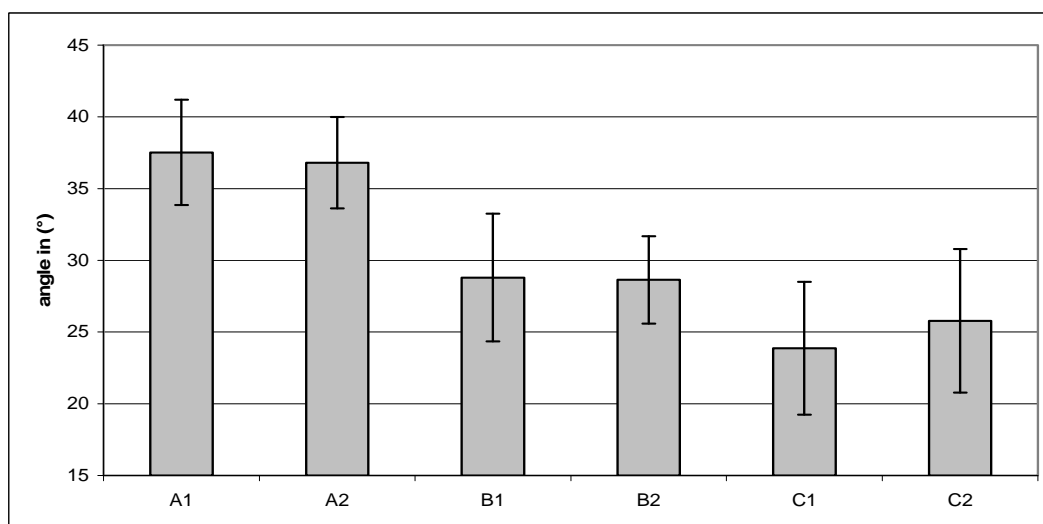


Figure 4: Average upper arm elevation and standard deviation for the different experimental settings (see table 1)

4 Discussion

The purpose of this study was to elaborate work place optimization based on biomechanical data, because these aspects seem to be underemphasized in milking parlour design. The motion analysis was to investigate the body posture variation regarding the upper extremities. It was found that the range of ergonomic parameters found in practice seems to significantly influence motion and work load. Working height and the weight of the milking unit are very strongly influencing trunk inclination and upper arm elevation.

Heavy milking units are very common in practice, because the milk is thought to be released easier and faster through increased weight on the teats. At the same time worker comfort declines the heavier the milking clusters are.

The evaluation of the body posture depends of course on the standards applied. The average trunk inclination for all test persons in this study was within the acceptable range according to the standards named (RULA, DIN and ISO). One test person exceeded the acceptable range of 20° trunk inclination when working below shoulder level.

The upper arm elevation did not exceed 45° on average for all test persons, which is a limit for RULA classification. DIN ISO 11226 requires the evaluator to consider the holding time, if the upper arm elevation exceeds 20° without full arm support. This was the case with all experimental settings. In addition, a weight is held while lifting the arm with the moment of torque increasing with both the weight and upper arm elevation.

The reverse motion behaviour of trunk and upper arm with makes it difficult to suggest a specific working height. More criteria must be included.

One of the most important implications obtained from the kinematic data is that fairly small variations within the ergonomic setting strongly influence posture and comfort. The high level of MSD amongst milking parlour workers will not of course be due entirely to the geometry in the milking shed design. Other changes associated to increased mechanisation, such as reduced task variety and task autonomy, longer working hours and psychosocial adjustments as milking becomes more specialised may all be factors. Work organisation elements are however beyond the scope of this study.

5 Conclusions

The ergonomic set up in a milking parlour depends on several factors like the body height of the milker, the bovometrics and the parlour construction. It is therefore very hard to analyse the general risk of musculoskeletal pain or fatigue for someone milking cows. A sole body posture analysis is not sufficient to analyse the impact of the named changing parameters. When work is done above shoulder level the arms have to be raised and the back is upright, when the udder is below shoulder level the behaviour is opposite. The whole measured range of variation in body posture was approximately 10° from A to C for the trunk inclination and 20° for the upper arm elevation. The body posture followed the expected patterns, but the absolute differences were too small to be detected by sole observation. Therefore it is necessary to apply a precise motion analysis system. In combination with EMG and self evaluation the comfort for different settings, similar to human models used for cab design, can be judged. One of the conclusions is that the teat end should preferably be at shoulder level to guarantee the lowest perceived exertion. This is of course hard to put into practice at this point in time, because even if one had an adjustable floor, the adjustment could not be realised for every cow or for two workers of

different body heights working at the same time.

Another important finding was that the weight of the milking unit significantly influenced the workload. This should be considered for new milking cluster design. Finally, this is the first study known that evaluates the ergonomic design of milking parlours. This helps farmers in designing new milking parlours to best suit their population of cows and workers.

6 References

- DIN EN 1005-4 (2005):** Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 4: Bewertung von Körperhaltung und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen. Deutsche Fassung EN 1005-4
- ISO 11226: (2000):** Ergonomics – Evaluation of static working postures, draft
- JAKOB M., ROSE S., BRUNSCH R. (2007):** Einfluss der Melkstandausstattung auf die Arbeitsbelastung des Melkers. Z. Arb. Wiss., 61: 173-181
- LIEBERS F., CAFFIER G. (2006):** Muskel-Skelett-Erkrankungen in Land- und Forstwirtschaft sowie Gartenbau – Diagnose- und berufsspezifische Auswertung von Arbeitsunfähigkeitsdaten. Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed. 41, 3: 129
- MCATAMNEY L., CORLETT E.N. (1993):** A survey method for investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics, 24(2): 91-99
- PINZKE S. (2003):** Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden. A 14-year follow-up. Ann Agric Environ Med, 10: 185-195
- STAL M., HANSSON G.-A., MORITZ U. (1999):** Wrist positions and movements as possible risk factors during machine milking. Applied Ergonomics, 30: 527-533
- STAL M., HANSSON G.-A., MORITZ U. (2000):** Upper extremity muscular load during machine milking. International Journal of Industrial Ergonomics, 26: 9-17

Physical load during machine milking regarding weight of the milking unit and working level – experimental study

Falk Liebers¹, Martina Jakob², Sylvia Behrendt¹

¹ Federal Institute for Occupational Safety and Health (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA), Berlin, Nöldnerstraße 40-42, 10317 Berlin, Germany, e-mail: falk.liebers@baua.bund.de

² Leibniz - Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany, e-mail: mjakob@atb-potsdam.de

Abstract

Workers in modern German milking parlours – especially women – were found to be over-represented in those suffering from musculoskeletal disorders (MSD) compared to the whole employed population. The objective of this study was therefore to assess the effect of milking unit ergonomics (working height and weight) on female milking parlour operatives. EMG data recording in combination with motion analysis were applied to evaluate three different working heights and two weights of milking units. Results showed that the optimal working height for attaching the cluster is having the teat ends at shoulder level of the parlour operative. Another important work load reduction can be achieved by reducing the weight of the milking cluster.

1 Aim of the study

Machine milking is associated with high physical demands of the employees (PINZKE 2006, STAL *et al.* 1999 and 2000). These tasks are characterised by high muscular load in the upper extremities, lack of rest and high postural load. The facts are to consider against the tendency of rising live stocks, which intensified the milking work. On the other hand, design of milking parlours and units did not really consider gender and anthropometric aspects. Corresponding to this, machine milking is associated with a high prevalence of upper limb disorders in milking parlour operatives. For example, the number of cases of work absenteeism in Germany is significantly increased for female milkers in comparison to the whole employed German population, especially for diagnosis which are related to disorders of the upper limb like enthesiopathies, shoulder lesions and carpal tunnel syndrome, but also for disorders of the lower back (dorsalgia) and lower limbs (knee osteoarthritis and mensicopathia) (LIEBERS & CAFFIER 2006). Nevertheless, there are no evaluated ergonomic recommendations or guidelines regarding the use of milking units.

The aim of the study was to describe and compare physical strain and exertion of employees, while attaching a milking unit under different ergonomic conditions. Variations were

made regarding working height and the weight of the milking unit. Ergonomic recommendations for the usage of milking units should be derived.

2 Setting

The project was designed and performed as an experimental study in a laboratory setting. The project was approved by the Ethics Committee of the Charité University of Medicine Berlin and all subjects signed informed consent forms and voluntarily participated in the data collection.

We used an artificial udder to be able to control and adjust different working heights. Wooden platforms were used to simulate the floor height. For each person the udder height at teat ends was individually adjusted above, at and below shoulder level.

The milking parlour design was identical to a 30° herringbone parlour and vacuum was available to keep the teat cups attached to the artificial udder. Apart from the working heights two different milking units were tested. The used milking units had a weight of 1.4 kg and 2.4 kg. The six task settings (3 heights x 2 weights) were repeated 15 times each. The duration per repetition was fixed to one minute assuming an hourly work rate of 60 cows. Therefore each of the six task settings lasted 15 minutes. Within the period of one repetition the worker had to attach the milking cluster and had to take it off after 30 seconds on command. The process of attaching the cluster is described by grabbing the milking unit with the left hand, and holding it beneath the udder while the right hand is attaching cup by cup to the teats.

The sequence of the six settings was systematically changed for each subject according to an ex ante defined an experimental matrix (arrangement into blocks) to avoid sequence effects.

Subjects

Six experienced female milkers were included in the measurements. All subjects got information about the aim and procedure of the trial, and were examined to exclude persons with relevant musculoskeletal, cardiac or other diseases prior to the trial. The body height of the test persons ranged from 157 cm to 176 cm, their age from 25 to 39 years and their body mass index from 19 to 31.

3 Methods

Generally, duration of attaching procedure, mean normalized muscular activities (sEMG) of 14 muscles of the upper extremities and the back (EMG) on both sides, perceived exer-

tion (Borg Rating of Perceived Exertion Scale), blood pressure, heart rate and body movement (video analysis) were continuously recorded and analyzed as response or outcome variables.

EMG recording

Surface electromyography (sEMG) is widely used in ergonomic research and provides information on the spatial and temporal distribution of muscular activation and load. Surface EMG can also be used to detect and to differentiate static and dynamic components of muscular activation and muscular fatigue.

We used a professional biomedical measurement system produced by BIOVISION Germany for EMG data-recording. The system consists of pre-amplified EMG sensors, a 16 channel input box, an a/d-converter (NI DAQ 700) and a notebook for data sampling and recording. The sampling rate was 1024 Hz. Original EMG data were completely recorded without filtering or transformation. Online recording and subsequent analysis of EMG data were performed with the professional measurement software DASYLAB 5.3.

sEMG was recorded using disposable Ag/AgCl surface electrodes attached with a centre-to-centre distance of circa 15 mm parallel to the muscle fibre orientation. Prior to applying the electrodes the skin was cleaned and prepared. The EMG was recorded from 14 muscles of the upper extremities, the shoulder, neck and the lower back bilaterally. Specific anatomic locations of electrode placement on the skin followed recommendations given by SODERBERG (1992). The following muscles were bilateral used:

- M. flexor dig. superficialis
- M. extensor dig. communis
- M. biceps brachii
- M. deltoideus pars clav.
- M. deltoideus. pars acrom.
- M. trapezius. pars desc.
- M. erector spinae (lumb)

The surface EMG of each muscle (14 single locations) and for each of the 6 settings (3 heights of working x 2 weights of the milking unit) was recorded, processed and analysed in the following way:

1. Visual identification and separation of the original muscular EMG activity of single task cycles
2. Visual control and elimination of noise and other interferences.
3. Rearrangement of all EMG cycles per location and setting
4. Identifying of the whole muscular activation (duration of attaching the milking unit) per cycle

5. Processing (filtering) of the original sEMG and integration and smoothing of the single EMG cycles
6. Averaging of the single integrated EMG cycles per setting and per location
7. Normalization of the averaged integrated EMG cycles to the maximum voluntary electrical muscular contraction (MVC), which was tested for all muscles separately in the preparation procedure (see **figure 1**).
8. Calculation of the integral of the mean and normalized muscular activity for the time interval, in which the milk unit was attached (second 0 to 15) and for the rest period (second 25 to 30)

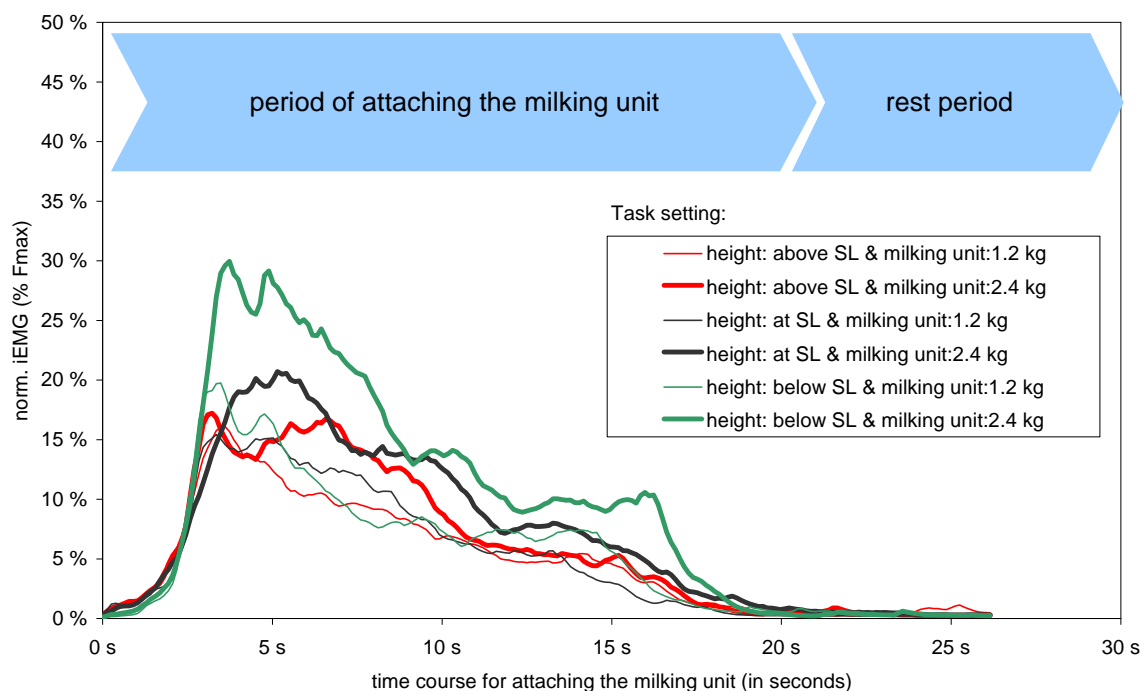


Figure 1: Time course of normalized integrated surface EMG in the task “attaching the milking unit” (second 0 to 30) for the six task setting (above, at or under shoulder level (SL) x 2 milking unit (1,2 kg or 2,4 kg)). Test person “p03”. EMG recorded from the left biceps muscle

In addition we measured the isometric muscular activity of the arm muscles bilateral before and between the six task settings at a level of approximately 40% of the MVC with a duration of 30 seconds. The integrated muscular activity for these situations was processed as described above. The mean tendency of shift of the median frequency of the EMG power spectrum (Fourier power spectrum analysis, data frame: 512 point, overlapping: 0.25 s) was also calculated and statistically analysed for the isometric contraction.

Rating of Perceived Exertion

Physical activity intensity was rated by the subjects with the help of the Borg Scale of Rating of Perceived Exertion (BORG 1970; rating between “nothing at all” and “maximum”). The scale was presented to the test persons three times per setting (after cycle 5, 10 and after cycle 15 directly after each test setting).

Heart rate and blood pressure

Heart rate (beats per minute) and blood pressure (mmHg) were measured manually by a physician directly before and after each setting.

4 Statistical methods

Ex ante estimation of study size was made considering the used experimental study design and the statistical method. The estimation indicated that strong effects could be detectable with the used design and number of test persons.

Variables were averaged for every ergonomic variation/setting. Description and intraindividual comparisons were made for the different experimental situations/setting using a general linear model for repeated measurements (GLM-RM, software SPSS 15). GLM-RM was performed for each outcome considering the factors “working height” and “weight of the milking unit”. If necessary, confounders (age, body-mass-index, body height or arm length) were included in the models.

5 Results

Duration of attaching the milking unit

A mean of $13,75 \pm 0,92$ (m and se) seconds was measured for attaching the milking unit regardless of working height or weight of the milking unit. Within each task setting the duration of attaching a milking unit showed a slight tendency to decrease, which we interpreted as a learning effect.

Work with a heavy milking unit took $0,822 \pm 0,22$ seconds on average or approx. 6% ($5,76 \pm 1,31$ s) longer than handling the light milking unit ($p < 0,01$ multivariate testing). Working under, at or above shoulder level was performed in $13,84 \pm 0,76$ s, $13,34 \pm 1,04$ s and $14,07 \pm 0,99$ s. Intraindividual differences between the tasks were nearly significant ($p < 0,10$ multivariate testing, $p < 0,05$ between working at versus above shoulder level).

The shortest duration for attaching the milking unit was observed, if subjects worked at shoulder level using the light milking unit ($12,69 \pm 0,89$ s). The longest duration was seen, if the subjects worked above shoulder height with the heavy milking unit ($14,45 \pm 1,02$ s).

Subjective perceived exertion (Borg scale)

Mean perceived exertion (BORG rating scale) was rated for all task variations at mean at a level of $11,94 \pm 0,45$ points (equal to rating “light to somewhat hard”).

The subjective perceived exertion was strongly related to the weight of the milking unit and not related to the working height. Attaching the heavy milking unit was assessed with $13,06 \pm 0,56$ points („somewhat hard“) on average and significantly higher ($p < 0,05$) than the use of the light milking unit ($10,81 \pm 0,41$ points, “light to very light”). If only the working height was considered the mean perceived exertion was slightly but not significantly lower for working at shoulder level ($10,83 \pm 0,78$ points) compared to working below or above shoulder level ($12,02 \pm 0,76$ and $12,97 \pm 0,58$ points).

The lowest perceived exertion was assessed for working at shoulder height with a light milking unit ($9,45 \pm 0,63$ points, “very light”). The highest perceived exertion was found for working above shoulder level with the heavier milking unit ($14,08 \pm 0,41$ points).

Blood pressure and heart rate

No relevant differences were found for blood pressure and heart rate between the six task variations and only a slight increase of these parameters in comparison to rest conditions (low physical exertion).

Muscular load (surface EMG)

If the electrical muscular activity in the surface EMG during a task is increased in comparison to other tasks a higher muscular load and higher risk for muscular fatigue is assumed.

Not considering the working level or the weight of the milking unit the absolute level of the normalized electrical muscular activity of the muscles (normalized to maximum volunteer contraction or MVC) of the upper extremities, the shoulder and the lower back ranged between 5 and 25% of MVC during the task (attaching the milk unit).

Considering only the working height in the multivariate analysis normalized muscular activity differed significantly on the right site in the following muscles (see **figures 2 and 3**):

- musculus deltoideus pars medialis (raising the arm sideways, $p < 0,10$)
- musculus trapezius pars desc. (lifting the shoulder, $p < 0,010$)

On the left side the muscular activity differed between the settings in following muscles:

- musculus flexor digitorum superficialis (flexing the fingers, $p < 0,10$)
- musculus biceps (flexing the forearm, $p < 0,10$)
- musculus deltoideus pars anterior (raising the arm forward, $p < 0,05$)
- musculus deltoideus pars medialis (raising the arm sideways, $p < 0,10$)
- musculus trapezius pars desc. (lifting the shoulder, $p < 0,05$)

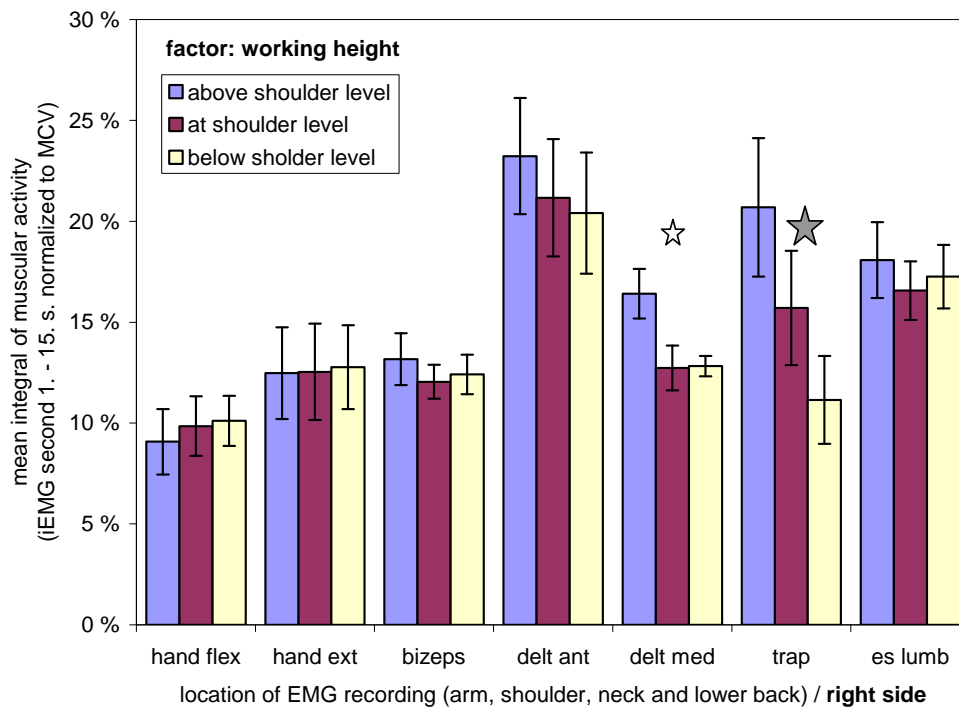


Figure 2: Mean muscular activation of the right side of the body considering the factor “working height” (3 categories) in the general linear model for repeated measurements (intraindividuell comparison, filled star: $p < 0.05$, empty star: $p < 0.10$). Abbreviations: “hand flex” - hand flexors, “hand ext” - hand extensors, “biceps” - biceps muscle, “delt ant” - M. deltoideus ant., “delt med” - M. deltoideus pars med., “trap” - M. trapezius, “es lumb” - erector spinae)

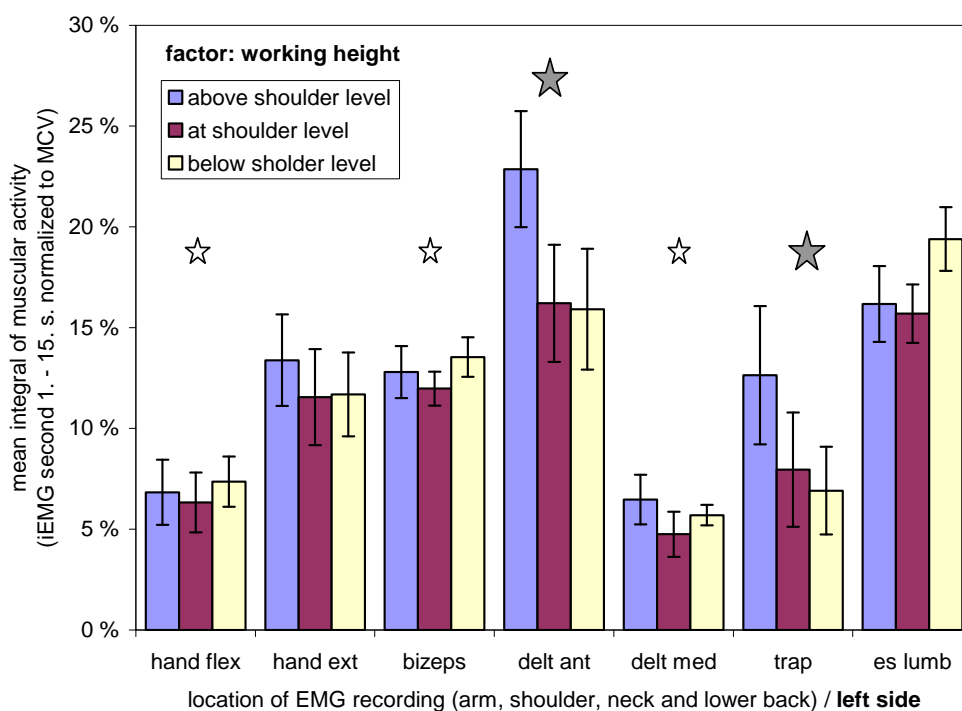


Figure 3: Mean muscular activation of the left side of the body considering the factor “working height” (3 categories) in the general linear model for repeated measurements (intraindividuell comparison, filled star: $p < 0.05$, empty star: $p < 0.10$). Abbreviations: “hand flex” - hand flexors, “hand ext” - hand extensors, “biceps” - biceps muscle, “delt ant” - M. deltoideus ant., “delt med” - M. deltoideus pars med., “trap” - M. trapezius, “es lumb” - erector spinae)

If shoulder muscles were affected (m. trapezius, m. deltoideus pars ant. or med.) working above shoulder height was related to a significantly higher muscular activity than working at or below shoulder height. Working below shoulder level caused increased muscular activity in the flexor of the left upper arm (m. biceps) and the flexor of the left forearm (m. digitorum superf. left). This indicates a higher and in consequence unfavourable muscular exertion due to the awkward body posture in these work situations.

Working with a heavier (2,4 kg) milking unit in comparison to a light unit (1,2 kg) had a strong effect and caused a 5% to 20% higher muscular activity in all muscles of the upper extremities and the lower back (same tendency, but not significant for musculus extensor dig. and musculus erector spinae lumbalis left).

All in all the lowest muscular activity was recorded at mean for working at shoulder level with a light milking unit.

The increase of muscular activity while resting was used as an additional indicator of muscular fatigue. Considering the working height only, the remaining muscular activity after attaching the cluster was increased for the trapezius muscle on both sides (lifting the shoulders), if the milking unit had to be attached above shoulder level. Considering the weight of the milking unit a larger remaining muscular activity was found after attaching the heavier milking unit for the left side in the musculus biceps (holding the milking unit, flexing the forearm) and on the right side in the musculus extensor digitorum (extending the hand) and the musculus deltoideus ant. (raising the arm).

Additional, subjects had to perform isometric grip contractions after every task at a level of 40% of maximum volunteer contraction measured in the pretest. Absolute values and changes of muscular activity in isometric contractions provide information on task related muscular fatigue. Absolute values of normalized muscular activity in the arm muscles after the task were not significantly different to the pretest, but results were heterogeneous. Slope of median power frequency of surface EMG of the left hand extensor was significantly increased in the case of using a heavier milking unit in comparison to the use of a lighter milking unit. This indicates a higher muscular fatigue in the left forearm due to holding the heavier milking unit in the previous task.

Which effect was caused by the whole task?

The procedure of the whole trial, which included six task settings, required nearly 1,5 to 2 hours. The sequence of the different settings was changed per subject systematically, but the whole trial by itself could cause separate physiological or psychophysiological effects. These effects were not the primary focus of the examination, but we could observe some changes. We found a tendency to an adverse rating of the subjective perceived exertion. The muscular activity especially of the back muscles in the tasks was higher at the end of the whole trial. The muscular rest activity of the shoulder and back muscles showed a tendency to increase. All these aspects indicate that the used setting (attaching a milking unit

in 6 different settings each with 15 repetitions with a frequency of 1 per minute) can also cause physical fatigue over the time.

6 Conclusion and Discussion

The aim of the study was to evaluate the direct physiological and psychophysiological effects of different milking units at different working heights in a milking parlor based on an experimental study design.

Attaching a milking unit requires approximately 10 to 15% (range 5 to 25%) of the maximum volunteer muscular contraction. The task contains static and dynamic muscular load of the upper extremities, the shoulder and also back and neck. Considering common physiological recommendations for acceptable workload the observed muscular load of 10 to 15% or higher MCV could indicate an overload and could cause fatigue and long term effects. The analysis of muscular load in the project approved such effects. As expected, working with a heavier milking unit was associated with higher physical load and higher subjective perceived exertion. Subjects preferred working with the light milking unit at shoulder level. The analysis of muscular exertion underlines this fact. The use of heavy milking units and on the other hand work above or below shoulder level increase muscular and subjective exertion. To work at shoulder level requires an adaptation of the working height to individual body height. Ergonomic recommendations and design of milking parlors, especially the weight of the milking unit have to consider these facts. Adaptable working platforms, ergonomic and adjustable placement of control elements, the use of lighter milking units and instruction or training of the employees could solve ergonomic problems. Nevertheless, the implementation of new technical solutions in machine milking, for example the use of multilactor systems, is possible, but also requires a validation of the physical exertion.

7 References

- BORG G. (1970):** "Perceived Exertion as an indicator of somatic stress", *Scandinavian journal of Rehabilitation Medicine*, 2 (2): 92-98
- LIEBERS F., CAFFIER G. (2006):** Muskel-Skelett-Erkrankungen in Land- und Forstwirtschaft sowie Gartenbau – Diagnose- und berufsspezifische Auswertung von Arbeitsunfähigkeitsdaten. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.* 41, 3: 129
- PINZKE S. (2003):** Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden. A 14-year follow-up. *Ann Agric Environ Med*, 10: 185-195
- SODERBERG G. (1992):** Recording Techniques.- In: Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: expert perspectives / Soderberg G (ed.) .- U.S. department of health and human services, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 91-100, p. 24-41

STAL M., HANSSON G.-A., MORITZ U. (1999): Wrist positions and movements as possible risk factors during machine milking. *Applied Ergonomics*, 30: 527-533

STAL M., HANSSON G.-A., MORITZ U. (2000): Upper extremity muscular load during machine milking. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26: 9-17

Reducing work load in neck-shoulder region in parlor milking

Veli-Matti Tuure, Sakari Alasuutari

TTS Research, P.O. Box 5, FI-05201 Rajamäki, Finland
e-mail: veli-matti.tuure@tts.fi

Abstract

The incidence of symptoms in the neck, shoulder, hands and wrists among milkers has increased while milking parlours have become more common and the number of cows in a cattle has increased. The reasons for these might be increased working time, increased number of cows milked and the use of more milking units. Milking consists of highly repetitive work operations during which the work tempo is high especially in large milking parlors, and milkers have only limited time for pauses. From this viewpoint the most negative situation is in rotary systems.

Although in general there are fewer poor working postures in parlor milking than in tie stall milking, more postures with upper limbs above shoulder level appear in parlor milking. According to a Finnish study in large loose housing systems the amount of these postures was 15% of the total daily working hours. During the last decades the incidence of symptoms in neck-shoulder region have become more and more general among Finnish farmers; 72% of female farmers and 65% of male farmers had experienced pains in neck-shoulder region during the last 12 months. Almost one out of three Finnish milk producers who had a new loose housing barn had experienced symptoms in neck-shoulder region often or almost all the time. Milk production has one of the highest incidences of neck-shoulder symptoms among different production sectors.

The aim of the study is to find out the level of work load in neck-shoulder region in various types of milking parlors (herringbone, auto tandem, side-by-side, rotary system) and when using technical devices – adjustable working height in milking parlors, lighter teat cups and cluster units and weight-reducing devices (“arm supports”) – to reduce the load. The milker’s work and especially idle time during milking is studied by simulating the work with the WebGPSS programme. Working postures are studied by using the VIRA method. Biomechanical loads in shoulders, elbows and back are calculated by ErgoShape 2D planning tool (CAD). Dimensions of milking parlors and milkers as well as the weight of loads are measured for calculations, and the work is video recorded for VIRA analysis.

According to preliminary results of the simulations the utilization rate of a milker during milking strongly depends on the size of milking parlor. With Finnish standard times the utilization rate of a milker is over 90% in herringbone and auto tandem parlors, when there are eight or more milking units, one milker and more than 40 cows. In herringbone systems the utilization rates are slightly higher than in auto tandem systems of similar sizes.

The results of the study will be turned primarily on farmers who are planning their milking systems or lightening their work load. Secondly, the results can be used by advisors and planners of farm buildings. The third target group is manufacturers of milking devices. The study is financially supported by the Finnish Research Foundation of Farm Machinery.

1 Introduction

Almost one out of three Finnish milk producers who had a new loose housing barn had experienced symptoms in neck-shoulder region often or almost all the time (TUURE & KARTTUNEN 2007). In general, musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back depend on postural load and repetitive work (BERNARD 1997). According to recent studies (PINZKE 2003, KOLSTRUP *et al.* 2006, TUURE & KARTTUNEN 2007) the incidence of symptoms in the neck, shoulder, hands and wrists among milkers has increased while milking parlours have become more common and the number of cows in a cattle has increased. It has been assessed (PINZKE 2003) that the reasons for these might be increased working time, increased number of cows milked and the use of more milking units. By measuring milkers' muscle activity in the upper limbs it was noticed (STÅL 1999) that loose-housing system caused higher static loading on muscles than tethering system. Furthermore, the relative duration of muscle rest was shorter in the loose-housing system than in the tethering system. Milking consists of highly repetitive work operations during which the work tempo is high especially in large milking parlors, and milkers have only limited time for pauses. From this viewpoint the most negative situation is in rotary systems (PINZKE 2003, STÅL *et al.* 2003).

Although in general there are fewer poor working postures in parlor milking than in tie stall milking, more postures with upper limbs above shoulder level appear in parlor milking. According to a Finnish study in large loose housing systems (LOUHELAINEN *et al.* 2004) the amount of these postures was 15% of the total daily working hours. The same relative amount has been stated during parlour milking in several other studies (**table 1**).

Table 1: Relative amount (%) of working postures of upper limbs during parlour milking according to some previous studies.

Description of arm postures	LUNDQVIST 1988	TUURE 1995	NEVALA-PURANEN <i>et al.</i> 1996
Both arms below shoulder level	84	86	76
One arm at or above shoulder level	12	13	16
Both arms at or above shoulder level	4	1	8

During the last decades the incidence of symptoms in neck-shoulder region have become more and more general among Finnish farmers; 72% of female farmers and 65% of male farmers had experienced pains in neck-shoulder region during the last 12 months (PERKIÖ-MÄKELÄ *et al.* 2006). Milk production has one of the highest incidences of neck-shoulder symptoms among different production sectors.

The aim of the study is to find out the level of work load in neck-shoulder region in various types of milking parlors (herringbone, auto tandem, side-by-side, rotary system) and when using technical devices – adjustable working height (floor platform) in milking parlors, lighter teat cups and cluster units and weight-reducing devices (“arm supports”) – to reduce the load. When using the arm support both hands are free to perform dynamic movements when attaching the cluster. The muscle activity in upper limbs has been noticed (STÅL 1999) to decrease significantly – especially on the left side (cluster holding side; right-handed milkers) – when milking with the arm support.

2 Methods

The milker’s work and especially idle time during milking is studied by simulating the work with the WebGPSS programme. Models are made for tandem parlours and parlours in which cows are milked in groups like herringbone or side-by-side parlours. Finnish standard times are used in calculations. All preparations and ending tasks are excluded.

Muscular load and working postures – flexion and extension in sagittal level – of upper arms during cleaning the teats, pre-milking and attaching the cluster are studied on nine farms by using the VIRA method (PERSSON & KILBOM 1983). There will be three farms with herringbone system, three with tandem system and three with side-by-side system. There should be arm support, lighter teat cups or adjustable floor platform on the each farm. Biomechanical loads in shoulders, elbows and back while attaching the cluster are calculated by ErgoShape 2D planning tool (LAUNIS & LEHTELÄ 1992). Dimensions of milking parlors (working height and horizontal distance) and milkers (height) as well as the weight of loads are measured for calculations, and the work is video recorded (Panasonic NV-GS280) for VIRA analysis.

In this study all the tasks which are analyzed by VIRA – cleaning, pre-milking and attaching – are defined/bounded so that they only include activities beside the cow during milking. Thus, fetching and leaving things, like cleaning towels, and moving from place to another are not included in the analysis.

3 Preliminary results

Utilization rate of a milker during milking strongly depends on the size of milking parlor. With Finnish standard times the utilization rate of a milker is over 90% in herringbone and auto tandem parlors, when there are eight or more milking units, one milker and more than 40 cows (**figure 1**). This means that there is not much time for muscle rest during milking. In herringbone systems the utilization rates are slightly higher than in auto tandem systems of similar sizes.

The measurements on farms are still going on, and only the very first VIRA analysis and biomechanical calculations have been done. Some exemplary results from one farm are shown here.

Depending on the variation in the size and anatomy of cows the horizontal distance from the side of milking pit to the middle of udder varies several centimeters (among 18 cows from 40 cm to 50 cm, the average 45 cm, the standard deviation 2.8 cm) in a herringbone parlour (30°). The variation in the vertical working height depending on cow varied clearly more (the lowest cow – from the floor to the bottom of udder – was 33 cm and the highest 61 cm, the average 45 cm, the standard deviation 7.9 cm).

According to the biomechanical calculations the muscle load in shoulders while holding the cluster (2,0 kg) during attaching is about 20% of the maximum muscle load (male, middle-sized; **figure 2**). In static muscle work the level of 20% of maximum muscle load is considered to be heavy work. Thus, at least for weak male milkers and most female milkers holding the cluster of 2,0 kg is heavy static work.

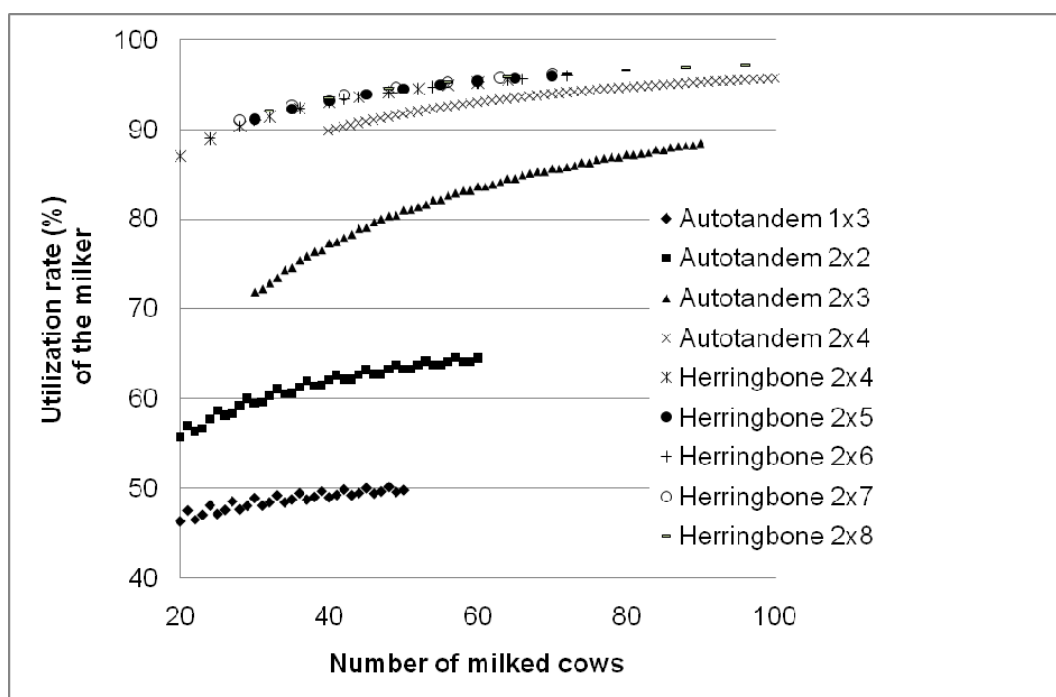


Figure 1: The utilization rate of milker during milking a cattle of various sizes. Results are based on Finnish standard times in agriculture

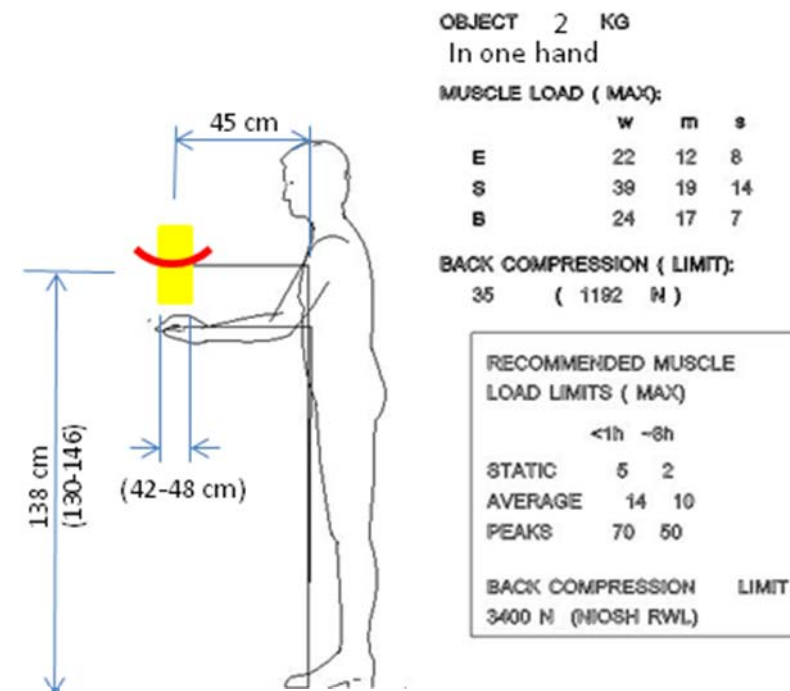


Figure 2: An example of biomechanical loads (% of maximum muscle strength; w=weak, m=medium, s=strong) in elbow (E), shoulder (S) and back (B) during attaching the cluster (holding 2 kg weight in one hand) calculated by ErgoShape. The height of the male person 174 cm (middle-sized), working height 118 cm and horizontal distance 45 cm (herringbone parlour)

During cleaning the udder, pre-milking and attaching the cluster the right arm (right-handed milker) is elevated at least 30° during more than half of the time (**table 2**). Especially in pre-milking these postures are very common. The milker used to hold on to parlour upper structures with the left arm during cleaning, so the arm was mostly elevated over 60°. Otherwise the left arm was more often in lower position than the right arm. However, the load (cluster and milk pot) is mainly held by the left arm (right-handed person), and the left arm is elevated (>30°) during pre-milking almost half of the time and during attaching the cluster about 16% of the time.

Table 2: Flexion of upper arms (in percentages) during various tasks of milking in a herringbone parlour, and mean duration of tasks

	Left upper arm, flexion angle			Right upper arm, flexion angle			Duration (s/cow)
	0 - 30°	30 - 60°	>60°	0 - 30°	30 - 60°	>60°	
cleaning	35,2	5,2	59,7	44,8	49,3	5,9	30,3
pre milking	50,9	46,2	3,0	18,5	72,0	9,5	7,1
attaching	83,6	8,8	7,6	41,2	51,4	7,4	11,6

4 Conclusions

The study "Technical solutions for reducing work load in parlor milking" has started in summer 2008 and is still going on. Thus, most results are not ready yet. However, it can be said that the physical work load during parlour milking is not marginal issue. All technical solutions which can make the work easier and lower the load should be discovered. The work is done by TTS Research in co-operation with Savonia University of Applied Sciences. It will be finished in spring 2009. The study is financially supported by the Finnish Research Foundation of Farm Machinery.

The results of the study will be turned primarily on farmers who are planning their milking systems or lightening their work load. Secondly, the results can be used by advisors and planners of farm buildings. The third target group is manufacturers of milking devices

5 References

- BERNARD B.P. (toim.) (1997):** Musculoskeletal disorders and workplace factors – a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. U.S Dept. of Health and Human Services, NIOSH
- KOLSTRUP C., STAL M., PINZKE S., LUNDQVIST P. (2006):** Ache, pain, and discomfort: the reward for working with many cows and sows? *Journal of Agromedicine* 11(2): 45–55
- LAUNIS M., LEHTELÄ J. (1992):** ErgoSHAPE: a design oriented ergonomic tool for AutoCAD. In: M. MATTILA & W. KARWOWSKI (Eds.), *Computer Applications in Ergonomics, Occupational Safety, and Health*, Elsevier, Amsterdam, pp. 121-128
- LOUHELAINEN K., RISSANEN P., PERKIÖ-MÄKELÄ M., MÄITTÄLÄ J., RAUTIALA S., LANKIA O., RYTKÖNEN E., LESKINEN J., KANGAS J. (2004):** Työympäristö ja kuormittuminen suurissa pihattonavetoissa. In: A. HOPPONEN & M. RINNE (Eds), *Maataloustieteen päivät 2004*. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisu 19. Available in Internet: <http://www.smts.fi/MTP%20julkaisu%202004/esi04/ma21.pdf>
- LUNDQVIST P. (1988):** Working environment in farm buildings. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för lantbrukets byggnadsteknik, Avd. för byggnadsfunktion och miljö, Rapport 58: 1–235
- NEVALA-PURANEN N., KALLIONPÄÄ M., OJANEN K. (1996):** Physical load and strain in parlor milking. *Intern J Industr Ergon* 18: 277–282.
- PERKIÖ-MÄKELÄ M., JOKELA P., MANNINEN P. (2006):** Pitkäaikaissairastavuus ja oireet. In: P. RISSANEN (ed.), *Työterveys ja maatalous Suomessa 2004 – Maatalousympäristön terveydelliset riskit ja niihin vaikuttaminen*. Työterveyslaitos, Kuopio. p. 81–86
- PERSSON J., KILBOM Å. (1983):** VIRA – en enkel videofilmteknik för registrering och analys av arbetsställningar och rörelse. *Arbetsmiljöinstitutet, Unders. rapp.* 10: 1–23
- PINZKE S. (2003):** Changes in working conditions and health among dairy farmers in southern Sweden - a 14-year follow-up. *Ann Agric Environ Med* 10: 185–195
- STAL M. (1999):** Upper extremity musculoskeletal disorders in female machine milkers – An epidemiological, clinical and ergonomic study. Lund University, Dept of physical therapy. Studentlitteratur AB. 50 p

- STÅL M., PINZKE S., HANSSON G-Å., KOLSTRUP C. (2003):** Highly repetitive work operations in a modern milking system – a case study of wrist positions and movements in a rotary system. *Ann Agric Environ med* 10: 67–72
- TUURE V-M. (1995):** Työympäristö kylmissä pihatoissa. HY, Maa- ja kotitalousteknologian laitos. *Maatalousteknologian julkaisu* 18: 1–143
- TUURE V-M., KARTTUNEN J. (2007):** Työntekijän kannalta toimiva pihatto. In: T. Kivinen etc. (Eds), *Lypsykarjapihatton toiminnalliset mitoitusvaihtoehdot, MTT:n selvityksiä 137: 1–149*. Available in Internet: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts137.pdf>

Does automatic milking influence farmers health and wellbeing?

Hendrik Jan C. van Dooren¹, Huub H.E. Oude Vrielink², Judith J. Poelarends¹, Francesca Neijenhuis¹

¹ Wageningen University and Research Center, Animal Sciences Group, PO-Box 65, 8200 AB, Lelystad, The Netherlands e-mail: HendrikJan.vanDooren@wur.nl

² Ergolab Research BV, Alexanderweg 56, 6721 HH, Bennekom, The Netherlands

Summary

Purchasing an automatic milking system (AMS) signifies a huge change to a dairy farmer's operational management and social life. In relation to milking in particular, the focus shifts from manual aspects to include more management based tasks, and controlling and checking the installation. The introduction of an AMS may possibly reduce the physical workload on the farmer, but demands more from them on a mental level. The extent to which this occurs is however unknown. What we do know is that in a number of cases farmers stop using the automatic system and revert to traditional methods. The reasons for this move are not always clear. On the other hand there are also dairy farmers whose main motivation for investing in an AMS is the expected lower physical workload. Personality play possibly a role in these decisions. The objectives of this project are therefore to identify the:

- * Changes in physical and mental load resulting from the transition to automatic milking
- * Effects of these changes on the experienced health of the farmer
- * Influence on the personality of the farmer on experienced health.

Physical load is reduced as a result of automatic milking. This is a persistent effect. As physical health complaints can be reason to invest in automatic milking the comparison with farmers from group 4 is biased. General health complaints decreases after investing in an AMS. A drop in the number of farmers with health complaints is not seen among the group investing in a milking parlour. There is also a decrease in reported specific complaints related to hands/arms, back, neck/shoulder and legs/feet after the introduction of an AMS. The drop in the number of complaints among investors in a milking parlour is smaller or the number of complaints even rises, such as pain in the lower back.

The transition to an automatic milking system also reduces the mental load. Negative exceptions are the social contacts. Farmers with an AMS continually indicate that the system hinders their social contacts. No evident differences in personality between the various categories of farmers were noted. Learning from experiences from other farmers can be a effective way to avoid unrealistic expectations.

Farmers can nowadays still benefit from the experiences of the farmers that became disappointed in automatic milking.

1 Introduction

Purchasing an automatic milking system (AMS) means a huge change to a dairy farmer's operational management and social life. In relation to milking in particular, the focus shifts from manual aspects to include more management based tasks, and controlling and checking the installation. The introduction of an AMS may therefore possibly reduce the physical workload of the farmer, but demands more from them on a mental level. The extent to which this occurs and the possible effects on general health are however unknown. What we do know is that in a number of cases farmers stop using the AMS and revert to traditional milking methods. The reasons for this move are not always clear. On the other hand there are also dairy farmers whose main motivation for investing in an AMS is the expected lower physical workload. To gain insight in health related effects of automatic milking on dairy farmers the Dutch Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality granted a research project between 2003 and 2006. The objectives of this project were to identify the:

- * Changes in physical and mental load resulting from the transition to automatic milking
- * Effects of these changes on the experienced health of the farmer
- * Influence on the personality of the farmer on experienced health.

2 Some relevant literature

The AMS was developed in The Netherlands in the first half of the eighties and commercially available since 1992. Between 2000 and 2003 an European 5th framework research project, "Implications of the introduction of automatic milking on dairy farms", focused on milk quality, animal health and welfare, grazing, milking technology and socio-economic aspects. The proceedings of two conferences on automatic milking in 2000 and 2003 organized within this project give an good overview of the state of the art at that moment (HOGVEEN & MEIJERING 2000, MEIJERING & HOGVEEN 2004).

Reduction of the amount of labour is mentioned as an important reason to invest in automatic milking. Compared to two times daily milking the AMS reduces amount of labour with 10% on average (KONING 2004).

Data of effects on physical and mental health are scarce. WAUTER & MATHIJS (2004) report an improve of physical wellbeing among 55,1% of the included farmers. Among the same group of farmers, 41,1% mentioned an improve of mental wellbeing. A vast majority of

86% of the included farmers did spend more time with their families and two third said that their general quality of live did improve after the introduction of automatic milking on their farm. However WAUTER & MATHIJS (2004) were not specific about for example which body parts did benefit most of the AMS and did not give a possible explanation for the improve.

From general physiological research it is known that several factors can increase mental stress. At least two of them are relevant for an AMS i.e. an increase in the available amount of information and a decrease in the (sense of) controllability of an automated system (COX-WOUDSTRA 2000). The question whether the personality of a farmer plays a role in the decision to invest in automatic milking instead of conventional milking or in the experiences mental of physical load has never been asked. It can be concluded from the literature review that further research on physical health and even more mental health is needed and that no data are available about the role of the personality of the farmers.

3 Material and methods

In total 60 farmers were included in the research, and equally divided in four groups:

- 1) Farmers with more than 2 years experience with automatic milking
- 2) Farmers who invested in automatic milking but changed back to conventional milking after some time
- 3) Farmers who recently invested in an AMS
- 4) Farmers who recently invested in a new milking parlour.

Farmers from group 3 and 4 were recruited with help of the suppliers of milking equipment (both parlour and AMS). Farmers from group 1 were recruited from a data based formed in earlier research. Farmers from group 2 were recruited using the 'snowball method': almost every farmer knows one or two others in that quitted automatic milking.

Questionnaires were used to collect data. For physical load the VBA questionnaire was used. VBA stands for 'Vragenlijst bewegingsapparaat' (Dutch Musculoskeletal Questionnaire) and is a well know and frequently used questionnaire developed by TNO (www.tno.nl). It contains three sections: physical characteristics of work, general health and physical health of specific body parts i.e. hands, arms, shoulders, neck, lower back, legs and feet. Results can be summarized in calculated work load scores.

For mental load the VBBA questionnaire was used. VBBA stands for 'Vragenlijst beleving en beoordeling van Arbeid' (Assessment and Experience of Work questionnaire) and is a well know and frequently use questionnaire developed by TNO (www.tno.nl). It contains four sections: mental characteristics of work, organization of work, working conditions and psycho-social effects of work.

For personality two questionnaires were used: a questionnaire developed by LAUWERE *et al.* (2002) and a short version of the so called 'Big Five' containing 25 questions.

For general data concerning personal circumstances and farm characteristics an own questionnaire was developed.

Farmers in group 3 and 4 had two measuring moment: at least 3 month before and at least 6 months after installing the new milking equipment (either a milking parlour of an automatic milking system). Questionnaire for mental and physical health were used at both moments. Questionnaires for personality and general data were used only at the first measuring moment. Farmers of group 1 and 2 had only one measuring moment when all the questionnaires were used. Data processing was done in a database program. Statistical calculations were performed using GenStat version 8.11.

Besides questionnaires on personality and general data, farmers in group 2 were interviewed using a set of open questions about reason and effects of the investment in an automatic milking system and the decision to quit this technology and re-invest in an milking parlour.

4 Results and discussion

4.1 General data

Table 1 gives an overview of some general data of farm size. Farm size in group 1 and 3 is similar, farms of group 4 seems a bit larger compared to group 1 and 3. Each moment of investing of farmers in group 2 leads to a larger farm. On average the farms from this group are the largest.

Table 1: General farm size data

Category	Measuring moment	Dairy cows (#)	Grassland (ha)	Milk quota (kg)
Group 1	2	89	54	778.500
	1	109	57	704.400
Group 2	2	118	58	782.900
	3 (1)	122	63	818.000
Group 3	1	95	52	736.300
	2	88	50	772.800
Group 4	1	97	54	702.700
	2	99	56	735.100

(1) After re-investing in a milking parlour

Table 2 gives an overview of the AMS that were used by the farmers. The distribution over the different makes of AMS corresponds more or less with the market shares in The Neth-

erlands at the moment of the research. Only group 2 did invest in the AMS of GM, Manus and Prolion. These makes represents a certain type of automatic milking system.

Table 2: Overview of the AMS used by different groups of farmers

Types	Group 1	Group 2	Group3	Total (%)
DeLaval - VMS	4	1	7	27
Lely - Astronaut	7	5	5	38
Fullwood - Merlin	2	1	1	9
Insentec - Galaxy	2		2	9
Gasgoine Melotte - Zenith		3		7
Manus		1		2
Prolion - AMS Liberty		4		9

An important aspect in the decision to invest in an AMS and the attitude towards automatic milking after investing is the expectations and realization of these expectations. **Figure 1** gives a summary.

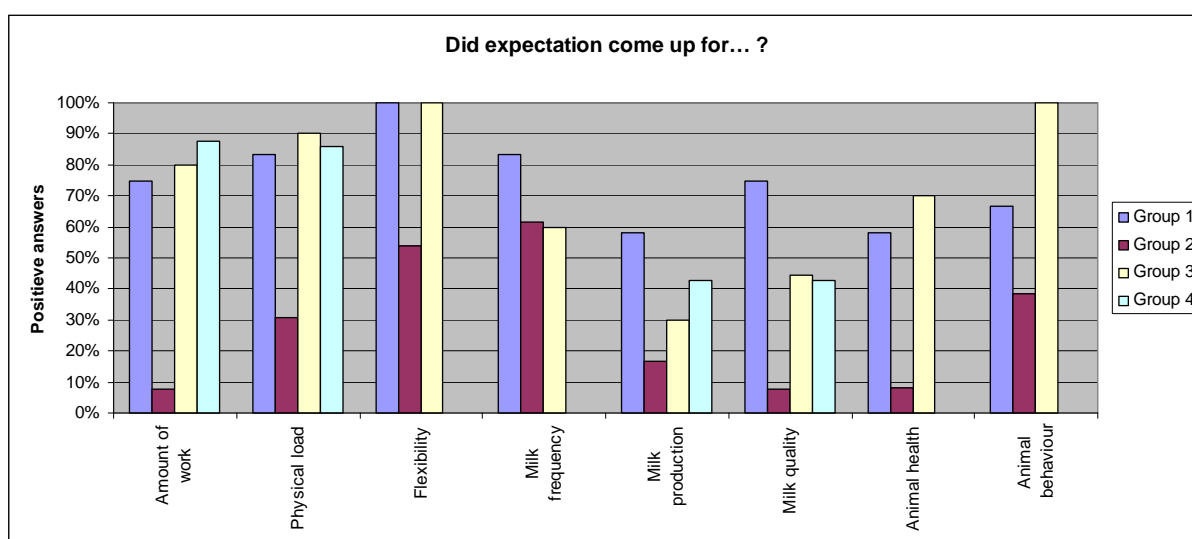


Figure 1: Overview of realization of expectation on different aspect of automatic milking

For almost all aspects the number of farmers indicating that expectations were met is the lowest group 2. Farmers investing in an AMS are generally speaking positive about the effect of a new milking installation on milk production and milk quality but apparently have realistic expectations about physical load and flexibility.

4.2 Physical health

The answers on the different questions of the questionnaire were reported separately but also combined to different scores for physical load. The score per group were calculated by averaging the individual farmers scores. That score is the proportion positive answers (indicating physical stress) of the total number of questions. Questions were combined to scores for hands, arms, neck and shoulders (HANS), lower back (LB) and feet and legs (FL).

Table 3: Results of physical load scores of different groups

	Moment	HANS (%)	LB (%)	FL (%)
Group 1	2	25 ^a	27 ^a	25
Group 3	1	53 ^b	54 ^b	39 ^a
	2	27 ^{a,c}	36 ^a	23 ^b
Group 4	1	52 ^c	50 ^b	53 ^a
	2	46 ^c	43 ^a	40 ^c

Different letters per column indicates a significant difference ($p < 0,05$) for the tested combinations.

Table 3 shoes that physical load is decreasing after introduction of a new milking system. The decrease for automatic milking is however bigger compared to conventional milking systems and concerns all three scores. This decrease seems to be persistence as group 1 scores at comparative level. Lower physical load leads plausibly to less complaints. Specific health complaint are presented in **figure 2**. There is a clear reduction of complaints after installing an AMS in group 3. A smaller reduction can be seen among farmers in group 4 for hand and arms. Probably caused by lighter milking equipment. Due to the fact that physical complaints can be a reason to invest in an AMS a comparison between group 3 and 4 is biased.

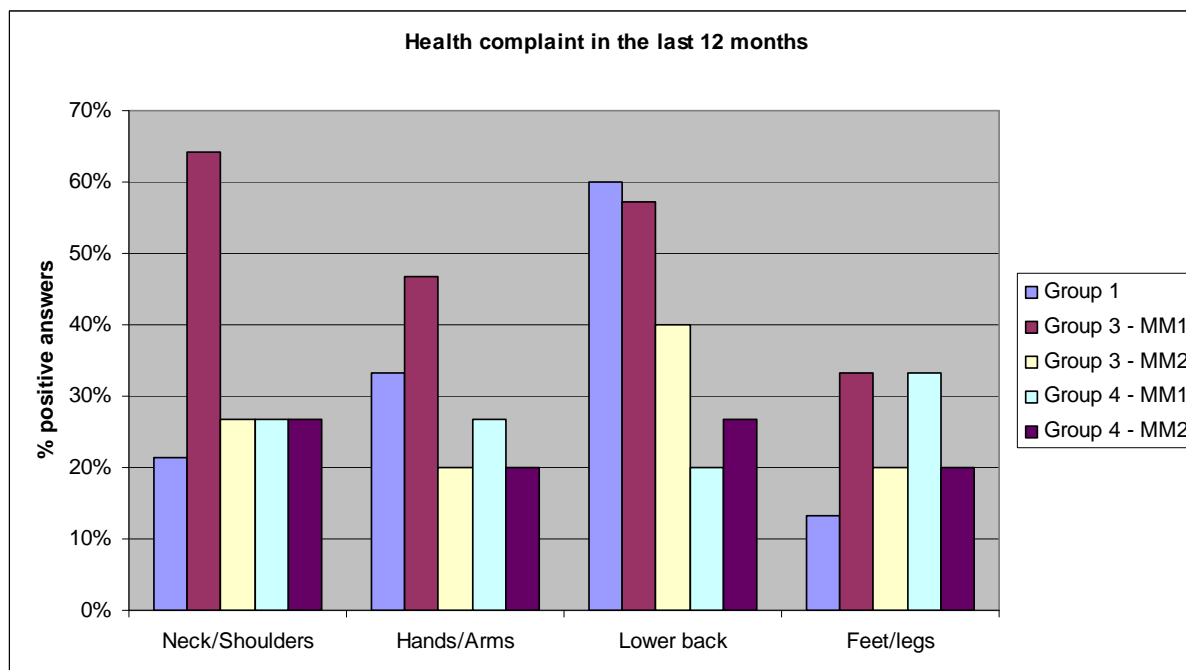


Figure 2: Specific health complaints in the last 12 months for each group and measuring moment

4.3 Mental health

Results of the questionnaire are combined to 17 scales indicating different aspects of mental health. Results range from 0-30, lows scores means less problems on this scale.

Table 4: Summary of results of mental health questionnaire Only the scales that gave significant differences between the groups are presented

Scale	Group 1	Group 3		Group 4	
		1	2	1	2
Work pace and workload	12,7 ^a	15,2 ^b	14,0 ^{a,d}	16,6 ^{b,c}	14,4 ^d
Emotional burden	4,9	7,6	6,4 ^a	10,0	10,7 ^b
Learning possibilities	10,5	12,0 ^a	9,5 ^b	10,9	12,3
Social life	16,2 ^a	19,3 ^b	17,6 ^{a,b}	13,6 ^c	12,0 ^c
Expectations of the future	7,7	7,7	5,7 ^a	8,3	9,7 ^b
Working conditions	9,1 ^a	12,2 ^b	9,0 ^a	12,8 ^b	13,2 ^b
Looking for other work	3,3	2,0 ^a	3,3 ^b	1,7 ^a	3,0 ^b
Time for recovery	6,0 ^a	8,7 ^b	7,7 ^a	7,6 ^{b,c}	8,7 ^{a,c}
Sleep	3,5 ^a	6,9 ^b	6,3 ^b	6,3 ^b	5,0 ^b

Different letters within the lines indicated a significant difference (p<0,05).

Table 4 shows a positive effect on working pace and workload for both investing in automatic milking and conventional milking equipment probably caused by a better match of equipment capacity and farm size. Experienced emotional burden decreased for farmers investing in an AMS and slightly increased for those investing in a new milking parlour. Automatic milking systems seem to hinder social contact. Farmers from group 1 and 3 have lower scores than farmers from group 4. On the contrary, farmers with an AMS score better on the scale working conditions with questions about flexibility of work. The score on sleep is for both group 3 and 4 higher than group 1. Apparently an investment, whether in automatic or conventional milking equipment, costs night's rest but only temporarily.

In general the results of mental health are less unambiguous as for physical health but it can be stated the mental health is improved by introduction of automatic milking with a critical point for the social life of dairy farmers with an AMS.

4.4 Personality

The results of the two personality tests give hardly any reason to believe that personality plays an important role in decisions concerning investments in (automatic) milking systems or in the experienced physical and mental health. Only farmers in group 3 scored significantly higher ($p < 0,05$) on the openness scale compared to farmers of group 4. Farmers of group 2 scored significantly higher ($p < 0,05$) on the conscientiousness scale compared to all the other groups. The characteristics of conscientiousness are disciplined, hard working and ambitious with pitfalls that can be characterized as arrogant, compulsive and petty. Arguing that these negative aspects of the personality may lead to an increase of mental load and/or a distorted relationship with the supplier of the automatic milking system gives a hypothetical explanation of the disappointing automatic milking experience.

4.5 Results from interviews of farmers from group 2

Three kinds of reasons were mentioned for quitting automatic milking: AMS related reasons, cow behavior related reasons and farmer related reasons. A disappointing low decrease of workload and increase of flexibility combined with poor technical performance, decreasing production levels, a persistent high level of cows to be fetched and too high expectations can be considered to be the most important reasons for farmers of this group to quit automatic milking and re-invest in conventional milking technique.

5 Conclusions and recommendations

* The physical stress is decreased after introduction of an automatic milking system. This is a persistent effect. As physical health complaints can be a reason to invest in automatic milking the comparison with farmers from group 4 is biased.

- * In general mental stress is decreased after introduction of an AMS. Only exception is the reported quality of the 'social life' of farmers with an AMS.
- * No clear personality differences between groups of farmers have been found
- * Learning from experiences from other farmers can be a effective way to avoid unrealistic expectations
- * Farmers can nowadays still benefit from the experiences of the farmers that became disappointed in automatic milking.

6 References

See <http://library.wur.nl/way/bestanden/clc/1855875.pdf> for full text version of the report (in Dutch)

COX-WOUDSTRA E. (2000): Hoe houden technologische ontwikkelingen een menselijke maat? Informatiewerk, mentale belasting en organisatorische maatregelen, TNO-rapport 3020053/R203804. TNO-Arbeid, Hoofddorp, 28 p

HOGVEEN H. EN MEIJERING A. (EDS.) (2000): Robotic milking: proceedings of the international symposium held in Lelystad, The Netherlands 17-19 august 2000, Wageningen Pers, Wageningen, 306 p

KONING C.J.A.M. DE, (2004): Automatisch melken niet meer weg te denken. Zuivelzicht 96-5: p. 18-19

LAUWERE C.C. DE, VERHAAR K., EN DROST H. (RED.) (2002): Het Mysterie van het Ondernemerschap. Wageningen. IMAG-rapport 2002-02, 156 p

MEIJERING A., HOGVEEN H. (EDS.) (2004): Automatic milking: a better understanding. Wageningen Pers, Wageningen, 525 p

WAUTERS E., MATHIJS E. (2004): Socio-Economic aspects of automatic milking: Socio-Economic implications of automatic milking systems, www.automaticmilking.nl Deliverable 3, Leuven, 28p

Farm women's occupational safety and well-being at work

Marja Kallioniemi

Agrifood Research Finland, MTT Vihti, Vakolantie 55, FI-03400 Vihti, Finland,
tel: +358 9 2242 5222, e-mail: marja.kallioniemi@mtt.fi

1 Introduction

Previous studies have reported rather negative findings on women's occupational safety and well-being in farm work (KARTTUNEN 2003, RISSANEN EDS. 2006). Despite that there have not been earlier research projects focusing on women's occupational safety on farms in Finland. Work ability is defined as a unity of physical, mental and social capacity and professional skills in relation to the demands of work (TYÖSUOJELUSANASTO 2006). In Finland, PELTONIEMI (2005) found the index of work ability to be on average 10% lower among farm entrepreneurs than among salary earners and other entrepreneurs. Similar results have also been reported by SAARNI *et al.* (2008). According to PELTONIEMI (2005), work ability of male farmers was "good", but the index for farm women was only "moderate". Women on Finnish farms suffered in 2004 more from chronic diseases than men, and farm women's chronic diseases had increased compared to the situation in 1992. In addition, farm women had a higher than average rate of chronic diseases among working women in Finland (RISSANEN EDS. 2006).

The European Union has announced a community strategy 2007-2012 on health and safety at work. This document states that agriculture is still among the "particularly dangerous" sectors. Furthermore, women and men often do different types of work; thus, "a better account must therefore be taken of those aspects of health and safety which specially affect women" (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 2007). On Finnish farms the distribution of work tasks is usually traditional (SILVASTI 2001, SIRENI 2002, HÖGBACKA 2003). Women take care of the work tasks near home. The combination of farm and home work may comprise a remarkable work load.

A review of EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2003) states that farm women's work may include special risks and health problems because work includes manual handling, strenuous postures and unsuitable work tools. In a survey (n=1182) about occupational health and agriculture in Finland 2004 was found that working with animals was a danger more often among women respondents (61%) than among men (22%) (RISSANEN EDS. 2006). Also according to statistics, the injuries related to farm animals are more common among farm women than men (VIRTANEN *et al* 2003). For example chemicals and contagious diseases in farm work may include severe risks for women during pregnancy. In addition physical work and working conditions, for example work load and vibration, may create problems (TASKINEN *et al.* 2006).

There are in all 29 500 women working on Finnish farms according to the Farmers' Social Insurance Institution's statistics (MELA STATISTICS 2008) but this amount is declining, even faster than the amount of men. Finland has experienced a rapid structural change in the agricultural sector. The amount of farm enterprises is declining, average size of farms is increasing and production technologies are changing. This situation creates a unique background for the current research topic. The aim of this study was to determine the real "farm-level" state of occupational safety and well-being at work for farm women on dairy farms. A practical aim was to produce information material to improve the situation.

2 Methods

An ongoing qualitative research project is focusing on ten dairy farms, including 4 stanchion barns, 4 loose-housing dairy barns and 2 farms with an automatic milking system. The research material was gathered in June and July year 2007. The main part of data was gathered by observations on the farms and by semi-structured interviews. In addition, the research data comprised video recording and photographs of women's work. The analytical methodology was qualitative including a case study and action research methods.

3 Results and discussion

On average, the farms included in this study had 106 hectares of arable land, 51 hectares of forest and 45 cows. These farms were larger than an average Finnish farm, which in 2007 had an arable land area of 33 hectares, 48 hectares of forest (VÄRE 2008) and 22.5 cows per farm (KARJULA 2008).

A report about each farm women's situation was written according to the transcriptions. The texts were given personal headlines. They describe the different situations of the ten farm women from positive like "Success in farming enterprise", "A happy farm woman on a dairy farm", "A every-day-life is going on well now", "Dairy farming as a mission" to neutral like "Safety farming, but resumption with the cattle is uncertain", "Speed and dangerous situations", "I am still called a laboratory assistant", and even pessimistic ones like "Work in the shadow of illness", "Fatigue as a threat of farming" and "Well, the every-day-life is such a fighting".

The average age of the respondents was 43 years. The women had on average 19 years of experience in agricultural work. Working on a farm was in nearly all cases due to marriage with a farmer. Most of the respondents (6) had a professional education on farming. Three of them had an education in an agricultural school and three in an agricultural college. However, four respondents had learnt work tasks in practise and they didn't have any kind of agricultural education. There were on average 3.7 working persons per farm. Half of the farms had also a part- or full-time employee.

The question about a suitable title for the respondents raised discussion. Most (7) chose “farm entrepreneur” as their profession. Only three chose the traditional, but often used title “farm woman”. This probably illustrates the greater professionalism required in farm work and life than previously (PRÅHL-OLLILA 1995), since the average size of farms is increasing rapidly in Finland (VÄRE 2008).

The distribution of farm work was usually traditional: women worked in the barn and held the main responsibility for house work, which is a similar finding to earlier studies by KARTTUNEN (2003) and SIRENI (2000). However, on four farms, women also worked on fields using machinery which is in accordance with the results of Karppinen (WAENERBERG 2005). House work is usually categorized as a part of private life in our social settings (HOWELL 2005), but on farms, activities such as cooking and taking care of the laundry are vital elements for the fluency of everyday life. A contract for a farm property may include an agreement that the former farm owners continue to live on the farm (LINNAINMAA 2001), and thus farm duties may include nursing work, usually carried out by women. Because of their many duties and responsibilities, particularly on the farm, farm women may have difficulties in creating a social network and meeting friends because they have unusual working hours and distances may be long in rural areas. One of the respondents told that she had suddenly realized that all her friends were “paid”: a veterinarian, an employee and a dairy farm adviser.

According to the interviews, the worst types of work-related harms were due to unexpected animal behaviour and physical strain. Half of the respondents had felt themselves overworked during the previous month and had a feeling that the demands exceeded their personal capacity to take care of their duties. RISSANEN EDS. (2006) and AHONEN *et al.* (1990) also observed that the physical strain of farm work is a problem for farm women. In the present study the working day on the farm was extremely long, with work in the barn starting on average at 6 am and ending on average at 7 pm. Furthermore, during certain seasonal periods, for example at harvest time, the working day was even longer. Despite this most of the farm women considered the work close to nature and animals rewarding.

The complicated situation in agricultural policy and difficulties to replace husband’s labour input for example during an illness were mentioned as special risks of farm women. Relatives such as parents and children had an important role as helpers if the farm entrepreneur were suddenly to become ill (KALLIONIEMI 2008).

The injuries and near misses were common in the sample. Most of the respondents (8) had suffered an injury and near miss during the previous two years. Animals, hurry and exhaustion were the most often named causes of injury. The method of handling animals may have an effect on injuries; co-operation and trust between the cattle and the keeper may reduce injuries compared to a situation where the cattle handler makes the animals scared. The conditions in the barn, e.g. noise, may also affect animal behavior and thereby the farm entrepreneur’s safety. Special rules were in place on some farms; for example, some had rules for how a visitor had to behave in the barn. One respondent, a very skillful animal handler, told that “I am one member of this herd”.

Some protective equipment was used in work on all farms, but on seven farms deficiencies were observed. Nobody used respiratory protective equipment during the observation period. RISSANEN EDS. (2006) observed also that the use of protective equipment was quite insignificant on Finnish farms. This is alarming because dusts were the most often (8) named damages of work. Nearly as commonly mentioned (7) damages were noise, chemicals and strenuous postures.

Farm work may include some risks for women during pregnancy, which are mentioned in the Finnish legislation about special maternity leave. There may be chemical risks from control substances and solvents and biological risks from infectious diseases, toxoplasmosis and listeriosis (TASKINEN *et al.* 2006). As entrepreneurs, farmers are responsible for their own working conditions. However, only 40% of Finnish farm entrepreneurs are members of an occupational health care scheme (PITKÄNEN 2008).

4 Conclusions

Despite structural changes in Finnish agriculture, leading to increasing challenges in farm work, farm entrepreneurs should have time to take care of their occupational safety and well-being at work. Safety is one important part of farm management and planning. Improvements are needed concerning the safety culture on farms. More knowledge and information is needed also about responsibility issues, since a farm is often a common working place of spouses, family members and employees of the farm in question and also of other employers. This study showed that despite the many guidelines concerning work safety, in practice many of these are neglected. The health (physical or mental) of some interviewees was insufficient for the demands of agricultural work, which highlights the challenges facing health care systems and other networks.

5 References

- AHONEN E., VENÄLÄINEN J.M., KÖNÖNEN U., KLEN T. (1990): The physical strain of dairy farming. *Ergonomics*. Vol 33, no.12, pp. 1549-1555
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (2007): Improving quality and productivity at work: Community strategy 2007-2012 on health and safety at work. Brussels 21.2.2007. COM (2007) 62 final. 15 p. http://ec.europa.eu/employment_social/news/2007/feb/commstrat_en.pdf
- EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK (2003): Gender issues in safety and health at work, a review. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg
- HOWELL J. (2005): Gender and civil society. In: GLASIUS, MARLIES, KALDOR, MARY, ANHEIER HELMUT K. (eds.) 2005. *Global civil society*. Sage. pp. 38-64
- HÖGBACKA R. (2003): Naisten muuttuvat elämänmuodot maaseudulla. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 947. Suomalaisen kirjallisuuden seura, Helsinki.

- KALLIONIEMI M. (2008):** Naisten työturvallisuus maataloilla. Maataloustieteen päivät 2008. Esitelmä. [Women's occupational safety on Finnish farms. Presentation at the Agricultural Science Days] Suomen maataloustieteellisen Seuran tiedote no.24. In Finnish
- KARJULA K. (2008):** Livestock production. In: NIEMI J. & AHLSTEDT J. 2008. Finnish Agriculture and Rural Industries 2008. Agrifood Research Finland, Economic Research, publications 108a. pp. 29-33
- KARTTUNEN J. (2003):** Maidontuottajan työ, työkyky ja vapaa-aika. [The work, work ability and leisure of Finnish dairy producers.] Työtehoseuran julkaisuja 389. In Finnish
- LINNAINMAA L. (2001):** Naisen lakikirja. Käytännön tietoa eri elämäntilanteisiin. [Women's law book. Practical knowledge for different life situations.] WS Bookwell Oy, Helsinki. In Finnish
- MELA'S STATISTICS (2008):** Finnish Farmers' Social Insurance Institution MELA: Tilastot 2008. (online), available from <http://asp.hci.fi/mela/tilastot.nsf/7355799_fbb8212d4c2256b4800292031/26c2655525be249fc225684d004e3b29>, accessed 2008-06-17
- PELTONIEMI A. (2005):** Työllisten työkyky vuonna 2004. [The work ability among the working population, 2004] Työpoliittinen tutkimus. Nro 273. Helsinki: Työministeriö. 57 p. 3 app. In Finnish
- PITKÄNEN K. (2008):** Viljelijälle työterveyttä 100 eurolla. [Occupational safety of farm entrepreneurs for 100 euros] Työ Terveys Turvallisuus 4/2008, p. 25-26. In Finnish
- PRÄHL-OLLILA M. (1995):** Selviytyjiä, epätietoisia ja putoajia. Nuoren viljelijäväestön erilaistuminen. [The survivors, the uncertain and dropouts. The differentiation process of the young farming population] Maatalousyrittäjien eläkelaitoksen julkaisuja 1/95. Espoo. 115 s. In Finnish.
- RISSANEN P. (EDS.) (2006):** Työterveys ja maatalous Suomessa 2004. Maatalousympäristön terveydelliset riskit ja niihin vaikuttaminen. [Occupational health and agriculture in Finland, 2004] Kuopio: Työterveyslaitos. 101 p. In Finnish
- SAARNI S.I., SAARNI E.S., SAARNI H. (2008):** Quality of life, work ability, and self employment: a population survey of entrepreneurs, farmers, and salary earners. Occupational Environmental Medicine 2008, 65: 98-103
- SILVASTI T. (2001):** Talonpojan elämä. Tutkimus elämäntapaa jäsentävistä kulttuurisista malleista. [Farmer's life. A study about lifestyle and cultural models] Suomalaisen kirjallisuuden Seuran Toimituksia 821. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Helsinki
- SIRENI M. (2000):** Hyvät pientilan emännät. [The good farm women of small farms] In: HÖGBACKA RIITTA & TRAST TERHI (eds.) 2000: Monessa mukana. Näkymiä naisen työhön ja elämään maaseudulla. Maaseutupolitiikan yhteistyöryhmä, Vantaa. In Finnish
- SIRENI M. (2002):** Tilansa tekijät. Tutkimus emännyydestä ja maatilasta naisen paikkana. [Actors on the farm: Research on the Role of a Matron and on the Farm as a Place for a Woman.] Joensuun yliopiston yhteiskuntatieteellisiä julkaisuja n:o 56. Joensuun yliopisto, Joensuu
- TASKINEN H., LINDBOHN M.-L., FRILANDER H. (2006):** Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa. [Guidelines for considering the dangers and needs during special maternity leave] Työterveyslaitos, Vammala. p. 74. In Finnish
- TYÖSUOJELUSANASTO (2006):** [Vocabulary of Safety and Health at Work] Työterveyslaitos, Sanastokeskus TSK, Helsinki. p. 306. In Finnish
- VIRTANEN S.V., NOTKOLA V., LUUKKONEN R., ESKOLA E., KURPPA K. (2003):** Work Injuries Among Finnish Farmers: A National Register Linkage Study 1996-1997. American Journal of Industrial Medicine. Vol. 43. s.314-325
- VÄRE M. (2008):** Finnish farm. In: Niemi J. & Ahlstedt J. 2008. Finnish Agriculture and Rural Industries 2008. Agrifood Research Finland, Economic Research, publications 108a. pp. 16-19
- WAENERBERG M. (2005):** Nykyemännältä sujuu yhtä hyvin traktorin ajo kuin tietokoneen käyttökin. [Today's farm women are skilled at driving tractors and using computers] Anita Karppinen selvitti varsinaissuomalaisen emännän taustat, tehtävät ja asenteet. Maaseudun Tulevaisuus 31.10.2005. In Finnish

Occupational accidents at ear tagging of bovine cattle

Reetta Palva, Sakari Alasuutari, Miia Maasola, Veli-Matti Tuure

TTS (Work Efficiency Institute), TTS Research, P.O. Box 5, FIN-05201 Rajamäki, Finland, Tel. +358 44 7143 692, e-mail: reetta.palva@tts.fi

Abstract

All bovine animals within the European Union must be individually registered and marked with ear tags on both ears. The loss of ear tags after initial tagging is a considerable problem. In Finland replacement tags are ordered for over 90,000 animals yearly. In 2005 there were in total 954,000 bovine animals, thus the replacement percentage was almost 10%. Attaching ear tags to mature cattle is a work safety issue. The aim of the study presented in this paper was to analyse the risk factors leading to accidents at ear tagging of bovine animals. Safe tagging and handling methods for both calves and mature animals were in focus.

The accident statistics of the Finnish Farmers' Social Insurance Institution were analysed for the accidents at ear tagging. During 1998-2005 in all 68 accidents, where ear tagging had been involved, were compensated for from the Finnish Farmers' Social Insurance Institution. A third of the claimed accidents had lead to severe injuries. For every claimed accident a short description, even though often incomplete, of the incident is given. The cases were analysed regarding the animal to be handled, the handling method, the type and the likely cause of accident. In addition, five farms were visited to evaluate the risk factors at ear tagging in situ. Eight calves and eight full-grown animals were tagged during the visits.

Two thirds of accidents took place at tagging large animals and one third at tagging calves. In three-fourths of the cases animal had tossed its head or wrenched free from the handler's grip, which had lead to the accident. In consequence, the handler was often knocked down and hurt him/herself when falling. It was also very common that the handler's hands or fingers were squeezed between the animal and the stall structures. Judging from the partly incomplete accident descriptions, the animal handled was seldom tied from the head. It is also probable that in most cases the work was performed alone.

Accident risks in the studied cases were caused by animals directly, through the barrier structures, bad working postures, smooth surface and the feed on the feeding table. Also the halter type contributed to the performance to some extent. The greatest risks were associated with the putting on the halter on a stanchion barn. In the treatment stall and the handling chute the placing of a halter was fairly easy as the animal's ability to move its head was already somewhat restricted. The handler was also standing at same level with the animal which made working much easier.

1 Introduction

All bovine animals within the European Union must be individually registered and marked with ear tags on both ears. The aim of the system is to keep exact knowledge of the bovine population, improve traceability and monitor animal health. In case of disease outbreak the register data helps to limit and control the possible contaminations. The system is also important in the control of animal premiums. The ear tags shall comply with specified requirements, which define their material, structure, size, etc. The tags must for instance be resilient in order not to tear the ear, should the tag cling to the surroundings.

Should an attached tag be lost, a replacement tag must be ordered and attached without delay. In Finland over 90 000 replacement tags are required yearly on farms (in total 954 000 bovine animals in 2005). The loss of ear tags after initial tagging can be a considerable problem for farmers. Tagging of mature animals can lead to severe injuries for farmers and it is a work safety issue. The reported accidents at the actual tagging event have not been numerous yearly, but according to the accident statistics animal transfers in general are risky events. Tagging often necessitates animal transfer to some extent. In addition to registered incidents, it is likely that a far greater number of less severe accidents take place, which are not claimed for. Furthermore, retagging is extra work, which can be considerable in large herds.

It is recognized that the rate of the ear tag loss varies significantly from farm to farm. Ear tag retention in Finland was investigated in a study conducted in 2005-2006 by analysing the replacement tag orders for their distribution to different farm and animal categories. The replacement tag percentage increases along with animal's age. For animals under one years of age the replacement tag percentage (number of tag orders in relation to the animal population) was less than three percent for both female and male animals in 2005. The replacement tag percentage was at its highest for females at 6-7 years, about 40%. For males the replacement tag percentage begins to increase for animals over one years of age. In 2005 the percentage was 12.4% for males at 1-1.5 years, and 35.5% at 1.5-2 years. The replacement tag percentage is highest for animals in suckler cow production. In 2005 the replacement tag percentage was 11.6% for animals in suckler cow production, 9.9% for animals in milk production, and 8.6% for animals in beef production.

According to visits made on 20 farms it was not possible to point out unambiguously particular reasons for farm to farm variation in the ear tag retention. It has been suggested that ear tag retention might be related to the production environment, management system or tagging procedure. Correct application of the tag had been noticed to affect the retention. Forest and woods on pasture lands were a little more common on farms with a higher replacement tag percentage, and some farms considered the trees to be one important reason for the dropping of ear tags. On some farms with a higher replacement tag percentage the general condition of the building structures was somewhat defective; however, on some farms replacement tag percentage was relatively high even though the conditions were good. It is inevitable that the tags will occasionally be imposed to heavy strain because of the natural behaviour of animals, rubbing themselves and butting each other. If

the tags were made more resilient, the incidence of animals' ears tearing would probably increase, instead of improving the tag retention. The size of the tags is obviously of importance. In Finland only one choice has been available, which is a little bigger than the EU requirement. It has been implemented both for the primary and secondary tags until 2007, when also an electronic tag was introduced as the option for the secondary tag.

On the visited farms attaching the replacement tags for dairy cows was usually not considered difficult. Animals were either locked or tied from the head to the feeding barrier, and no further tying was usually done. On beef production farms the retagging of mature male animals was avoided as much as possible. Usually only one tag had dropped off and the replacement tag was given to the slaughter car chauffeur to take to the abattoir with the animal. In some cases the free housed animals had been caught with ropes, tied to the feeding barrier and held still with nose tongs to attach the tags. "Near misses" of accidents in animal handling had been experienced on every third farm, although also other situations than tagging were mentioned in this context. In any case, retagging was considered most difficult on beef and suckler cow farms.

In the study presented in this paper, the safety of tagging and retagging bovine animals was surveyed. The objective was to produce advice and models for working methods, equipments and facilities for animal handling. Safe tagging and handling methods for both calves and mature animals were in focus. The project was funded by the Farmers' Social Insurance Institution.

2 Methods

First, the registered accidents taken place at tagging bovine animals were analysed from the statistics of the Finnish Farmers' Social Insurance Institution for the course of events. The aim was to analyse the risk factors leading to accidents at ear tagging of bovine animals.

Second, tagging of animals was studied on five farms, where a total of 16 animals were tagged (8 mature female animals and 8 calves). The events were videotaped and analysed for the working methods, working time, work safety and postural work load (OWAS, Ovako Working postures Analysing System). Working postures were analysed using the OWAS method. OWAS is a method for the evaluation of postural load during work. In the OWAS the position of a human person's legs, hands and back are analysed. The analysis evaluates the physical strength requirement of the work and pinpoints the work phases, where the ergonomics has to be improved.

3 Results

3.1 Accident statistics

During 1998-2005 in all 68 accidents, where ear tagging had been involved, were compensated for from the Finnish Farmers' Social Insurance Institution. Almost third of the claimed accidents had lead to severe injuries (over 30 sick days). In addition to registered incidents, it is likely that a far greater number of less severe accidents take place, which are not claimed for. The connection to tagging could only be made by the descriptions of accidents written to the claim, and it is possible that tagging was not always mentioned though it might have been the eventual grounds of the operation.

About 340,000 new pairs of ear tags are being attached to born calves yearly. (In 2005 there were some 300,000 dairy cows and 40,000 suckler cows in Finland). Replacement tags were ordered for about 90,000 animals. According to the registered accident descriptions almost two thirds (65%) of the accidents took place when mature animals were tagged and about one third of the accidents had happened at tagging a calf (31%). Part of the descriptions lacked the information of the animal type.

In relation to the number of ear markings made there are relatively few registered accidents when tagging calves. The number of the replacement tags, which have actually been attached to the animal's ear is not known, only how many have been ordered. In case of mature bulls, it is apparent from the previous study that most of them are not attached. Baring this in mind it can be concluded that the risk of injury is manifold when tagging a mature animal. About 40% of the accidents had taken place while tagging a dairy cow or a heifer. One of four cases had occurred when tagging a bull. The accidents, which occurred at handling a bull, were more severe than with other animals: half of the accidents lead to more than 30 sick days and the average number of sick days was 66 days (avg. 32 days for all 68 accidents).

In three-fourths of the accident cases animal had tossed its head or wrenched free from the handler's grip, which then had lead to the accident. Other types of events were that the handler became butted or kicked by the animal. Butting was usual when bulls were being handled. The most common consequences were that the handler was knocked down and hurt him/herself when falling and that the handler's hands or fingers were squeezed between the animal and the stall structures. Accidents as classified according to the consequences and the animal being handled are presented in **figure 1**.

Judging from the partly incomplete accident descriptions, the animal handled was seldom tied from the head. Only in 10% of the cases it is mentioned that animal was tied or that the accident took place while tying. In a further 7% nose tongs were used to restrain the animal. It is also seems that in most cases the work was performed alone. The attempt to restrain the animal only by hand and alone without help is most likely the major reason for the accidents.

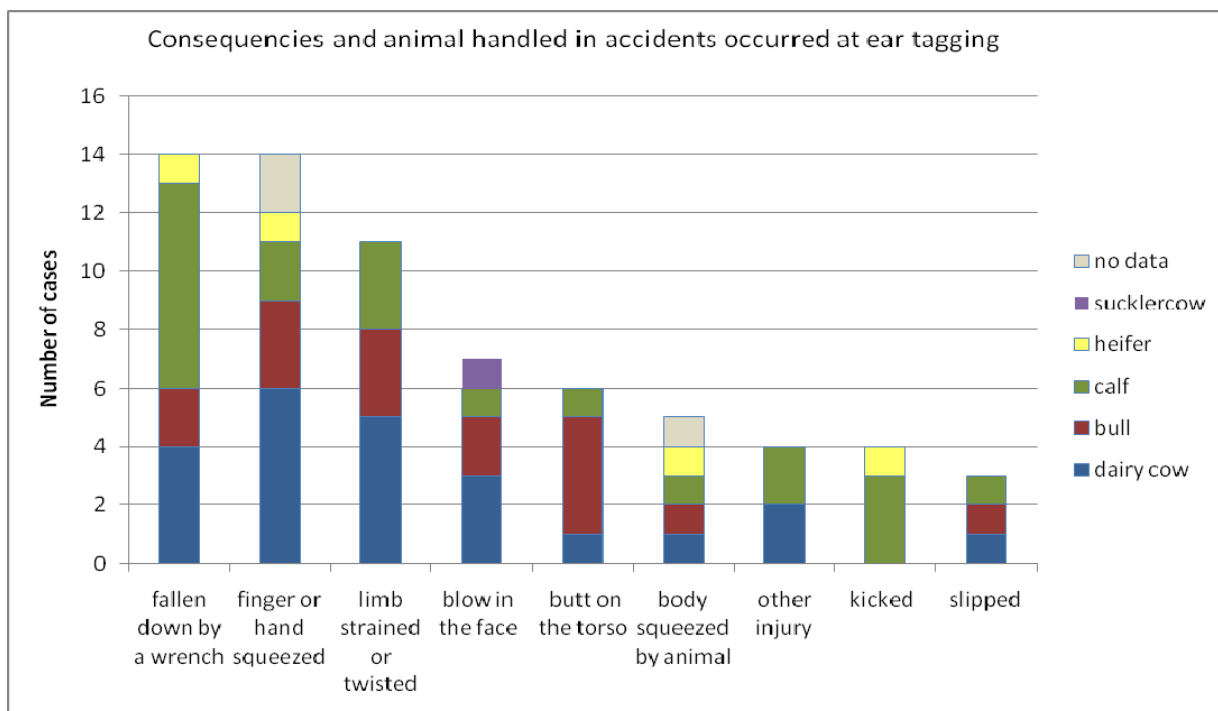


Figure 1: Accidents at ear tagging bovine animals compensated from the Finnish Farmers' Social Insurance Institution during 1998–2005, classified according to consequences of the event. Animal type being handled is presented with different colours

3.2 Study of tagging events

A total of 16 tagging events on five farms were analyzed (8 calves and 8 cows). Tagging was performed according to the normal practice of each farm. The smallest calves, which were only few days old, were not tied up on any of the farms. Two calves, which were 1–2 weeks of age, were tied to the pen fence. Five dairy cows were housed in stanchion barns and were tagged in the stall (referred later as feeding stall). All of them were tied up from the head with a halter. Two dairy cows were housed in a loose housing barn, and one of them was tagged in a lockable feeding barrier without tying and the other one was taken to a treatment stall and the head was tied with a halter. A suckler cow to be tagged was taken to a treatment chute, where it was tied from its head with a halter. Because replacement tags are rarely attached to bulls, tagging could not be studied for bulls. One reason for the situation is that the specialized bull beef farms do not have handling systems, which are the only safe way to perform tagging.

The time consumed for tagging (including the time to tie up the head when done) was 1–3 minutes for calves (two tags) and 2–3 minutes for cows (one replacement tag). Tagging was quicker a specific treatment place (1.6 min/cow) than in feeding stalls on stanchion barns (2.5 min/cow), the transfer time not included. As a whole, the postural workload was relatively small at tagging (OWAS-analyses). In the stanchion barns bent and twisted postures categorized as distinctly deleterious and extremely deleterious effects occurred for short periods when putting on the halter. Similar postures on a workload category with some harmful effect were seen also in other work phases. When tagging was done in a

treatment stall or treatment chute, the handler was able to work in a good posture for most of the time (**Figure 2**).

Considering the short duration of the work the physical load is not particularly great at tagging. However, the poor working postures can be problematic in regard to the risks involved in the work. If the animal suddenly moves unexpectedly, it is difficult to keep balance and react quickly in a poor working posture.

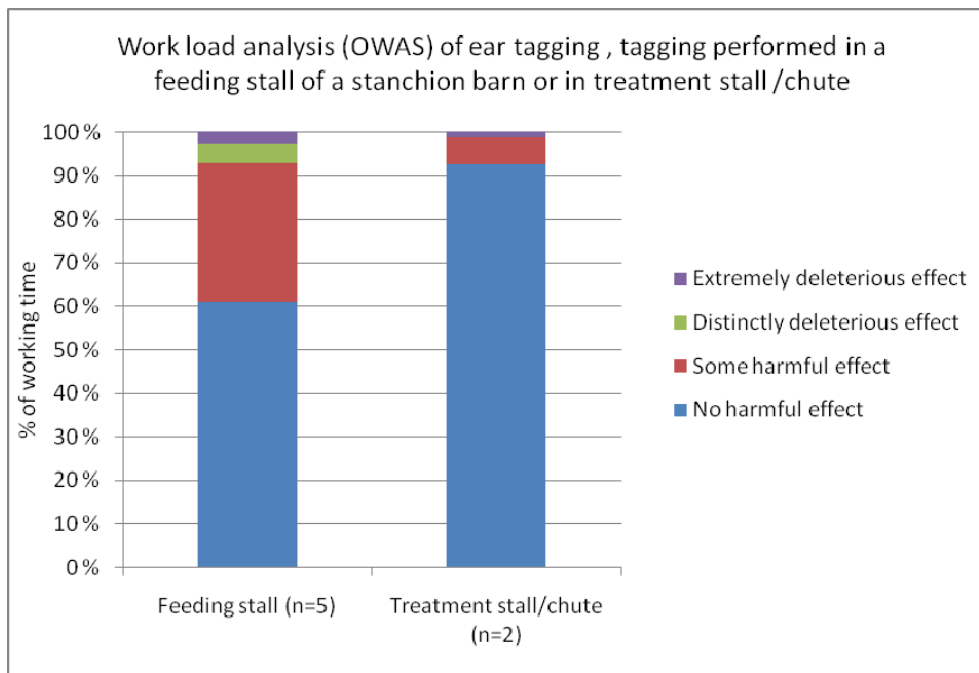


Figure 2: Work load analysis (by OWAS method) at ear tagging, when tagging was performed either in a feeding stall (stanchion barn) or in a special treatment stall or chute. In OWAS method activities are rated into four action categories in order of their strain. In the treatment places the handler was able work in a good posture for most of the time, while in the feeding stall the handler was compelled to work in bent and twisted postures

At the accident risk assessment the factors taken into consideration were the working environment, facilities, animals' ability to move, and the working postures. The smallest calves were tagged without tying up, and the calves were still too weak to give very much resistance to tagging. The risk of injury was small. However, a good grip of the calf was required to perform the procedure with success. With older calves tying up was necessary, since they had already grown up strength. They were tied to a pen fence, however, their ability to move could not be totally restrained. As a consequence some struggling took place, which made attaching the tag somewhat more difficult. Actual accident risk was fairly small, however. The handler was working alone in each case.

In stanchion barns it proved to be difficult to get the halter on, as the cow could easily stretch its head away from the handler, who was working alone in each case. The handler was often forced to work in a in a bent posture close to the cows head, which lead to an

increased accident risk. When working with horned animals, the risks were even greater. Tying did not always result in the best possible restraining of the animal, but usually the actual tagging could be performed fairly safely.

In loose housing barns one dairy cow was tagged at the lockable feeding table without being tied up. The animal (dehorned) tossed its head for quite a while, before the handler was able to set the tongs properly on the ear and attach the tag. As the tongs were pressed, the animal wrenched its head vigorously, and the handler let go of the tongs. There was a risk of arm strain involved, if she had held on to the tongs. In the treatment stall and the handling chute putting on the halter was fairly easy, because the animal's ability to move the head was already more restricted than in a feeding stall. The handler was also standing at same level with the animal, which made working much easier. Tagging could be performed fairly safely. The handlers tied the head and attached the ear tag alone, but two or three people participated in the driving the animals to the treatment places.

4 Conclusions

Accident risks in the studied cases were caused by animals directly, through the barrier structures, bad working postures, smooth surface and the feed on the feeding table. The halter type contributed to succeeding in the work and thus also to the accident risk to some extent. The greatest risks were associated with the putting on the halter on a stanchion barn. Handlers were in a risk to hit by the animal's sudden head movement and hands or fingers to get squeezed between the animal and the stall structures. Handlers were working alone, which is never recommended when handling animals. A second person could have helped in the work and made the risks smaller.

The key to safe animal handling is never to overlook the dangers of the work. With an assisting person the work is safer and easier. A halter is required to restrain the animal's head. Extreme caution should always be used when moving within the animal's head zone. Handling is always easier and safer in a special handling chute or other treatment stall. The animal is in better control, the work postures are better, and the surroundings for work can be secured. For slaughter bulls a handling system with races, forcing pens and handling chutes is the only safe way to attach ear tags. However, a proper handling system is lacking on most Finnish beef farms.

Workload in alternative keeping systems for laying hens

Tatjana Winter, Stefan Linke, Torsten Hinz

Johann Heinrich von Thünen - Institut (vTI), Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany
e-mail: tatjana.winter@vti.bund.de

1 Introduction

Due to the European ban of conventional cages for layers alternative systems are pushed and new systems are developed. These systems must follow the intentions of the society concerning high animal welfare. Nevertheless for evaluation of different systems requirements of protection of work and environment should not be neglected.

With this concern four stables, three commercial farms and one experimental stable as reference, are investigated in a still running study. Emissions of particles and ammonia in and from the stables are measured once each month. A 24h monitoring is added for each stable once in a quarter of a year to have the opportunity to indicate how the spot measurements reflect the course of a day. Measurements are carried out at a centre location in the stables to get information on long term variations in the different systems.

In this paper measurements are presented only which are focussed to the workload of farmers against ammonia and health related particle fractions.

2 Methods and Materials

Concentration of airborne particles and ammonia were measured in an aviary with integrated litter space (1), a floor keeping system with integrated litter space (2), a floor keeping system with outdoor access (3) and a furnished cage system (4). The particular data for the different systems are given in **table 1**.

Table 1: data of the investigated systems

keeping system	stocking	litter	manure management
1	900	sand/wood shavings	manure belt, weekly
2	8000	horselitter/wood shavings	storage inside
3	3000	without	storage inside
4	1500	without	manure belt, weekly

All stables are force ventilated and artificially lighted with special programs for day and night.

From the systems with storage inside the stables the manure was removed together with the birds after the laying period.

As an additional hygienic effect the stable with the furnished cages was swept daily.

The birds were from the line Lohmann SLS and Lohmann brown.

The following instruments were used to measure concentration of ammonia and different fractions of particles according to the health related definitions of EN 481 (1993), **table 2**

Table 2: experimental set up

contaminant	instrument	principle
ammonia	multi gas monitor Innova 1302	opto acoustic
thoracic dust ^α	TEOM 1400a	online balancing
respirable dust ^β / thoracic dust ^α	Grimm optical counter 1.105	light scattering

^α (PM10) equivalent to thoracic ^β (PM4) abbreviation for respirable dust

All measurements with occupational concern were carried out at one position in the centre of the barns in a height of 1.5 m above the ground floor. **Figure 1** gives an impression of the set up in the floor keeping system with outdoor access.



Figure 1: experimental set up in the floor keeping system with outdoor access

All these measurements were repeated monthly. Each single measurement shows a spot for 1h duration kept always at noon. Measuring at the same time in the course of a day should ensure comparability between the different systems. By an additionally 24h monitoring the spots are classified with respect to the average of a total day and the dark and bright time periods. Figure 1 and **figure 2** show typical courses of a day for ammonia in the floor keeping system with outdoor access respectively PM10 in the aviary with integrated litter space. Each column represents an average of 1 hour. For ammonia day and night time averages a quite similar and are fitted by the spot measurement at noon rather well with a little overestimation. The situation is substantially different for PM10. Depending on the activity of the birds average for day time is much higher than for the night. Spot measurements reflects to day average with an acceptable portion of underestimation. With view to the air quality during farmers working time in the stable these results are sufficient enough for estimations and comparison.

Seasonal effects should be aware by repetitions after a quarter of a year.

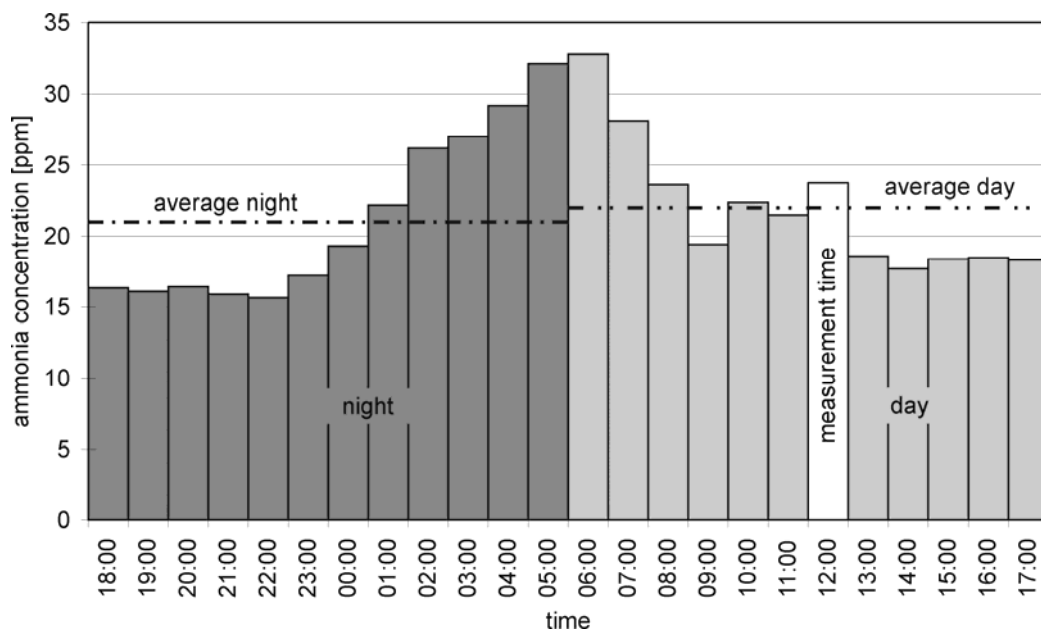


Figure 2: representative measurement time in a daily course of ammonia in the floor keeping system with outdoor access

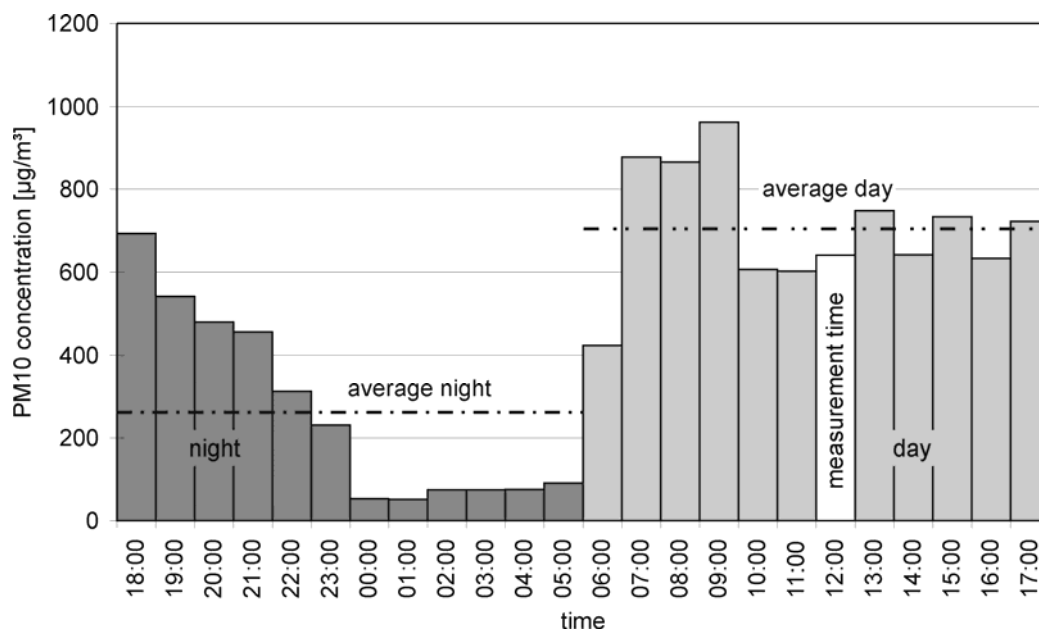


Figure 3: representative measurement time in a daily course of PM10 in the aviary with integrated litter space

3 Results

In the following the results are presented for each contaminant in the single stables basing on 24h monitoring and the spot measurements. The concentration levels in the different keeping systems will be compared and evaluated with respect to given or wanted occupational limit values. That means 20 ppm should not exceeded for ammonia and $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for the respirable fraction (TIERSCHUTZ-NUTZTIERHALTUNGSVERORDNUNG 2006, BGIA-REPORT 2008). While these values were mainly kept by PM, ammonia sometimes increased significantly particular in winter. Also the diurnal profiles differ for both contaminants in general, **figure 4** and **figure 5**. While ammonia showed more or less smooth profiles PM concentration showed the typical course for all stables as given in the example of **figure 3**

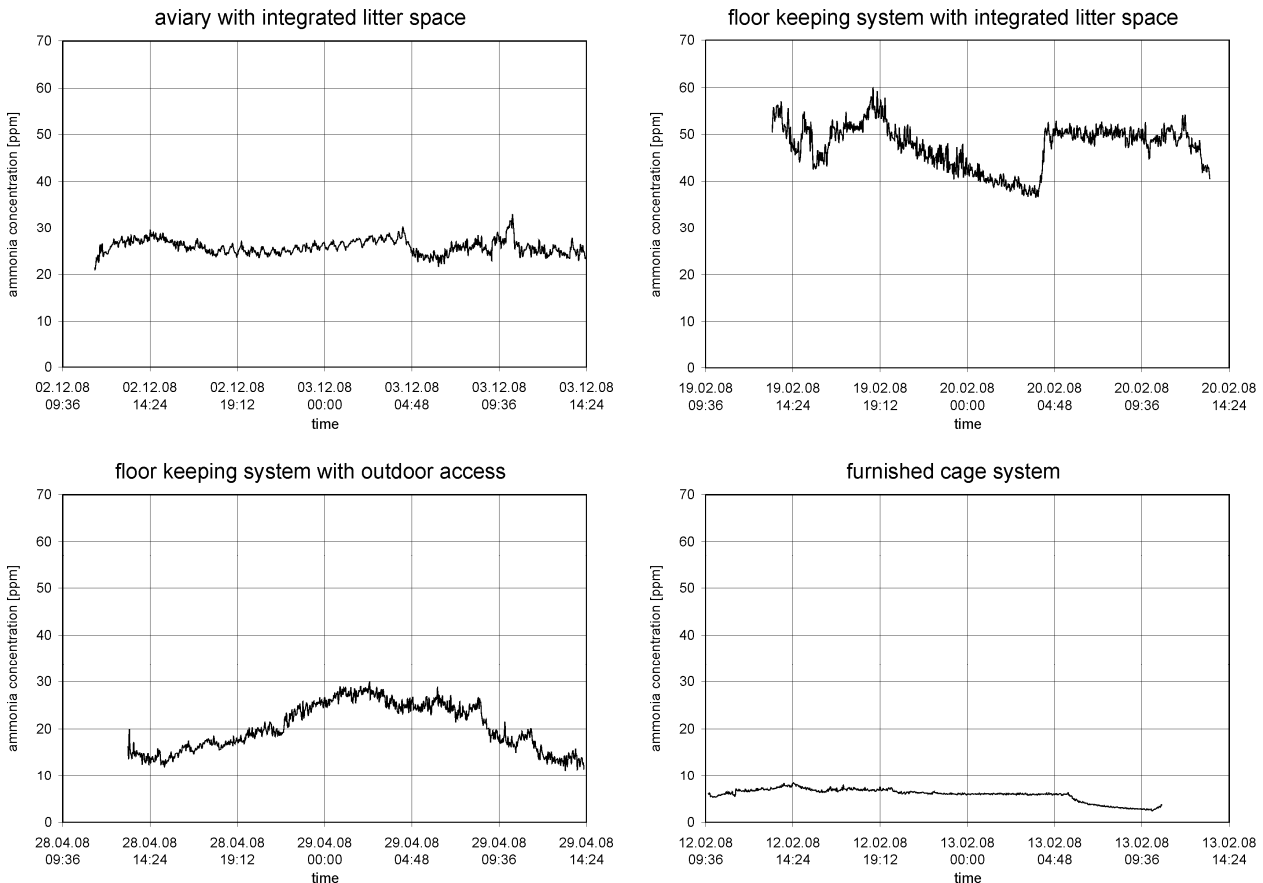


Figure 4: typical course of ammonia concentration during a day in the four alternative housing systems

The diurnal profiles of figure 4 show levels of concentration in the range between 5 ppm and 60 ppm. In the furnished cage system significant lower values were observed. One reason might be the system but another reason is to see in the stable management with an sophisticatedly high hygienic demand. This stable is part of a research facility in contrast to the other stables which are operated commercially. It is the onliest stable which kept the 20 ppm limit all over the time of observation. Especially in the stable with the floor keeping system with integrated litter space the values exceeded dramatically. One explanation can be given by the manure management storing inside for the period of laying, the ventilation strategy and at last the size of the stock.

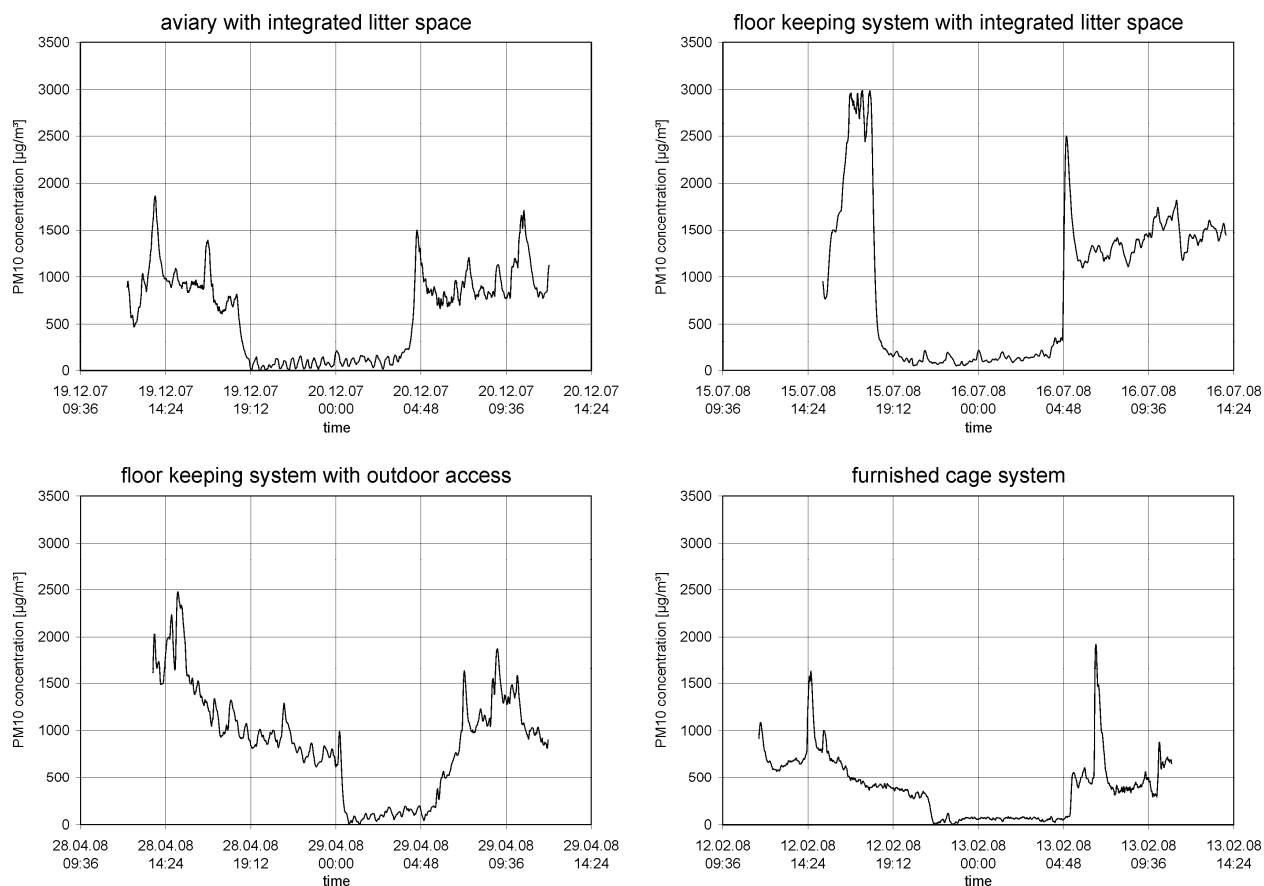


Figure 5: typical course of PM10 concentration during a day in the four alternative housing systems measured with TEOM

The diurnal profile of PM10, see figure 5, are similar for all stables. The daily decrease and increase of PM concentration depends on light programme- light on light off.

A particularity was observed for the floor keeping system with outdoor access with a very short night time level. This stable is illuminated by artificial and natural light through windows.

Dust emissions in animal husbandry is mainly caused by activities in stable by the animals and farmers. **Figure 6** gives an example of detected man related events in the stable. Short termed peaks reached values up to 1800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in a profile with an average of 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

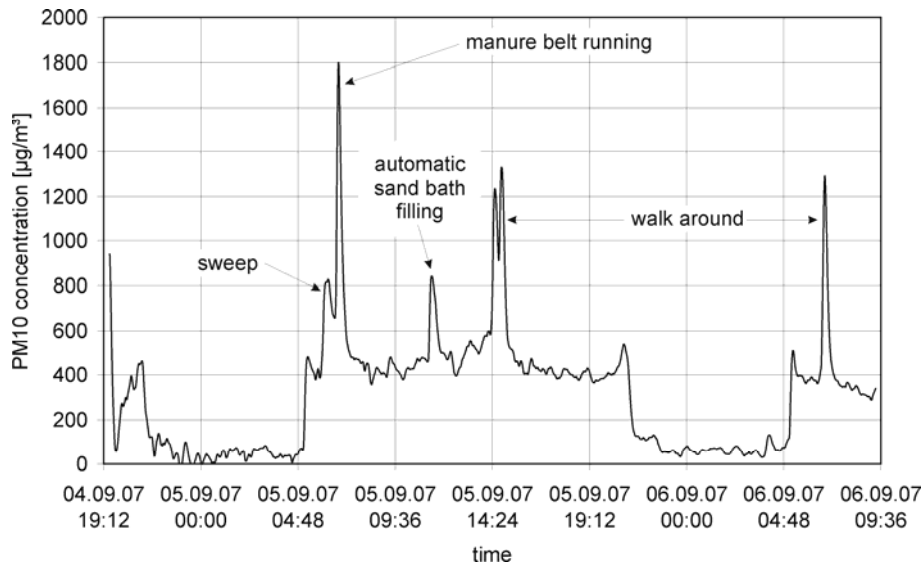


Figure 6: detectable activities in the course of PM10 concentration in the furnished cage system

In general these values are already lower for PM10 than the limit value for PM4. Considering the ratio of PM10/PM4 as given in **table 3** there is no negative impact on human health to expect from the view of particle concentration.

Table 3: ratio of PM10/PM4 measured in all stables

month	System 1	System 2	System 3	System 4
Sep. 07	3.10	3.59	3.72	3.44
Nov. / Dec. 07	3.23	3.13	3.23	3.55
Feb. 08	2.98	-	3.65	3.54
Apr. 08	-	-	3.26	-
Jun. / Jul. 08	2.69	3.98	3.99	3.06
Aug. / Sep. 08	3.32	-	-	3.37
Dec. 08	2.69	2.50	2.28	-

One target of the study is the comparison of the different alternatives to cages. In **figure 7** the results of the spots from 2007 to 2008 are presented.

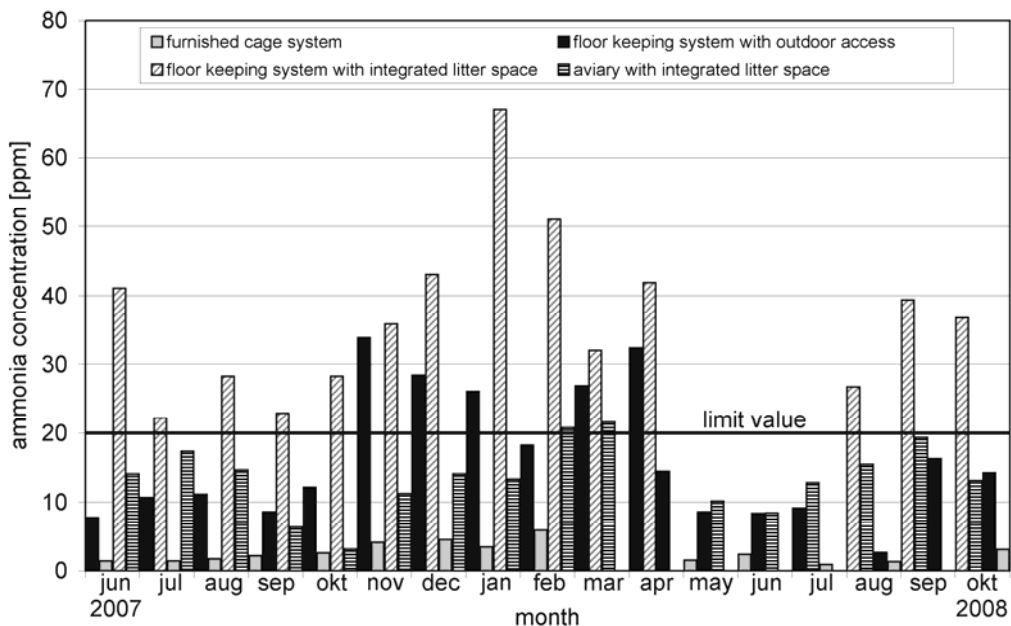


Figure 7: ammonia concentration for all stables evaluated with the 1h measurement

As mentioned above the furnished cage system showed the lowest and the floor keeping system with integrated litter space the highest values.

Its clear observable that this system did not keep the 20ppm limit all over the observed time while the furnished cage did it. The other both systems kept the line in summer and exceeded in winter. This seasonal dependency shows **figure 8** in a box and whiskers plot for example of the floor keeping system with outdoor access.

In winter the limit value was exceeded and the variations were wider than in summer.

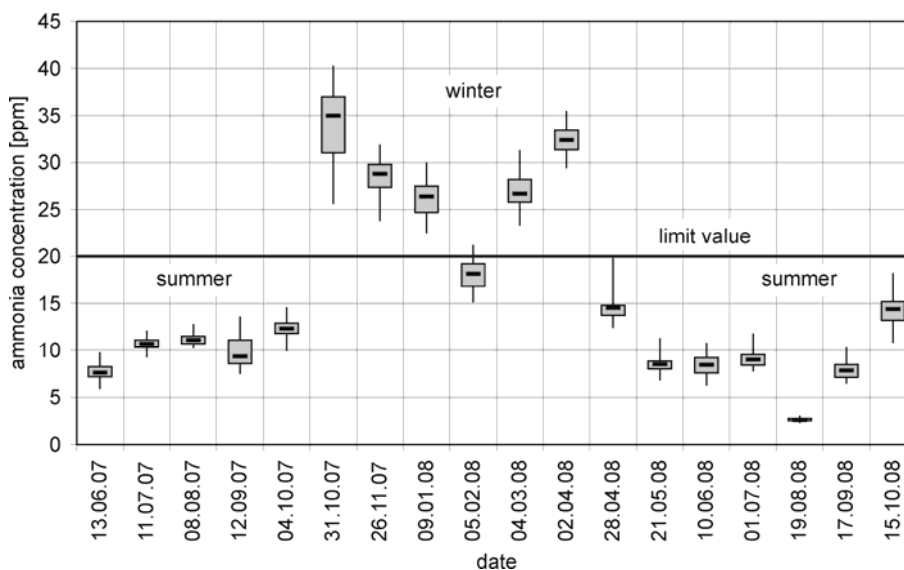


Figure 8: box and whiskers plot of the ammonia concentration in the floor keeping system with outdoor access with view to seasonal deviations

4 Summary

Following new regulations concerning keeping layers new systems must be created.

Possible impacts on farmers health must be considered. In a still running study four alternatives are investigated, evaluated and compared. For this concentration of airborne contaminants- ammonia and PM - were measured inside the stables.

Different levels were found for ammonia and PM concentration in the alternative keeping systems.

Ammonia ranged from 5 ppm to more than 60 ppm.

PM was almost below $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ for all considerable fractions.

Acknowledgment

This research project was funded by the German Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) through the German Federal Agency for Agriculture and Food (BLE).

5 Literature

EN 481 (1993): Workplaces atmospheres; size fraction definitions for measurement of airborne particles; German version.

TIERSCHUTZ-NUTZTIERHALTUNGSVERORDNUNG in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. August 2006 (BGBl. I S. 2043), geändert durch die Verordnung vom 30. November 2006 (BGBl. I S. 2759)

BGIA-REPORT (2008): Grenzwerteliste 2008. Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit. BGIA – Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

Management of labour time on farms

Tarmo Luoma, Eerikki Kaila, Veli-Matti Tuure

TTS Research, P.O. Box 5, FI-05201 Rajamäki, Finland
e-mail: tarmo.luoma@tts.fi

Abstract

The total amount of labour time increases on expanding farms. For the reason of economy and farmers' well being it is profitable to estimate labour time requirements on farms of all sizes. Control over labour time requirements is an important part of farm management. A farmer can influence these requirements in many ways by making selections while planning the production on his/her farm. There are several factors affecting labour time requirements; for example field parcel size and distances, work methods, machinery and extent of the production. Especially many animal production farms are lacking for skilful labour force. Thus, it is necessary to evaluate the production volume that is possible for the farm staff, and for example to foresee when the help of contractors is needed.

TTS-Manager labour time planning tool assists to determine the total annual labour time on a farm, and to compare labour time requirements between different working methods, machinery and automation alternatives. The planning tool was developed by TTS Research in cooperation with ProAgria Association of Rural Advisory Centres and MTT Agrofood Research Finland's Economics Research. It was initially launched in 2007. The functionality of the program was improved and the contents enlarged in spring 2008.

The programme combines standard time data of various work methods, production volume information and data from an individual farm. In the new version of the programme it is possible for the user to select the level of work efficiency (low, moderate, high), based on the material from time studies. New Finnish standard times, for example in crop harvesting, seeding and handling of silage by mini loaders, have been added into the programme. Because there is a big need on enlarging farms to get knowledge of large scale methods and machinery, which have not been studied on Finnish farms yet, also some foreign standard times have been included into the programme with identifiable background colour. In addition, the user can always revise input time data values if desired.

As result TTS-Manager calculates labour time requirements per production unit (min/ha or min/animal/day) and totally per year (h/year). Labour time tables show summaries of labour time requirements for various products. Interfaces allow tables to be transferred to other applications. The timeline shows the amount of farm work in the period of one year.

The tool can be utilised by farmers and advisors as well as researchers. According to the feedback received from the users it is considered as a useful tool in farm management. TTS-Manager is a stand alone program in Windows operating system. Operating lan-

guage is Finnish. Updating and maintenance are done by TTS Research. More information about TTS-Manager is available on internet in Finnish at TTS homepage: <http://www.tts.fi>.

1 Introduction

Finnish farms are still relatively small and only a small number of them are big. Farms are mainly operated by family labour and the manager is also mainly responsible for production activities in practice. However, the mean size of a farm has increased clearly during several last decades (KUJALA 2007). In 2007 the average area of arable land was 34.37 hectares in the whole country, seven years earlier (in 2000) only 27.97 hectares (MMM 2009). Farms over 200 hectares have become more and more general. At the same time the number of farms has decreased significantly and the relative proportion of animal breeding farms has decreased. Although the labour input in agriculture has decreased under last decade, the total agricultural production has been on the same level. Thus, the total labour time requirement has increased on expanding farms although the work amount per production unit has decreased in larger units. Thereupon increased labour time is the disadvantage which is most often mentioned by the farmers who have enlarged their production (RISTILUOMA *et al.* 2003).

It is a fact that while enlarging production on a farm, economy is traditionally in the focus, and only little attention has been paid to the labour time needed. However, farmers have to make several various decisions regarding the farm machinery and working methods, which have direct effects on the amount of labour time. Since 2007 there is a handy Finnish planning tool available for farmers to estimate beforehand labour time needed and to relieve decision making for example when they are deciding whether to renew, renovate or extend their production buildings or when they are planning to change production or renew machinery.

The tool for labour time planning on farms – TTS-Manager – was developed at TTS Research (Work Efficiency Institute) during the years 2004 – 2006 in co-operation with ProAgria Association of Rural Advisory Centres and MTT Agrifood Research Finland's Economics Research. The work was financially supported by The Finnish Workplace Development Programme TYKES (Ministry of Labour).

TTS-Manager calculates the amount of total work time on different kind of farms. Calculations made by TTS-Manager will assist farmers to choose the technically suitable, economically profitable and manageable combinations for a specific production and farm size. The database of TTS-Manager includes the most important production lines and work methods of Finnish agricultural production. In animal husbandry main production lines are dairy husbandry, pig husbandry and beef production. In plant production main products are cereals, potato, sugarbeet and grass fodder. Users of the

program are able to add also other animals, crop products and special works into work time calculation. The amount of labour time and schedule of those works are estimated and added into calculation by the user.

The structure of the program

The program consists of four main parts; initial data, calculation procedure, results in timeline and results in tables (**figure 1**). This program combines standard time data of various work methods, production volume information and data from an individual farm. User of the program has to fill in data concerning production volumes (cultivated area, number of animals), labour force and various farm variables e.g. plot size, driving speed and distances between farm buildings and plots. In the database of TTS-manager there are several default values e.g. yield levels and feed amounts per animal. User of the programme can change default values if there is a need.

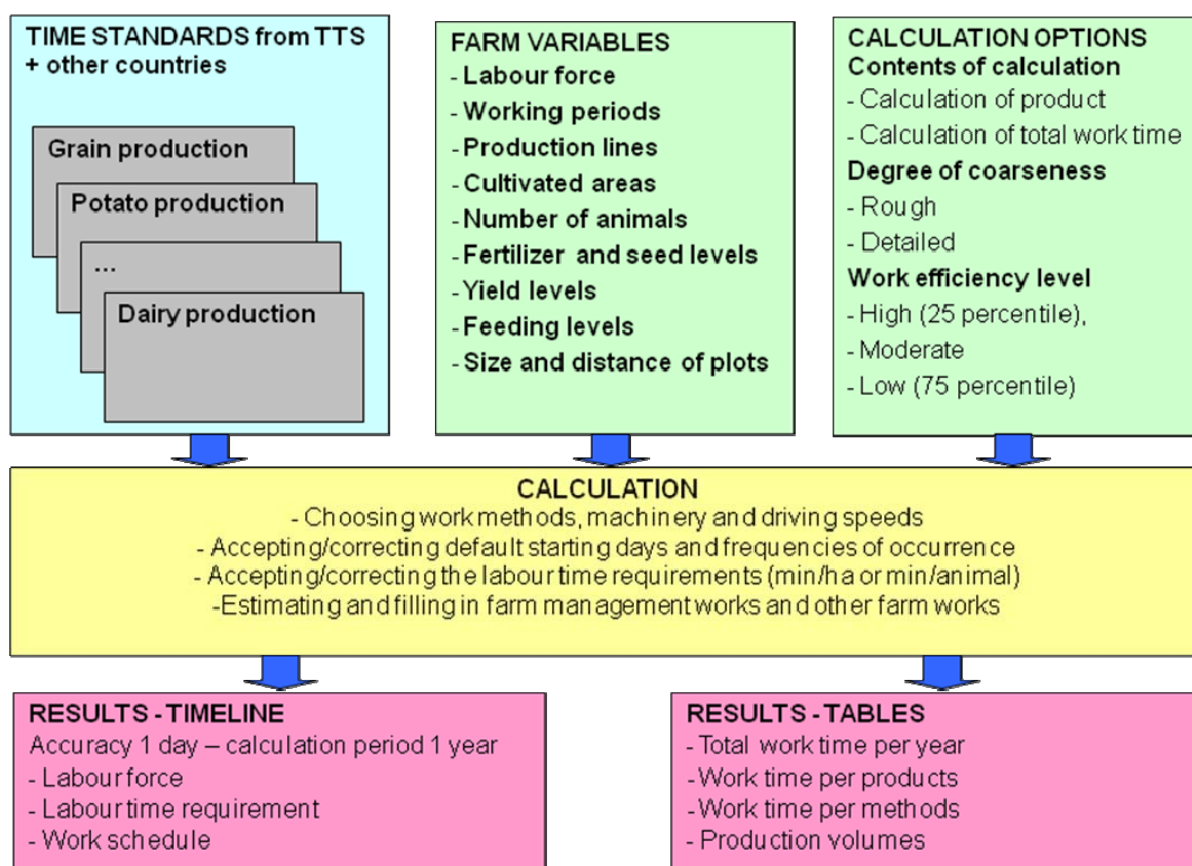


Figure 1: The main structure of TTS-Manager. The programme consists of four main parts: initial data, calculation procedure, results in timeline presentation and results in labour time tables

The use of the programme

In calculation procedure user of the program selects work methods, machinery, driving speeds and frequency of occurrences from scrollmenus (**figure 2**). Calculation procedure combines automatically standard time data of various work methods, production volume information and data from an individual farm. As result TTS-manager calculates labour time requirements per production unit (min/ha or min/animal/day) and totally per year (h/year). In crop production program suggests as a default suitable starting days to different field works which are used to place works on timeline.

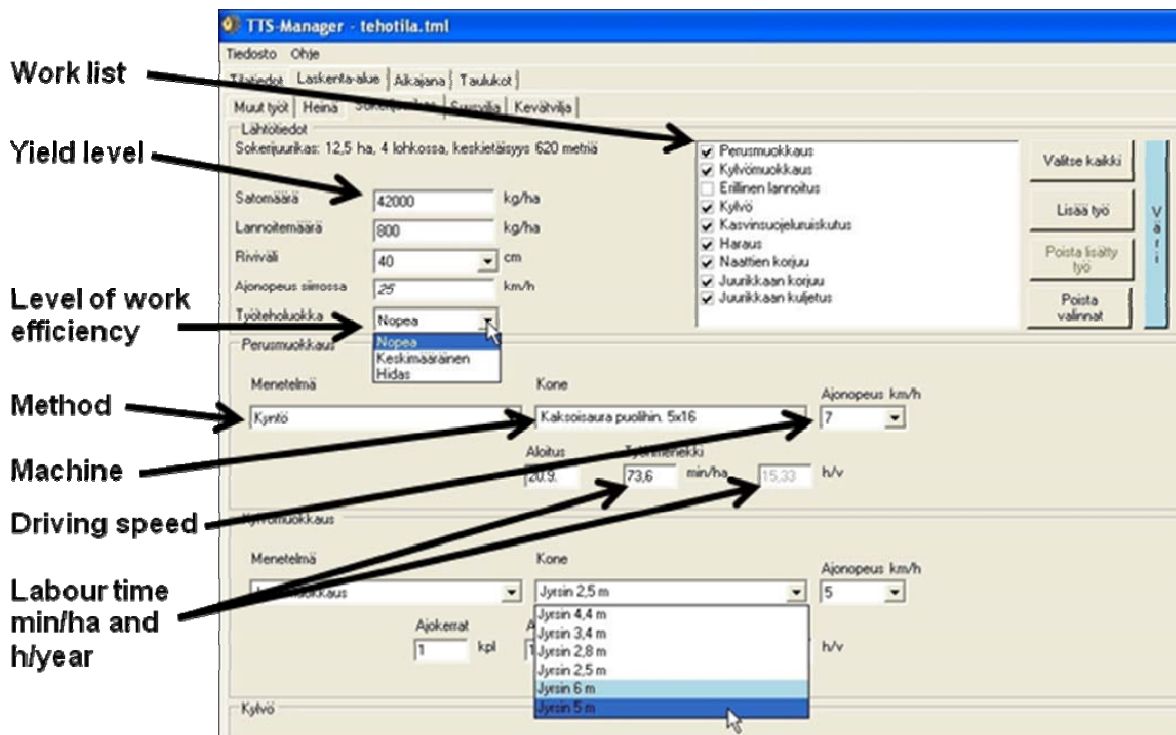


Figure 2: A view of the calculation area. Machines in scrollmenus that are not included in Finnish database of standard times are marked with different background colour

The timeline shows the amount of farm work in various periods of the year. Accuracy of timeline is one day and calculation period one year. If there is labour force available to work, program schedules different works to timeline depending of timing and frequency of occurrence. The priority varies between different works e.g. animal husbandry works are done daily before plant production works. It is easy to see from timeline, if there is too much work to do in proportion to labour force available. In that case only high priority works will be done in time and less priority works will be postponed or leaved out of timeline.

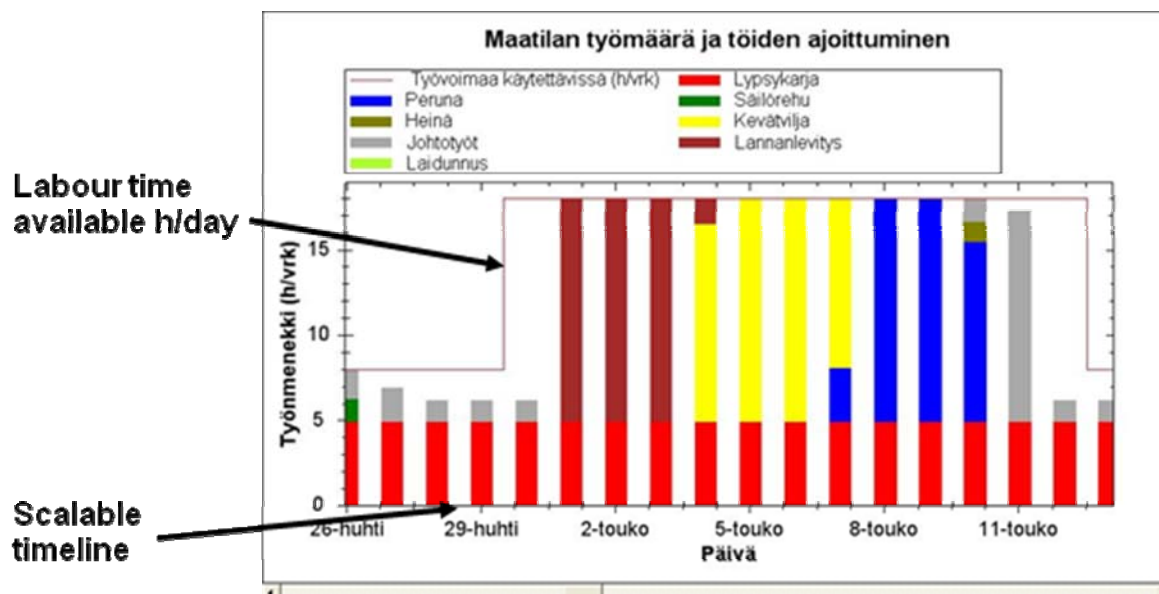


Figure 3: An example of the timeline. Various tasks are marked with different colours

Labour time tables show summaries of labour time requirements in various production lines. There are also summary tables of total labour time on a farm. Users can make comparing calculations with different labour force available, production volumes, farm variables or different choice of working methods or machinery. Interfaces allow tables to be transferred to other applications e.g. to spreadsheet.

Priorities of farm works

There is a certain order of priority of farm works in the program. The program uses order of priority to put different works in timeline day by day. Work with the highest priority of all farm works is put first in timeline day by day and then other works with lower priority if there is still labour force available in that day.

The order of priority is fixed and user of program can't change it. Daily animal husbandry works (feeding, milking, manure removal) have the highest priority. Plant production works in peak periods have second highest priority (KLEMOLA *et al.* 2000) and then other plant production works and other farm works.

Users of TTS-Manager

The tool can be utilised by farmers and advisors as well as researchers and students. By now educational institutions seem to be the most active users. All the agricultural advisors specialised on economy have TTS-Manager available in their tool box. According to the feedback received from the users it is considered as a useful tool in farm management.

New properties of TTS-Manager

In April 2008 the new version (1.2.1) of the programme with more standard time data and more machine alternatives was released. In version 1.2.1 there were also time data from other countries (Germany KTBL, Denmark Farm Test/Danish Agricultural Advisory Service, Sweden SLU).

Time standards calculated and published by TTS Research are based on time studies made on Finnish farms by TTS Research. Finnish farmers who are enlarging their production need time data from working methods and machine that are not yet widely used (and at the same time researched) in Finland. That was the main reason to expand TTS-Manager time data outside time standards produced by TTS Research. Especially there are now time data from large milking parlours (carousel, side-by-side) in TTS-Manager.

The totally new property for new TTS-Manager version was work efficiency level. Now there are three different work efficiency levels: high, moderate and low. Time standards are based on results from time studies. Earlier only the average values of results have been published. Now also 25 percentile and 75 percentile have been calculated from time study data. 25 percentile has been defined as high level, average as moderate level and 75 percentile as low level. Users of the program are now able to see the range of work times better than earlier.

There are many items in TTS-Manager where there has been made improvements in the usability and functionality of program. Still the program is under the development. New version of the program will be published annually and there are already some development trends for the future.

Development trends for the near future

The next upgrade of TTS-Manager will be launched in March 2009. There will be some new properties in the next upgrade.

Farm management has an important role and it can take a significant part of the total work time on a farm (MORIZ 2007). The research project about farm management works has been carried out in TTS Research in 2006 - 2008. The aim of this study was to create a systematic classification of farm management work, find out the best practice how to collect the time data, and produce standard times for managerial work in agriculture. The main results of this research project will be added in the next version of TTS-Manager.

So far TTS-Manager shows only human working times (man-hours per day or year). Next version will also show annual operating hours for field machines and tractors. These results are useful e.g. for planning machine investments and determining whether to use own machine or to hire the contractor to do field works.

2 References

- KLEMOLA E., PIHAMAA P., HEIKKILÄ A.-M. (2000):** Planning production and the use of the workforce on an expanding dairy farm. Työtehoseuran julkaisuja 375, 1-88
- KUJALA S. (2007):** Suomalainen maatila. In Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2007 (Eds J. Niemi & J. Ahlstedt), Agrifood Research Finland, Economic Research, Publications 107, 20-23
- MMM. (2009):** Farm register. Matilda (Information Service of Agricultural Statistics in Finland). Available in Internet: <http://www.matilda.fi>
- MORIZ CH. (2007):** Arbeitszeitbedarf für die Betriebsführung in der Landwirtschaft – ein kausal-empirischer Ansatz für die Arbeitsweitemittlung in der Milchviehhaltung. In Proceedings of the 15th Seminar of Work Science in Agriculture (Eds G. Aschenbrenner & E. Quendler), pp. 383-387. Vienna, Austria: Institut für Landtechnik der Universität für Bodenkultur
- RISTILUOMA R., SIPILÄINEN T., KANKAANHUHTA K. (2003):** Kirjanpitolojen viljelijäkyselyn tulokset ja maksuvalmius. Agrifood Research Finland, Economic Research, MTT:n selvityksiä 39, 1-77

Economical Evaluation of Greenhouse Layout Design

Moshe Eben-Chaime^{1,*}, Avital Bechar^{1,2}, Ana Baron¹

¹Department of Industrial Engineering & Management, Ben-Gurion University, P.O. Box 653, 84105 Be'er Sheva, Israel

²The Institute of Agricultural Engineering, ARO, Bet Dagan, Israel

*Corresponding author at e-mail: even@bgu.ac.il

Abstract

Greenhouse design literature over the past 3 decades aimed at increasing the yield of individual plants by optimizing climatic conditions: radiation, temperature, moisture and gas (e.g., air, CO₂) distribution and flows in the greenhouse space. Factors, which while essential, are insufficient to guarantee economical success. As noted by one author, "Far too often, the grower, find himself locked into an inefficient operation if he has not spent some time to arrange structures properly," but "explanation of suitable layouts is difficult to find in the horticulture literature." In response to this need, an approach is proposed to evaluate layout design by the resultant annual operational profit. The applicability of the proposed approach is demonstrated via numerical analyses of the layout design of a 1-hectare greenhouse for pepper growing using the Holland-method. Evidently, the layout design can have significant effect on the economical efficiency of the greenhouse – annual profit increases by, at least 12%, and up to 40%!

1 Introduction

This study introduces the concept of economical efficiency into greenhouse design. "*Greenhouse production remains the most intensive agricultural process known. It is intensive in terms of labor. It is intensive in terms of capital...*" (HANAN 1998) Both, labor and capital are highly affected by the layout of the greenhouse. Thus, greenhouse layout design is critical to the economic outcome of its operation. This study aimed at developing practical tools for farmers who design a new greenhouse or redesign an existing one.

Greenhouse design literature over the past 3 decades aimed at increasing the yield of individual plants by optimizing climatic conditions (e.g., WEIHONG *et al.* 2005, SHKLAYR & ARBEL 2004, GUPTA & CHANDRA 2002, ALI & EL-MANSY 1990). Yet, this may not be enough. "Far too often, the grower... finds himself locked into an inefficient operation if he has not spent some time to arrange structures properly," but "Explanation of suitable layouts is difficult to find in the horticulture literature." (HANAN 1998) In response to this need, a scheme to evaluate layout design by the resultant annual operational profit is proposed. To increase

accessibility, spreadsheet software that is available on any computer is used for the calculations (EBEN-CHAIME *et al.* 2007). In this paper, the calculations are presented.

A major advantage of greenhouses over open area is higher area utilization – higher yield per area unit. This advantage, however, has a price – it requires a proper and costly infrastructure and maintenance. Thus, area utilization should be maximized by reducing unused area to minimum. Another vital factor is labor. In an early survey during the mid 1970's, growers attributed approximately 25% of plant production costs to labor (ALDRICH & BARTOK 1992). NELSON (1991) estimated labor contribution to the total costs at 34.81%. Greenhouse operational costs of various types of crops and in different places on the globe are listed in Table 1-5 of HANAN (1998). Despite all differences and the large variability in absolute magnitudes, labor contributes about 40% of the operation cost, in all cases! Namely, not only labor is the largest single cost contributor, its share in total cost increases along the years. In horticulture, until after harvesting, all resources – workers, sprayers, etc. must come to the plant – to each and every one of them! This dramatically slows down the work and increases its cost. Generally, the more pathways, the shorter are the walking distances and the less the time spent on travels.

Here lies the conflict: pathways reduce area utilization but increase labor utilization. Consequently, the farmer should tradeoff between area, labor and perhaps other resources' utilization in order to maximize his profit. "*Planning ... provides an opportunity to arrange facilities for efficient space utilization, to achieve higher production capacity, and to better use labor.*" (ALDRICH & BARTOK 1992) In the sequel, a model is developed to calculate various cost and gain figures as functions of design factors to allow comparisons between alternative layout designs.

2 Economical evaluation of greenhouse layout design

Greenhouse area configuration – layout design includes: (1) direction, number and length of rows, (2) the main passage/aisle and (3) other passages. However, given the greenhouse structure, distance between plants and distance between rows, once the aisles' widths are determined, the other figures – number of rows, row length, etc., follows. What does matter is the fact that each side of a plant faces a different row. Thus, each plant has to be visited twice – once on each side. The layout design is evaluated by the resultant annual profit – the expected income from sales less costs: construction, seedling, labor and other costs. The following notations are used.

Parameters

- w - the distance between rows, v - The distance between plants,
 l - container capacity [kg], z - handcart capacity [containers],
 o - the average weight of a pepper, H - Hourly rate of a worker,
 q - Cost of one seedling, c_f - forecast of sale price [€/kg],
 u - number of seasons in a year C_1 - annual building cost
 K - the average total yield of one plant in a season, [kg/plant] ,
 σ - standard deviation of the total yield of one plant in a season, [kg/plant],
 t - the duration of harvesting a single fruit (including picking, containers loading, cart pushing, exchange of containers in the individual handcart),
 P - an average pace of a worker's movement, km/hour,
 e - average duration of a single containers exchange,
 k - number of harvesting days in a season,
 C_4 - other expenses (equal value for all versions).

Variables

d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 - Width of pathways in the greenhouse. (See **Figure 1**)

General Calculations:

1. The number of plants along the length of a row: $L = \left[\frac{(a \times n) - d_2 - d_4 - d_5}{v} \right] + 1$
2. The length of a row: $\ell = v \cdot (L - 1)$ [m].
3. The number of plant rows: $g = \left[\frac{(b \times m) - d_1 - d_3}{w} \right] + 1$.
4. Total number of plants in the greenhouse: $N = L \cdot g$.

Yield and Income:

5. The average daily harvest from **one side** of a plant: $y = \frac{K/2}{k}$ [kg].
6. Standard deviation of the daily harvest from **one side** of a plant: $s = \frac{\sigma/2}{k}$ [kg]
7. Harvest forecast in the greenhouse in a season: $F = N \cdot K$ [kg].
8. Daily harvest forecast in the greenhouse: $f = \frac{F}{k} = \frac{135,059}{34} = 3972$ [kg].
9. Annual revenue forecast: $C_0 = F \cdot u \cdot c_f$ [€].

Seedling cost:

10. Cost of all seedlings: $C_2 = q \cdot N$ [€].

Labor Cost:

11. Daily harvest in terms of containers: $Y = \frac{f}{I}$ [boxes].

12. Total duration of harvesting (excluding containers unloading): $T_0 = \frac{f}{o} \cdot t$ [hours]

13. An average No. of filled containers in a row: $Z = \frac{L \cdot y}{I}$ [boxes].

14. Standard deviation of number of filled containers in a row: $\sigma_Z = s \cdot \frac{L}{I}$ [boxes]

15. The number of replacements of full containers by empty ones.

This is the only number that results, not only from the layout design but from the working policy, too. Consequently, the calculations should be modified in accordance to the policy used.

The following policy is assumed herein: upon completion of **one side** of a row, if the number of full containers, x , is smaller than $z/2$ – half of the number of containers on the hand-cart, the worker continues to harvest another row without replacing them; otherwise, the full containers are replaced. Of course, when all containers are filled inside a row, the worker must exit the row and replace them. Thus, two numbers are estimated:

N_1 . Number of rows with container replacements upon row completion.

N_2 . Number of rows with container replacements inside the row.

$$N_1 = \left[2g \cdot \left(P\left(\frac{z}{2} \leq x \leq z\right) + \frac{1}{2} \cdot P\left(x < \frac{z}{2}\right) \cdot P\left(x < z - \left(\frac{z}{2} - 1\right)\right) + \frac{1}{3} \cdot P\left(x < \frac{z}{2}\right) \cdot P\left(x \geq z - \left(\frac{z}{2} - 1\right)\right) \right) \right]$$

$$N_2 = \left[2g \cdot \left(P(x > z) + \frac{1}{3} \cdot P\left(x < \frac{z}{2}\right) \cdot P\left(x \geq z - \left(\frac{z}{2} - 1\right)\right) \right) \right]$$

16. The average travel distance of workers along the row: $\ell_1 = \frac{1}{4} \cdot \ell$ [m]

Assuming that the worker always walks to the nearest end of the row.

17. The average travel distance of the workers from the end of a row to the container pool (rose lines in Figure 1). This distance depends on the configuration. In case of a single container pool with no central passage as in Figure 1b,

$$\ell_2 = \frac{1}{2} \cdot ((b \times m) - d_1 - d_3) + \frac{1}{2} \cdot \ell \quad [\text{m}].$$

In cases of a single pool in the middle of a central passage, or two side passage (instead of a central one) with a container pool in the middle of each,

$$\ell_2 = \frac{1}{4} \cdot ((b \times m) - d_1 - d_3) \quad [\text{m}].$$

18. Average worker's travel time when containers are out at the end of the row:

$$T_1 = \frac{2 \cdot N_1 \cdot \ell_2 / 1000}{p} \text{ [hours]},$$

where $2 \cdot N_1 \cdot \ell_2$ is total travel distance of a worker from the end of a row to a container pool for exchanging containers and then walking to a new row.

19. Average duration of worker's travels when container exchange occurs inside a row:

$$T_2 = \frac{2 \cdot N_2 \cdot (\ell_1 + \ell_2) / 1000}{p} \text{ [hours]},$$

where $2 \cdot N_2 \cdot (\ell_1 + \ell_2)$ is the total travel distance of the worker from inside a row to a container pool for exchanging containers, and back to the row.

20. The duration of harvesting (without tractor participation at the beginning and the end of the day): $T = T_0 + T_1 + T_2 + T_3$ [hours].

21. Annual labor cost of harvesting: $C_3 = T \cdot H \cdot u \cdot k$ [€].

22. **Annual operational Profit:** $W = C_0 - C_1 - C_2 - C_3 - C_4$ [€]

3 Computational results

To illustrate the significance of area configuration, four configurations have been compared – **Figure 1(a) – 1(d)**. Parameter values were taken from the annual report of the Israeli Ministry of Agriculture for the years 2001, 2005 and an actual 1-Hectare greenhouse whose layout is shown in Figure 1(a) below. $w = 1.5\text{m}$, $v = 0.4\text{m}$, $K = 8.74\text{kg}$, $\sigma = 2.54 \text{ kg}$, $z = 6$ units, $o = 0.18\text{kg}$, $q = \text{€}0.18$, $k = 34$ times in a season, $I = 8.5\text{kg}$, $H = \text{€}3.3/\text{hour}$, $t = 6.41\text{sec}$, $e = 88.8 \text{ sec.}$, $p = 2.75 \text{ km/hour}$, $c_f = \text{€}0.62/\text{kg}$. $u = 1$, and finally, $C_1 = \text{€}5,850$ and $C_4 = \text{€}3,000$. The results are presented in **Table 1**.

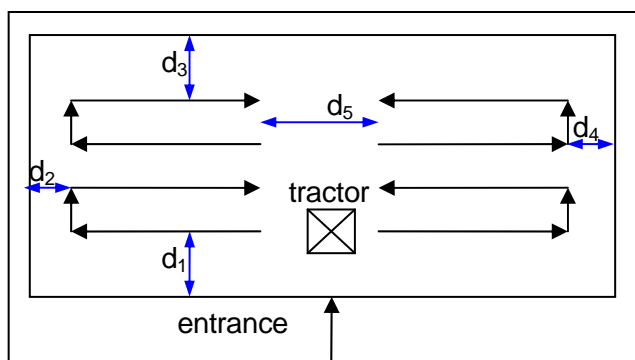


Figure 1(a): The original configuration. Containers are exchanged at the beginning of the central passage.

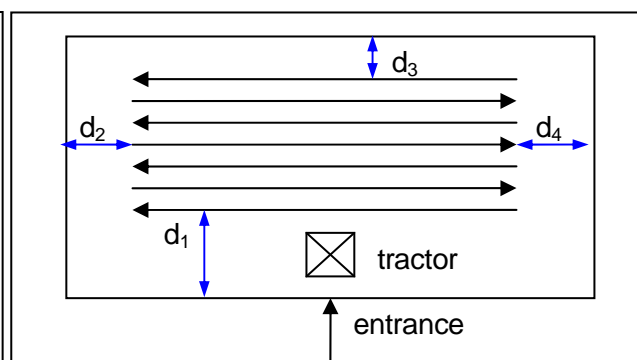


Figure 1(b): Containers are exchanged next to the entrance.

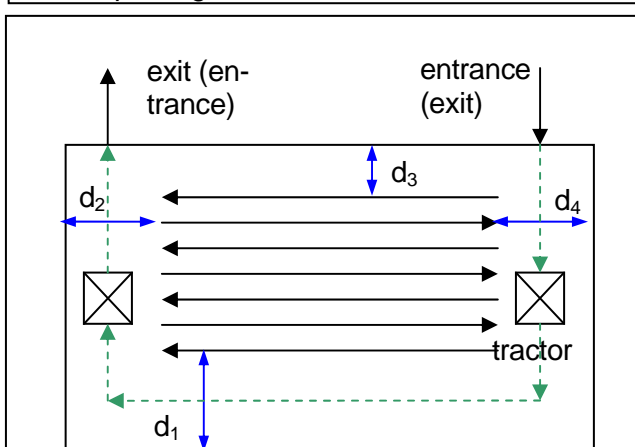


Figure 1(c): Two entrances. Containers are exchanged at the middle of the side passages, the tractor travels inside the greenhouse.

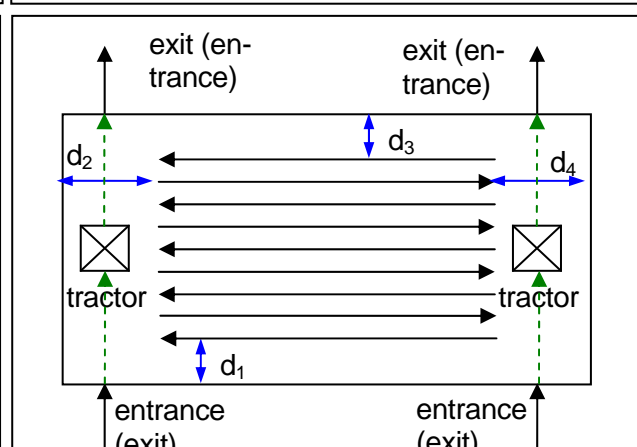


Figure 1(d): Four entrances. Containers are exchanged at the middle of the side passages, the tractor travels inside and outside the greenhouse

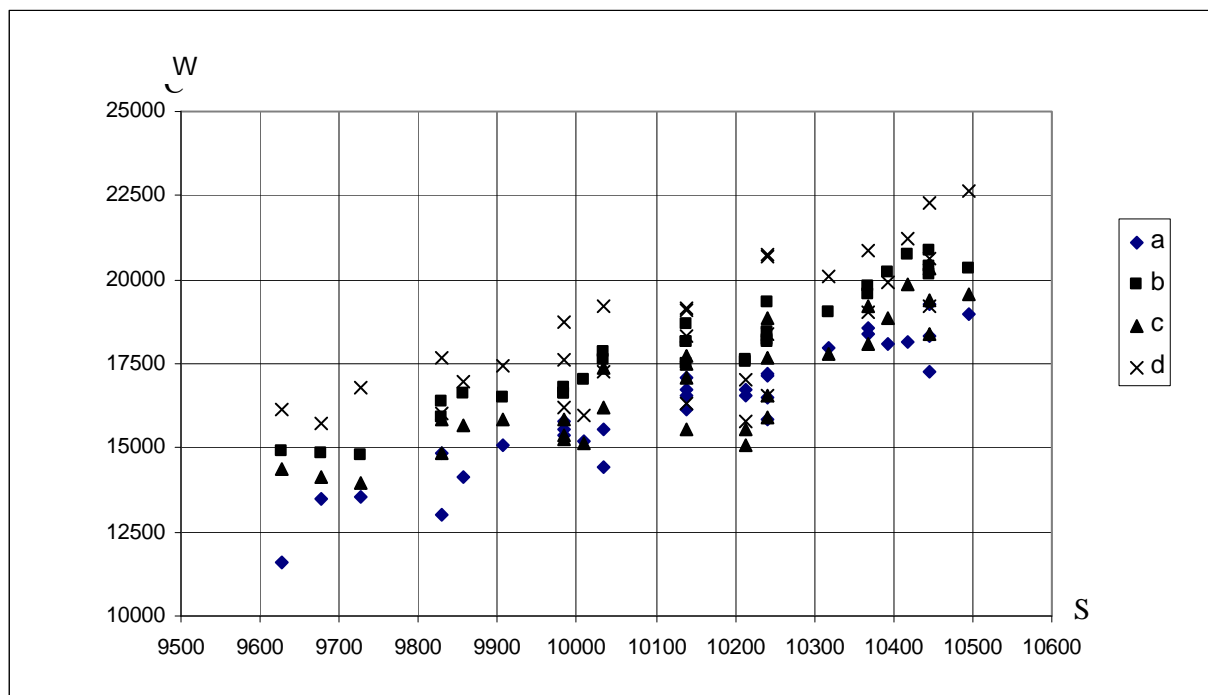
4 Discussion and Conclusions

Table 1 demonstrates the importance of greenhouse layout design, by illustrating the significant effect it may have on the economic outcomes of the greenhouse – the final result, the net profit can increase by more than 22%! Even when considering the additional investment required for the four entrances in configuration d, this is a one-time investment, which is distributed over more than 15 years – the lifetime of the greenhouse.

This is only a preliminary study, which presents the concept of the proposed approach. First, of course, the construction cost should be adjusted to account for additional entrances. Moreover, structure configuration is another issue, not considered here, which can result in slight changes in the greenhouse area: $\pm 10\%$.

Table 1: A comparison of area configurations

		Configuration:			
		a	b	c	d
Operational parameters					
Number of plants	units	15,096	15,453	15,196	15,795
Harvest forecast in a season	Kg	131,974	135,059	132,831	138,040
Duration of harvesting	hours	43.77	49.00	43.99	45.81
Cost parameters					
Revenue forecast	€	81,824	83,737	82,355	85,585
Annual greenhouse cost	€	5,850	5,850	5,850	5,850
Cost of all seedlings	€	2,717	2,782	2,735	2,843
Harvesting labor cost	€	4,911	5,498	4,936	5,140
Other expenses	€	53,000	53,000	53,000	53,000
Profit	€	15,346	16,607	15,834	18,752

**Figure 2:** Relationship between profit (W) and greenhouse area (S)

The change in the area is accompanied with a corresponding change in the building cost C_1 . When this is accounted for the range of the annual profit is much larger.

To illustrate, consider **Figure 2**. For each layout alternative (a-d of Figure 1) the best structure configuration was selected, and the annual profit is drawn in Figure 2 as a function of

the greenhouse area. Evidently, the profit grows with the size of the greenhouse and with steep slope – a growth of less than 10% in the area (from 9626 to 10,496 m²) results in over 40% increase in the profit – from €16,150 to €22,638!

In addition, we have analyzed in detail only part of total cost. Certainly, other cost elements also depend on greenhouse configuration. As noticed, greenhouse design affects the number of plants, which in turn affects the required quantities of water, fertilizers, chemical agents, etc. Moreover, even labor is only partially accounted for – only in harvesting, while there are additional tasks, which too, depend on the area structure. Nevertheless, this work is a first step forward. The inclusion of other cost components is planned for future research.

This work was partially supported by grant No. 459-0392-04/05 of the ministry of agriculture and rural development, Israel.

5 References

- ALDRICH R.A., BARTOK JR. J.W. (1992):** Greenhouse Engineering, The Northeast Regional Agricultural Engineering service, Ithaca, NY
- ALI H.M., MOUSTAFA S., EL-MANSY H. (1990):** Efficient greenhouse design for hot Climate, Energy Conservation & Mgt., 30 (4), 433-437
- ANNUAL SUMMARY REPORT. (2005):** The Ministry of Agriculture, Israel, Department of economical production, (in Hebrew)
- ANNUAL SUMMARY REPORT. (2001):** The Ministry of Agriculture, Israel, (in Hebrew)
- ASAE EP460 (2004):** Commercial greenhouse design and layout
- EBEN-CHAIME M., BECHAR A., BARON A. (2007):** Electronic spreadsheet tools for layout design of greenhouses. GreenSys 2007 Naples, Italy
- GUPTA M.J., CHANDRA P. (2002):** Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control, Energy, 27 (8), 777-794
- HANAN J.J. (1998):** Greenhouses, CRC Press LLC, Boca Raton, Florida
- NELSON P.V. (1991):** Greenhouse *Operation and Management*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ
- SHKLYAR A., ARBEL A. (2004):** Numerical model of the three-dimensional isothermal flow patterns and mass fluxes in a pitched-roof greenhouse, J. of Wind Eng. And Industrial Aerodynamics, 92 (12), 1039-1059
- TIWARI G.N. GOYAL R.K. (1998):** Greenhouse Technology, Narosa Publishing House, New Delhi
- WEIHONG L., STANGELLINI C., DAI J., WANG X., FEJE DE ZWART H., CHONGXING B. (2005):** Simulation of greenhouse management in the subtropics, part II: Scenario study for the summer season, Biosystems Eng., 90), 433-441

Working-Time Requirement when Using Films and Fleeces for Forcing Outdoor Vegetables

Marion Riegel¹, Matthias Schick¹, Till Belau²

¹ Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen, Switzerland
e-mail: marion.riegel@art.admin.ch

² Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), D- 64289 Darmstadt, Germany

The use of films and fleeces for forcing outdoor vegetables is currently on the rise. The main reasons for this are escalating product-quality requirements as well as increasing demand for a defined yield security. The available literature provides few method parameters on this subject, and basic work-economics material is particularly thin on the ground (FRICKE *et al.* 2002, MITHÖFER 2003, TODT 2002, ZIEGLER *et al.* 2002). For this reason, the working-time-requirement values for, *inter alia*, laying out and reeling in fleeces and films were calculated in the Agroscope Reckenholz-Tänikon ART project, 'Process Engineering, Machine Costs and Working-Time Requirement when Using Films, Fleeces and Protective Netting in Outdoor Horticulture' within the framework of the 'Calculation Documents' work programme of the KTBL (Association for Technology and Structures in Agriculture).

Keywords: Working-time measurement, working-time requirement, outdoor vegetables, crop forcing, fleeces, films

1 Method

The recording of working hours takes place in the form of work observations on the work-element level. First of all, the individual elements with their respective measuring points are stipulated for the work sub-processes of covering and uncovering the crop with films or fleeces. These elements consist, for instance, of 'unrolling fleece', 'spreading out fleece', and 'attaching edge-fastening'. The times per element are then measured via a pocket PC with special time-recording software. In addition, all influencing variables occurring on the farms which are important for the programming of planning time (e.g. fleece width or distance travelled) are recorded. Over the subsequent course of events, the data are prepared, statistically evaluated, and filed as planning times in a data table. The compiled planning times are processed in a model calculation system which allows calculation of the working-time requirement for an individual working farm with minimum effort (SCHICK 2005).

2 Overview of Results

Table 1 gives an overview of the work-economics data calculated in the present project.

Table 1: Summary of the data collected on the working-time requirement when using films, fleeces and netting in outdoor vegetable cultivation

Working method	Working-time requirement per ha [MPh]
Covering with forcing fleeces	10.0
Covering with forcing films	9.3
Removing forcing fleeces/films	6.6
Covering with crop-protection netting	6.7
Removing the crop-protection netting	5.0
Laying mulch films	2.2 – 14.6
Recovery of mulch films	16.4 – 23.3
Working in of mulch films	0.6 – 5.2

Methods actually used to lay out mulch films vary greatly. Different working widths and combinations of equipment (fertiliser-spreading, trickle-irrigation, planting) are employed. After the end of the cropping period, a distinction must be drawn between manual or mechanical recovery of conventional films and the working in of biologically degradable films.

In contrast to this, the differences between the individual crop-forcing and crop-protection methods (e.g. use of new or used materials) are slight.

3 Workflows when Using Films and Fleeces

The workflows when laying out and reeling in films and fleeces are identical. Simple frame constructions mounted to a three-point hitch at the back of the tractor are often used to unroll the materials. If wished, the fleeces or films may be unreeled from the reeling device used to haul in the material with the motor switched off.

After the fleece is unrolled, it is spread out over the crop. To do this, two workers grasp the fleece on either side and open it out (cf. **Figure 1, left**). The edges of the fleece are then fastened down by two workers walking along each side of a bed (cf **Figure 1, right**).



Figure 1: The covering of the crop with forcing fleeces or films requires a great deal of manual labour after the mechanical unrolling of the material, with 8 workers being needed per bed (left). After the crop is covered, the two edges of the fleeces or films are secured with soil by 2 workers in each case. The heavier the soil, the higher the working-time requirement (right)

As a function of the crop being cultivated, fleeces or films are sometimes removed and replaced several times over the growing period. Depending on the weather and stage of growth, the fleeces or films are not always drawn back over the bed after fertiliser or plant-protection products are applied or other measures are carried out.

To haul in the forcing fleeces or films (uncovering process), the edge-fastening is first released. Two workers then walk along the edge of the fleece or film and fold it together on one side of the bed (cf. **Figure 2, left**). The folded material is then rolled up mechanically by two workers (cf. **Figure 2, right**).



Figure 2: As soon as temperatures permit, the fleeces or films are folded up by hand (left). The subsequent mechanical rolling up of the fleeces or films is performed from the edge of the bed, and is supervised by two workers (right)

4 Work-Economics Comparison of Commonly Used Variants

In addition to covering crops with fleeces or films, double coverings (fleece-film or film-film) are frequently used. The working-time-requirement values for the individual materials vary only slightly.

Forcing fleeces or films are usually laid out by eight workers. In the following calculations, the variants are considered as set out in **Table 2**.

Table 2: Calculated methods when using forcing fleeces and films

Variant	Fleeces	Films
V1	used	-
V2	new	-
V3	-	used
V4	-	new
V5	used	used
V6	used	new
V7	new	used
V8	new	new

Travel to and from the field is reckoned at 1200 m in total. The fleeces and films are 12 m wide and on average 250 m long. For each large bed, there is a 2 m-wide working lane. Consequently, on a plot of e.g. 500 m length and 84 m width, twelve forcing fleeces or films will have to be laid out for single coverage. **Figure 3** shows the individual working-time-requirement values of the four single-coverage variants.

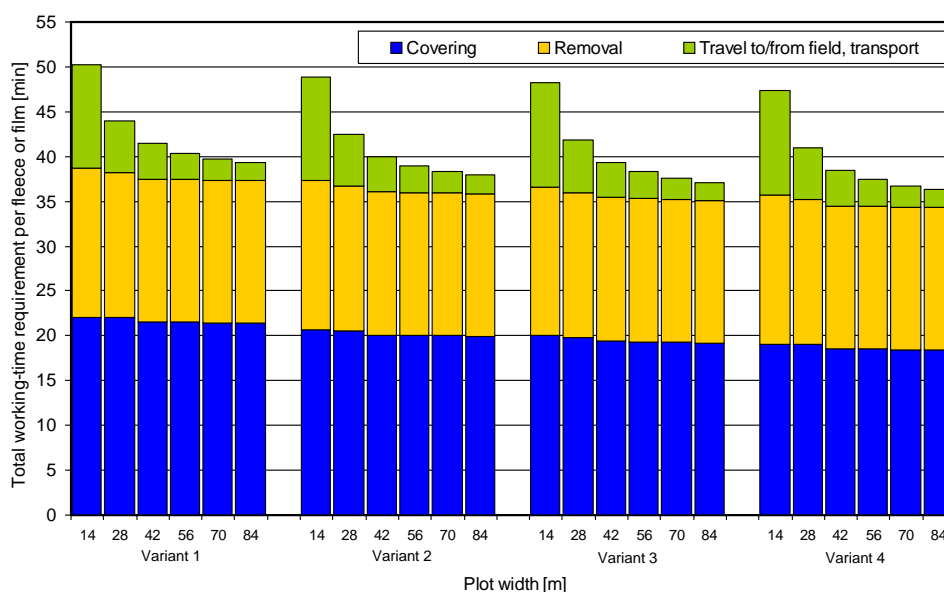


Figure 3: Total working-time requirement when using forcing fleeces or films as single covering: comparison of the four variants as a function of plot width

When more than ten forcing fleeces or films are used, almost no further size degradation is to be expected in any of the variants. Moreover, the differences between the various methods are very slight, with films requiring on average 5% less working time than fleeces. This difference is a result of the material. The working-time requirement for uncovering the crops is the same in all four variants; the materials are always rolled up mechanically.

With double coverage, both the laying out and removal of the top material takes somewhat longer, since the workers must move more carefully on the already/still spread-out lower films or fleeces. The working-time requirement for the bottom layer of materials is the same as for single coverage. From the many possible combinations of fleeces or films, used or new materials, and manual or mechanical rolling up, the work-economics results of a few selected methods are shown in **Figure 4** (cf. Table 2).

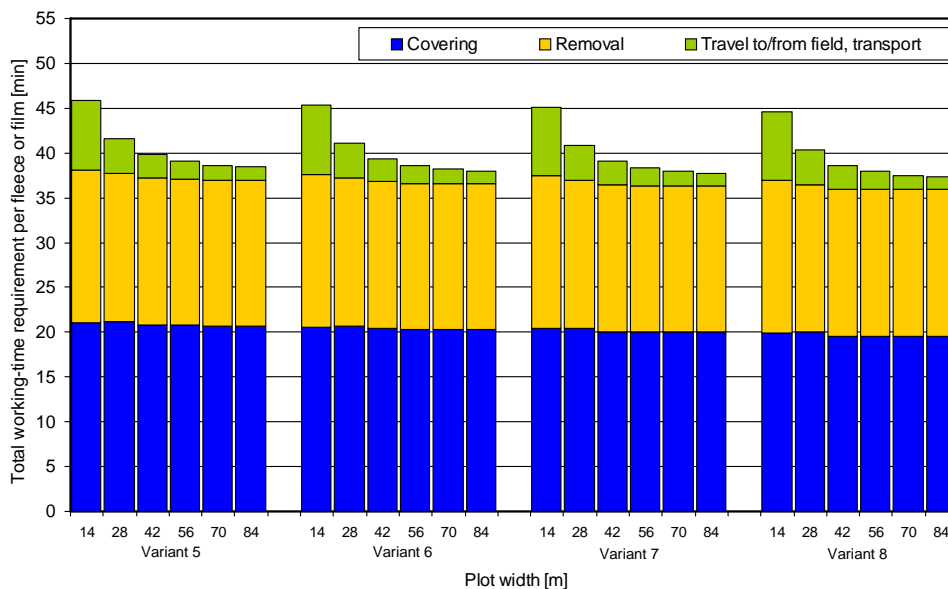


Figure 4: Total working-time requirement when using combined fleece-film coverings: comparison of the four variants as a function of plot width

Double coverings are laid out one right after the other, so that there are no additional travelling times to the field for the top coverings. At the same time, these travelling times as well as the set-up times are divided among double the quantity of materials, so that the working-time requirement per fleece or film drops in comparison to that of the single coverings. The recovery of the materials, however, is performed in two operations, and therefore involves double the travel to and from the field.

Even in the case of double covering, if more than ten forcing fleeces or films are used, very little additional size degradation is to be expected in any of the variants. The differences between the various methods are likewise slight. Double coverings with film-film require on average 2% less working time than those with fleece-film, which is a result of the materials.

Here too, the working-time requirement for uncovering the crops is the same for all four variants, since the materials are always rolled up mechanically.

Figure 5 shows the relative shares of the time taken up by the individual tasks when forcing fleeces are used for single coverage.

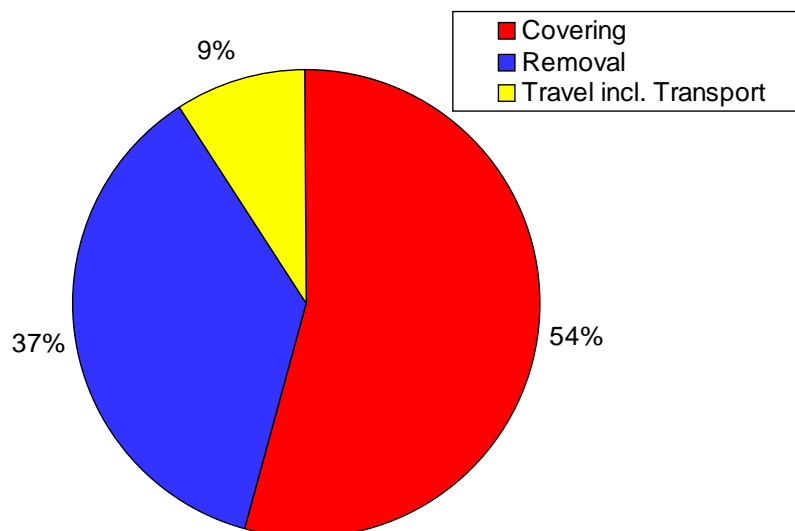


Figure 5: Relative shares of the time taken up by the individual tasks when using forcing fleeces at an average working-time requirement of 44 minutes per fleece

At 54%, covering the crop accounts for over half of the entire working-time requirement. The 9% representing 'travel incl. transport' includes travel to and from the field, as well as to cover and uncover the crop, and the loading of the fleece rolls in each case.

All data listed were calculated in the dry, windless conditions aspired to in practice. Should it be necessary in exceptional cases to spread out or remove the fleeces in adverse weather conditions (wet and/or windy), the entire working-time requirement rises by 30%.

If the fleeces or films are removed and then replaced during the growing period to permit the application of fertiliser or plant-protection products, or any other measures, a working-time requirement of 48 to 54 minutes per fleece (52% additional time spent in case of wet weather) must be reckoned on if 5 workers are used. With double coverings, a working-time requirement of 38 to 64 min per fleece or film is to be reckoned on, depending on whether both materials are replaced, or just the bottom one.

5 Conclusions

For optimised workflow, care should be taken to perform the work in good weather conditions, i.e. there should be no strong wind and the ground should be as dry as possible for

attaching the edge fastening. Nor should the composition of the team be random: it is important that the workers work well together. Optimal results cannot be achieved by a team of workers who are complete strangers to one another; at least the majority of the group should have worked together before, and speak the same language.

Sometimes the fleeces or foils are manually unrolled from the rear implement carrier. From a work-economics perspective, the deliberate use of this method does not make sense. It should only be used if a bit of the plot remains to be covered, or if the beds are not trafficable.

The required fleece or film rolls should be brought to the field together with the workforce with the aid of a transport trailer, in order to avoid unnecessary trips; the farmyard-to-field distance also influences working-time requirement for transport.

6 References

- FRICKE A., MANDAU U., BURGATH A., SCHUBACH A. (2002):** Datensammlung für die Betriebsplanung im Intensivgemüsebau. 8th edition, 2002, Institut für Gemüse- und Obstbau der Uni Hannover und des Arbeitskreis Betriebswirtschaft im Gartenbau
- MITHÖFER D. (2003):** Datensammlung Ökologischer Gemüsebau. 1st edition, 2003, Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
- SCHICK M. (2005):** The Work Budget as an Aid to Work Organisation and Time Planning. Increasing Work Efficiency in Agriculture, Horticulture and Forestry, XXXI CIOSTA-CIGR V Congress Proceedings, Editor MONIKA KRAUSE, Hohenheim, September 19-21, 2005, pp. 52-57
- TODT W. (2002):** Daten Gemüsekulturen - Gewächshauskulturen, Frisch- und Lagergemüse, Verarbeitungsgemüse. LBL, Lindau
- ZIEGLER J., ENGL G., SCHLAGHECKEN J., HÖLSCHER TH. (2002):** Freilandgemüsebau - Daten zur Kalkulation der Arbeitswirtschaft und Deckungsbeiträge. KTBL Datensammlung, 6th edition

Einsatz von agroXML in der Kalkulation von Arbeitszeitbedarfswerten

Jürgen Frisch

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Bartningstr.49, 64289 Darmstadt, Germany
e-mail: j.frisch@ktbl.de

1 Einleitung

Die elektronischen Komponenten landwirtschaftlicher Arbeitsmaschinen protokollieren Daten des Arbeitseinsatzes mit. Diese werden zum Beispiel über den ISOBUS der Betriebssoftware zur Verfügung gestellt. Gemeinsam mit weiteren in der Betriebssoftware enthaltenen Daten bilden diese unter anderem die Grundlage für Planungen und künftige Entscheidungen.

Instrumente für die Beratungsarbeit oder zur Kalkulation von Planungsdaten werden künftig überwiegend im Internet zur Verfügung gestellt. Häufig muss der Nutzer dieser Anwendungen viele Daten manuell eingeben oder sich mit einem Ergebnis zufrieden geben, das auf Modellannahmen beruht, die in seinem spezifischen Planungsfall nicht zutreffen müssen.

Dieser Beitrag zeigt einen Weg auf, wie die in der betrieblichen Managementsoftware vorhandenen Daten über agroXML webbasierten Kalkulationsanwendungen zur Verfügung gestellt werden.

2 Problemstellung

Eine wichtige Größe für betriebliche Planungen ist der Arbeitszeitbedarf für die einzelnen Arbeitsgänge, z. B. Pflügen oder Aussaat in Abhängigkeit der betriebsspezifischen Parameter. Betrachtet werden in diesem Beitrag ausschließlich Feldarbeiten.

Die Arbeitsvorgänge beginnen mit dem Rüsten und der Fahrt zum Arbeitsort und enden mit den Abstell- und Reinigungsarbeiten auf dem Hof. Die einzelnen Teilzeiten sind in **Bild 1** zusammengestellt.

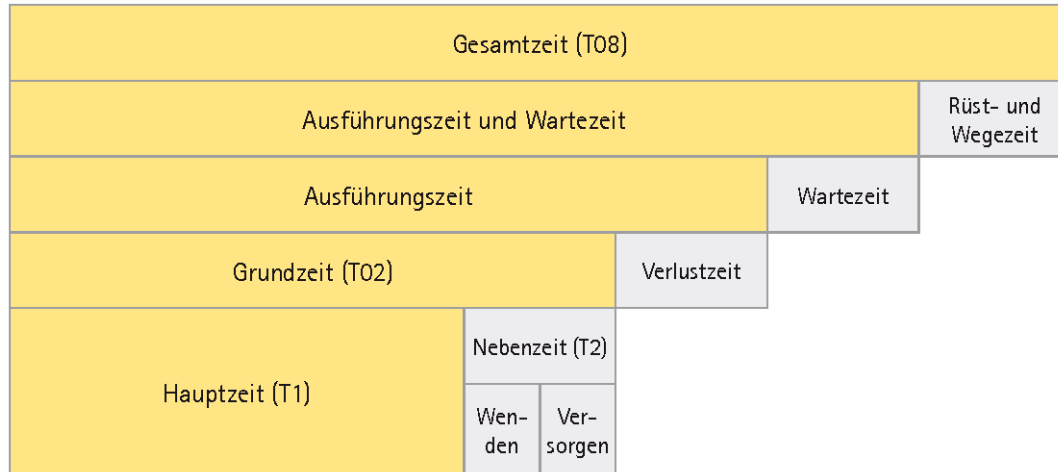


Bild 1: Zeitschema nach KTBL und entsprechende Bezeichnungen nach TGL 22289

Neben der Wartezeit, die bei voneinander abhängigen Arbeitsteilvorgängen in schlecht abgestimmten Prozessketten einen hohen Zeitanteil erreichen kann, sind es vor allem die Haupt- und die Wegezeit, die von den betriebsspezifischen Bedingungen abhängen.

Wichtige Einflussgrößen auf die Grundzeit sind die zu bearbeitende Fläche, die Form der Fläche, die Menge, die ausgebracht oder geerntet wird, die Arbeitsgeschwindigkeit, die bei Arbeitsgängen mit Eingriff in den Boden unter Umständen reduziert werden muss, z. B. wenn die Zugkraft nicht ausreicht, sowie die maschinenabhängigen Parameter wie Arbeitsbreite, Durchsatz und Transportvolumen. Die Wegezeit ist durch die Entfernung und die Geschwindigkeit definiert, die unter anderem von der Wegbeschaffenheit abhängt.

In die Kalkulationsroutinen des KTBL gehen diese Werte als Variablen ein. In den bislang angebotenen Kalkulationsanwendungen sind jedoch nur wenige Parameter zur Änderung freigegeben, da die manuelle Eingabe für den durchschnittlichen Anwender zu zeitaufwändig wäre. Der Schlagumriss und die Verteilung der Bodenarten im Schlag - und in einer weiteren Ausbaustufe auch denkbar die Hangneigung(en) - können bei manueller Eingabe nur sehr grob abgebildet werden.

Bild 2: KTBL-Feldarbeitsrechner

Die Nutzung von Bordcomputern mit ISOBUS und GPS wie auch die zunehmend auf elektronischen Daten basierenden Anträge im Rahmen von InVeKoS führen dazu, dass die landwirtschaftliche Betriebssoftware (Schlagkartei) über Daten verfügt, die zu einer Präzisierung der Kalkulation von Arbeitszeitbedarfswerten beitragen. Elektronische Schlagkarteien werden nach Untersuchungen von ROSSKOPF & WAGNER (2006) von rund 50% der landwirtschaftlichen Betriebe, die Computer nutzen, eingesetzt.

Die Arbeitszeitermittlung ist einer von vielen Anwendungsfällen für Dienstleistungen, die unter Nutzung von Schlagkarteidaten einfacher, schneller und präziser erfolgen können. Andere mögliche Anwendungen sind horizontale Betriebsvergleiche, Beratung zu Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen, die Dokumentation im Rahmen der EU-Verordnung und das EU-weite Beihilfewesen.

Dies war der Ausgangspunkt für die Schaffung des Datenaustauschstandards agroXML, der die betrieblichen, in proprietären Formaten vorliegenden Daten für andere Anwendungen und Zwecke verfügbar macht.

3 agroXML

3.1 Grundsätzliche Ziele

Die Entwicklung von agroXML dient der Verbesserung der Informationsgewinnung und Informationsweitergabe in der Landwirtschaft. Im Zentrum steht der landwirtschaftliche

Betrieb. agroXML fördert die IT-Vernetzung in der Landwirtschaft sowie mit den vor- und nachgelagerten Bereichen (Handel, Lebensmittel verarbeitende Unternehmen, Dienstleistungsunternehmen, Behörden und andere Einrichtungen). Insbesondere ermöglicht es den automatisierten Datenaustausch zwischen Farmmanagement-Informationssystemen (FMIS) verschiedener Hersteller wie auch den Datenaustausch zwischen FMIS und Softwaresystemen in den vor- und nachgelagerten Bereichen (**Bild 3**). Im Betrieb ist das FMIS die Schnittstelle zum ISOBUS Außenwirtschaft. Das Zusammenwirken mit dem ISOBUS Innenwirtschaft (ISOagriNET) wird derzeit in einer Arbeitsgruppe präzisiert.



Bild 3: Einsatzbereiche von agroXML

Darüber hinaus eröffnet agroXML neue Perspektiven für die verteilte Datenhaltung, das heißt Nutzung von Daten, die sowohl lokal als auch extern über das Internet bereitgestellt werden. Dies trägt auch zur Vereinfachung und schrittweisen Automatisierung von Dokumentationsprozessen bei, (KTBL 2007) und (KUNISCH *et al.* 2007).

Die agroXML-Entwicklung wird vom KTBL getragen und erfolgt unter Mitwirkung von Partnern aus der Landtechnikindustrie, von Beratungseinrichtungen und insbesondere den Agrarsoftwarehäusern agrocom GmbH & Co Agrarsystem KG, Bielefeld; agroSat Consulting GmbH, Baasdorf; Helm Software, Ladenburg; PC Agrar GmbH, Pfarrkirchen.

3.2 Stand der Entwicklung von agroXML

agroXML basiert auf dem internationalen Standard XML, einer Methode zur strukturierten Datenablage und zum Datenaustausch. Es besteht aus dem agroXML-Schema, das durch verschiedene Inhaltslisten ergänzt wird.

Das Schema ist modular aufgebaut, das Vokabular in englischer Sprache erstellt. Geodaten werden gemäß dem Geodatenstandard GML verarbeitet. Für den landwirtschaftlichen Betrieb und den Pflanzenbau sind alle wesentlichen Module verfügbar, die für die Beschreibung der Produktion erforderlich sind (**Bild 4**).

agoxml.xsd	CoreComponentTypes.xsd
CommonBasicComponents.xsd	XLink.xsd
ContentList.xsd	Gml.xsd
WorkProcess.xsd	Address.xsd
Harvest.xsd	Economy.xsd
Rating.xsd	Farm.xsd
Storage.xsd	Field.xsd
Seeding.xsd	Crop.xsd
Analysis.xsd	WeatherStation.xsd

Bild 4: agroXML-Module zum Bild des landwirtschaftlichen Betriebes und des Pflanzenbaus

3.3 Lizenz

Zur Unterstützung des Zieles, den Datenaustausch in der Landwirtschaft und mit den vor- und nachgelagerten Bereichen umfassend zu vereinfachen, wird agroXML wie viele andere Standards unter der Open-Source-Lizenz veröffentlicht. Dies bedeutet, jedem Nutzer steht eine voll funktionsfähige Basisversion von agroXML, das heißt das Schema, die Profile und die Inhaltslisten, kostenlos zur Verfügung.

4 Umsetzung

Schlagkarteiprogramme werden demnächst mit agroXML-Schnittstellen veröffentlicht. Dies bedeutet, dass der Anwender in der Schlagkartei Daten auswählen und in agroXML-Instanzen exportieren bzw. direkt einem Webservice zusenden kann. Aus Schlagkarteien können folgende für die Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs wichtige Parameter geliefert werden: Standort der Maschinen (Hofstelle), Standort, Größe und Form des Schlages, der Arbeitsgang, die eingesetzte(n) Maschine(n), die wiederum die Arbeitsbreite und die Arbeitsgeschwindigkeit definieren, die Fruchtart und die Ernte- oder Ausbringmengen.

Für die Arbeitszeitkalkulation, die beim KTBL eng mit der Maschinenkostenkalkulation verknüpft ist, wird auf Basis des agroXML-Schemas ein spezifisches agroXML-Profil mit dem Arbeitstitel ‚Operations‘ entwickelt (**Bild 5**). Dies ist zusammengesetzt aus Elementen der Module:

- Farm: georeferenzierte Beschreibung des Betriebsstandorts
- Field: Fläche, Geometrie und Georeferenzierung des Feldstücks und der Bodenart
- WorkProcess: Art des Arbeitsganges, die weiteren Parameter in Abhängigkeit vom Arbeitsgang sowie die Maschinen und ökonomische Kenngrößen, die in die Kalkulation eingehen, zum Beispiel Anschaffungspreis.

Das Profil definiert auch, welche Daten in der agroXML-Instanz enthalten sein müssen, und welche optional mitgeliefert werden können.

Die Definition der Arbeitsmaschinen erfolgt auf Basis der Inhaltsliste TypeOfMachine.xsd, die mit ungefähr 1400 Einträgen die landwirtschaftlichen Maschinen abbildet (**Bild 6**). Weitere relevante Inhaltslisten sind zum Beispiel die Fruchtart, die Maßeinheiten und die Bodenart.

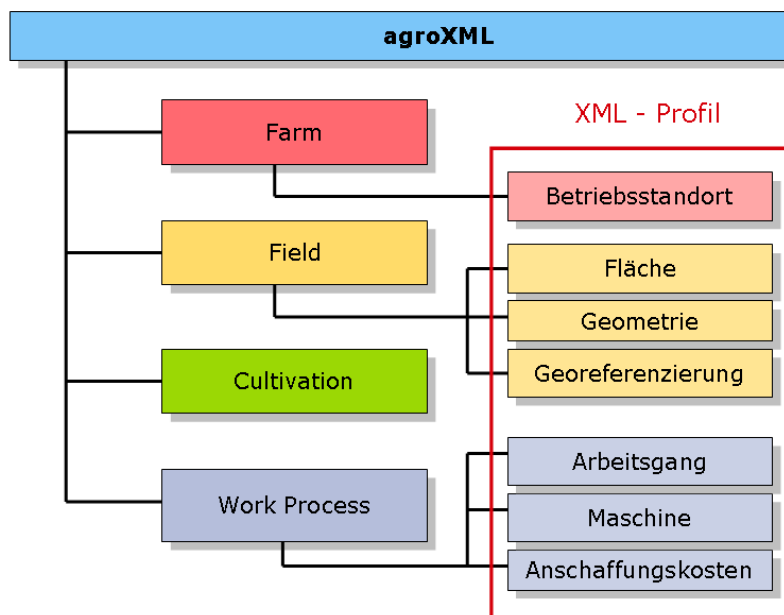


Bild 5: agroXML-Profil für Arbeitszeitbedarfskalkulation

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <Dictionary xmlns="http://www.agroxml.de/content/schema/contentlist"
  xmlns:agrodic="http://www.agroxml.de/content/schema/contentlist" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.agroxml.de/content/schema/contentlist
  http://www.agroxml.de/content/schema/agroxml-contentlist.xsd" agrodict:id="TypeOfMachine">
  <Description>Dictionary Maschinentypen. Quelle: Datenbank des KTBL.</Description>
  <Name>Maschinenart</Name>
  <LastChangedAt>2007-02-16T12:49:22Z</LastChangedAt>
  <LastAccessedAt>2007-02-16T12:49:22Z</LastAccessedAt>
- <LastChangedBy>
  <Email>m.schmitz@ktbl.de</Email>
  </LastChangedBy>
- <Maintainer>
  <Email>d.martini@ktbl.de</Email>
  </Maintainer>
  <Version>4</Version>
  ...
- <DictionaryEntry>
- <DefinitionCollection agrodict:id="_01">
  <Name>Traktoren</Name>
  - <DictionaryEntry>
  ....
  - <DefinitionCollection agrodict:id="_1.14">
    <Name>Traktoren | Standardtraktor mit Allradantrieb</Name>
    ....
  - <DefinitionMember>
  - <Definition agrodict:id="_832">
    <Name>Traktoren | Standardtraktor mit Allradantrieb | Standardtraktor mit Allradantrieb, 75-92 kW</Name>
    </Definition>
  </DefinitionMember>
  - <DefinitionMember>
  - <Definition agrodict:id="_833">
    <Name>Traktoren | Standardtraktor mit Allradantrieb | Standardtraktor mit Allradantrieb, 112-129 kW</Name>
    </Definition>
  ....
  ....

```

Bild 6: Auszug aus der agroXML-Inhaltsliste TypeOfMachine.xsd

Um die Kalkulation auszulösen, sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Wege möglich. Am komfortabelsten ist der Weg über einen Webservice, der ohne weitere Aktion das Berechnungsergebnis der Schlagkartei zurückliefert (**Bild 7**, oberer Weg). Der Weg 2 sieht ein Benutzerinterface vor. Nach dem Hochladen der Datei wird das Ergebnis angezeigt, das sich unter Berücksichtigung der übermittelten Daten ergibt. Da unter Umständen nicht alle optionalen Felder des Profils Daten enthalten, fließen in die Kalkulation entsprechende Defaultwerte ein. Diese kann der Anwender auf der Oberfläche der Anwendung einsehen, bei Bedarf ändern und die Kalkulation neu auslösen. Das Kalkulationsergebnis steht als Download-Datei zur Verfügung und kann in die Schlagkartei oder eine andere agroXML-fähige Software importiert werden.

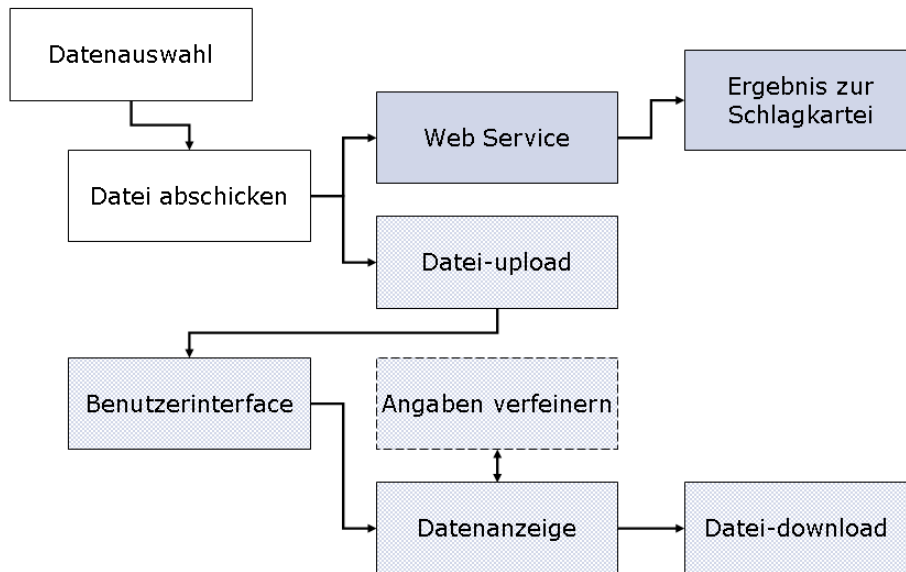


Bild 7: Schema des Datenflusses und der Benutzerinteraktion

5 Ausblick

An der Entwicklung dieser Anwendung wird derzeit gearbeitet. Der Abruf präziser Kalkulationsdaten wird damit erheblich vereinfacht. Für den automatischen Datentransfer ist es erforderlich, dass die Softwareprodukte auf beiden Seiten des Datenaustausches agroXML-fähig sind und das Protokoll des Datenaustausches festgelegt ist. Dieser Prozess wird noch etwas Zeit in Anspruch nehmen.

agroXML wird im Moment auf nationaler Ebene entwickelt. Es hat sich jedoch auch auf europäischer Ebene Interesse und Bedarf für die Etablierung eines Datenaustauschformats aufgetan. Hierzu haben sich Partner aus den Niederlanden, Frankreich, der Tschechischen Republik, Finnland und Deutschland zusammengefunden, um die europäische Entwicklung des Standards zu unterstützen. Dieser soll die technische und inhaltliche Basis für nationale Standards bieten und zur Harmonisierung und Vermeidung redundanter Entwicklungen beitragen.

6 Zusammenfassung

Dieser Beitrag zeigt am Beispiel der Arbeitszeitbedarfskalkulation einen Weg auf, wie Daten, die in der betrieblichen Managementsoftware der Landwirte vorhandenen sind, über das Datenaustauschsprache agroXML webbasierten Kalkulationsanwendungen zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten gehen in die Kalkulation ein und führen ohne manuelle Interaktion zu einem spezifischen präzisen Ergebnis.

Summary

This paper shows, how to use data stored in Farm Management Information Systems in order to calculate specific working time requirements. The data exchange is based on the language agroXML. The calculation can be executed by a web service or by a web-interface, which enables manual interaction.

7 Literaturverzeichnis

KTBL (2007): agroXML – Informationstechnik für die zukunftsorientierte Landwirtschaft. KTBL-Schrift 454, 2007, 180 S., KTBL, Darmstadt

KUNISCH M., FRISCH J., MARTINI D., BÖTTINGER S. (2007): agroXML – a standardized language for data exchange in agriculture. EFITA/WCCA 2007. 6th Biennial Conference of European federation of IT in Agriculture. CD ROM, C. Parker, S. Skerrat, C. Park, J. Shields (Hrsg).

ROSSKOPF K., WAGNER P. (2006): Vom Daten- zum Wissensmanagement: Wofür verwenden Landwirte einen Computer? In Lecture Notes in Informatics, S. 225-228, Vol. P 78, Bonn

Precision Storage – ein Beitrag zur Informationslogistik

Jürgen Hahn, Rainer Tölle

Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Fachgebiet Agrartechnik, Philippstr. 13 - Haus 16, D-10115 Berlin, Germany
e-mail: j.hahn@agrار.hu-berlin.de

1 Begriffe, Einordnung und Abgrenzung

Das Gesamtgebäude des Precision Agriculture gewinnt an Kontur und Akzeptanz. Neben Anwendungen im Feldbau, in der Nutztierhaltung, im Gartenbau, im Weinbau, bei der Beregnung usw. erscheint es inzwischen auch erforderlich die Logistik und darunter besonders die Lagerungsprozesse einzubeziehen.

Stützt man sich auf den von Auernhammer näher behandelten Teilbereich des „Precision Farming“ und gliedert nach dem Management in die Belange

- des Betriebes (Betriebsführung),
- des Bestandes (Boden und Pflanze),
- der Maschinen und
- der Arbeit,

so bildet die „... Informationsgewinnung die Basis aller möglichen Ausprägungsformen des „Precision Farming“, und sie ermöglicht und garantiert über alle Bereiche hinweg die Rückverfolgbarkeit (Traceability) aller Maßnahmen innerhalb der Wertschöpfungskette“ (AUERNHAMMER 2004).

Der Autor führt dabei die neu definierte Präzision zurück auf:

- mehr und bessere Informationen (Sensoren),
- bessere Auswertungs-, Interpretations- und Prognosewerkzeuge,
- leistungsfähigere Steuerungs- und Regelungseinheiten sowie
- zuverlässige und exakt wirkende Aktoren.

Abseits der hinreichend bekannten Beispiele zur (automatisierten) Ermittlung und Verarbeitung von Standort-, Bestandes-, Ertrags- und Qualitätsmerkmalen sowie zur Teilschlagbewirtschaftung und zum Flottenmanagement kommt dem Lagerglied an der Schnittstelle zwischen Precision Crop Farming einerseits und dem Nacherntebereich oder dem Precision Livestock Farming andererseits eine stark wachsende Bedeutung zu.

Allgemein anerkannt wird, dass nur bei präziser Abstimmung der Transportglieder, zum Beispiel in Ernteprozessketten, eine hohe Stabilität und Effektivität der Hauptprozesse gelingen kann. Lagerung im landwirtschaftlichen Kontext wird zudem besonders geprägt durch erwünschte und unerwünschte Stoffwandlungen während der Lagerphase.

Informationsgewinnung und die Dokumentation relevanter Daten erlangen damit eine außerordentliche Wichtigkeit.

„**Precision Storage**“ wird somit als **informationsgeleitetes Lagermanagement** definiert, **das durch Monitoring, Kontrolle, Steuerung und Dokumentation der zutreffenden Prozessgrößen zur Sicherung einer hohen Produkt- und Prozessqualität in Lagerbereichen beiträgt.**

Precision Storage setzt sich mit dieser Interpretation deutlich von anderen Teilbereichen des Precision Crop Farming ab, etwa von Precision Irrigation, wo durch Überwachung und Steuerung von Bodenfeuchte und Beregnung eine teilflächenspezifische Wasserverteilung ermöglicht wird (SOURELL 2005).

Das informationsgeleitete Lagermanagement ist gleichfalls der **Informationslogistik** zuzuordnen, die sich der **informationellen Begleitung physischer Logistikprozesse** widmet (KRAMPE & LUCKE 2006). Davon ausgehend erfordert das Ingangsetzen, Steuern, Überwachen und Dokumentieren von Transport-, Umschlag- und Lagerungsprozessen, dass

- die richtigen **Informationen**
- mit den richtigen Metadaten und Inhalten
- am richtigen Ort
- zum richtigen Zeitpunkt

im Verlaufe der Logistikprozesse bereitgestellt werden.

Dies ist die Aufgabe der **Informationslogistik**. Bereits früher beschrieb Jahn die Synergien zwischen der Informationstechnik und der Logistik als Kernaufgabe der Informationslogistik (JAHN 1990). Die Kongruenz zur erweiterten Logistikdefinition (HAHN 2003) ist damit keineswegs zufällig. Danach wird mittels anforderungsgerechter **Logistik** gewährleistet,

- das richtige Gut
- zur richtigen Zeit
- in der richtigen Qualität
- am richtigen Ort bereitzustellen, und das
- mit minimalen nachteiligen Umweltwirkungen
- und zu den geringsten Kosten!

2 Sicherung der Produkt- und Prozessqualität in logistischen Ketten, insbesondere in Lagerungsgliedern

Für transport- und lagerungsverbundene Fließarbeitsverfahren hat Sonnen Simulationsmodule entwickelt, um Defizite in den Bereichen Verfahrensauswahl, Verfahrensgestaltung, Technik- und Lagerdimensionierung, Verfahrensmanagement, Schwachstel-

lenanalyse, Verfahrenskostenermittlung und Umweltschonung zu identifizieren und Vorschläge zur Problemlösung zu liefern (SONNEN 2007).

Am Beispiel der Ernte und Einlagerung von Siliergütern wurde damit erstmalig eine interaktive grafische Oberfläche zur Simulation von Ernteprozessketten mit integrierten Lagerstätten (Silos) geschaffen (**Bild 1**).

Arbeitswissenschaftliche Aspekte des Lösungsweges unter Einschluss von Vorschlägen für adäquate Zeitgliederungen wurden im 15. Arbeitswissenschaftlichen Seminar in Wien vorgestellt (HAHN & SONNEN 2007).

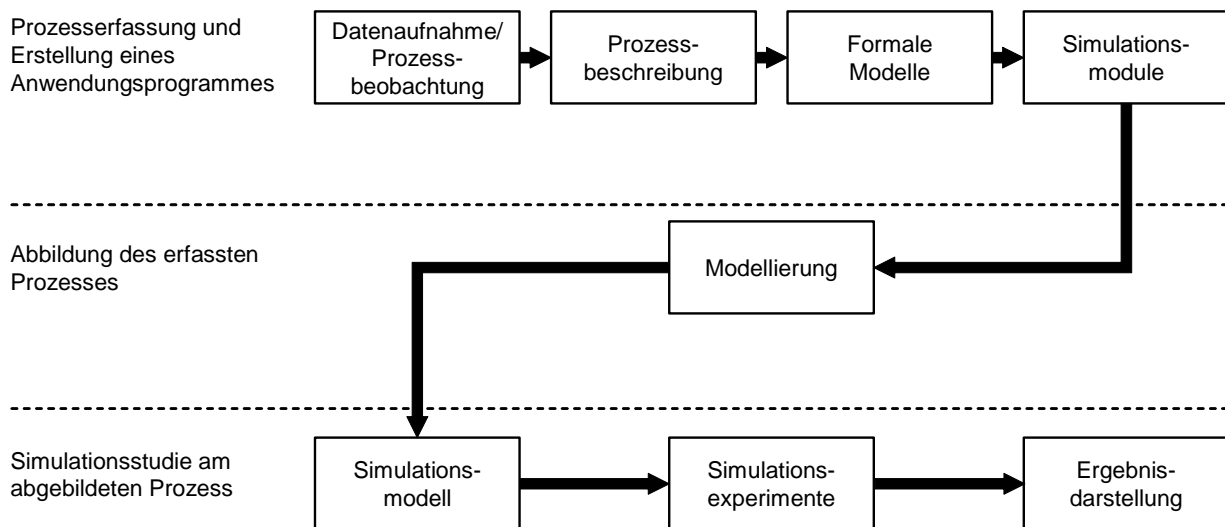


Bild 1: Simulation von Ernteprozessketten (SONNEN 2007)

Lager wurden bislang vorrangig hinsichtlich ihrer Pufferfunktion zum Ausgleich unterschiedlicher Kapazitätsansprüche betrachtet. Dies sichert die Prozessstabilität, reicht aber künftig nicht mehr aus. In Ernteprozessketten für Futterstoffe tritt das Tier als Verbraucher in den Vordergrund. Über tierphysiologische Anforderungen an und Einflussfaktoren auf die Silagequalität gibt es ein umfangreiches Schrifttum. Die technologische Umsetzung der Anforderungen wird aber bekanntlich umso schwieriger, je höher die Masseströme zu den Silos werden. Nach Kaiser stellt „ein zu hohes Porenvolumen des Futterstapels bzw. die nicht ausreichende Verfestigung während der Einlagerung des Futters in den Silo ... das Hauptproblem dar“ (KAISER 2004). Futterproduzenten haben daher ein begründetes Interesse an gesicherten und zeitgerechten Informationen über die Stoffeigenschaften des Lagergutes, und sei es, um mehr Ordnung und Transparenz in die Lieferketten zu bringen und damit das Haftungsrisiko kalkulierbar zu machen.

3 Fallbeispiel Silomanagement – neue Verfahren zur Informationsgewinnung und zur Erhöhung der Prozessqualität bei der Silierung

Im Gefolge höherer Häcksl- und Transportleistungen sowie größer werdender Silos und steigender Anforderungen an Produktqualität und Verlustminderung werden der Einlagerungsprozess, die Verdichtung, die Qualitätsüberwachung und die Dokumentation immer mehr zum „neuralgischen Punkt“ in der Ernteprozesskette zur Silierung. Die zu fordernde höhere Ansprechschärfe bei Prozesssteuerung und -überwachung rechtfertigt deshalb durchaus die Verwendung des Begriffes „Precision Storage“.

Die Sollwerte der Lagerungsdichte für Silage aus Mais liegen bei Trockenmassegehalten von 28 bis 33% zwischen 230 und 270 kg TM/m³ (BUNDESARBEITSKREIS FUTTERKONSERVIERUNG 2006). Diese Werte werden in der Praxis aber nur unter besonders günstigen Umständen erreicht. Wichtiger noch: in den Teilvolumina eines Silos sind bereits unmittelbar nach der Einlagerung und Hermetisierung erhebliche Dichteunterschiede nachweisbar. Hauptursache ist das Fehlen entsprechender Online-Informationen beim Verdichtungsprozess.

Siloverdichtung wird durch viele Faktoren beeinflusst. Merkmale des Erntegutes, des Silobehälters und der Verdichtungsmaschine gehören ebenso dazu, wie das gewählte Befüllungs- und Verdichtungsregime.

Davon hochgradig abhängig sind die Substanz- und Wertigkeitsverluste des Konservats (**Bild 2**).

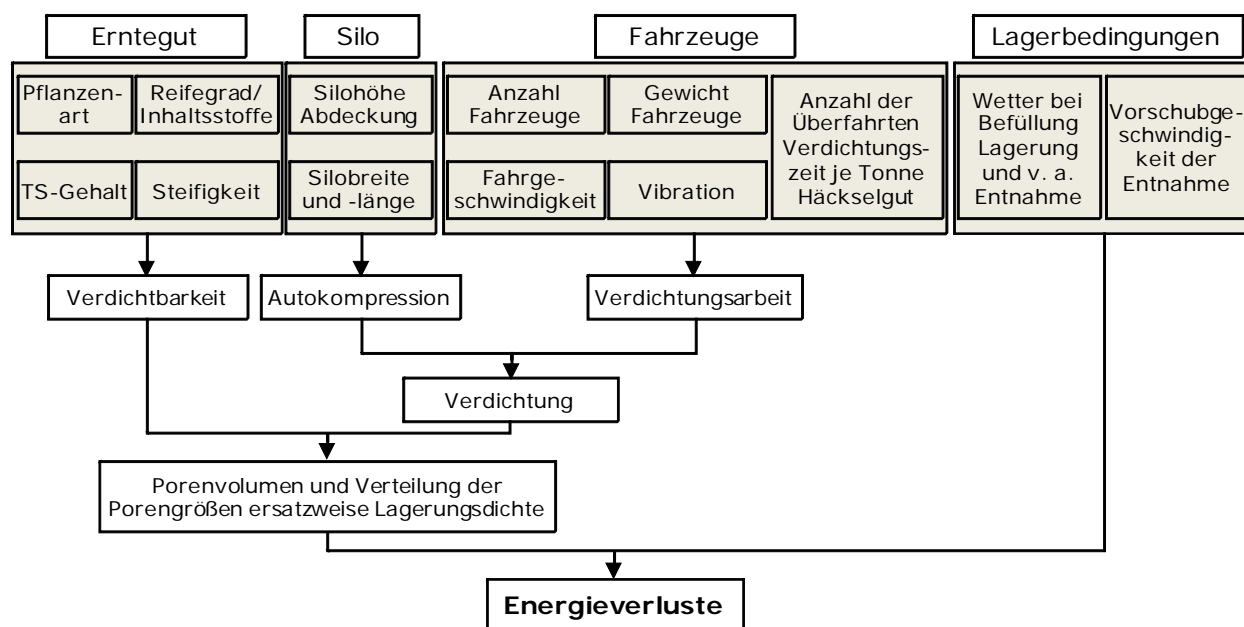


Bild 2: Energieverluste bei Einlagerung und Silierung

Um die Zusammenhänge besser zu verstehen, befassten sich die Autoren in mehrjährigen Versuchen mit dem Messen und Bewerten der Verdichtungsleistung unter unterschiedlichen Fahrwerken.

Als Verdichtungsmaschinen kamen zum Einsatz (**Bild 3**):
betriebsübliche Straßenwalze (12 t – mit und ohne Vibration),
Radtraktor (9 t),
Systemtraktor (12,8 t).



Vibrationswalze



Radtraktor 9 t



Systemtraktor 12,8 t

Bild 3: Verdichtungsmaschinen

Durch messtechnische Überwachung der Einlagerung/Verdichtung unter betriebsüblichen Bedingungen, geodätische Einmessung der Futterstockvolumina und Berechnung des bei der Verdichtung verdrängten Volumens konnten aussagefähige Datensätze zur Bewertung der Verdichtungsleistungen unter definierten Bedingungen gesammelt werden.

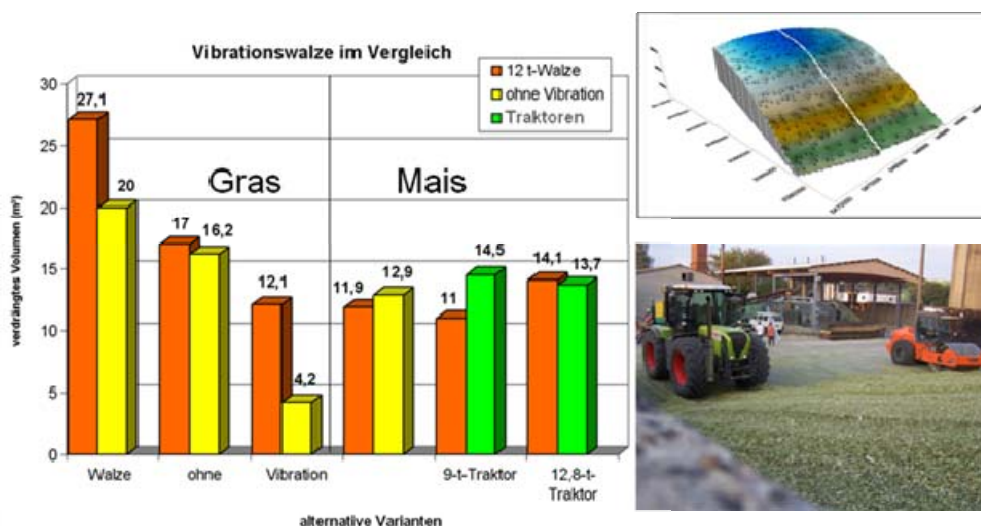


Bild 4: Verdichtungsleistung bei 30 bis 35 min Nachverdichtung

Ein in Entwicklung befindliches Fahrerinformationssystem soll den Bediener der Verdichtungsmaschine befähigen, auf den aktuellen Verdichtungsbedarf örtlich und zeitlich angepasst zu reagieren.



Bild 5: Fahrer-Informationssystem

Fehlverdichtungen, die später als „hot spots“ mit erhöhten Temperatur- und Verlustwerten erscheinen, können so ausgeschlossen werden. Gleichmaßen wertvoll ist die Möglichkeit, Verdichtungsverlauf und -ergebnis im Sinne von Rückverfolgbarkeit und Haftungsabsicherung zu dokumentieren.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Neue verfahrenstechnische Lösungen zum Silomanagement enthalten neben den maschinen- und messtechnischen Innovationen auch bisher wenig beachtete arbeitswis-

senschaftliche Komponenten, so zum Zeitregime, zur wirksameren Einbindung in optimierte Ernteprozessketten, zur Informationsgewinnung und -verarbeitung sowie zur Prozessdokumentation. Wenn diese Komponenten, mindestens anteilig, wirksam gemacht werden, können die betreffenden Lagerungsprozesse als „Precision Storage“ bezeichnet und weiterentwickelt werden.

Als Beispiel wird die Prozessüberwachung, -steuerung und -dokumentation bei der Einlagerung hoher Halmgutmassenströme in Horizontalsilos gewählt. Dabei sind die Qualitätsansprüche gleichermaßen hoch, weitgehend unabhängig davon, ob das Konservat für die Versorgung von Tierbeständen oder als Kofermentat für Biogasanlagen dienen soll.

Online-Dichtemessung und Fahrer-Informationssystem sind dabei dringend benötigte Hilfsmittel zur effektiven Siloverdichtung. Vibrationswalzen bieten ausgezeichnete Voraussetzungen zur Implementierung derartiger Systeme und weisen zudem gute Relationen zwischen Verdichtungsarbeit und Verdichtungsergebnis auf (HÄBLER *et al.* 2008). Ob sie indes als Spezialmaschinen im Vergleich zu schweren Radtraktoren auch wirtschaftlich vertretbar sind, hängt in hohem Maße von der sonstigen betrieblichen Inanspruchnahme der Traktoren in den Zeitspannen der Silobefüllung ab. Entsprechende praxisnahe Untersuchungen sind ebenso erforderlich, wie weitere Experimente zur Anpassung der Walzentechnik an die landwirtschaftstypische Bedingungsvielfalt.

Offenbar existieren aber auch Theoriedefizite zum informationsgeleiteten Lagerungsprozess im Silo. Sobald die Zusammenhänge zwischen gasgefülltem Porenvolumen und Dichte des Häckselgutes nach Verdichtung für Gras und Mais besser aufgeklärt worden sind, können auch die Dichteanforderungen zum Einlagerungstermin besser begründet werden.

Aufgabe der Dokumentation kann es dann sein, Nachweise über die jeweilige Erfüllung der Verdichtungsanforderungen anzulegen. Gefordert wird z. B. eine zum Ende der Einlagerung vorliegende Dokumentation, etwa in Form einer 3-D-Grafik, die alle fehlverdichteten Stellen farblich markiert.

5 Literatur

- AUERNHAMMER H. (2004):** Precision Crop Farming. In: Jahrbuch Agrartechnik Nr. 16, S. 31-37
- BUNDESARBEITSKREIS FUTTERKONSERVIERUNG (2006)** (Hrsg.): Praxishandbuch Futterkonservierung.; DLG-Verlags-GmbH, 7. Auflage, Frankfurt
- HAHN J. (2003):** Lehrmaterial „Agrartechnische Grundlagen“. FG Agrartechnik der HU Berlin, (unveröff.)
- HAHN J., SONNEN J. (2007):** Prozesszeiten in logistischen Ketten der Pflanzenproduktion. Tagungsberichte des 15. Arbeitswissenschaftlichen Seminars des VDI-MEG-AK Arbeitswissenschaften im Landbau; Wien 5./6.3.2007. S. 42-47

- HÄBLER J., TÖLLE R., HAHN J.(2008):** Vibrationswalzen als Siloverdichter. Tagung LAND.TECHNIK 2008, Hohenheim, 26.09.2008
- JAHN S. (1990):** Informationslogistik als Wettbewerbsfaktor. Dissertation am Forschungsinstitut für Geo-Datenerfassung und Systemanalyse, LS Technische Ökosystemanalyse. Leoben Austria
- KAISER E. (2004):** Einflussfaktoren auf die Silagequalität. In: Tagung Landtechnik für Profis. VDI-MEG (Hrsg.), S. 11-22
- KRAMPE H., LUCKE H.-J. (2006):** Grundlagen der Logistik. Hussverlag München, S. 26
- SONNEN J. (2007):** Simulation von Ernteprozessketten für Siliergüter. Dissertation HU Berlin, Fachgebiet Agrartechnik. Forschungsbericht Agrartechnik des AKFL Nr. 454
- SOURELL H. (2005):** Agritechnica-Forum „Precision Irrigation“. Hannover am 9.11.2005

Überbetriebliche Ernte von Grassilage – Quaderballen als Alternative zu Feldhäcksler und Ladewagen?

Christoph Moriz

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen, Switzerland
e-mail: christoph.moriz@art.admin.ch

Zusammenfassung

Größere Betriebe mit wachsenden Milchviehherden erfordern steigende Mengen an hochwertigem Grundfutter. Der Mehrbedarf an Futterfläche ist vor allem bei ganzjähriger Silagefütterung nicht unerheblich. Diese Flächenausdehnung ist in aller Regel verbunden mit zunehmenden Feld-Hof Entfernungen sowie größeren Transportmengen, -strecken und zwangsläufig auch -kosten. In diesem Beitrag wird aus Sichtweise der Arbeitswirtschaft darauf eingegangen, ob dieser Transportproblematik durch die Gewinnung von hochverdichtetem Erntegut mit höheren Gehalten an Trockenmasse in Form von Quaderballen begegnet werden kann. Unter Einbezug von Berechnungsmodellen, die durch Arbeitszeitmessungen aktueller leistungsfähiger Verfahren ergänzt wurden, konnte der Arbeitszeitbedarf für unterschiedliche Verfahrensketten der Grassilagebergung berechnet werden. Gegenüber den Verfahren „Ladewagen“ und „Feldhäcksler“ zeigt die Ernte von Grassilage in Form von Quaderballen vor allem bei größeren Feld-Hof Entfernungen deutliche Vorteile. Auch die zu erreichenden Verfahrenleistungen sind kaum geringer als diejenigen der Häckselkette. Bei noch größeren Entfernungen verschiebt sich das Verhältnis weiter zu Gunsten der Quaderballen.

1 Ausgangslage und Problemstellung

Wachsende Milchviehherden erfordern einen zunehmend größeren Bedarf an hochwertigem Grundfutter, welches in vielen Fällen in Form von Silage zur Verfügung steht. Diese Mehrproduktion an Silage beansprucht vor allem bei der ganzjährigen Silagefütterung einen erheblichen Mehrbedarf an Erntefläche. Eine Ausdehnung der Fläche bedeutet in den meisten Fällen aber auch zunehmende Feld-Hof Entfernungen und damit insgesamt größere Transportmengen, -strecken und -kosten. Auch die Anforderungen an die Transportlogistik nehmen zu. Gerade bei der überbetrieblichen Bergung von Grassilage auf größeren Betrieben stellt sich die Frage, welche Lösungen sich für eine Reduktion der Transportzeiten und -kosten anbieten. Gegenüber dem Einsatz von Ladewagen und Feldhäcksler bietet die Ernte von Grassilage mit Quaderballen zwei wesentliche Vorteile. Zum einen steht für den Transport bereits hoch verdichtetes Erntegut bereit und zum anderen eröffnet

sich die Möglichkeit, Grassilage mit höheren Trockenmassegehalten zu ernten. Die Transportmassen können auf diese Weise deutlich reduziert werden.

2 Vorgehensweise

Für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich der Ernteverfahren für Grassilage „Ladewagen“, „Feldhäcksler“ und „Quaderballen“ wurde ein bestehendes Modellkalkulationssystem herangezogen (SCHICK & STARK 2002). Um die gestiegenen Leistungen aktueller Erntemaschinen zu berücksichtigen wurden Arbeitszeitmessungen in Form von Arbeitsbeobachtungen bei der Ernte von Grassilage durchgeführt. Insbesondere bei der Verfahrenskette „Quaderballen“ (pressen, wickeln und transportieren) ergaben sich in den vergangenen Jahren merkliche Leistungssteigerungen. Diese resultieren vor allem aus leistungsfähigeren Maschinen und Traktoren, die zum Einsatz kommen. Für die Zeitmessungen wurden die jeweiligen Arbeitsverfahren in ihre Teilvorgänge und Elemente untergliedert. Die Datenerfassung erfolgte mittels Pocket-PC (Dell Axim) und einer speziellen Software für die Zeiterfassung (Ortim b3). Die auf die Arbeitsablaufabschnitte einwirkenden Einflussgrößen (Massen, Volumina, Anzahl, Wegstrecken) waren ebenfalls zu erfassen. Die Ergebnisse dieser Zeitmessungen fließen direkt in die bestehenden Berechnungsmodelle ein, um den Arbeitszeitbedarf der unterschiedlichen Ernteverfahren mit den geänderten Leistungsmerkmalen angeben zu können. Für die Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs galt es im weiteren Verlauf unterschiedliche Annahmen zu treffen. Die durchschnittliche Schlaggröße wurde mit drei Hektar (ha) und der Ertrag mit 30 Dezitonnen Trockensubstanz je Schnitthektar (dt TS / ha) angenommen, wobei die Schlaggröße in der Untersuchung noch variiert wurde. Die Feld-Hof Entfernungen werden von 1000 m auf 8000 m gesteigert. Die mit Ladewagen und Feldhäcksler geerntete Grassilage weist einen Trockensubstanzgehalt von 30, 35 bzw. 40 Prozent auf. Beim Verfahren „Quaderballen“ wird der TS-Gehalt auf 45, 50 bzw. 55 Prozent gesteigert. Für die Transporte wurde für Leerfahrten auf Teerstrassen eine Geschwindigkeit von 30 km / h angesetzt. Im beladenen Zustand reduziert sich diese auf 20 km / h. Auf unbefestigten Wegen verringert sich die Geschwindigkeit auf 15 km / h. In der Untersuchung finden die Vorarbeiten (Mähen, Wenden, Schwaden) keine Berücksichtigung. Es wird davon ausgegangen, dass diese bei allen Bergeverfahren gleich erfolgen.

3 Verfahrensbeschreibungen

Für die Bergung der Grassilage mit dem Ladewagen kamen Traktoren mit 180 – 200 PS Motorleistung und Ladewagen mit etwa 40 m³ Fassungsvermögen zum Einsatz. Bei der Häckselkette wurden Selbstfahrhäcksler mit 400 – 600 PS aufgeboden. In Abhängigkeit der Feld-Hof Entfernung waren drei bis vier Transporteinheiten (Kipper und Abschiebewa-

gen) mit jeweils rund 40 m³ Ladevolumen erforderlich. Für das Flachsilo wurde eine Länge von 30 m, eine Breite von 8 m und eine Höhe von 2,5 m angenommen. Die Verdichtung im Flachsilo übernimmt ein Walzschlepper mit Siloverteiler.

Die Ernte der Quaderballen erfolgte im absätzigen Verfahren mit einer Großpackenpresse und einem separaten Wickelgerät. Für die Ballenpressen standen Traktorleistungen von 180 – 200 PS zur Verfügung (**Bild 1**). Die eingesetzte Ballenpresse verfügte über ein Kanalmaß von 120x70 cm. Die Ballenlänge betrug zwischen 180 und 200 cm. Das durchschnittlich ermittelte Ballengewicht betrug rund 700 kg. Das Wickelgerät für Quaderballen verfügte über einen eigenen Ölkreislauf und wurde von einem 170 PS Schlepper gezogen. Während des Wickelvorgangs konnte bereits der nächste Ballen aufgenommen werden (**Bild 2**). Der Wickelvorgang und die Ablage der Ballen erfolgten direkt auf dem Feld. Für den Transport der Ballen stand ein LKW-Anhänger mit einer Ladekapazität von 20 Ballen zur Verfügung. Der Ballenumschlag erfolgte mit einem Frontlader mit Klemmzange. Der Frontlader war an einen Schlepper mit einer Leistung von 140 PS angebaut.



Bild 1: Leistungsfähige Traktoren können das Potential moderner Großballenpressen besser ausschöpfen



Bild 2: Während ein Ballen noch gewickelt wird, kann ein zweiter bereits aufgenommen werden. Dies steigert die Leistung des Gerätes erheblich

4 Ergebnisse

In **Bild 3** ist der Arbeitszeitbedarf für die unterschiedlichen Bergeverfahren in Abhängigkeit der Feld-Hof Entfernung dargestellt. Arbeitswirtschaftlich betrachtet schneidet das Verfahren „Quaderballen“ deutlich besser als die beiden Alternativen ab. Durch die Steigerung des TS-Gehaltes von 30 auf 45 Prozent reduziert sich das zu transportierende Erntegut auf einem 3 ha Schlag von 30 auf 20 Tonnen. Diese deutlich reduzierten Transportmassen wirken sich entsprechend positiv auf den Arbeitszeitbedarf aus. Aber nicht nur die verringerten Transportmassen, sondern auch die hohen Leistungen von Quaderballenpresse und Großballenwickelgerät machen diese Form der Silagebergung derart schlagkräftig. Bei der Häckselkette fallen besonders die erforderlichen Transporteinheiten ins Gewicht. Bis zu einer Feld-Hof Entfernung von 3000 m wurden drei, darüber hinaus sogar vier Transportfahrzeuge eingesetzt, was den Arbeitszeitbedarf entsprechend erhöht und das Verfahren mit dem Ladewagen zeitlich sogar besser stellt. Die reduzierte Transportmenge der Quaderballen und die Tatsache, dass bereits hoch verdichtetes Erntegut umgeschlagen wird, lässt den Einfluss steigender Feld-Hof Entfernungen weit weniger ins Gewicht fallen. Damit eignet sich dieses Verfahren insbesondere für große Distanzen. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass der Transport und das Einlagern bzw. Aufstapeln der fertig gewickelten Quaderballen unabhängig von der Witterung erfolgen kann. Dies bedeutet, dass der Anspruch an die Dauer einer Schönwetterperiode geringer ist. Betrachtet man lediglich den Zeitbedarf bis zum verdichteten und luftdicht abgeschlossenen Erntegut verschiebt sich der Vorteil weiter zu Gunsten der Quaderballen.

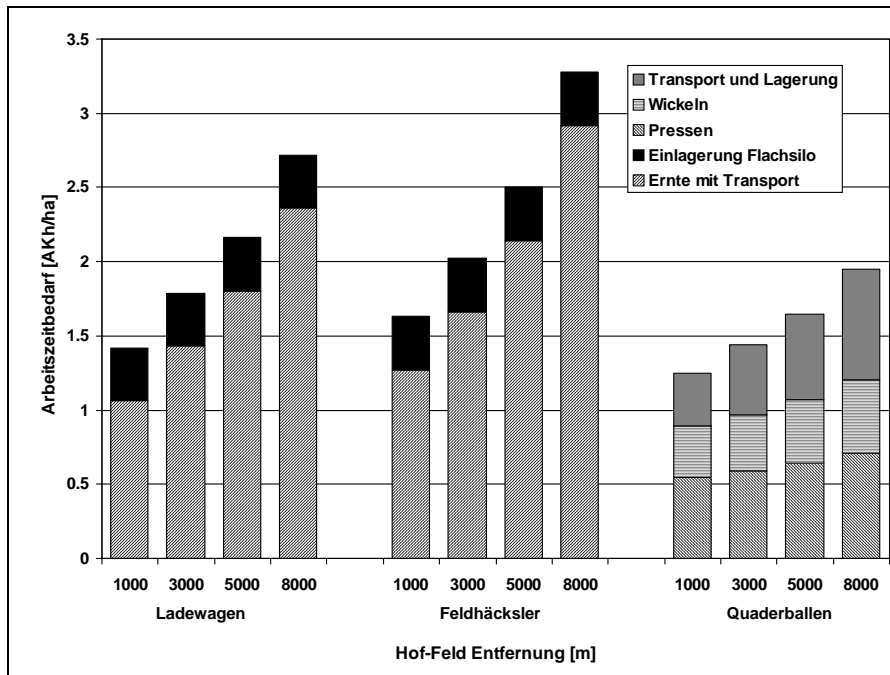


Bild 3: Arbeitszeitbedarf unterschiedlicher Verfahrensketten für die Ernte von Grassilage in Abhängigkeit von der Hof-Feld Entfernung

Eine andere Darstellung ergibt sich bei der Betrachtung der Verfahrenszeiten (siehe **Bild 4**). Die hohe Bergeleistung der selbstfahrenden Feldhäcksler sowie die Vielzahl der eingesetzten Arbeitskräfte auf den Transportfahrzeugen und im Flachsilo ergeben im Vergleich der drei Varianten die geringsten Verfahrenszeiten. Nur geringfügig höheren Zeiten ergeben sich bei der Ballenkette. Bei noch größeren Entfernungen ist davon auszugehen, dass diese Zeiten sogar noch tiefer als diejenigen der Häckselkette liegen. Wenn man zusätzlich bedenkt, dass bei der Ballenkette nur die Hälfte der Arbeitskräfte eingesetzt wird, erkennt man wiederum den arbeitswirtschaftlichen Vorteil. In Bezug auf die Verfahrenszeit schneidet der Ladewagen deutlich schlechter ab. Hier haben steigende Entfernungen den größten Einfluss.

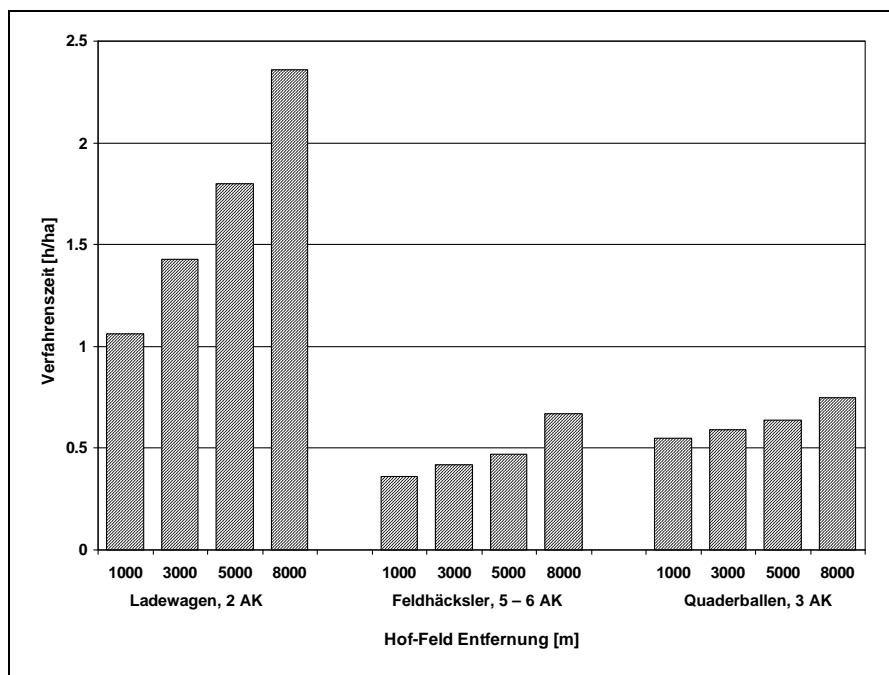


Bild 4: Verfahrenszeiten unterschiedlicher Bergelketten für Grassilage in Abhängigkeit von der Feld-Hof Entfernung

5 Schlussfolgerungen

Ziel der Untersuchungen war es, die drei beschriebenen Ernteketten für Grassilage arbeitswirtschaftlich miteinander zu vergleichen. Auch sollte festgestellt werden, ob bei großen Entfernungen höher verdichtetes Erntegut mit höheren Trockensubstanzgehalten Vorteile hat. Was den Arbeitszeitbedarf anbelangt, schneidet die Ballenkette bei hoher Mechanisierung besser als die anderen Varianten ab. Im Hinblick auf die Verfahrenszeiten erzielt die Verfahrenskette „Quaderballen“ nur geringfügig schlechtere Ergebnisse als die Häckselkette. Die positiven Auswirkungen der geringeren Transportmassen und –volumina zeigt sich im reduzierten Einfluss der steigenden Feld-Hof Entfernungen.

6 Literatur

SCHICK M., STARK R. (2002): Arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zur Raufutterernte. Zeitbedarf und Verfahrensleistungen für Grassilage- und Heuernte. FAT-Bericht Nr. 588, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik

Kalkulation von Arbeitszeitbedarf und Kosten der Feldberegung am Beispiel der Rohrberegung

Mathias Funk

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Zentralbereich Datenmanagement, Bartningstrasse 49, D-64289 Darmstadt, Germany
Telefon: +49 6151 7001-0, direkt -167; Fax: -123 e-mail: m.funk@ktbl.de

Kurzfassung

Im Rahmen des Arbeitsprogramms „Kalkulationsunterlagen“ wurden im Jahr 2005 arbeitswirtschaftliche Daten für mobile Beregnungsanlagen erhoben. Zum Einsatz dieser Daten entwickelt das KTBL ein Kalkulationsmodul, das den Materialbedarf und den Arbeitszeitbedarf für den Auf- und Abbau von Rohrberegnungsanlagen berechnet. Ausgehend von der Entfernung zur Wasserversorgung z.B. einem Hydranten der Größe der zu beregnenden Fläche, dem Abstand der Stränge und dem Abstand der Regner innerhalb eines Stranges, wird der Bedarf des Materials der Rohrberegung, den Anlagenelementen berechnet.

Durch die Verknüpfung der Elemente der Rohrberegung mit dem Zeitbedarf für das Auf- bzw. Abbauen jedes Elementes ist es möglich, mit sehr wenigen Eingaben den Arbeitszeitbedarf und die Arbeitserledigungskosten einer Rohrberegung zu berechnen.

Das Kalkulationsmodul reagiert somit sehr flexibel auf verschiedene Standorte und liefert einen wichtigen Beitrag zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Bewässerungsmaßnahmen.

Schlüsselwörter: Rohrberegung, Kalkulationsmodul, Arbeitszeitbedarf

Keywords: Irrigation with pipes, computational procedure, labour requirements

Summary

In 2005 the project “Kalkulationsunterlagen” (calculation data) gathered data for the operation of mobile irrigation plants. For the versatile usage of this data a computational procedure was developed. One of its main purposes is to calculate the labour requirements for the assembly and disassembly of an irrigation pipe facility. In order to estimate the demand in material and facility parts the following parameters were taken into account based on the distance between the facility and the water supply:

- The size of the hydrant available for the area of irrigation
- The distance between the pipelines
- The distance between the sprinklers in a pipeline

For each facility part the estimated time for its assembly and disassembly was determined rendering it thus possible to calculate the overall time needed for operation of a pipe irrigation facility.

The computational procedure works with varying locations and significantly helps in ascertaining the profitability of an irrigation facility.

1 Einleitung

Die Rohrberechnung gehört zu den mobilen Berechnungsverfahren und zu den Reihenregnungsverfahren. Eine Rohrberechnungsanlage besteht je nach Schlaggröße und Verteilung der Regner auf dem Schlag aus einer bestimmten Zahl an Rohren, T-Stücken, Bögen, Regnern und Endkappen. Diese Anlagenelemente müssen zum Schlag transportiert, aufgebaut und nach dem Einsatz wieder abgebaut und abtransportiert werden. Die genaue Menge der notwendigen Elemente kann mit dem Kalkulationsmodul berechnet werden. Ausgehend von diesen Mengen werden dann der Arbeitszeitbedarf und die Kosten für die Wasserverteilung berechnet.

2 Ermittlung der Materialmengen

Die genaue Zusammensetzung der Anlage ergibt sich aus der Schlaggeometrie und der Verteilung der Regner auf dem Schlag. Im Einzelnen sind das die Schlagbreite, die Schlaglänge, die Entfernung des Schlages zum nächsten Hydranten, der gewünschte Abstand der Stränge und der gewünschte Abstand der Regner innerhalb des Stranges.

Die Anzahl der Stränge je Schlag ergibt sich aus der Breite des Schlages und dem Abstand zwischen den Strängen. Von der Wurfweite der Regner leitet sich der Abstand der Stränge ab, der aufgrund der Rohrlänge nur in 6-m-Schritten variiert werden kann.

Die Anzahl der Regner je Strang ergibt sich aus der Länge des Schlages und dem Abstand der Regner innerhalb der Stränge.

Üblich sind Strangabstände von 18 oder 24 m und Regnerabstände von 12 oder 18 m.

Ausgehend von den Regnern je Strang und den Strängen je Schlag werden die benötigten Elemente für die Wasserverteilung auf dem Schlag berechnet. Hinzu kommen noch, je nach Entfernung zum nächsten Hydranten, die für die Zuleitung benötigten Rohre und der Hydrantenanschlussbogen.

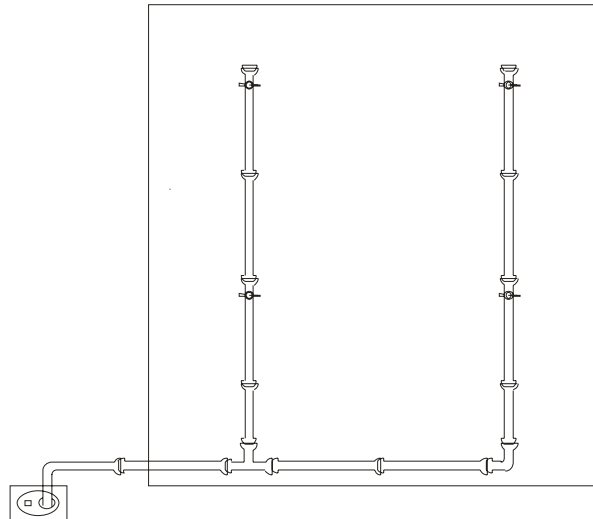


Bild 1: Aufbau einer Rohrberegnung

Tabelle 1: Anlagenelemente je Schlag

Schlag- fläche Ha	Strang- abstand m	Regner- abstand m	Stränge je Schlag	Regner je Strang	Regner je Schlag	Rohre je Schlag	T-Stücke je Schlag	Bogen je Schlag
1	18	12	2	20	40	85	1	2
		18	2	14	28	61	1	2
	24	12	2	20	40	86	1	2
2	18	12	3	27	81	169	2	2
		18	3	19	57	121	2	2
	24	12	3	27	81	171	2	2
5	18	12	8	29	232	481	7	2
		18	8	20	160	337	7	2
	24	12	6	29	174	366	5	2

3 Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes

Zur Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes des Arbeitsauftrages „Aufbauen einer Rohrberegnungsanlage“ wird die Arbeit in folgende Arbeitsschritte gegliedert:

1. Einzelteile der Rohrberegnung auf Wagen laden
2. Transport zum Feld
3. Rohrberegnung aufbauen
4. Beregnung betreiben
5. Rohrberegnung abbauen
6. Transport zum Lager
7. Einzelteile der Rohrberegnung abladen

Bei den Arbeitsschritten 1, 3, 5 und 7 werden die Tätigkeiten je Element ausgeführt. Der Zeitbedarf dieser Tätigkeiten wird als Arbeitszeitelement je Element und Vorgang angegeben. Der Gesamtzeitbedarf dieser Arbeitsschritte ergibt sich aus der Summe der Tätigkeiten, die für alle Elemente ausgeführt werden. Der Zeitbedarf der Arbeitsschritte 2 und 6 wird aus der Entfernung und der Transportgeschwindigkeit berechnet. Der Zeitbedarf für den Arbeitsschritt 4 ergibt sich aus den Arbeitszeitelementen der Tätigkeiten Ein-/Ausschalten, Funktionskontrolle und den Fahrtzeiten zum Feld und zurück, die je Beregnung ausgeführt werden.

4 Erstellen von Arbeitsgängen

Die einzelnen Arbeitsschritte werden zu Arbeitsgängen zusammengefasst.

Sowohl die Arbeitsschritte 1 bis 3 als auch die Arbeitsschritte 5 bis 7 können in einem Arbeitsgang erledigt werden. Somit ergeben sich aus den Arbeitsschritten folgende Arbeitsgänge:

1. Aufbau der Rohrleitungen
 1. Einzelteile der Rohrberegnung auf Wagen laden
 2. Transport zum Feld
 3. Rohrberegnung aufbauen
2. Betreiben der Beregnung
 4. Beregnung betreiben
 - 4.1 Anschluss an Hydrant,
 - 4.2 Einstellen der Schieber,
 - 4.3 Ein-, Ausschalten und Funktionskontrolle
3. Abbau der Rohrleitungen
 5. Rohrberegnung abbauen
 6. Transport zum Lager
 7. Einzelteile der Rohrberegnung abladen

Der Arbeitszeitbedarf der Arbeitsgänge ergibt sich aus dem Zeitbedarf der Arbeitsschritte und deren Häufigkeit im Arbeitsgang. Hinzu kommt noch der Zeitbedarf für Wendevorgänge, das Rüsten der eingesetzten Maschinen und je nach Arbeitsauführung auftretende zusätzliche Fahrten.

Der Gesamtarbeitszeitbedarf des Arbeitsauftrages Beregnen ergibt sich dann aus der Summe des Zeitbedarfes dieser Arbeitsgänge, wobei der Arbeitsgang 2. je nach Anzahl der gewünschten Beregnungsgaben wiederholt werden muss. Bei der Kostenrechnung werden die AFA und die Zinsen der Rohrberegnung dem Arbeitsgang „Aufbau der Rohrberegnung“ zugeordnet.

Tabelle 2: Zeitbedarf und Kosten

Schlag- fläche Ha	Strang- abstand m	Regner- abstand m	Zeit- bedarf AKh/ha	BS- Kosten €/ha	Reparatur- kosten €/ha	AFA €/ha	Zinsen €/ha	Diesel l/ha
Aufbau der Rohrberegnungsanlage ¹								
1	18	12	2,7	6,35	16,95	419	120	5,7
		18	2,5	5,89	16,07	388	112	5,3
2	18	12	2,7	6,39	17,07	422	120	5,7
		18	2,6	6,20	16,51	412	117	5,5
		24	2,4	5,75	15,69	382	110	5,1
5	18	12	2,6	6,24	16,63	415	118	5,6
		18	2,9	7,02	18,58	466	133	6,3
		24	2,7	6,39	17,31	424	122	5,7
	24	12	2,2	5,30	14,09	353	101	4,7
Betrieb einer Rohrberegnungsanlage je Regengabe								
1			0,92	0,97	0,99	5,38	4,37	0,9
2			0,79	0,81	0,83	4,48	3,64	0,7
5			0,72	0,71	0,73	3,94	3,20	0,6
Abbau der Rohrberegnungsanlage								
1	18	12	2,5	6,08	4,64	5,27	1,41	5,4
		18	2,4	5,60	4,46	5,07	1,36	5,0
		24	2,6	6,12	4,66	5,30	1,42	5,5
2	18	12	2,5	5,95	4,45	5,06	1,35	5,3
		18	2,3	5,49	4,29	4,88	1,31	4,9
		24	2,5	5,98	4,47	5,09	1,36	5,3
5	18	12	2,8	6,75	4,95	5,63	1,51	6,0
		18	2,5	6,11	4,68	5,32	1,42	5,5
		24	2,1	5,10	3,76	4,27	1,14	4,5

¹ AFA und Zinsen inklusive der Rohrberegnungselemente

5 Fazit

Die Kombination von Anlageteilen, Zeitelementen und möglichst einfachen Modulen ermöglicht die Berechnung des Kapital- und Arbeitszeitbedarfes bei der Rohrberegnung. Dies verbessert die Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes in der Feldwirtschaft und schließt eine Datenlücke bei der Bewertung von Beregnungsverfahren.

6 Literatur und Quelle

FUNK M.: KTBL-Datenbank Feldarbeitsverfahren, Anlagen, Arbeitszeitelemente

SURELL H.: Projektergebnis der Arbeitsvorhabens Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarf bei der Feldberechnung im KTBL-Arbeitsprogramm Kalkulationsunterlagen.

Arbeitszeitbedarf für die Bereitstellungsketten von Scheitholz und Holzhackschnitzel

Christoph Moriz

Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen, Switzerland
e-mail: christoph.moriz@art.admin.ch

Zusammenfassung

Holz gewinnt als nachwachsender Rohstoff und Energieträger zunehmend an Bedeutung. Dadurch ist es möglich, die Arbeit im bäuerlichen Forst angemessen zu entlohnen. Die Ernte und Aufbereitung von Holz erlangt wieder einen wirtschaftlichen Stellenwert. Für die dazu notwendigen Kostenkalkulationen bedarf es aber der Kenntnis des erforderlichen Arbeitszeitbedarfs und der Verfahrenskosten. Nur so kann beim Verkauf von Scheitholz oder Hackschnitzel ein kostendeckender Preis ermittelt werden. Der Zeitbedarf für die Herstellung von Scheitholz ist in erster Linie vom jeweiligen Mechanisierungsgrad abhängig und liegt zwischen 4,97 und 2,28 AKh / Fm. Dabei sind alle Arbeiten vom stehenden Baum im Wald bis einschließlich des Transports des Scheitholzes zum Kunden berücksichtigt. Deutlich weniger Arbeit erfordert die Verarbeitung von Holz zu Hackschnitzel. Hier liegt der Zeitbedarf zwischen 2,35 und 1,12 AKh / Fm und hängt neben dem eingesetzten Hackgerät auch von der Mechanisierung bei der Holzernte ab. Auch in diese Kalkulation fließen sämtliche Arbeitsschritte vom Fällen des Baumes bis zum Transport zum Endverbraucher mit ein. Die Arbeits- und Maschinenkosten für die Bereitstellung von Scheitholz beziehungsweise Hackschnitzel belaufen sich in den kalkulierten Beispielen auf rund CHF 160.- (100.- Euro) je Raummeter beziehungsweise CHF 49.- (30.- Euro) je Schüttraummeter.

1 Einleitung und Problemstellung

Bedingt durch die Trendwende am Energiemarkt steigt die Nachfrage nach alternativen Energieträgern und nachwachsenden Rohstoffen – so auch nach Holz. Das Potential der Holzwirtschaft und des Waldes ist im Energiesektor als hoch einzustufen, zumal der Anteil an bewaldeter Flächenanteil im Alpenraum überdurchschnittlich groß ist. In der Schweiz sind derzeit 31% der Landesfläche bewaldet (BUNDESAMT FÜR UMWELT 2008). In den letzten rund 100 Jahren hat diese Fläche um zirka 70% zugenommen. In Österreich sind sogar 47% der Staatsfläche bewaldet (RUSS 1997). Holz in Form von Scheitholz, Hackschnitzel und Holzpellets gewinnt als Brennstoff zunehmend an Bedeutung. Für die Forstwirtschaft und für Landwirte mit Waldbesitz ist vor allem die Bereitstellung von Scheitholz und Holzhackschnitzeln von besonderem Interesse. Für die Planung und zur

Abschätzung des erforderlichen Arbeitszeitbedarfs mangelt es in diesem Bereich in erster Linie an aktuellem arbeitswirtschaftlichem Datenmaterial.

2 Vorgehensweise und Datenerfassung

Ausgangspunkt für die vorliegende Studie war zunächst eine grundlegende Sichtung der vorhandenen Literatur. Mit dem Arbeitszeitbedarf für die Scheitholzproduktion beschäftigten sich HÖLDRICH *et al.* (2006 und 2007). In Abhängigkeit des Mechanisierungsgrads ermittelten sie für die Bereitstellung von 33 cm Scheitholz einen Arbeitszeitbedarf zwischen 5,7 und 0,5 AKh je Festmeter. Neben relativ gering mechanisierten Verfahren betrachteten sie auch das professionelle Scheitholzgewerbe. Die Produktion von Holzhackschnitzel ist in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Hierzu finden sich Angaben bei BECKER *et al.* (1986) und CORDA (1999). Daten zum Arbeitszeitbedarf für die komplette Verfahrenskette vom Fällen des Baums bis zum Transport der Hackschnitzel fehlen aber weitestgehend.

Um den Arbeitszeitbedarf für die entsprechenden Verfahrenskette kalkulieren zu können, sind hierfür zunächst die entsprechenden Arbeitsablaufmodelle zu formulieren. Dies gilt gleichermaßen für die gewählten Bereitstellungsketten für Scheitholz und Hackschnitzel. Die entsprechenden Arbeitsverfahren sind festzulegen. Zu unterscheiden sind hierbei der Bereich der Holzernte sowie der Aufbereitung zu Scheitholz (**Bild 1**) oder Hackschnitzel (**Bild 2**).



Bild 1: Eine Aufarbeitung zu 1-m-Scheiten erfolgt in vielen Fällen bereits im Wald



Bild 2: Zapfwellenbetriebene Anbau- oder Anhängehacker eignen sich für den Einsatz im bäuerlichen Forst

Die Holzernte umfasst das Fällen und Ausasten sowie eine erste Aufbereitung des Holzes im Wald. Hierzu gehört das Ablängen der Stämme und das Rücken bis zur Waldstrasse. Das Rücken kann manuell, teilmechanisiert oder mechanisiert erfolgen. Beim Rücken von Langholz wird dieses in der Regel an der Waldstrasse zwischengelagert. Werden Meterstücke manuell aus dem Wald befördert, können diese direkt aufgestapelt oder zuvor noch gespalten und gebündelt werden. Die eigentliche Verarbeitung des Holzes zu Scheitholz oder Hackschnitzeln kann sowohl im Wald als auch auf dem Hof erfolgen. Die Produktion von Hackschnitzeln erfolgt in aller Regel auf der Waldstrasse. Die Verarbeitung beinhaltet das Sägen, Spalten und Hacken. Bei der Kalkulation des Arbeitszeitbedarfs sind auch die anfallenden Transporte (Wald-Hof, Hof-Kunde) zu berücksichtigen.

Für die Datenerfassung standen Lohnunternehmen und Landwirte in den Kantonen Thurgau, St. Gallen und Zürich zur Verfügung. Die Kontaktaufnahme erfolgte über die Förster der Forstreviere. Die Erfassung der Arbeitszeiten wurde auf Stufe „Arbeitselement“ und „Arbeitsteilvorgang“ durchgeführt. Die Messpunkte für die jeweiligen Arbeitselemente- und teilvorgänge waren dazu festzulegen. Die Zeitaufnahme erfolgte mittels Pocket-PC (Dell Axim) und einer speziellen Software für die Zeiterfassung (Ortim b3). Insgesamt wurden

34 Zeitmessungen durchgeführt und 125 Arbeitsablaufabschnitte in einer Datenbank abgelegt.

Neben der Erfassung von Arbeitszeitdaten wurden während den Arbeitsbeobachtungen auch die auf den Arbeitszeitbedarf wirkenden Einflussgrößen (Massen, Volumina, Anzahl, Wegstrecken) ermittelt. Aus dieser Datengrundlage konnte der Arbeitszeitbedarf für die verschiedenen Bereitstellungsketten für Scheitholz und Hackschnitzel errechnet werden.

Darüber hinaus sind diese Daten auch für eine Kostenkalkulation erforderlich. Die Arbeitskosten ergeben sich bei einem Lohnansatz von CHF 27.- pro Stunde (umgerechnet rund 16 Euro) direkt aus dem erforderlichen Arbeitszeitbedarf. Die Maschinenkosten lassen sich aus den Maschinenzeiten und dem Investitionsbedarf kalkulieren.

3 Ergebnisse

Tabelle 1 stellt den Arbeitszeitbedarf für unterschiedliche Bereitstellungsketten für Scheitholz und Hackschnitzel dar. Um eine Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, ist der Arbeitszeitbedarf jeweils in Arbeitskraftminuten je Festmeter (AKmin / Fm) angegeben. Eine Umrechnung auf die üblichen Einheiten (Raummeter bei Scheitholz und Schüttraummeter bei Hackschnitzel) erfolgt am Ende der Tabelle. Bezogen auf einen Festmeter (Fm) liegt dieser zwischen 4,97 und 1,13 Arbeitskraftstunden. Die Unterschiede erklären sich durch Abweichungen im Produkt (Scheitholz 33 cm, Scheitholz 50 cm und Hackschnitzel) sowie durch verschieden gewählte Mechanisierungsgrade bei den einzelnen Arbeitsabschnitten. Die Verarbeitung von Holz zu Hackschnitzel erfordert in der Regel einen niedrigeren Zeitbedarf als die Herstellung von Scheitholz. Dabei sind aufgebaute Grosshacker den zapfwellenbetriebenen Geräten deutlich überlegen, haben aber auch ein deutlich höheres Investitionsvolumen. Bei der Bereitstellung von Scheitholz ergeben sich merkliche zeitliche Vorteile beim Einsatz von kombinierten Säge-Spaltmaschinen. Auch in diesem Fall wird der Faktor Arbeit durch den Faktor Kapital ersetzt.

Beim Fällen und Ausasten sind keine Unterschiede ersichtlich, da immer mit der Motorsäge gearbeitet wird. Gemessen wurde das Fällen und Ausasten von Nadelholz (Fichte). Der durchschnittliche Brusthöhendurchmesser (BHD) wurde mit 26 cm kalkuliert. Bei den weiteren Verarbeitungsschritten konnten Messungen für Laub- und Nadelholz sowie auch für gemischte Sortimente durchgeführt werden. In der Mehrzahl der Fälle wurde eine Motorsäge mit einer Leistung von 3-4 KW eingesetzt, die überwiegend sowohl für Fällarbeiten als auch für das Ausasten genutzt wurde. Das Fällen enthält neben der Ausführung des Fällschnitts auch das vorherige Aufsuchen und Anzeichnen des Baums sowie das Anlegen der Fällkerbe. Ebenfalls anteilig sind das Betanken der Motorsäge sowie das Schärfen und Nachstellen der Kette. Der Einsatz von Vollerntern würde zwar große Zeitersparnisse bringen, wurde hier aber im Hinblick auf eine bäuerliche Forstwirtschaft nicht berücksichtigt.

Beim Rücken ergeben sich vor allem beim Einsatz der Seilwinde im Langholzbereich zeitliche Vorteile. Alternativ dazu wurden Meterstücke manuell oder mit einer Kippschaufel zur Waldstrasse transportiert. Das Gelände war eben bis leicht geneigt. Aufgrund der relativ trockenen Witterung während der Zeitmessungen waren die Waldstrassen in einem guten Zustand und die Waldbestände entsprechend gut zu erreichen. Beim Rücken von Langholz mit der Seilwinde kann das Holz in dieser Form an der Waldstrasse zwischengelagert werden. Gerade bei der Weiterverarbeitung zu Hackschnitzel ist dies der Fall. Alternativ dazu erfolgte ein Ablängen der Stämme zu Meterstücken und das Spalten mit einem Senkrechtspalter. Nur geringfügige Unterschiede zeigen sich zwischen dem manuellen Aufschichten des Meterscheitholzes und dem Einsatz eines Bündelgeräts. Letzteres ist vor allem dann von Vorteil, wenn die Holzbündel mehrfach umgesetzt und transportiert werden müssen. Das Holz kann einfach mit einem Heckstapler oder Frontlader bewegt werden und muss nicht jedes mal von Hand manövriert werden.

Für die Transporte von der Waldstrasse zum Hof wurde eine mittlere Hof-Wald-Entfernung von 3000 m angenommen. Die durchschnittliche Geschwindigkeit auf Wald- und nicht befestigten Feldwegen beträgt 15 km/h. Für den Transport zum Hof stehen unterschiedliche Varianten zur Auswahl. Ist das Holz lose zwischengelagert, erfolgt die Verschiebung zum Hof in der Regel mit einem Anhänger. Holzbündel können über kurze Distanzen einzeln bewegt werden. Für weitere Entfernungen bietet sich auch hier der Transport mit dem Anhänger an.

Die weitere Verarbeitung zu Scheitholz kann auf der Hofstelle erfolgen. Gängig ist die Zerkleinerung zu 33 cm und 50 cm Scheitholz. Sind die Arbeitsgänge Sägen und Spalten getrennt, ist deutlich mehr Arbeitszeit erforderlich als beim Einsatz von Säge-Spalt-Kombinationen. In den meisten Fällen wird das fertige Produkt direkt in das anschließende Transportmittel gegeben (Gitterbox, Anhänger). Für den Transport zum Kunden wurde eine einfache Entfernung von 10 000 m bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 20 km/h in die Kalkulation mit einbezogen.

Die Verarbeitung zu Hackschnitzel erfolgt in aller Regel auf der Waldstrasse. Sowohl Langholz als auch Meterstücke können zu Hackschnitzeln verarbeitet werden. Unterschiede im Arbeitszeitbedarf resultieren aber in erster Linie aus der Leistung der Hacker. Das Hackgut wird direkt auf einen Anhänger geblasen. Für den Transport zum Kunden gelten die gleichen Annahmen wie beim Scheitholz. In den Berechnungen werden die Hackschnitzel beim Kunden direkt in einen Bunker gekippt. Alternativ dazu gibt es auch die Möglichkeit der Beförderung in einen Silo.

Die vier in der Tabelle vorgestellten Varianten passen natürlich nicht auf jeden Betrieb. Durch die Angabe der Arbeitszeiten für einzelne Arbeitsabschnitte, ergeben sich jedoch eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten, die betriebsindividuell angepasst werden können.

Tabelle 1: Arbeitszeitbedarf in AKmin/FM in ausgewählter Verfahren zur Bereitstellung von Scheitholz und Hackschnitzel

	Scheitholz 33 cm	Scheitholz 50 cm	Hackschnitzel Anbauhacker	Hackschnitzel Grosshacker
Fällen, Ausasten und Aufarbeiten mit Motorsäge	27.50	27.50	27.50	18.89
Rücken manuell, 1-m-Stücke	22.08	22.08	22.08	
Rücken mit Seilwinde, Langholz				13.46
Spalten zu 1-m-Scheiten	26.44	26.44	26.44	
Aufsichten manuell	13.70		13.70	
Bündeln mit Gerät		9.56		
Transport zum Hof, lose	44.43			
Transport zum Hof, Bündel		12.59		
Sägen zu 33 cm Scheitholz	28.85			
Sägen zu 50 cm Scheitholz		23.96		
Spalten mit Kleinholzspalter	111.80	75.85		
Hacken mit Anbauhacker			25.98	
Hacken mit Grosshacker				9.89
Transport zum Kunden, inklusive abladen	23.65	23.65	25.42	25.42
Summe AKmin / Fm	298.5	221.6	141.1	67.7
Summe AKh / Fm	5.0	3.7	2.4	1.1
Summe AKh / Rm	3.5	2.6		
Summe AKh / Srm			0.9	0.5

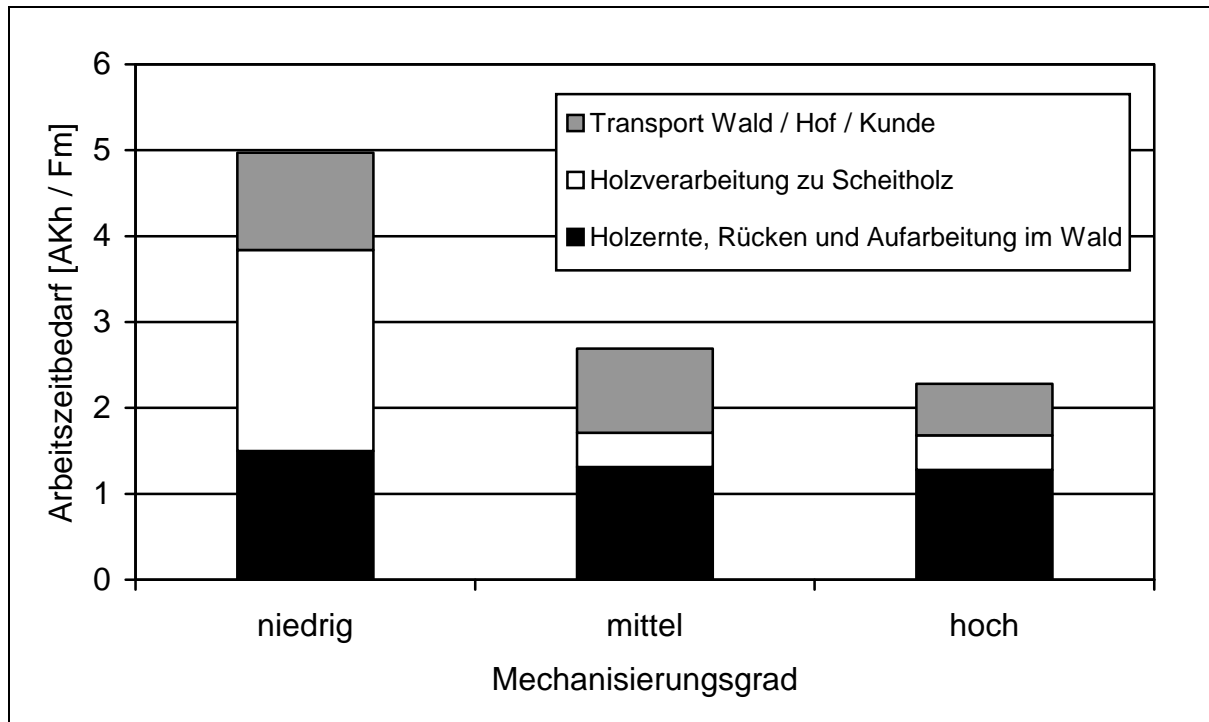


Bild 3: Arbeitszeitbedarf für die Bereitstellung von 33 cm Scheitholz bei unterschiedlichen Mechanisierungsstufen

Bild 3 zeigt den Arbeitszeitbedarf für die Bereitstellung von 33 cm Scheitholz bei unterschiedlichen Mechanisierungsstufen. Nur geringe Differenzen sind bei der Holzernte, dem HolZRücken und der ersten Aufarbeitung im Wald zu verzeichnen. Bei allen Varianten erfolgt die Ernte manuell mit der Motorsäge. Die Unterschiede ergeben sich durch die gewählten Rückeverfahren (manuell, Kippschaufel und Seilwinde) und durch abweichende Verfahren der Erstaufarbeitung im Wald (manuell aufschichten, Bündelgerät).

Grosse Effekte zeigen sich bei der Verarbeitung zu Scheitholz. Es ist deutlich zu erkennen, welche positiven Auswirkungen der Einsatz einer kombinierten Säge-Spaltmaschine beim mittleren und hohen Mechanisierungsgrad mit sich bringt. Die unterschiedlichen Zeiten für den Transport ergeben sich ausschließlich aus der Verfrachtung des Holzes vom Wald auf den Hof. Der Einzeltransport von Holzbündel (mittlere Mechanisierung) zeigt gegenüber dem losen Transport (niedrige Mechanisierung) kaum zeitliche Vorteile. Werden dagegen mehrere Bündel mit einem Anhänger transportiert (hohe Mechanisierung), sind deutlich Effekte zu erkennen.

4 Literatur

BECKER et al. (1986): Nutzung forstlicher Biomasse durch Hackung – Aufkommen, Bereitstellung und Qualität von Waldhackschnitzeln. Abschlussbericht zum EG-Projekt BOS/002/D(B), Freiburg

- BUNDESAMT FÜR UMWELT (2008):** Wald und Holz, Wald, Waldfläche. Zugang:
<http://www.bafu.admin.ch/wald/01198/01201/index.html?lang=de> [14.02.2008]
- CORDA (1999):** Leistungs- und Kostenermittlung bei der Bereitstellung von Waldhackschnitzeln im Kleinprivatwald. Diplomarbeit Ludwig-Maximilians Universität München
- HÖLDRICH A., HARTMANN H., SCHARDT M. (2007):** Arbeitszeitbedarf bei der Scheitholzproduktion. Landtechnik (62), 1/2007, S. 50-51
- HÖLDRICH A., HARTMANN H., DECKER T., REISINGER K., SCHARDT M., SOMMER W., WITTKOPF S., OHRNER G. (2006):** Rationelle Scheitholzbereitungsverfahren. Berichte aus dem TFZ, Nr. 11, Technologie- und Förderzentrum (TFZ), Selbstverlag, Straubing, 274 S
- RUSS W. (1997):** Waldfläche wächst weiter – Tendenz zu mehr Laubholz. Zugang:
<http://bfw.ac.at/inst7/publ/oefz12-97/russ.html> [14.02.2008]

Arbeitswirtschaftlicher Vergleich verschiedener Systeme zum Setzen von Stecklingen zur Anlage von Kurzumtriebsflächen

Franz Handler, Emil Blumauer

HBLFA Francisco Josephinum, Biomass-Logistics-Technology, AT-3250 Wieselburg, Austria
e-mail: franz.handler@josephinum.at

1 Einleitung

Kurzumtriebsflächen sind landwirtschaftliche Flächen, die mit schnell wachsenden Baumarten bepflanzt sind und rund 25 Jahre genutzt werden. Die Ernte erfolgt alle 2 bis 10 Jahre. Je kürzer die Umtriebszeit, umso geringer sind die Pflanzabstände. Die wichtigsten Baumarten in Österreich sind Pappel und Weide. Die Pflanzung erfolgt im Frühjahr auf wie für die konventionelle Getreidesaat vorbereiteten Flächen (ECKEL *et al.* 2008, BURGER 2004).

2 Material und Methode

Die Versuche wurden 2007 und 2008 durchgeführt.

Pflanzabstand

Die Untersuchungen wurden bei Weiden und Pappeln mit den in Österreich üblichen Pflanzabständen bei einer angestrebten Umtriebszeit von 2 bis 4 Jahren durchgeführt. Weiden wurden in Doppelreihen mit 75 cm Abstand zwischen den beiden Reihen und 150 cm Abstand zwischen den Doppelreihen gepflanzt. Bei Pappeln betrug der Reihenabstand 3 m. In der Reihe lag der Abstand jeweils zwischen 50 und 57 cm.

Stecklinge

Grundsätzlich kann zwischen Setzgeräten, die auf rund 20 cm Länge geschnittene Steckhölzer erfordern und Setzgeräten, die von Ruten rund 20 cm lange Steckhölzer abschneiden und diese setzen, unterschieden werden. Die Stecklinge sollen vier Augen besitzen.

Die Weidenstecklinge weisen eine Länge von 18 cm auf. Ihr Durchmesser liegt zwischen 7 und 18 mm. Die Pappelstecklinge verfügen über eine Länge von 22 cm bei einem Durchmesser zwischen 13 und 25 mm. Die Pappelstecklinge werden in Säcken mit 380 und 400 Stück geliefert. Die Weidenstecklinge werden in Säcken mit rund 500 Stecklingen transportiert.

Pro Bündel wurden je nach Anbieter zwischen 60 und 140 Meter Weidenruten angeboten. Die Länge der Ruten bewegte sich zwischen 130 und 230 cm. Pappelruten wurden in Bündel mit 250 Metern geliefert. Die Rutenlänge schwankte zwischen 160 und 220 cm.

Der Rutendurchmesser lag sowohl bei Weide als auch bei Pappel im Bereich des Durchmessers der Stecklinge.

Geräte

Für die Datenerhebung wurden ein Christbaumpflanzgerät, ein Setzgerät mit Drehmagazin, ein Setzgerät mit Zangensetzelementen und zwei Setzgeräte mit einem Rutenschneidsystem eingesetzt.

Das **Pflanzgerät für Christbäume** verfügt über zwei Pflanzelemente (siehe **Bild 1**). Die Bedienperson steckt bei einem akustischen Signal den Steckling in eine von einem Scheibensech und einem Schar geöffnete Bodenrinne, die von nachlaufenden Druckrollen geschlossen wird. Für jede Reihe ist eine Arbeitskraft erforderlich. Der Pflanzabstand wird durch ein akustisches Signal vorgegeben. Bei Weide können Doppelreihen mit 75 cm Abstand gepflanzt werden. Auf Grund der Rahmenbreite von 2,6 m und des Reihenabstandes von 3 m kann Pappel nur einreihig gesetzt werden.



Bild 1: Christbaumpflanzgerät beim 2-reihigen Setzen von Weidenstecklingen

Beim **Setzgerät mit Drehmagazin** handelt es sich um das zweireihige Setzgerät SEHPS mit einer vorgeschalteten Reihenbodenfräse des österreichischen Herstellers Schachner (siehe **Bild 2**). Die Stecklinge werden von der Bedienperson einzeln, stehend in Abteile eines Drehmagazins gestellt. Von dort fallen die Stecklinge in einen senkrechten Kanal, werden von einem Stempel erfasst und in den von der Fräse gelockerten Boden gedrückt. Das Setzorgan macht während des Setzvorganges eine schrittförmige Bewegung und wird durch die Räder angetrieben. Die Räder dienen auch der Rückverfestigung des Bodens. Der Pflanzabstand kann über ein Getriebe im Antrieb des Setzorganes verstellt werden. Für jede Reihe ist eine Arbeitskraft erforderlich. Weiden können in Doppelreihen und Pappeln können einreihig gesetzt werden.



Bild 2: 2-reihiges Setzgerät mit Drehmagazin und vorgeschalteter Bodenfräse (SEHPS)

Das 2-reihige **Setzgerät mit Zangensetzelementen** kommt vom italienischen Hersteller Spapperi. Die Typenbezeichnung lautet „TP“. Bei dieser Baureihe erfolgt der Pflanzvorgang mit Hilfe von Zangensetzelementen, welche mit jeweils gleichem Abstand von einander strahlenförmig auf einer senkrecht am Boden laufenden Metallscheibe mit 127 cm Durchmesser angeordnet sind (siehe **Bild 3**). Die Stecklinge werden von der Bedienperson in die Zangensetzelemente gesteckt. Dreht sich die Scheibe und kommt eines der Zangenelemente in senkrechte Position über dem Boden, drückt es ein Hydraulikzylinder nach unten und der Steckling wird in den Boden gedrückt. Die Setzelemente können so eingestellt werden, dass sowohl Doppelreihen mit einem Mindestabstand von 75 cm zueinander oder Einzelreihen mit einem Maximalabstand von 3 m gesetzt werden können. Für jede Setzscheibe ist eine Arbeitskraft erforderlich.



Bild 3: 2-reihiges Setzgerät mit Zangensetzelementen (Spapperi)

Beim **Setzgerät mit Trommel-Rutenschneidsystem** handelt es sich um den 2-reihigen „Energy Planter“ der dänischen Firma Egedal (siehe **Bild 4**). Die von der Bedienperson in den senkrechten Zuführkanal gesteckten Ruten werden mit Hilfe eines Trommel-Schneid-

Systems auf Stecklingslänge geschnitten. Der Steckling wird zwischen zwei hydrostatisch angetriebenen Gummibändern zum Setzschar transportiert. Vor diesem läuft ein Scheibensech. Die vom Setzschar geöffnete Setzrinne, in der der Steckling durch eine Nut im Setzschar abgelegt wird, wird durch Druckrollen geschlossen. Eine Bedienperson kann zwei Reihen (Doppelreihe) mit Ruten beschicken. Der Setzabstand kann über die Drehzahl des Trommel-Schneid-Systems verstellt werden. Der Abstand zwischen den Reihen beträgt 75 cm.



Bild 4: 2-reihiges Setzgerät mit Rutenschneidsystem (Egedal)



Bild 5: 4-reihiges Setzgerät mit Rutenschneidsystem (Step planter)

Der aus Schweden kommende „Step Planter“ wurde in der 4-reihigen Ausführung eingesetzt (siehe **Bild 5**). Er wird im Folgenden als **Setzgerät mit Messer-Rutenschneidsystem** bezeichnet. Die von der Bedienperson in den senkrechten Zuführkanal gesteckten Ruten werden zwischen zwei Zuführbänder nach unten transportiert. Am Ende der Zuführbänder werden die Stecklinge geschnitten und anschließend von einem Stempel in den Boden gedrückt. Vor dem Setzorgan läuft ein Scheibensech. Dadurch wird das Eindrücken der Setzlinge erleichtert. Die nach dem Setzorgan angeordneten Stützräder verbessern den Bodenschluss des Setzlings. Die schrittförmige Bewegung des Setzorga-

nes während des Setzvorganges ermöglicht höhere Fahrgeschwindigkeiten. Eine Bedienungsperson kann zwei Reihen (Doppelreihen) mit Ruten beschicken. Der Reihenabstand zwischen den Reihen der Doppelreihe beträgt 75 cm. Der Abstand von Doppelreihe zu Doppelreihe beträgt 150 cm. Bei neuen Maschinen dieses Typs kann der Reihenabstand verstellt werden.

Zeiterfassung

Zur Zeiterfassung wurde das digitale Zeiterfassungsgerät Ortim a3 eingesetzt. Zum Messen der zurückgelegten Wegstrecken wurde das GPS 60 Navigationssystem von Garmin verwendet.

Die erhobenen Arbeitsteilvorgänge sind in **Tabelle 1** mit den entsprechenden Einflussgrößen zusammengefasst.

Die statistischen Auswertungen der Arbeitsbeobachtungen wurden mit ORTIMzeit Professional und SPSS 15.0 durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Zeitstudien

Die Arbeitsqualität war bei allen untersuchten Geräten zufriedenstellend.

In **Tabelle 2** sind die wesentlichen Ergebnisse der Zeitstudien zusammengefasst.

Zwischen den beiden untersuchten Setzgeräten mit Rutenschneidsystem konnten hinsichtlich der in Tabelle 2 angeführten Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede gefunden werden, weshalb sie nicht getrennt dargestellt werden.

Der Arbeitsaufwand für das Umstellen des Transportfahrzeuges für die Stecklinge bzw. Ruten hing von der Fahrstrecke zwischen den Überladeplätzen ab. Sie lag bei den Erhebungen zwischen 11 und 71 m. Die in Tabelle 2 angeführte Regression weist ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 80% auf. Zwischen den verschiedenen Setzgeräten konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Gleiches galt für das Pflanzmaterial überladen. Der Arbeitszeitbedarf für das Überladen eines Sackes mit Stecklingen bzw. eines Rutenbündels betrug 0,60 AKmin. Zu keinem der erhobenen Einflussfaktoren konnte ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden. In Anlehnung an SCHICK (1995) wurde durch die Wahl des Stichprobenumfangs bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ein Epsilon¹ von kleiner als 10% angestrebt. Während des Überladens der Stecklinge bzw. Ruten wurden von den Arbeitskräften Gespräche geführt, was zu einer Verlängerung der Arbeitszeit führte.

¹ Relativer Vertrauensbereich

Tabelle 1: Gliederung des Arbeitsablaufes

Bezeichnung und Beschreibung des Teilvorganges	Erfasste Einflussfaktoren
Umstellen des Transportfahrzeuges –Umstellen des Transportfahrzeuges von einem Überladeplatz zum nächsten ²	Entfernung
Pflanzmaterial überladen - Stecklinge und Ruten am Vorgewende vom Transportfahrzeug auf Setzmaschine laden	Anzahl der Verpackungseinheiten, Anzahl der Stecklinge pro Verpackungseinheit bzw. Ruten pro Bündel, Rutenlänge, Entfernung Anhänger – Setzgerät
Pflanzmaterial in den Entnahmebehälter - Nachfüllen von auf dem Setzgerät mitgeführten Stecklingen bzw. Ruten in den Entnahmebehälter während einer Unterbrechung des Setzens	Setzlänge, Anzahl der Verpackungseinheiten, Anzahl der Stecklinge pro Verpackungseinheit bzw. Ruten pro Bündel, Rutenlänge
Wenden – inklusive Umlegen des Spurreißers	Vorgewendebreite, Schlagform, Probleme beim exakten Ansetzen der neuen Reihe (Fahrereinfluss)
Setzen – Setzen der Stecklinge	Setzlänge, Pflanzabstand in der Reihe, Setztiefe, Reihenweite, Durchmesser der Stecklinge bzw. Ruten, Länge der Stecklinge und Ruten
Störungen	Art der Störung bzw. des Schadens
Pausen	

Für das Nachfüllen von Pflanzmaterial in den Entnahmebehälter wurden im Mittel pro Sack mit Stecklingen 1,01 AKmin benötigt. Für das Nachfüllen der Ruten war mit 0,13 AKmin deutlich weniger Zeit erforderlich, da die Ruten schon beim Überladen in den Entnahmebehälter gestellt wurden und beim Nachfüllen nur 2 bis 3 Schnüre durchgeschnitten werden mussten. Keiner der erhobenen Einflussfaktoren hatte einen signifikanten Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf.

Der Arbeitszeitbedarf für das Wenden auf rechteckigen Schlägen unterschied sich beim Christbaumpflanzgerät und dem Setzgerät mit Drehmagazin nicht. Deutlich geringer waren die mittleren Wendezeiten bei den Setzgeräten mit Zangensetzelementen bzw. mit Rutenschneidsystem. Die Unterschiede konnten teilweise mit den Unterschieden bei der Fahrgeschwindigkeit während dem Setzen erklärt werden, da die Fahrer meist zwischen dem Setzen und dem Wenden den Gang nicht wechselten. Mitunter hatten Fahrer Probleme beim exakten Ansetzen der neuen Reihe. Das exakte Ansetzen der neuen Reihe war für die nachfolgenden Pflegearbeiten von besonderer Bedeutung. Die Vorgewendebreite betrug mindestens 5 m. Dies war für ein problemloses Wenden bei allen Geräten ausreichend.

² Vor dem Überladen der Stecklinge bzw. Ruten wird mit dem Setzgerät gewendet. Danach wird mit dem Transportfahrzeug an das Setzgerät herangefahren.

Der Arbeitszeitbedarf für das Setzen wird von der Fahrgeschwindigkeit bestimmt. In Tabelle 2 sind die mittleren Fahrgeschwindigkeiten bei einem Pflanzabstand von 50 cm zusammengefasst. Die einzelnen Systeme unterscheiden sich signifikant von einander. Während bei den ersten drei Systemen die Griffgeschwindigkeit der Bedienpersonen der begrenzende Faktor ist, wirkt bei den Setzgeräten mit Rutenschneidsystem der Setzmechanismus der Geräte begrenzend. Die aus der gemessenen Setzzeit und der Anzahl der Stecklinge bzw. Ruten errechnete, zur Verfügung stehende Zeit pro Steckling bzw. Rute nimmt mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit ab. Der geringe Wert bei den Setzgeräten mit Rutenschneidsystem kann nur erreicht werden, da die Bedienperson dem Setzmechanismus 130 bis 230 cm lange Ruten zuführt. Dabei hat sie im Mittel 4,4 s pro Rute zur Verfügung (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Zusammenfassung der Ergebnisse der Zeitstudien³

Teilvorgang		Christbaum-pflanzgerät	Setzgerät mit Drehmagazin	Setzgerät mit Zangensetz-element	Setzgerät mit Ruten-schneid-system
Umstellen des Transportfahrzeuges		$y = 0,03x + 1,11$ ($R^2=0,80$) ⁴			
Pflanzmaterial überladen ⁵	\bar{x} [AKmin]	0,60			
	s [AKmin]	0,09			
	ϵ [%]	8,6			
Pflanzmaterial in den Ent-nahmebehälter ⁵	\bar{x} [AKmin]	1,01			0,13
	s [AKmin]	0,29			0,03
	ϵ [%]	9,2			9,5
Wenden ⁶	\bar{x} [AKmin]	1,45		1,19	0,85
	s [AKmin]	0,27		0,14	0,14
	ϵ [%]	8,7		8,4	9,1
Setzen (Fahrgeschwindigkeit)	\bar{x} [km/h]	0,7	1,0	1,4	3,3
	s [km/h]	0,1	0,1	0,1	0,2
	ϵ [%]	5,8	7,7	2,0	3,0
Mittlere Zeit/Steckling [s]		2,4	1,8	1,3	0,6
Mittlere Zeit/Rute [s]					4,4

³ \bar{x} ... Arithmetisches Mittel, s ... Standardabweichung, ϵ ... Relativer Vertrauensbereich

⁴ y ... Arbeitszeitbedarf pro Überladevorgang [AKmin], x ... Fahrstrecke [m], AKmin ... Arbeitskraftminute

⁵ Zeit pro Verpackungseinheit

⁶ Zeit pro Wende

Störungen traten während der Zeitstudien nur in Einzelfällen auf. Die Bedienpersonen bestätigten dies für die gesamte Einsatzzeit. Eine statistische Auswertung war daher nicht möglich. Ursachen für Störungen waren irrtümlich dem Setzorgan zugeführte Schnüre oder das gleichzeitige Zuführen von zwei Ruten in das Setzorgan. Bei einer Erhebung gab es ein Problem mit der Spurreißerschaltung.

3.2 Modellrechnungen

In **Bild 6** sind der Arbeits- und Maschinenzeitbedarf für die verschiedenen Setzsysteme beim Setzen von Weidenstecklingen dargestellt. Der Maschinenzeitbedarf bezieht sich auf das Gespann Traktor mit Setzmaschine. Das Transportfahrzeug für den Stecklingstransport ist nicht berücksichtigt. Der Kehrwert des Maschinenzeitbedarfes entspricht der Flächenleistung.

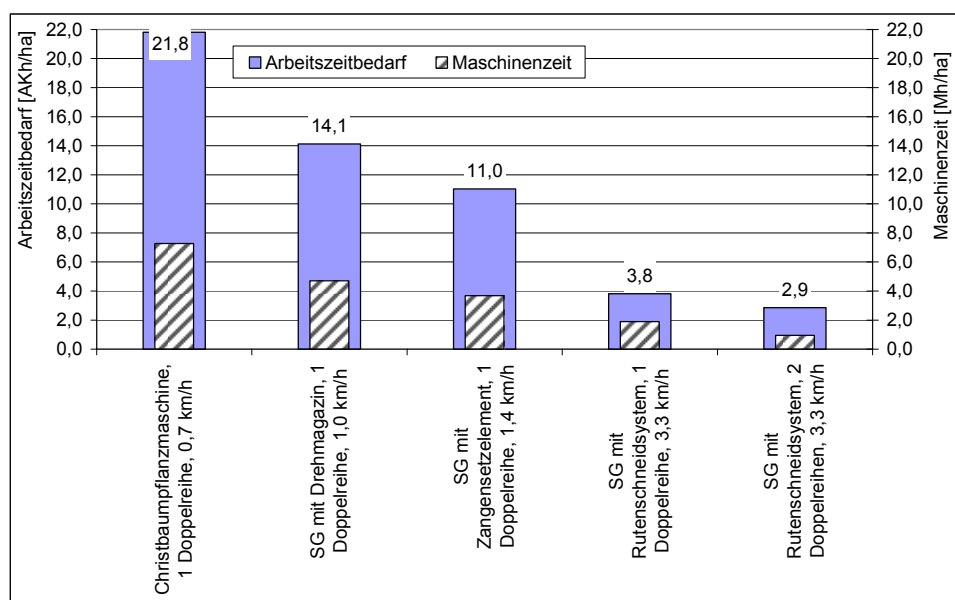


Bild 6: Zeitbedarf für das Setzen von Weidenstecklingen (Abstand in der Reihe 50 cm, Reihenabstand 0,75 bzw. 1,50 m, Schlaggröße 3 ha, Schlaglänge 245 m)⁷

Den mit Abstand höchsten Arbeitszeitbedarf weist das Christbaumpflanzgerät auf. Mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit während des Setzens nimmt der Arbeitszeitbedarf ab. Bei den Setzgeräten mit Rutenschneidsystem wirkt sich die Tatsache, dass eine Bedienperson zwei Reihen (eine Doppelreihe) bedienen kann, positiv aus. Eine Erhöhung der Arbeitsbreite von einer auf zwei Doppelreihen bringt eine Reduktion des Arbeitszeitbedarfes von rund 30%, da für die zusätzliche Doppelreihe eine weitere Arbeitskraft benötigt wird. Die Relation zwischen Maschinenzeit und Arbeitszeitbedarf sowie zwischen Setzleistung bezogen auf Maschinenzeit und Arbeitszeitbedarf wird von der Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte bestimmt.

⁷ AKh ... Arbeitskraftstunde, Mh ... Maschinenstunde, SG ... Setzgerät

Bei der Christbaumpflanzmaschine wirkt sich neben der geringen möglichen Fahrgeschwindigkeit die ungünstige Körperhaltung der Bedienungspersonen (siehe **Bild 1**) negativ auf den Arbeitszeitbedarf aus. Der runde Rücken führt zu großen Randbelastungen der Bandscheiben (GRANDJEAN 1979) und zu rascher Ermüdung. Die auf Grund der ungünstigen Körperhaltung erforderlichen Pausen machen durchschnittlich 21% des Zeitbedarfes für das Setzen aus. Bei allen anderen Geräten ist ein aufrechtes Sitzen bzw. Stehen möglich.

Die Unterschiede im Arbeitszeitbedarf spiegeln sich auch in der Setzleistung wider. In Abhängigkeit vom Setzsystem können pro AKh zwischen 718 und 5.488 Weidenstecklingen gesetzt werden (siehe **Tabelle 3**).

Für das Setzen von Pappel muss im Vergleich zu Weide bezogen auf die Fläche auf Grund der geringeren Setzdichte weniger Zeit aufgewendet werden (siehe **Bild 7**). Die Überlegenheit der Setzgeräte mit Rutenschneidsystem nimmt relativ ab, da auf Grund des Reihenabstandes von 3 m eine Bedienungsperson nur eine Reihe bedienen kann. Im Vergleich zu BALSARI *et al.* (2002) wurden mit allen Bauarten höhere Setzleistungen erzielt.

Tabelle 3: Setzleistung beim Setzen von Weidenstecklingen (Abstand in der Reihe 50 cm, Reihenabstand 0,75 bzw. 1,50 m, Schlaggröße 3 ha, Schlaglänge 245 m)

Setzsystem	Anzahl der Arbeitskräfte	Setzleistung	
		Stecklinge/AKh	Stecklinge/Mh
Christbaumpflanzmaschine, 1 Doppelreihe	3	718	2.154
Setzgerät mit Drehmagazin, 1 Doppelreihe	3	1.109	3.328
Setzgerät mit Zangensetzelement, 1 Doppelreihe	3	1.420	4.261
Setzgerät mit Rutenschneidsystem, 1 Doppelreihe	2	4.114	8.229
Setzgerät mit Rutenschneidsystem, 2 Doppelreihen	3	5.488	16.463

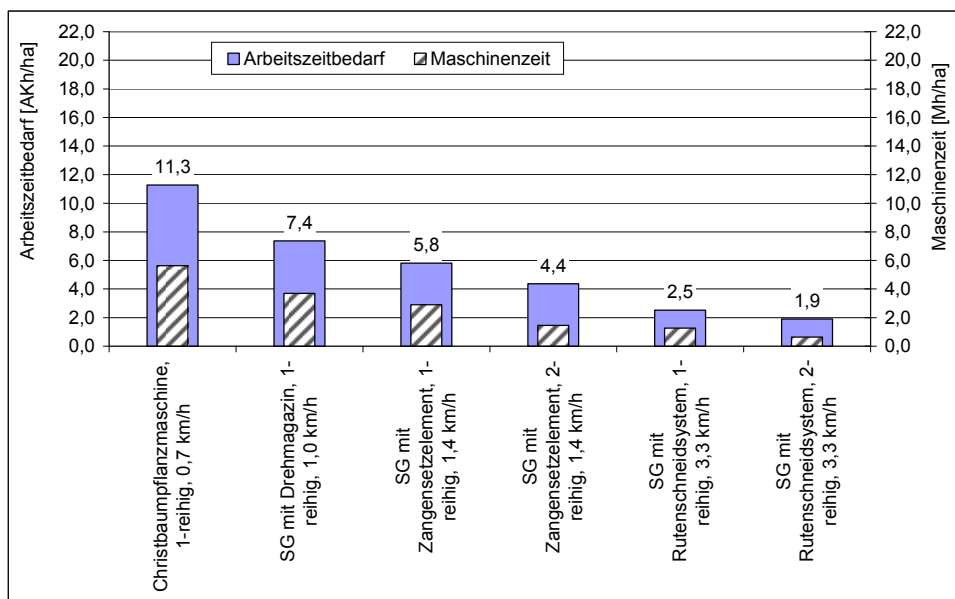


Bild 7: Zeitbedarf für das Setzen von Pappelstecklingen (Abstand in der Reihe 50 cm, Reihenabstand 3,00 m, Schlaggröße 3 ha, Schlaglänge 245 m)

Tabelle 4: Setzleistung beim Setzen von Pappelstecklingen (Abstand in der Reihe 50 cm, Reihenabstand 3,00 m, Schlaggröße 3 ha, Schlaglänge 245 m)

Setzsystem	Anzahl der Arbeitskräfte	Setzleistung	
		Stecklinge/AKh	Stecklinge/Mh
Christbaum-pflanzmaschine, 1-reihig	2	528	1.056
Setzgerät mit Drehmagazin, 1-reihig	2	807	1.614
Setzgerät mit Zangensetzelement, 1-reihig	2	1.024	2.048
Setzgerät mit Zangensetzelement, 2-reihig	3	1.364	4.093
Setzgerät mit Rutenschneidsystem, 1-reihig	2	2.353	4.705
Setzgerät mit Rutenschneidsystem, 2-reihig	3	3.125	9.375

Bei der Auspflanzung von Kurzumtriebsflächen muss in Österreich zurzeit ein Mindestabstand von 5 m zu Nachbarschlägen eingehalten werden. Dies bedeutet, dass bei einem 1 ha Schlag nur rund 0,8 ha bepflanzt werden können (siehe **Bild 8**). Bei größeren Flächen wird das Verhältnis von nutzbarer Fläche zur Schlaggröße günstiger. Dies ist die Ursache dafür, dass sowohl bei Weide als auch bei Pappel bei verschiedenen Setzsystemen mit zunehmender Schlaggröße die Maschinenzeit bezogen auf die Fläche nicht abnimmt (siehe **Bild 8** und **9**). Mit zunehmender Schlaggröße nimmt die Wendezeit deutlich ab, aber gleichzeitig nimmt der Zeitbedarf für das Setzen zu. Geringfügige Zunahmen sind auch bei den Teilvorgängen Umstellen des Transportfahrzeuges, Pflanzmaterial überladen und Pflanzmaterial in den Entnahmebehälter feststellbar.

Eine Erhöhung des Setzabstandes in der Reihe von 50 cm auf beispielsweise 57 cm führt bei der Christbaumpflanzmaschine, den Setzgeräten mit Drehmagazin oder Zangensetzelement zu einer entsprechenden Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit beim Setzen und damit zu einer entsprechenden Reduktion des Zeitbedarfes. Für die Teilvorgänge Umstellen des Transportfahrzeuges, Pflanzmaterial überladen und Pflanzmaterial in den Entnahmebehälter sinkt der Zeitbedarf pro ha ebenfalls. Insgesamt ergibt sich sowohl bei Pappel als auch bei Weide eine Reduktion des Arbeitszeitbedarfes pro ha von rund 11%. Bei den Setzgeräten mit Rutenschneidsystem kann die Fahrgeschwindigkeit während des Setzens nicht gesteigert werden. Die Reduktion des Arbeitszeitbedarfes liegt zwischen 2 und 3%.

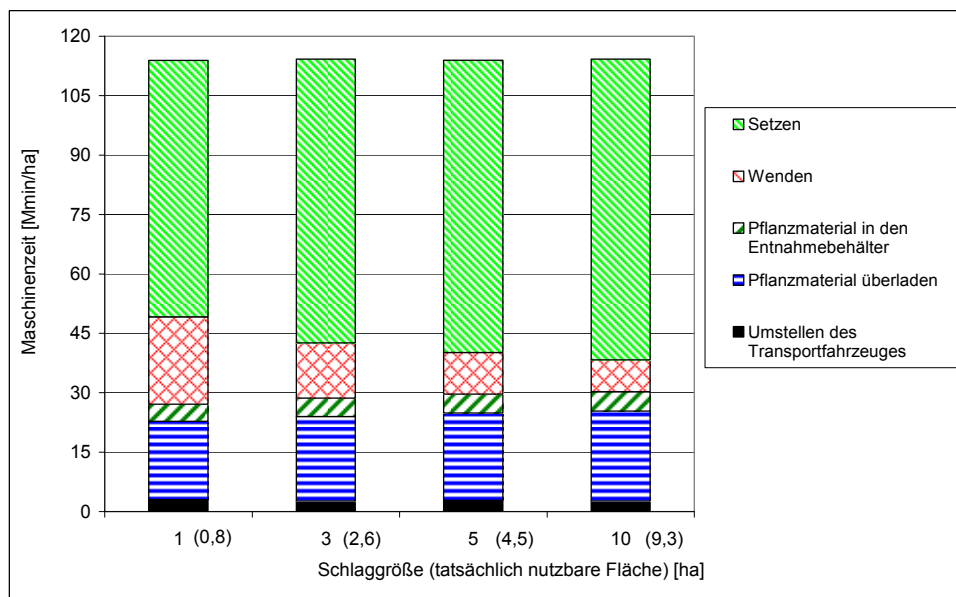


Bild 8: Zusammensetzung des Zeitbedarfes für das Setzen von Weidenstecklingen mit einem 2-reihigen (eine Doppelreihe) Setzgerät mit Rutenschneideinrichtung (Abstand in der Reihe 50 cm, Reihenabstand 0,75 bzw. 1,50 m, Schlaggröße 3 ha, Schlaglänge 245 m)⁸

⁸ 1 ha Schlag – 141m Schlaglänge, 3 ha Schlag – 245 m Schlaglänge, 5 ha Schlag – 330 m Schlaglänge, 10 ha Schlag – 447 m Schlaglänge; Mmin ... Maschinenminute

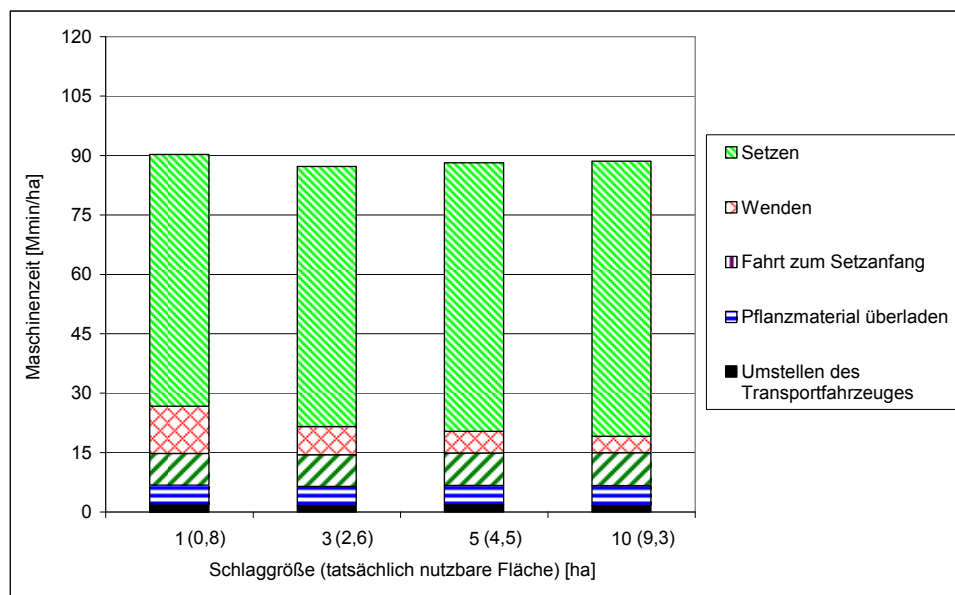


Bild 9: Zusammensetzung des Zeitbedarfes für das Setzen von Pappelstecklingen mit einem 2-reihigen (eine Doppelreihe) Setzgerät mit Zangensetzelement (Abstand in der Reihe 50 cm, Reihenabstand 3,00 m, Schlaggröße 3 ha, Schlaglänge 245 m)⁸

4 Zusammenfassung

Es wurden bei fünf Setzgeräten für Weiden- und Pappelstecklinge Zeitstudien und darauf aufbauend Modellrechnungen durchgeführt.

Wesentlichen Einfluss auf den Arbeitszeitbedarf pro ha hat die Pflanzdichte. Aus diesem Grund muss für Pappel deutlich weniger Arbeitszeit pro ha aufgewendet werden als für Weide. Die geringste Setzleistung und damit den höchsten Arbeitszeitbedarf weist die Christbaumpflanzmaschine auf. Auf Grund der höheren möglichen Fahrgeschwindigkeit (1,0 bis 1,5 km/h) während des Setzens ist die Setzleistung der Setzgeräte mit Drehmagazinen oder Zangenelementen entsprechend höher. Begrenzender Faktor für die Setzleistung ist bei den drei genannten Geräten das Zuführen der Stecklinge durch die Bedienpersonen. Eine deutlich höhere Setzleistung und einen deutlich geringeren Arbeitszeitbedarf erreichen Setzgeräte mit Rutenschneidsystemen. Da die Bedienperson nicht Stecklinge, sondern Ruten dem Gerät zuführt, sind höhere Fahrgeschwindigkeiten (3,3 km/h) möglich und wenn wie bei Weide Doppelreihen gesetzt werden, kann eine Bedienperson zwei Reihen beschicken. Der begrenzende Faktor für die Fahrgeschwindigkeit während des Setzens ist bei den Setzgeräten mit Rutenschneidsystemen der Setzmechanismus.

Dementsprechend ermöglicht eine Vergrößerung des Setzabstandes in der Reihe nur bei den ersten drei genannten Geräten eine Vergrößerung der Flächenleistung.

Bezogen auf die Schlaggröße kommt es auf größeren Schlägen zu keiner Verringerung des Arbeitszeitbedarfes pro ha, da auf Grund des vorgeschriebenen Randstreifes zu Nachbarschlägen der Anteil der zu bepflanzenden Fläche zunimmt.

5 Literatur

- BALSARI P., AIROLDI, G. ED FACCIOTTO G. (2002):** Messa a dimora di un impianto di pioppo da biomassa. Sherwood, N. 81, Settembre 2002, p. 49 – 54
- BURGER F. (2004):** Technologie und Ökonomie des Anbaues und der Ernte von Feldholz. In Scholz, V., 2004: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Bornimer Agrartechnische Berichte, Nr. 35, Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., 2004, Seite 61 – 74
- ECKEL H., HARTMANN S., SCHROERS J.O., DÖHLER H., SCHOLZ V., LORBACHER F.R. (2008):** Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. Landtechnik, Heft 6/2008, Seite 351 – 353
- GRANDJEAN E. (1979):** Physiologische Arbeitsgestaltung. Leitfaden der Ergonomie, 3. erweiterte Auflage 1979, Ott Verlag Thun, ISBN 3-7225-6619-3
- SCHICK M. (1995):** Arbeitswissenschaftliche Einordnung zeitgemäßer Haltungssystem für Mastkälber. Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Band 39, CH-8356 Tänikon TG, ISBN 3-9520782-6-0

Bewertung der körperlichen Arbeitsbelastung in einem computergestützten Arbeitsvoranschlagssystem

Matthias Schick, Marion Riegel, Ruedi Stark

Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART CH-8356 Ettenhausen, Switzerland
e-mail: matthias.schick@art.admin.ch

1 Einleitung

Der Einsatz von Modellkalkulationssystemen erlaubt die Berechnung des Arbeitszeitbedarfs vom Arbeitsverfahren über Produktionsverfahren bis hin zum gesamten Landwirtschaftsbetrieb. Die elementorientierte Vorgehensweise mit eindeutigen Anfangs- und Endpunkten bei jedem Arbeitselement erleichtert dabei auch die Integration von Körperhaltungen, bewegten Massen und Arbeitsschweregruppen.

2 Material und Methoden

Im Projekt „Arbeitswirtschaftliche Planungsgrundlagen“ von Agroscope Reckenholz-Tänikon ART werden arbeitswirtschaftliche Kennzahlen und die darauf einwirkenden Belastungskomponenten (z. B. Masse und Körperhaltung) auf der Elementstufe erfasst, aufbereitet, statistisch ausgewertet und als Planzeiten sowie Einflussgrößen einem Modellkalkulationssystem für weitere Berechnungen bis hin zur Erstellung von Arbeitsvoranschlägen zur Verfügung gestellt.

Auf jedem Erfassungsbetrieb wird ein detaillierter Fragebogen zur Erfassung der betrieblichen Arbeitsorganisation (z. B. Anzahl Arbeitskräfte, Arbeitsverfassung) und wichtiger Einflussgrößen (z. B. Anzahl Milchkühe, Milchleistungen, Melkverfahren, Wegstrecken, etc.) erstellt. Hierbei wird auch eine erste Arbeitsbeobachtung durchgeführt, um die beteiligten Arbeitspersonen und Zeitnehmer auf die Zeitmessungen vorzubereiten.

Die Zeitmessungen werden mit elektronischen Zeiterfassungssystemen (Hand-Held PC und integrierter Erfassungssoftware) durchgeführt. Sie erfolgen ausschließlich als direkte Arbeitsbeobachtung mit Einzelzeitmessungen auf der Elementstufe. Die wesentlichen Einflussgrößen „bewegte Massen“, „Körperhaltungen“, „Wegstrecken“, „Milchmengen“, „Futtermassen“ und „Fahrgeschwindigkeiten“ werden während der Zeitmessungen bestimmt und elektronisch erfasst. Alle anderen Einflussgrößen (z. B. Melkstandbreite, Melkstandlänge, Futtertischlänge, etc.) werden final erfasst.

Bei zyklischen Arbeitsablaufschritten wie „Vormelken“, „Anrüsten“ und „Anhängen“ erfolgt die Bestimmung der Datengüte schon während der Messung über den sog. Epsilon-Test. Bei diesem Testverfahren wird der Absolutwert des halben Vertrauensbe-

reichs auf den Mittelwert bezogen. Dabei wird ein Epsilon von < 10% als gut befunden. Ausgehend von der Bestimmung der Datengüte kann ebenfalls der zu erwartende Stichprobenumfang n' schon nach wenigen erfassten Messpunkten bestimmt werden. Hierdurch wird der Aufwand für die Datenerfassung besser planbar.

3 Auswertung, Elementdatenbank und Modellkalkulationssystem

Für die weitere Verarbeitung wird das erfasste Datenmaterial zunächst tabellarisch aufbereitet und anschließend mit problemneutralen Testverfahren (Normalverteilung, Ausreißer, Zufälligkeit) untersucht. Bei fehlender Normalverteilung erfolgt eine einseitige logarithmische Transformation als Grundlage für die folgenden problemorientierten Testverfahren und Regressionsrechnungen.

Anschließend werden die ausgewerteten Daten in Form von Planzeitwerten und -funktionen in eine Planzeiten-Datenbanktabelle überführt. Dabei wird jedem Element ein eindeutiger alphanumerischer Code, ein Name mit Anfangs- und Endpunkten sowie die dazugehörigen statistischen Kenngrößen inklusive Inhaltsbeschreibung, Autor und Erstellungsdatum zugewiesen.

Die weitergehende Berechnung von Arbeitszeitbedarfswerten auf der Stufe Arbeitsverfahren wird mit dem integrierten Modellkalkulationssystem durchgeführt. Hierbei erfolgt die logische Verknüpfung von Arbeitselementen mit den darauf einwirkenden quantitativen und qualitativen Einflussgrößen. Sämtliche Einflussgrößen sind als Variablen eingesetzt und jederzeit innerhalb der oberen und unteren Schranken veränderbar. Bei davon abweichenden Eingaben erscheint automatisch eine Warnmeldung.

Zur Bewertung der Arbeitsbelastung werden der Belastungsindex L (nach LUNDQVIST 1990), der massebezogene Belastungsindex L_M (nach SCHICK & RIEGEL 2003) und die körperlich belastende Arbeitszeit (B_{AKh}) herangezogen.

$$L = (1 * MKL1) + (2 * MKL2) + (3 * MKL3) + (4 * MKL4)$$

MKL = Maßnahmenklasse

Formel 1: Berechnung des Belastungsindex L .

$$L_M = L * \frac{\sum (m_i * t_i)}{\sum t_i} / 100$$

L = Belastungsindex nach Lundquist

m = von Hand bewegte Masse in kg

t = Arbeitszeitbedarf in AKmin

Formel 2: Berechnung des massebezogenen Belastungsindex L_M .

$$B_{AKh} = G_K * \sum AZ_K + G_{KM} * \sum AZ_{KM}$$

AZ = Arbeitszeitbedarf je Arbeitsverfahren

AZ_K = Arbeitszeitbedarf je Arbeitsverfahren mit MKL 2, MKL 3 und MKL 4

AZ_{KM} = Arbeitszeitbedarf je Arbeitsverfahren mit MKL 2, MKL 3 und MKL 4 und Masse >= 2 kg

G_{KM} = Gewichtung Körperstellung mit Masse

G_K = Gewichtung Körperstellung ohne Masse

Formel 3: Berechnung der körperlich belastenden Arbeitszeit B_{AKh}.

Der Vorteil der beiden Belastungsindizes liegt in der einfachen Handhabung sowie im genauen qualitativen Vergleich einzelner Arbeitsverfahren. Eine quantitative Vergleichsmöglichkeit liegt dagegen mit der Verwendung der körperlich belastenden Arbeitszeit vor. Diese Vorgehensweise erlaubt neben der arbeitswissenschaftlichen Betrachtung ebenfalls eine Monetarisierung von Aufwand und Nutzen arbeitserleichternden Maßnahmen.

4 Modellkalkulationssystem und Arbeitsvoranschlag

Ausgehend vom Modellkalkulationssystem können Arbeits- und Produktionsverfahren erstellt werden. Ein Arbeitsverfahren ist hierbei ein in sich abgeschlossener Arbeitsablauf, der alle erforderlichen Arbeitsteilvorgänge bzw. Arbeitselemente und Einflussgrößen zur Erreichung des Arbeitszwecks umfasst. Im Gegensatz dazu besteht ein Produktionsverfahren aus einer möglichen und logischen Kombination verschiedener Arbeitsverfahren zur Herstellung eines Produkts bzw. zur Haltung einer Produktionseinheit. Der gesamtbetriebliche Arbeitszeitbedarf wird durch die Kombinationen verschiedener Produktionsverfahren und unter Berücksichtigung einzelbetrieblicher Bedingungen sowie der verfügbaren Feldarbeitstage für die einzelnen Tätigkeiten berechnet.

Als Ergebnis steht damit ein globaler Arbeitsvoranschlag zur Verfügung. Dieser zeigt den Arbeitszeitbedarf für den Gesamtbetrieb in Abhängigkeit der ausgewählten Arbeits- und Produktionsverfahren sowie der eingestellten Einflussgrößen.

5 Bewertung der Arbeit über Arbeitsschweregruppen

Auf der Stufe Arbeitsvoranschlag wird der objektive körperliche Belastungsgrad der eingesetzten Arbeitskräfte durch die einzelnen Arbeits- und Produktionsverfahren dargestellt. Ebenfalls möglich ist auf dieser Stufe aber auch eine subjektive Einschätzung anhand von 14 Arbeitsschweregruppen. Dies sind Gruppen von Arbeiten mit vergleichbaren Arbeitsabläufen (z. B. Traktorfahren ohne wesentliche Handarbeit, leichte Handarbeiten, schwere Handarbeiten). Ausgehend von diesen Arbeitsschweregruppen wird für jede Arbeitskraft

die Leistungsfähigkeit je Gruppe zugeteilt. Letztendlich kann somit die Leistungsfähigkeit je Betriebszweig bzw. für den Gesamtbetrieb errechnet werden (siehe **Bild 1**)

$$LF_{(total)} = \frac{AKh_{(total)} - (AKh_{(HA)} - (AKh_{(HA)} * (LF_{(HA)}/100)))}{AKh_{(total)}} * 100 [\%]$$

$LF_{(total)}$ = Leistungsfähigkeit
 $LF_{(HA)}$ = Leistungsfähigkeit bei der Hauptarbeit
 $AKh_{(total)}$ = Arbeitskraftstunden für den Betriebszweig bzw. den Gesamtbetrieb
 $AKh_{(HA)}$ = Arbeitskraftstunden für die Hauptarbeit

Bild 1: Berechnung der Leistungsfähigkeit zur Erledigung landwirtschaftlicher Arbeiten

6 Erste Ergebnisse und Diskussion

Die wesentlichen körperlich belastenden Arbeitsverfahren in allen Produktionssystemen mit Milchviehhaltung sind das Melken und das Füttern. Der Anteil an der täglichen Gesamtarbeit liegt deutlich über 50%.

Die körperliche Belastung weist je nach Melkverfahren erhebliche Unterschiede auf (siehe **Bild 2**). Im Anbindestall verbringt der Melker den überwiegenden Teil der Melkzeit in ungünstiger Körperhaltung. Bei der Eimermelkanlage entsteht zusätzlich durch das Tragen der vollen und leeren Eimer bzw. Kannen ein hoher Massenfluss mit Belastungskomponenten. Eine deutliche Verbesserung kann bei der Eimermelkanlage durch den gezielten Einsatz von Schienenbahnen oder Kannentransporteinrichtungen erreicht werden. Bei der Rohrmelkanlage können Abnahmeautomatik und Schienenbahn zur Arbeitserleichterung beitragen.

Die Belastungsindizes der Melkstände variieren ebenfalls, da die Arbeitserledigung bezüglich der Körperhaltungen in den Standardverfahren ohne technische Hilfsmittel größere Unterschiede aufweist. Bei der vollständigen Nutzung von technischen Hilfsmitteln (Anrüststimulation, Abschaltautomatik, Abnahmeautomatik, Melkarm) treten diese Unterschiede allerdings nur noch in geringem Masse auf.

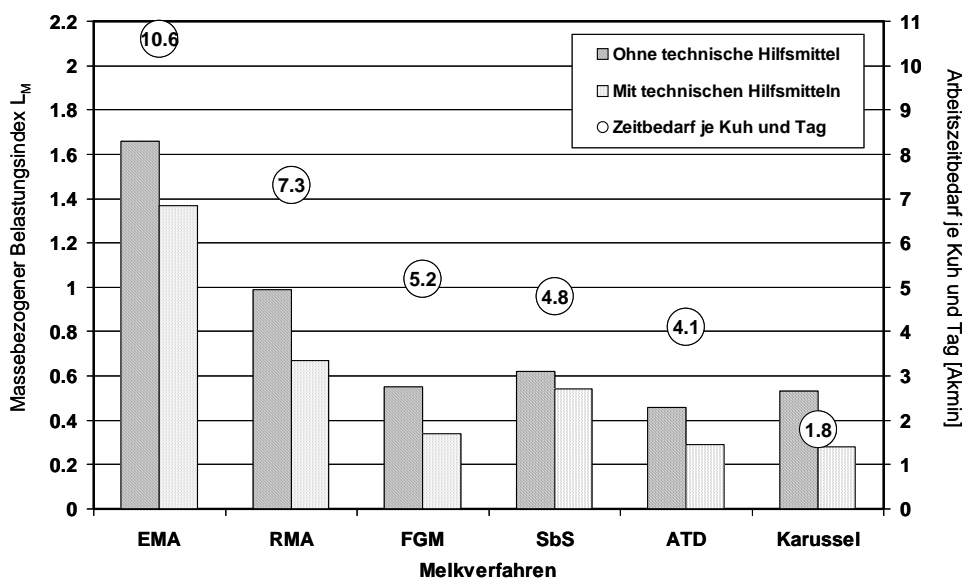


Bild 2: Vergleichende Bewertung von Melkverfahren nach Arbeitszeit und körperlicher Arbeitsbelastung

Der Arbeitszeitbedarf für alle täglichen Arbeiten (ohne Management und Futterbau) steigt mit zunehmender Bestandesgröße von 6 AKh bei 40 Kühen auf über 50 AKh bei 1000 Kühen je Bestand und Tag. Gleichzeitig steigt der Anteil an Tätigkeiten mit deutlicher körperlicher Belastung bei schwacher Mechanisierung beim Melken und Füttern von 28 auf 33% an. Bei sehr guter Mechanisierung steigt der Anteil an körperlich belastenden Arbeiten von 16 auf 30%. Dies bedeutet, dass durch die Bestandesgrößendegression und die derzeit eingesetzten verfahrenstechnischen Hilfsmittel (Futtermischwagen, Melkstand mit Melkarm) der Mehranteil an körperlicher Belastungszeit nicht aufgefangen werden kann.

Der Vergleich der verschiedenen Produktionssysteme im Bereich der Milchviehhaltung verdeutlicht, dass der Anbindestall, trotz sehr guter technischer Ausgestaltung (Kurzstand mit Gitterrost, Absauganlage, Abnahmeautomat), das System mit der höchsten körperlichen Belastung ist. Ebenfalls sind sehr intensive Laufstallhaltungssysteme bei sehr großen Beständen, Ganzjahressilage und sehr hohen Milchleistungen bezüglich der körperlichen Arbeitsbelastung als relativ ungünstig anzusehen. Günstiger liegen bezüglich der Arbeitsbelastung mittelgroße Bestände mit verfahrenstechnisch optimaler Ausstattung (Boxenlaufstall, Hochboxen, Fischgrätenmelkstand mit Servicearm, Futtermischwagen und mechanisiertes Futternachschieben).

7 Schlussfolgerungen

Ungünstige Körperhaltungen haben in Verbindung mit von Hand zu bewegenden Massen einen negativen Einfluss auf die Arbeitsqualität. Einfache Hilfsmittel zur ergonomischen Analyse und Bewertung von Arbeitsverfahren und gesamten Landwirtschaftsbetrieben fehlten bislang. In Verbindung mit der Kalkulation von Arbeitszeitbedarfswerten kann ein Arbeitsvoranschlagssystem mit der Integration von Belastungsindizes und belastenden Arbeitskraftstunden ein hilfreiches Instrument darstellen, um die Arbeitsbelastung qualitativ und quantitativ zu bewerten.

8 Literatur

- LUNDQVIST P. (1990):** Wopalas - A Method for Ergonomical Analysis and practical improvements - Examples from Swedish Industrie and agriculture. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety II*, S. 827 – 832
- SCHICK M., RIEGEL M. (2003):** Arbeitsqualität in der Milchviehhaltung. *Agrarforschung* Nr. 10 (4), S. 155 – 157

Aktion 55plus: Arbeit, Gesundheit und Pläne fürs Alter von über 55jährigen Personen in der bayerischen Land- und Forstwirtschaft

Christian Hetzel¹, Fritz Allinger², Michael Holzer², Reinhold Watzele³, Andreas Weber¹

¹ Institut für Qualitätssicherung in Prävention und Rehabilitation GmbH an der Deutschen Sporthochschule Köln, Germany e-mail: hetzel@iqpr.de

² Land- und forstwirtschaftliche Sozialversicherung Niederbayern/Oberpfalz und Schwaben, Germany

³ Land- und forstwirtschaftliche Sozialversicherung Franken und Oberbayern, Germany

1 Ausgangslage

Arbeiten bis ins hohe Alter ist in der Land- und Forstwirtschaft die Regel, sei es wegen der eigenen Existenzsicherung, wegen des Erhalts des Familienbetriebs oder aus Gründen der Arbeitsfreude. Einerseits kann Arbeit eine Quelle von Gesundheit und Vitalität sein. Andererseits können belastende Arbeitsbedingungen insbesondere mit zunehmendem Alter aber auch zu Beeinträchtigungen in Gesundheit und Lebenszufriedenheit sowie zu erhöhtem Unfallrisiko führen (vgl. z.B. HETZEL *et al.* 2006, FRASER *et al.* 2005, SOLOMON 2002, WALKER-BONE *et al.* 2002, RADLINSKI *et al.* 2000). Die Land- und forstwirtschaftliche Sozialversicherung Niederbayern/Oberpfalz und Schwaben sowie die Land- und forstwirtschaftliche Sozialversicherung Franken und Oberbayern (beide im Folgenden kurz LSVen) stehen u.a. vor folgenden Herausforderungen: 75% der Neu-Rentenfälle (Unfallrente) sind älter als 60 Jahre, 60-80% der tödlich Verunglückten sind 60 Jahre und älter, auf einen Beitragszahler kommen mehr als zwei Rentner, circa 75% der Versicherten in der Landwirtschaftlichen Kranken- und Pflegekasse sind Altenteiler. Daher haben die LSVen in Bayern die Aktion 55plus ins Leben gerufen, die mit einer Bestandsaufnahme beginnt. Ziel ist es, den Kundendienst zu verbessern und maßgeschneiderte Angebote für mehr Gesundheit, Sicherheit und soziale Absicherung bis ins hohe Alter anzubieten.

2 Fragestellungen der Aktion 55plus

- Was genau tun die älteren Bäuerinnen und Landwirte auf dem Hof, auf dem Feld oder im Wald – und zum Ausgleich in ihrer Freizeit?
- Wie anstrengend empfinden sie ihre Arbeit und wie schätzen sie die Arbeitsbedingungen ein?
- Wie gesund/krank sind sie? Und wie hängt der Gesundheitszustand mit der Arbeit zusammen?
- Warum arbeiten sie bis ins hohe Alter?
- Welche Themen des Älterwerdens sind wichtig?

3 Stichprobenplan und Datenerhebung

Grundgesamtheit sind alle Personen älter als 55 Jahre, die in land- oder forstwirtschaftlichen Betrieben in Bayern erwerbstätig sind oder mithelfen. Aus dieser Grundgesamtheit wurde eine dreistufige, zum regionalen Populationsumfang proportionale Zufallsstichprobe gezogen:

- a) einfache Zufallsauswahl von drei Landkreisen pro Regierungsbezirk;
- b) einfache Zufallsauswahl von Betrieben, die bei der land- und forstwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft versichert sind;
- c) Vollerhebung der Personen in den ausgewählten Betrieben.

Die Fragebögen (N=8.122) wurden persönlich über die Landfrauen verteilt, der Rücklauf erfolgte postalisch. Die Generalisierbarkeit der Stichprobenergebnisse ist aufgrund des Auswahlverfahrens gewährleistet, Transformationsgewichtungen sind nicht notwendig.

4 Ausschöpfung und Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt gehen 3176 Fragebögen in die Auswertung ein. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 39,1%. 64 Bögen wurden aus der Auswertung gestrichen, weil die Befragten unter 55 Jahre alt waren oder grob unvollständig ausgefüllt wurden. Die Rücklaufquote ist als sehr gut zu bewerten, insbesondere vor dem Hintergrund der Länge des Fragebogens, der Abfrage durchaus sensibler Daten und der Zielgruppe der Älteren. Erfolgsvoraussetzung war das hohe Engagement der LSV-Beteiligten und der persönlichen Ansprache durch die Landfrauen. **Tabelle 1** zeigt ausgewählte soziodemografische und betriebliche Merkmale der Stichprobe.

Tabelle 1: Beschreibung der Stichprobe

		Anzahl	%	gültige %
Geschlecht	männlich	1841	58,0	59,8
	weiblich	1239	39,0	40,2
	keine Angabe	96	3,0	-
Altersgruppe	55-59	661	20,8	21,8
	60-64	528	16,6	17,4
	65-69	699	22,0	23,1
	70 und älter	1142	36,0	37,7
	keine Angabe	146	4,6	-
Haupt-BWA	Ackerbau	673	21,2	26,7
	Sonderkulturen o.S. Ackerbau	122	3,8	4,8
	Milcherzeugung	813	25,6	32,2
	Viehhaltung o.S. Milcherzeugung	481	15,1	19,0
	Pflanzenbau-Viehhaltung	436	13,7	17,3
	keine Angabe	651	20,5	-
Größenklassen	unter 16 EGE	930	29,3	36,8
	16 bis unter 40 EGE	631	19,9	25,0
	40 bis unter 100 EGE	728	22,9	28,8
	100 EGE und mehr	235	7,4	9,3
	keine Angabe	652	20,5	-

Anmerkung: BWA = betriebswirtschaftliche Ausrichtung; o.S. = ohne Schwerpunkt

Die Stichprobe kommt den Referenzdaten aus der amtlichen Statistik und den LSV-Daten relativ nahe (hier nicht dargestellt). Wegen Unschärfen in den Referenzdaten und der teils hohen Anzahl an Missings wird auf Strukturgleichung verzichtet. Dennoch ist von einer Verallgemeinerbarkeit der Stichprobenergebnisse auf die Grundgesamtheit auszugehen. Aufgrund der üblichen wahrscheinlichkeitstheoretischen Annahmen beträgt die Fehlertoleranz bei 3.000 Befragten bei einem Gruppenanteil von 50% +/-1,7 Prozentpunkte und bei einem Gruppenanteil von 10% +/-1,1 Prozentpunkte.

Ausgewählte Ergebnisse und Schlussfolgerungen sollen im Folgenden vorgestellt werden.

5 Arbeit ist eine Quelle von Vitalität – auch im Alter!

Die allgemeine Lebenszufriedenheit wurde mit fünf Fragen erfasst (vgl. DIENER 1985). In **Bild 1** ist die mittlere Lebenszufriedenheit für jeden Jahrgang bis 85 Jahre dargestellt, getrennt nach Geschlecht.

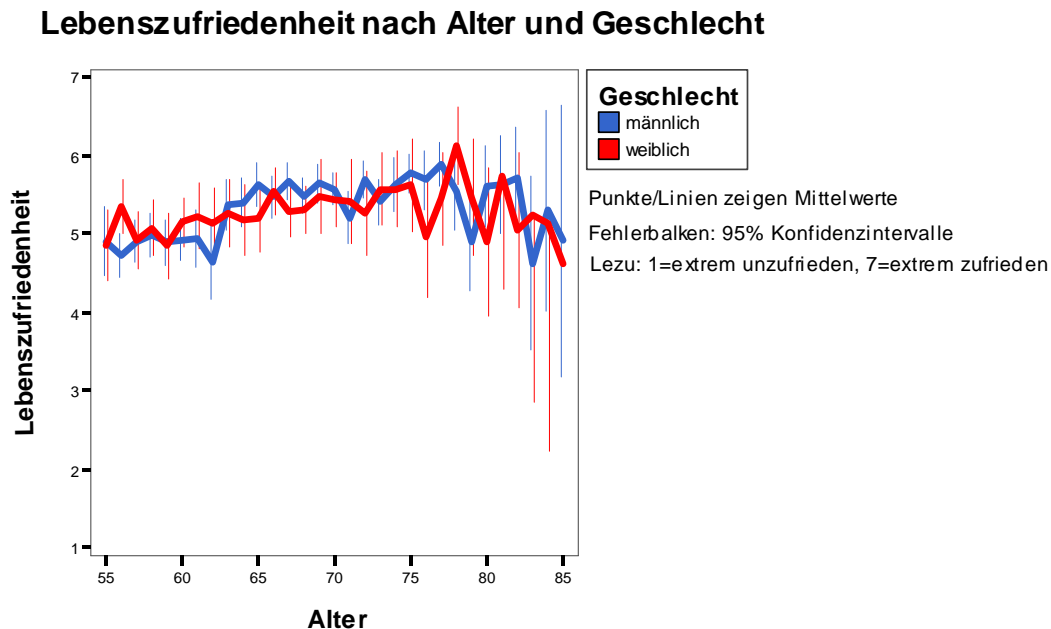


Bild 1: Lebenszufriedenheit nach Alter und Geschlecht

Man erkennt (ähnliches zeigt sich auch bei der Skala Arbeitsfreude/-stolz, hier nicht dargestellt):

- die mittlere Lebenszufriedenheit liegt durchgängig deutlich über der neutralen Mitte (insgesamt sind 82% der Befragten mit ihrem Leben zufrieden)
- Frauen und Männer unterscheiden sich insgesamt nur minimal.
- Auffällig ist, dass bei Männern ab 65 ein sprunghafter Anstieg der mittleren Lebenszufriedenheit zu beobachten ist. Dies könnte mit der Hofübergabe mit dem 65. Lebensjahr zusammenhängen.
- Jenseits der 75 wird die Schwankung der Werte immer größer, was einerseits mit den abnehmenden Fallzahlen und andererseits mit Krankheit, Pflege, Tod und Trauer zusammenhängen dürfte.
- Statistisch signifikant aber praktisch nur gering bedeutsam haben höher Werte: 65-jährige und älter, Personen in Großbetrieben mit mindestens 100 EGE, in Betrieben die künftig den Stand halten oder ausbauen sowie in Betrieben mit geregelter Hofübergabe.

Sind aktive Bäuerinnen und Landwirte zufriedener als andere Personen? In der Repräsentativbefragung von 40-85-jährigen Personen „Altwerden in Deutschland“ von 2002 (vgl. TESCH-RÖMER *et al.* 2006) wurden dieselben Fragen gestellt, allerdings mit 5-stufiger Antwortmöglichkeit. Dort haben Männer bzw. Frauen im Jahr 2002 im Vergleich zur neutralen Skalenmitte um 15,6% bzw. 17,0% höhere Werte. Hier sind die Werte etwas höher: Männer bzw. Frauen haben 18,8% bzw. 18,0% höhere Werte als die neutrale Mitte. Aktive ältere Bäuerinnen und Landwirte sind also etwas zufriedener als die älteren Erwachsenen in Deutschland.

6 Was genau tun die älteren Bäuerinnen und Landwirte auf dem Hof, auf dem Feld oder im Wald?

Die Befragten konnten für verschiedene leichte bis schwere Tätigkeiten die Häufigkeit der Ausübung angeben. Mindestens jede dritte Frau über 75 Jahre macht mindestens alle paar Monate Haus-/Garten/Kleintierbetreuung, Aufräumarbeiten (z.B. kehren, zusammenrechen), Kontrollgänge, Kinderbetreuung, Feld-/Erntearbeit/Kulturpflege in Handarbeit, Brennholz machen oder Füttern. Mindestens 70% der über 75-jährigen Männer machen vielfältige Tätigkeiten auf dem Hof: von Aufräumarbeiten über Besorgungs- und Kontrollgänge sowie Brennholz machen bis hin zum Schlepper fahren. Neben der Frage, was altersgerechte Tätigkeiten sind, können folgende zentrale Schlussfolgerungen gezogen werden:

Ein wichtiges Thema: Sturzprävention auf dem Hof!

Die Bäuerinnen und Landwirte sind vielfach auf dem Hof unterwegs, u.a. Aufräumarbeiten, Besorgungs- und Kontrollgänge, Haus-/Garten/Kleintierbetreuung, Holz holen, Einheizen, Schlepper fahren (insbesondere Männer über 75 Jahre). Sturzunfälle insbesondere mit zunehmendem Alter sind eine Gefährdung, die es zu vermeiden gilt. Sturzprävention sollte für die LSVen nach wie vor ein wichtiges Thema sein.

„Ich bin fast 80 und Holz ist mein Hobby“

Holz holen, einheizen, Brennholz machen, Holz aufladen bis hin zu Bäume fällen sind Aktivitäten, die Bäuerinnen und insbesondere Landwirte auch jenseits der 75 Jahre noch ausüben. Schnitt- und Quetschverletzungen bis hin zu ernsthaften Waldunfällen sind mögliche Folgen. Das bisherige LSV-Konzept der „Waldseniorentage“ ist ein Schritt in die richtige Richtung.

Wo fängt Gesundheitsförderung auf dem Hof an?

Nachfolgend ist der Zusammenhang zwischen Arbeitsbedingungen und Gesundheitsindikatoren dargestellt. Die Einflüsse von Alter und Geschlecht werden dabei kontrolliert.

Tabelle 2: Partialkorrelation: Gesundheit und Arbeitsbedingungen (grau hinterlegt sind praktisch bedeutsame Zusammenhänge $r > 0,2$)

Kontrollvariablen		Körperliche Beschwerden	Psych. Befindensbeeinträchtigungen	Lebenszufriedenheit	Arbeitsfreude/-stolz	subjektive Arbeitsfähigkeit
Alter & Geschlecht	Arbeitsinhalt	-,115	-,126	,351	,674	,291
	Entscheidungsspielraum	-,099	-,160	,270	,522	,160
	Sinnbezug	-,075	-,039	,270	,223	,154
	Soziale Unterstützung	-,109	-,091	,256	,278	,095
	Arbeitsintensität	,254	,402	-,201	,029	,089
	Finanzieller Druck	,238	,243	-,431	-,206	-,130

Betrachtet man die Richtungen der Zusammenhänge, dann zeigt sich

- Höhere belastende Arbeitsbedingungen (Arbeitsintensität, finanzieller Druck) gehen mit deutlich höheren Beschwerden und deutlich geringeren Positivindikatoren der Gesundheit einher.
- Höhere gesundheitsförderliche Arbeitsbedingungen (Arbeitsinhalt, Entscheidungsspielraum, Sinnbezug, Soziale Unterstützung) gehen mit geringeren Beschwerden (Pufferfunktion) und deutlich höheren Positivindikatoren (Direkteffekt) einher.

Was bedeuten diese Zusammenhänge für mögliche Interventionen?

Auch wenn Korrelationen in Querschnittsuntersuchung statistisch nicht kausal interpretiert werden können, so zeigt sich: Alle genannten Arbeitsbedingungen hängen eng mit Gesundheit zusammen. Gleichzeitig sind sie aber nicht das Kerngeschäft einer Berufsgenossenschaft. Es ist zu überlegen, ob diese Themen in das Beratungs- und Betreuungsangebot der LSVen aufgenommen werden bzw. ob die LSVen entsprechende Netzwerke knüpfen können. Interventionsansatz ist es, Belastungen abzubauen und Ressourcen zu fördern.

Warum bis ins hohe Alter arbeiten?

Zu dieser Frage konnten aus einer Auswahlliste von zehn Möglichkeiten bis zu fünf markiert werden. Am häufigsten wurden Gründe genannt, die für eine hohe Eigenmotivation und selbstbestimmtes Arbeiten sprechen (siehe **Bild 2**).

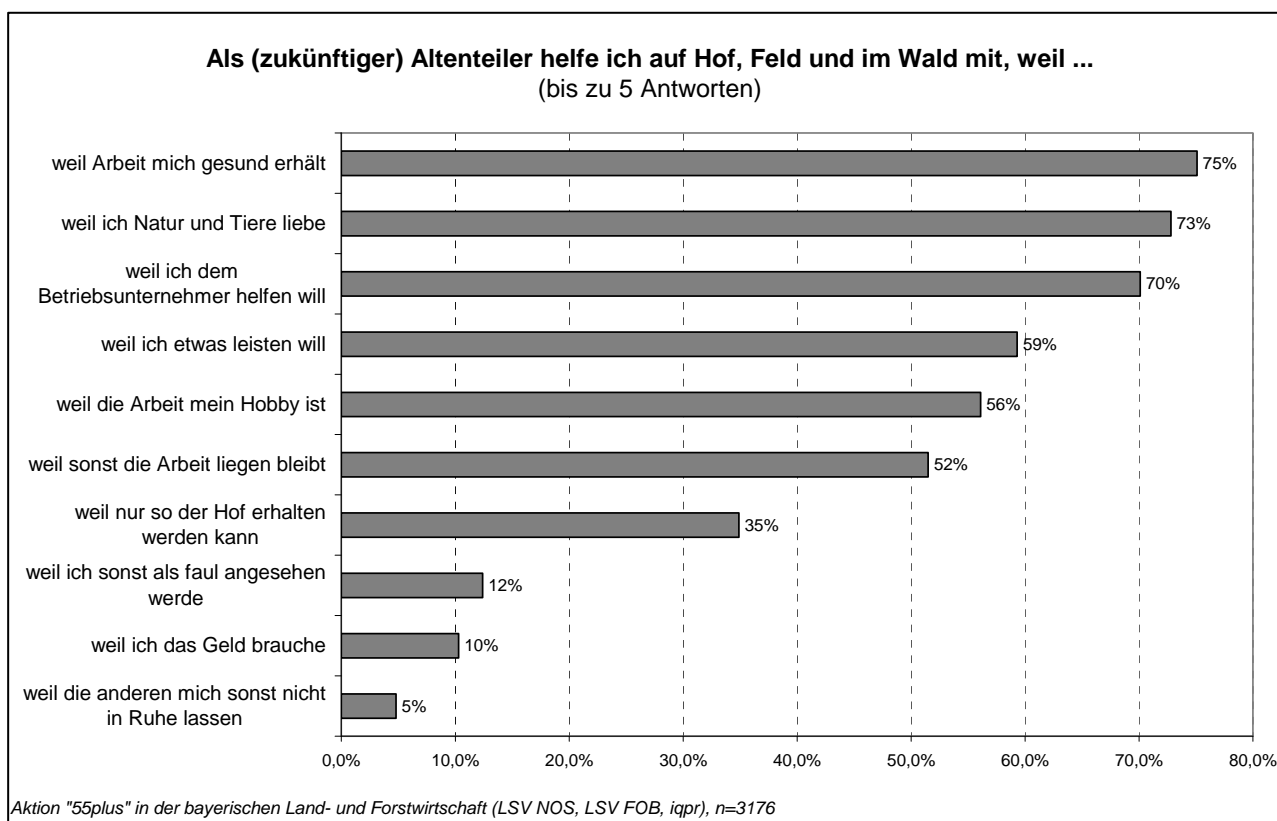


Bild 2: Motive für die Arbeit als Altenteiler

Was will ich im Alter noch klären?

Bezüglich Pläne fürs Alter wurde danach gefragt, für welche Themen noch Klärungsbedarf besteht. Etwas mehr als jeder zweite sieht für das Thema Pflege noch Klärungsbedarf. Fast jeder zweite wird sich noch mit den Themen Patientenverfügung und Hofübergabe/ Testament beschäftigen. Für jede dritte Person ist finanzielle Absicherung im Alter und Wohnen im Alter ein Thema.

Die altersspezifische Auswertung zeigt, dass mit zunehmendem Alter die Themen weniger klärungsbedürftig sind. Hofübergabe / Testament und finanzielle Absicherung sind die dominierende Themen für die 55-64 Jährigen (siehe **Bild 3**).

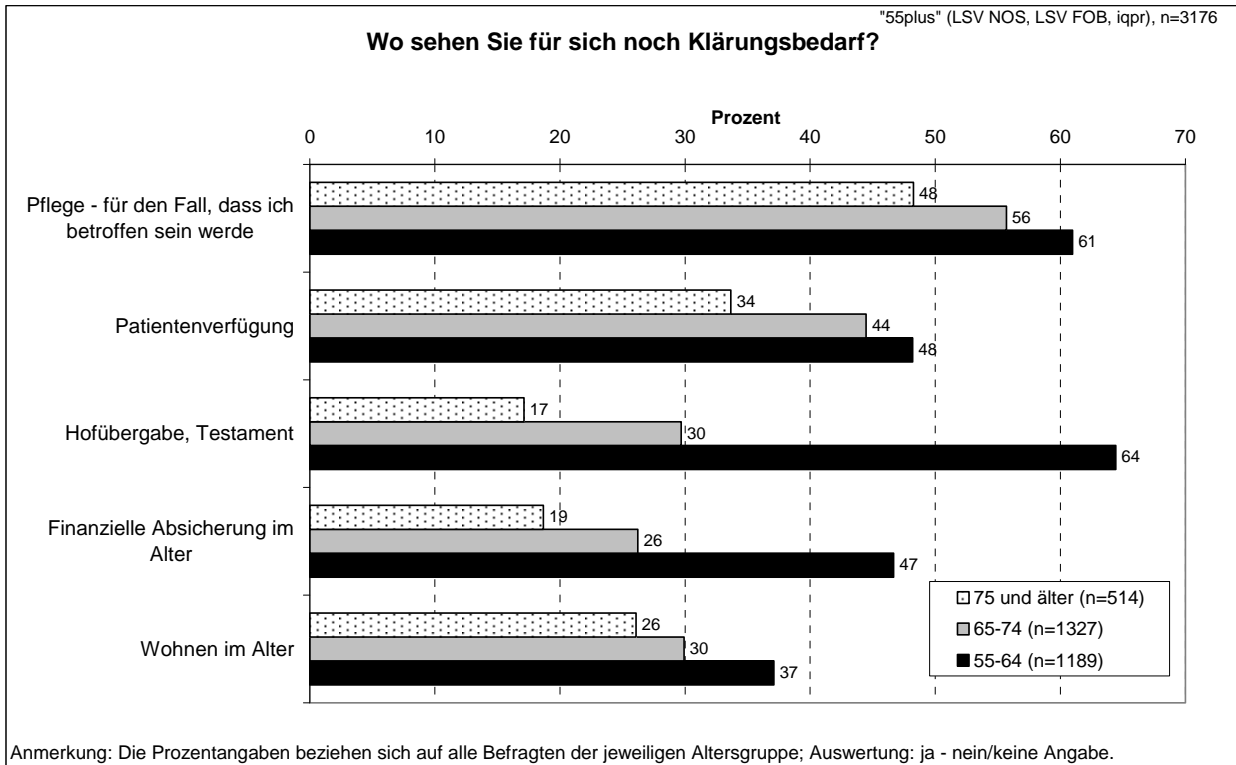


Bild 3: Klärungsbedarf bezüglich altersspezifischer Themen nach Alter

Geschlechtsspezifische Auswertungen zeigen, dass Patientenverfügung eher ein Thema für Frauen ist und Hofübergabe / Testament eher für Männer.

Für die LSV kann das bedeuten, dass altersspezifischen Themen z.B. bei Kuraufenthalten, Beratungsgesprächen vor Ort oder Informationsmaterial aufgenommen werden.

Gesund, beeinträchtigt, verausgabt oder neutral?

Ausgehend von der Hypothese, dass Positiv- und Negativindikatoren der Gesundheit in allen Kombinationen auftreten können (vgl. DUCKI 2000), lassen sich clusteranalytisch folgende vier Gesundheitsmuster identifizieren:

- Die Gesunden: Die Negativindikatoren orthopädische Beschwerden, nicht-orthopädische Beschwerden und psychische Befindensbeeinträchtigungen weisen im Vergleich zu den anderen Mustern die geringsten Ausprägungen auf. Gleichzeitig sind die Positivindikatoren Arbeitsfreude/-stolz und Lebenszufriedenheit am höchsten ausgeprägt.
- Die Beeinträchtigten: Das Gesundheitsmuster ist spiegelbildlich zu den „Gesunden“. Beschwerden und Beeinträchtigungen sind hier überrepräsentiert, während die Positivindikatoren nur gering ausgeprägt sind.
- Die Neutralen: Sämtliche Variablen sind unterrepräsentiert. Das Niveau der Beschwerden und Beeinträchtigungen ist zwar etwas höher als bei den „Gesunden“, aber deutlich niedriger als bei den übrigen beiden Gruppen.

- Die Verausgabten: Sämtliche Variablen sind überdurchschnittlich ausgeprägt. Hohe körperliche und psychische Beschwerden gehen mit hoher Lebenszufriedenheit und Arbeitsfreude /-stolz einher.

Es ergeben sich vielfältige inhaltlich stimmige Bezüge dieser Muster z.B. zu den oben erwähnten Arbeitsbedingungen, zur subjektiven Arbeitsfähigkeit, zu Arbeitsunfähigkeitstagen. Hervorgehoben sei an dieser Stelle, dass Personen, bei denen die Hofübergabe geregelt ist, deutlich häufiger der Gruppe der Gesunden (insbesondere Männer) und der Verausgabten (insbesondere Frauen) zugeordnet werden als zur Gruppe der Beeinträchtigten oder Neutralen. Hofübergabe ist demnach nicht nur ein betriebswirtschaftliches sondern auch ein Gesundheitsthema. Beratungen zur Hofübergabe sind aber nicht die originäre Aufgabe der LSVen. Möglicherweise sollten die LSVen aber entsprechende Netzwerke aktivieren und gesundheitsbezogene Themen integrieren.

7 Resümee

Mehr als 3.000 ältere Bäuerinnen und Landwirte aus Bayern beteiligten sich an der Aktion 55plus der LSVen zu Fragen der Gesundheit, Arbeit und Pläne fürs Alter. Methodisch ist von einer Verallgemeinerbarkeit der Stichprobenergebnisse auszugehen. Aus den dargestellten Teilergebnissen können zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Arbeit ist eine Quelle von Vitalität – auch im Alter!
- Ein wichtiges Thema: Sturzprävention auf dem Hof!
- Was sind „altersgerechte“ Tätigkeiten?
- „Ich bin fast 80 und Holz ist mein Hobby“
- Gesundheitsförderung ist mehr als Vermeidung von Belastungen und Gefahren
- Hohe Eigenmotivation für Arbeit im Alter
- Altersspezifische Themen aufgreifen
- Zielgruppen: gesund, beeinträchtigt, verausgabt, neutral
- Hofübergabe ist (auch) ein Gesundheitsthema
- Notwendigkeit der Vernetzung innerhalb der LSVen und mit externen Partnern

8 Literatur

DIENER E., EMMONS R.A., LARSEN R.J., GRIFFIN S. (1985): The Satisfaction With Life Scale. Journal of Personality Assessment, 49, 71-75

DUCKI A. (2000): Diagnose gesundheitsförderlicher Arbeit. Zürich: vdf Hochschulverl.

- FRASER C.E., SMITH K.B., JUDD F., HUMPHREYS J.S., FRAGAR L.J., HENDERSON A. (2005):** Farming and mental health problems and mental illness. *The international journal of social psychiatry*, 51, 340-349
- HETZEL C., FLACH T., WEBER A., SCHIAN H.M. (2006):** Zur Problematik der Implementierung des betrieblichen Eingliederungsmanagements in kleinen und mittleren Unternehmen. *Das Gesundheitswesen*, 68, 303-308
- RADLINSKY A., GUARNERI S., THELER C., LEHMANN B. (2000):** Lebensqualität in der Schweizer Landwirtschaft. Grundlagenstudie für eine zukünftige Sozialberichterstattung. Institut für Agrarwirtschaft, ETH-Zürich. Schlussbericht
- SOLOMON C. (2002):** Accidental injuries in agriculture in the UK. *Occupational medicine*, 52, 461-466
- TESCH-RÖMER C., ENGSTLER H., WURM S. (2006):** Altwerden in Deutschland. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- WALKER-BONE K., PALMER, K.T. (2002):** Musculoskeletal disorders in farmers and farm workers. *Occupational medicine*, 52, 441-450

Einzelbetriebliche Ansätze zur wirtschaftlichen Optimierung der Milchproduktion in Europa

Steffi Wille, Carina Friedrich, Birthe Lassen

Johann Heinrich von Thünen - Institut (vTI), Institut für Tierhygiene, Tierschutz und Nutztierethologie, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany
e-mail: steffi.wille@vti.bund.de

1 Einleitung

Die fortschreitende Liberalisierung der Agrarmärkte stellt die europäischen Milchviehalter vor neue Herausforderungen. Während sich Produktionsmengen und Milchpreise in der Vergangenheit auf einem relativ stabilen Niveau bewegt haben, wird künftig mit sinkenden Milchpreisen und stärkeren Preisausschlägen zu rechnen sein. Mehr denn je wird der betriebliche Erfolg in den meisten Betrieben zukünftig davon abhängen, in wie weit der Betriebsleiter in der Lage ist, die Produktionskosten zu kontrollieren und zu minimieren. Geringe Produktionskosten sind Indikator einer guten betrieblichen Wettbewerbsfähigkeit (vgl. ISERMEYER 2003).

Für Landwirte sind in diesem Zusammenhang folgenden Fragen von Bedeutung: (1) Wie hoch sind meine Produktionskosten? (2) Wo stehe ich im Vergleich zu meinen Wettbewerbern? (3) Wie kann ich meine Kostenstruktur optimieren? Die erste und zweite Frage können viele Landwirte heute bereits beantworten, denn sie führen in Zusammenarbeit mit regional ansässigen Beratungseinrichtungen regelmäßig eine Betriebszweigabrechnung durch und stellen ihre Ergebnisse für interne, regionale Betriebszweigvergleiche zur Verfügung.

Die dritte Frage hingegen ist schwieriger zu beantworten. Jeder Milchviehbetrieb ist aufgrund seiner Geschichte, seiner geographischen Lage und seiner verfügbaren Ressourcen sehr individuell. Daher müssen auch individuell verschiedene Lösungsansätze gefunden werden, die zur Reduzierung der Produktionskosten beitragen können. Im Folgenden soll anhand eines Fallbeispiels aufgezeigt werden, wie über den Produktionskostenvergleich der European Dairy Farmers (EDF), individuelle und funktionierende Ansätze zur Optimierung der Kostenstruktur ermittelt und anderen Landwirten vermittelt werden können.

2 Der europaweite Produktionskostenvergleich der European Dairy Farmers

2.1 EDF als europaweites Netzwerk

Der Club der European Dairy Farmers (EDF) ist ein Netzwerk für Milcherzeuger aus ganz Europa. Gegründet wurde das Netzwerk im Jahr 1990. Aktuell sind Landwirte, Beratungs- und Wissenschaftseinrichtungen sowie Firmen des Agribusiness aus 18 europäischen Ländern (EU- und Nicht-EU-Länder) in EDF organisiert. Das operative Management des Netzwerkes liegt bei der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG e.V.). Das Institut für Betriebswirtschaft des Johann Heinrich von Thünen Instituts (vTI) in Braunschweig betreut und koordiniert die wissenschaftlichen Aktivitäten. Ziel des Netzwerkes ist es, einen intensiven Austausch von Wissen und Erfahrungen auf europäischer Ebene zu organisieren. Die Teilnehmer erhalten so die Möglichkeit, von anderen Teilnehmern zu lernen und die eigenen betrieblichen Leistungen zu verbessern.

2.2 Methodischer Ansatz, Datengrundlage und Ablauf des EDF-Produktionskostenvergleichs

Eines der wichtigsten Projekte im EDF-Netzwerk ist der EDF-Produktionskostenvergleich. Dabei handelt es sich um einen europaweiten Betriebszweigvergleich für Milchviehbetriebe. Dieser Betriebszweigvergleich wird seit 1994 jährlich durchgeführt. Ziel ist es, europaweit vergleichbare Betriebszweigergebnisse auf Vollkostenbasis zu ermitteln, diese zu vergleichen und die einzelbetrieblichen Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse zu bestimmen. In 2008 haben 272 Betriebe aus 17 Ländern daran teilgenommen.

Der EDF-Produktionskostenvergleich ist eine Kombination aus zwei methodischen Ansätzen - der Datenanalyse (1) und der Gruppendiskussion (2):

- (1) Teilnehmende Betriebe bringen freiwillig ihre Daten aus der Gewinn- und Verlustrechnung (GuV), der Bilanz und aus dem Naturalbericht in den Betriebszweigvergleich ein. Über ein Kalkulationsschema zur Produktionskostenermittlung, das von den Wissenschaftlern und Beratern im EDF-Netzwerk entwickelt wurde (vgl. REIL 2005), wird aus den eingereichten Daten für jeden Betrieb eine Betriebszweigabrechnung zu Vollkosten erstellt (plus Berechnung von ergänzenden Kennzahlen). Diese Ergebnisse fließen dann in vergleichende Analysen ein, z.B. in die Bestimmung von ökonomischen Stärken und Schwächen der Betrieben (zwischenbetrieblicher oder horizontaler Vergleich) als auch in die Untersuchung von innerbetrieblichen Veränderungen (innerbetrieblicher oder vertikaler Vergleich).
- (2) Die Ergebnisse aus der Datenanalyse werden anschließend allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Sie bilden die Basis für die den Erfahrungs- und Wissensaustausch. Dazu werden Gruppendiskussionen und Workshops für die Teilnehmer organisiert, in denen die einzelbetrieblichen Ursachen für die ökonomischen Stärken und Schwächen der Betriebe herausgearbeitet werden.

Der EDF-Produktionskostenvergleich kombiniert Elemente (Datenanalyse und Gruppendiskussion), die auch aus dem kooperativen Benchmarking bekannt sind (vgl. KINGI & ROSE 2000).

Die für den EDF-Produktionskostenvergleich notwendigen Input-Daten werden einmal jährlich mittels eines Fragebogens in den Betrieben erhoben. In zwei Ländern (Niederlande, Belgien) besteht bereits eine direkte Schnittstelle zu jeweils einem der nationalen Buchführungssysteme. Die Datenerhebung wird in jedem Land durch den nationalen Vertreter von EDF STAR (= EDF Scientific Team for Analysis and Research) organisiert. Dieser hält den direkten Kontakt zu den teilnehmenden Betrieben, gibt die Fragebögen aus und sammelt diese wieder ein. Auch werden die Angaben in den Fragebögen durch den nationalen Vertreter von EDF STAR geprüft und ggf. nach Rücksprache mit dem Betriebsleiter korrigiert. Die geprüften Daten werden dann an das EDF STAR Coordination Team (vTI Braunschweig) weitergeleitet. Dort werden sie in die Datenbank aufgenommen.

Um europaweit vergleichbare Ergebnisse erzielen zu können, müssen die Input-Daten aus der GuV und der Bilanz der Betriebe zunächst über verschiedene Datenbankroutinen harmonisiert werden:

- Umrechnung aller monetären Input-Daten in EURO
- Mehrwertsteuerkorrektur bei allen monetären Input-Daten entsprechend den nationalen Mehrwertsteuersätzen und –regelungen
- Korrektur der Kapitalwerte auf Wiederbeschaffungswerte

Um den Erfordernissen einer Betriebszweigabrechnung auf Vollkostenbasis gerecht zu werden, werden für nicht-entlohnte Arbeitskräfte (Ak), für Eigentumsfläche und für Kapital kalkulatorische Kosten ermittelt. Alle Kosten und Erlöse werden dem Betriebszweig Milchproduktion zugeordnet und zu einer einzelbetrieblichen Betriebszweigabrechnung zusammengeführt. Diese wird dann, ebenso wie ergänzende produktionstechnische und betriebsstrukturelle Kennzahlen, für die vergleichenden Datenanalysen genutzt.

Die Ergebnisse werden jedem nationalen Vertreter von EDF STAR erneut zur Prüfung vorgelegt. Die Teilnehmer erhalten anschließend ihre eigenen als auch die Ergebnisse der anderen Teilnehmer plus die Sonderauswertungen. Mit diesen Informationen treffen sich die Teilnehmer regelmäßig zu Workshops und Gruppendiskussionen auf dem internationalen EDF-Kongress, auf den nationalen EDF-Treffen und zu Betriebsbesuchen zum Erfahrungs- und Wissensaustausch. **Bild 1** illustriert die Elemente und den Ablauf des EDF-Produktionskostenvergleichs noch einmal.

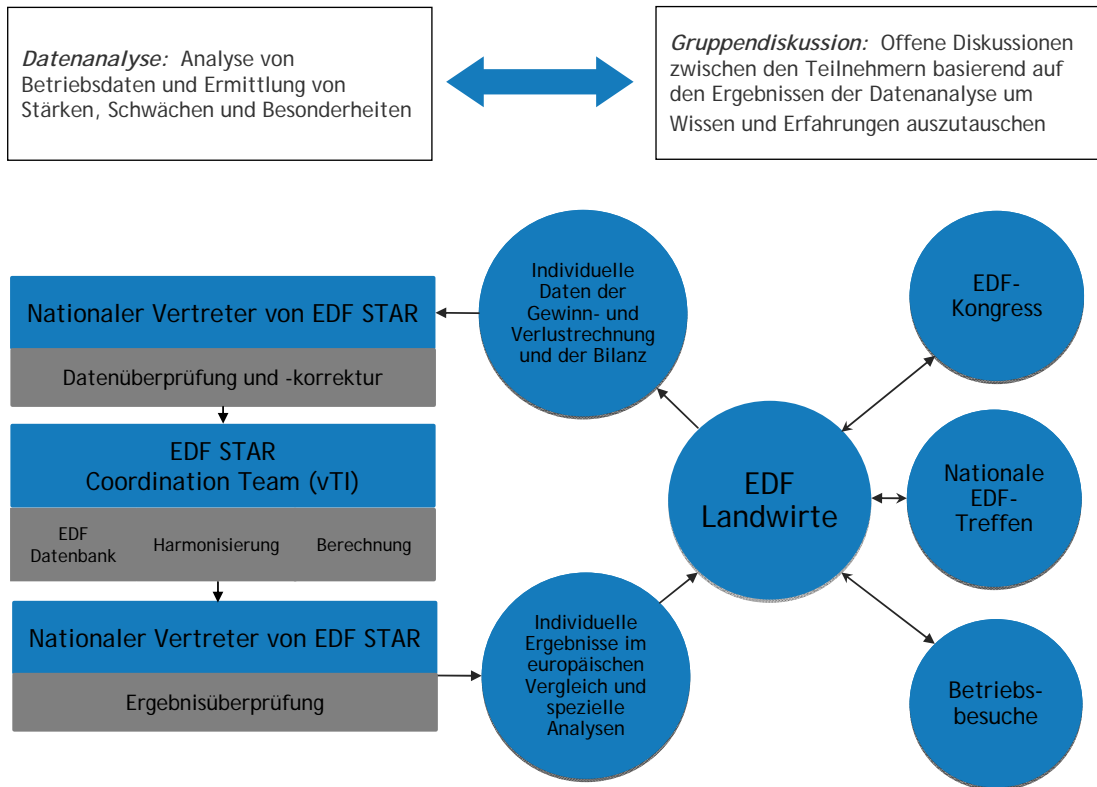


Bild 1: Elemente und Ablauf des EDF-Produktionskostenvergleichs (eigene Darstellung)

3 Fallbeispiel-Einzelbetriebliche Optimierungsansätze von erfolgreichen Milchviehbetrieben

3.1 Datengrundlage

Im Folgenden soll an einem Fallbeispiel aufgezeigt werden, wie über den EDF-Produktionskostenvergleich, funktionierende, einzelbetriebliche Ansätze zur Reduzierung der Produktionskosten bzw. Optimierung der Kostenstruktur ermittelt werden. Für dieses Fallbeispiel wurden Betriebe aus dem EDF-Netzwerk ausgewählt, die seit mehreren Jahren regelmäßig am EDF-Produktionskostenvergleich teilgenommen haben und somit Zeitreihen für die Analyse aufwiesen. Geringe Produktionskosten (langjähriger Durchschnitt), als Zeichen für eine gute betriebliche Wettbewerbsfähigkeit, waren ein weiteres Selektionskriterium. Im Folgenden werden die Optimierungsansätze von zwei der untersuchten Betriebe vorgestellt. Ausgewertet wurde jeder Betrieb über einen Zeitraum von 10 Jahren. Aufgrund der unterschiedlichen Buchführungsperioden waren Beginn und Ende des Auswertungszeitraumes in den Betrieben nicht deckungsgleich. So reichte der Auswertungszeitraum bei Betrieb 1 von Juli 1997 bis Juni 2007, bei Betrieb 2 von April 1997 bis März 2007.

Betrieb 1 ist in Deutschland angesiedelt und hatte am Ende des Auswertungszeitraumes etwa 375 Milchkühe. Zum Betrieb gehörten zu diesem Zeitpunkt etwa 305 ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LNF). Bewirtschaftet wurde der Betrieb vom Betriebsleiterehepaar

und 7 angestellten Arbeitskräften (Ak). Etwa 26% der LNF des Betriebes waren Dauergrünland.

Betrieb 2 liegt in Belgien. Die Herde des Betriebes umfasste am Ende des Betrachtungszeitraumes 80 Milchkühe. Er wurde allein vom Betriebsinhaber bewirtschaftet. Für die Futterproduktion standen 36 ha LNF zur Verfügung.

3.2 Produktionskostenniveau und -verlauf

Beide Betriebe unterschieden sich deutlich in ihrer Größe, hatten jedoch ähnliche Produktionskosten (= Vollkosten). Im langjährigen Mittel über den 10-jährigen Auswertungszeitraum wiesen sie Gesamtkosten von weniger als 30 € je 100 kg Energie-korrigierte Milch (ECM, 4% Fett und 3,4% Eiweiß) auf (**Bild 2**). Sie gehörten im EDF-Netzwerk damit zu den Betrieben mit den geringsten Produktionskosten. Zur Verdeutlichung dieses Sachverhaltes sind in Bild 2 zusätzlich die durchschnittlichen Produktionskosten der EDF-Gruppen aus Deutschland und Belgien aus der aktuellen EDF-Produktionskostenanalyse 2008 dargestellt. Der Kostenverlauf wies im Betrachtungszeitraum in beiden Betrieben keinen eindeutigen Aufwärts- bzw. Abwärtstrend auf. Die Gesamtkosten bewegten sich während des Zeitraums etwa auf dem selbem Niveau. Der Break-Even-Punkt ¹ lag in den beiden Betrieben im langjährigen Mittel bei 20,1 bzw. 20,9 € je 100 kg ECM.

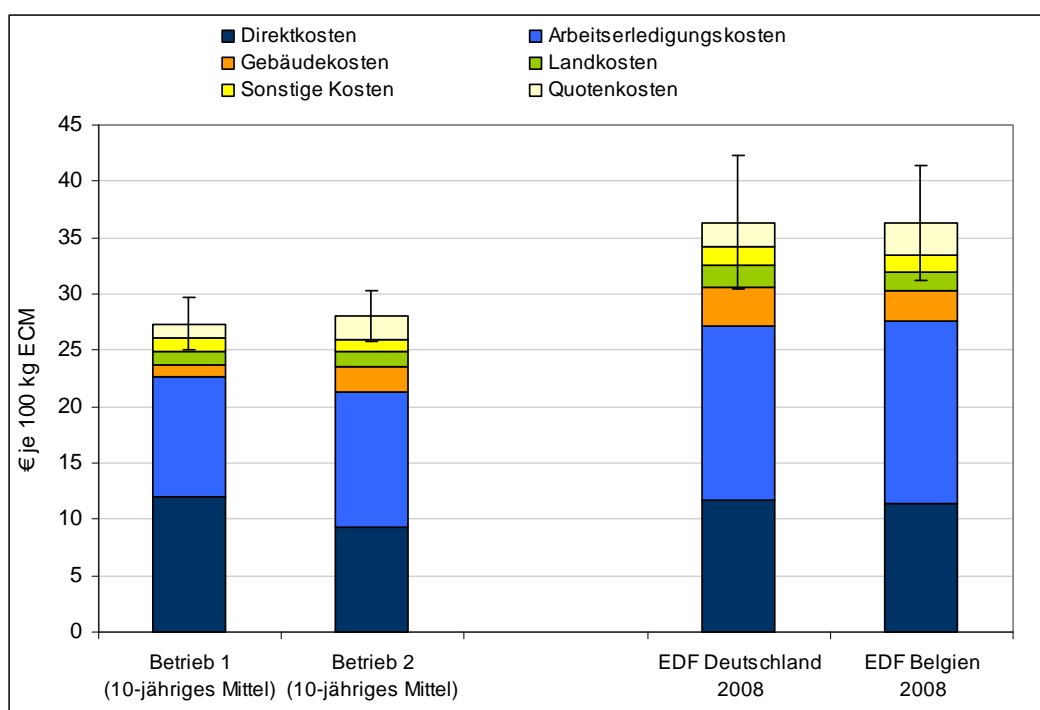


Bild 2: Mittlere Produktionskosten und Standardabweichung in den untersuchten Betrieben während des Betrachtungszeitraumes (10 Jahre) bzw. mittlere Produktionskosten und Standardabweichung der EDF-Gruppen aus Deutschland und Belgien aus dem EDF-Produktionskostenvergleich 2008, in € je 100 kg ECM (eigene Darstellung)

¹ Break-Even-Punkt 2 = Mindestmilchpreis, der notwendig ist um die Vollkosten der Milchproduktion (ohne Quotenkosten) zu decken

Auch die zukünftige Betriebsentwicklung ist in beiden Betrieben auf Herdenwachstum und Milchleistungssteigerung ausgerichtet. So wird angestrebt, die Milchproduktion bis 2013 um etwa 20 bis 30% zu erhöhen.

3.4 Individuelle Ansätze zur Optimierung der Kostenstruktur

Während die Dynamik in der Betriebsentwicklung und der wirtschaftliche Erfolg aus der Datenanalyse deutlich wurden, so konnten die individuellen Besonderheiten der Betriebe, die zu diesem Ergebnis geführt haben, erst durch das persönliche Gespräch mit den Betriebsleitern ermittelt werden.

Neben der Orientierung auf Wachstum und Intensität hatten beide Betriebsleiter ein ausgeprägtes Kostenbewusstsein. Kostenorientiertes Handeln war auf beiden Betrieben von zentraler Bedeutung. Die Schwerpunkte lagen jedoch in unterschiedlichen Bereichen. So wies der Betrieb 1 deutliche Kostenvorteile im Bereich der Maschinen- und Gebäudekosten auf. Die Kennzahl Kapitalinput² (**Tabelle 2**), die im Vergleich zu anderen Betrieben des EDF-Netzwerkes deutlich geringer war, deutete während der Datenanalyse bereits auf eine geringe Kapitalbindung hin. Diese geringe Kapitalbindung lag zum einen in der betrieblichen Historie begründet und zum anderen war Kostenkontrolle im Festkostenbereich eine zentrale Betriebsstrategie. So erwarb der Betrieb bei seiner Gründung kostengünstig neue Stallgebäude von einer in Konkurs gegangenen LPG-Nachfolgegesellschaft direkt nach der deutschen Wiedervereinigung. Ein Teil der Um- und Ausbaumaßnahmen wurde mit einfachen Mitteln in Eigenleistung realisiert. Gleiches gilt für Unterhaltungsmaßnahmen. Die Gebäudekosten waren daher während des gesamten Auswertungszeitraumes vergleichsweise gering. Da die Futtererzeugung nahezu komplett an Lohnunternehmer ausgelagert war, genügte dem Betriebe ein kleiner, einfacher Maschinenpark. Die vorhandenen Maschinen wurden konsequent genutzt. Reparatur- und Wartungsarbeiten wurden zum großen Teil vom Betriebspersonal übernommen. Dadurch konnten die festen aber auch die variablen Maschinenkosten deutlich reduziert werden. Die einfachen und kostengünstigen, betrieblichen Strukturen gepaart mit der Milchleistung des Betriebes erbrachten deutliche Vorteile im Festkostenbereich und führen zu einer vergleichsweise hohen Kapitalproduktivität³ (Tabelle 2).

Geringe Direktkosten stehen hingegen im Betrieb 2 im Vordergrund. Äußerst effizient war der Betrieb besonders im Bereich der Futtererzeugung. Auf den Betriebsflächen wurde intensiv Gras und Mais im dreijährigen Wechsel angebaut. Hohe Erträge und gute Qualitäten gewährleisteten eine hohe Grundfutterleistung. Der dadurch reduzierte Krafffuttereinsatz war eine Ursache für die deutlichen Direktkostenvorteile. Durch eine intensive Nutzung der vorhandenen Flächen (Tabelle 2: Besatzdichte und Flächenproduktivität) konnten auch die zunehmend steigenden Preise für die Anpachtung von Acker- oder Grünland

² Kapitalinput (€ je Kuh) = eingesetztes Kapital ohne Land und Quote bezogen auf die Herdengröße

³ Kapitalproduktivität (kg ECM je 1.000 € Kapital): ohne Berücksichtigung von Kapital gebunden in Land und Quote

(für neue Verträge ~ 500 bis 1000 € je Saison) abgefangen werden. Neben der effizienten Nutzung des Produktionsfaktor Fläche hat auch die effiziente Nutzung des Faktors Arbeit eine große Bedeutung auf dem Ein-Mann-Betrieb (Betrieb 2). Der Betrieb konnte die Arbeitsproduktivität während des zehnjährigen Betrachtungszeitraumes deutlich steigern und erreichte im letzten Jahr des Betrachtungszeitraumes sogar einen Wert von etwa 270 kg ECM je Akh.

Tabelle 2: Kennzahlen der Betriebe im langjährigen Mittel bzw. Mittelwerte der EDF-Gruppen aus Deutschland und Belgien aus der aktuellen EDF-Produktionskostenanalyse 2008 (eigene Darstellung)

Kennzahl	Betrieb 1 (DE)	Betrieb 2 (BE)	EDF Deutsch- land 2008	EDF Belgien 2008
Besatzstärke (Kühe je ha Futterfläche)	1,6	2,2	1,3	1,9
Landproduktivität (kg ECM je ha Futterfläche)	13.780	20.450	10.946	16.756
Arbeitsinput (Akh je Kuh)	44	47	45	55
Arbeitsproduktivität (kg ECM je Akh)	194	208	207	177
Kapitalinput ohne Land und Quote (€ je Kuh)	2.330	3.970	5.107	4.266
Kapitalproduktivität (kg ECM je 1.000 €)	3.750	2.490	2.016	2.227

4 Schlussfolgerung

Die Optimierung der Kostenstruktur und die Reduzierung der Produktionskosten werden für Milchviehbetriebe zukünftig noch wichtiger werden, um die betriebliche Wettbewerbsfähigkeit und damit auch den langfristigen betrieblichen Erfolg zu sichern. Entsprechend den betrieblichen Gegebenheiten (Standort, Historie und verfügbare Ressourcen) sind die Probleme und die sich daraus ergebenden einzelbetrieblichen Ansätze zur Optimierung der Kostenstruktur in den Betrieben unterschiedlich. Die verschiedensten Bedingungen und Probleme, die Milchviehalter haben, führen europaweit zu einer Vielfalt an Optimierungsansätzen - ein Pool an Ideen und Erfahrungen zur Verbesserung der betrieblichen Leistungsfähigkeit.

Eine Möglichkeit diese verschiedenen einzelbetrieblichen Ansätze europaweit zu untersuchen und die Ideen und Erfahrungen für andere nutzbar zu machen, bietet das Netzwerk der European Dairy Farmers. Im EDF-Produktionskostenvergleich werden einheitliche Betriebszweigabrechnungen für Milchviehbetriebe aus den verschiedenen Regionen Europas erstellt. Diese stellen die Basis für vergleichende Untersuchungen dar. Im Rahmen von Datenanalysen werden daraus die Stärken und Schwächen der Betriebe ermittelt, die dann in Gruppendiskussionen und Workshops gemeinsam mit den Teilnehmern besprochen werden. Aus dem Zusammenspiel von Datenanalyse und Gruppendiskussion können so funktionierende (oder auch nicht funktionierende) Optimierungsansätze für be-

triebsindividuelle Probleme abgeleitet werden. Dadurch dass der Wissensaustausch direkt zwischen den Teilnehmern stattfindet, kann auch Spezialwissen weitergegeben werden, das für den Erfolg (oder auch den Misserfolg) von einzelnen Optimierungsansätzen bedeutsam ist. Die enge Vernetzung von Wissenschaft und landwirtschaftlicher Praxis im EDF-Netzwerk führt zu einem wichtigen Erkenntnisgewinn auf beiden Seiten.

5 Referenzen

- ISERMEYER F. (2003):** Wirkungen des Entkopplungsvorschlags der europäischen Kommission. Arbeitsbericht 2003/01. FAL, Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume. Braunschweig
- KINGI T., ROSE L.C. (2000):** Strategic Benchmarking of Te Arawa Dairy Incorporations and Trust. Working Paper Series 00.18. Department of Commerce, Massey University. Auckland
- REIL A. (2005):** Betriebszweigabrechnung in interregionalen und internationalen Vergleichen von Milchviehbetrieben. 1. Aufl.: HLBS Verlag (Schriftenreihe des Hauptverbandes der landwirtschaftlichen Buchstellen und Sachverständigen e.V., 172)
- EUROSTAT Datenbank 2009:** ec.europa.eu/eurostat

Arbeitszeitbedarf in der Milchviehhaltung

Matthias Schick¹, Marion Riegel¹, Wilfried Hartmann²

¹) Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, CH-8356 Ettenhausen, Switzerland, e-mail: matthias.schick@art.admin.ch

²) KTBL, Bartningstrasse 49, 64289 Darmstadt, Germany

1 Einleitung und Methodik

Genauere arbeitswirtschaftliche Planungsdaten sind auf modernen Milchviehbetrieben für jedes einzelne Arbeitsverfahren von größter Bedeutung. Es ist damit möglich, vorhandenes Rationalisierungspotenzial gezielt zu nutzen und somit den stets teuren und knappen Faktor Arbeit optimal auszulasten.

In dem im Rahmen des KTBL-Arbeitsprogramms Kalkulationsunterlagen laufenden Vorhaben „Validierung und Ergänzung der Arbeitszeitbedarfswerte in der Milchproduktion“ wurden arbeitswirtschaftliche Grunddaten für die Milchviehhaltung erfasst. Die Datenerhebung erfolgte in Deutschland auf Milchviehbetrieben in Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Die untersuchten Bestandsgrößen variierten zwischen 18 und 2400 Milchkühen mit Jahresmilchleistungen zwischen 5500 und 10500 kg. Für die Untersuchungen standen insgesamt 124 Betriebe zur Verfügung. Daraus wurden 38 Betriebe für die Zeitmessungen zufällig ausgewählt. Auf jedem dieser Betriebe wurde ein detaillierter Fragebogen zur Erfassung der betrieblichen Arbeitsorganisation (z. B. Anzahl Arbeitskräfte, Arbeitsverfassung) und wichtiger Einflussgrößen (z. B. Anzahl Milchkühe, Milchleistungen, Melkverfahren) erstellt.

Die Erfassung der Arbeitszeiten erfolgte kausal mit der Zeitelementmethode in Form von direkten Messungen während Arbeitsbeobachtungen auf den jeweiligen Untersuchungsbetrieben (SCHICK 2000, SCHICK 2003).

Es wurden Messwiederholungen sowohl im Bereich von Sommer- und Wintersituationen als auch beim Abend- und Morgenmelken durchgeführt.

Bei den Melkverfahren wurde ein Schwerpunkt auf Fischgrätenmelkstände (FGM), Side by Side-Melkstände (SbS) und Rotationsmelkstände (ROT) gelegt. Daneben wurden noch Tandem- (TD) und Autotandemmelkstände (ATD) sowie Rohmelkanlagen (RMA) in die Untersuchungen mit einbezogen. Der kleinste untersuchte Melkstandtyp verfügte über 3 Melkeinheiten (ME), die größte Melkanlage wurde mit 60 ME betrieben.

Insgesamt wurden im Projektverlauf 210 Zeitstudien angefertigt. Dabei wurden die wesentlichen zyklischen Arbeitselemente in mehrtausendfacher Wiederholung erfasst, um hier sehr sichere Aussagen zu ermöglichen (siehe **Tabelle 1**).

Tabelle 1: Übersicht über die Zahl der gemessenen zyklischen Arbeitselemente am Beispiel Melken (Auszug)

	Melken – Routinearbeiten			
Arbeitselement	Vormelken	Euter reinigen	ME anhängen	Zitzen dippfen
Anzahl Messungen [n]	3853	4193	4784	3566

2 Auswertung und Modellkalkulation

Für die weitere Verarbeitung wurde das erfasste Datenmaterial zunächst tabellarisch aufbereitet und anschließend mit problemneutralen Testverfahren (Normalverteilung, Ausreißer, Zufälligkeit) untersucht. Bei fehlender Normalverteilung erfolgte eine einseitige logarithmische Transformation als Grundlage für die anschließenden problemorientierten Testverfahren und Regressionsrechnungen. Alle Tests wurden mit der Statistik-Software Regressa 5.0 durchgeführt (RIEGEL *et al.* 2007).

Anschließend wurden die ausgewerteten Daten in Form von Planzeitwerten und -funktionen in eine Planzeitendatenbanktabelle überführt. Dabei wurde jedem Element ein eindeutiger alphanumerischer Code, ein Name mit Anfangs- und Endpunkten sowie die dazugehörigen statistischen Kenngrößen inklusive Inhaltsbeschreibung, Autor und Erstellungsdatum zugewiesen.

Die weitergehende Berechnung von Arbeitszeitbedarfswerten auf der Stufe Arbeitsverfahren wurde mit dem Modellkalkulationssystem PROOF durchgeführt (siehe **Tabelle 2**).

Tabelle 2: Aufbau und Vorgehensweise bei der Modellierung von arbeitswirtschaftlichen Kennzahlen mit einem Modellkalkulationssystem (SCHICK 2007).

- | | |
|----|--|
| 1) | Arbeitsverfahren definieren (Datenbank) |
| 2) | Arbeitsablaufmodell definieren (Datenbank) |
| 3) | Liste der Variablen und Hilfsvariablen generieren (Datenbank) |
| 4) | Verknüpfung von Variablen bzw. Hilfsvariablen mit Bezugsmengen |
| 5) | Entscheidungsmodelle mit Bezugsmengen verknüpfen |
| 6) | Ergebnistabelle bzw. Ergebnisgrafik generieren |
| 7) | Informationsbereich generieren |

Hierbei erfolgt die logische Verknüpfung von Arbeitselementen mit den darauf einwirkenden quantitativen und qualitativen Einflussgrößen. Sämtliche Einflussgrößen sind im Modellkalkulationssystem als Variablen eingesetzt und jederzeit innerhalb der oberen und unteren Schranken veränderbar. Als wesentliche Einflussgröße hat sich bei allen

untersuchten Arbeitsverfahren in der Milchviehhaltung die Bestandesgröße herausgestellt. Beim Melken spielen daneben die eingesetzte Anzahl Melkeinheiten und die Ausstattung des Melkstandes eine große Rolle. Beim Arbeitsverfahren Füttern sind dagegen die Anzahl der eingesetzten Komponenten sowie die Verfahrenstechnik des Nachschiebens entscheidend.

Das Modellkalkulationssystem ist modular aufgebaut und besteht neben der Planzeitendatenbank aus den Modulen „Einflussgrößenliste“, „Verknüpfungsbereich“ und „Ausgabebereich“. Für jedes interessierende Arbeitsverfahren wird ein eigener Auszug aus der Planzeitendatenbank erstellt. Hierdurch wird gleichzeitig ein Arbeitsablaufmodell definiert. Anschließend wird eine Liste mit Einflussgrößen generiert und mit dem Ablaufmodell logisch verknüpft. Im Anschluss an die Verknüpfung erfolgt die Erstellung des Ausgabebereichs in Form von Ergebnistabellen und/oder -grafiken. Hierbei wird gleichzeitig ein Informationsbereich mit wesentlichen Angaben zum aktuellen Arbeitsverfahren angelegt. Sämtliche Daten stehen zur weiteren Verarbeitung in frei wählbaren Formaten zur Verfügung.

3 Ausgewählte Ergebnisse Melken

Die Arbeitsabläufe beim Melken setzen sich zusammen aus Rüst- und Reinigungszeiten, Routinezeiten, Wegzeiten sowie allenfalls anfallenden Wartezeiten (siehe **Bild 1**).

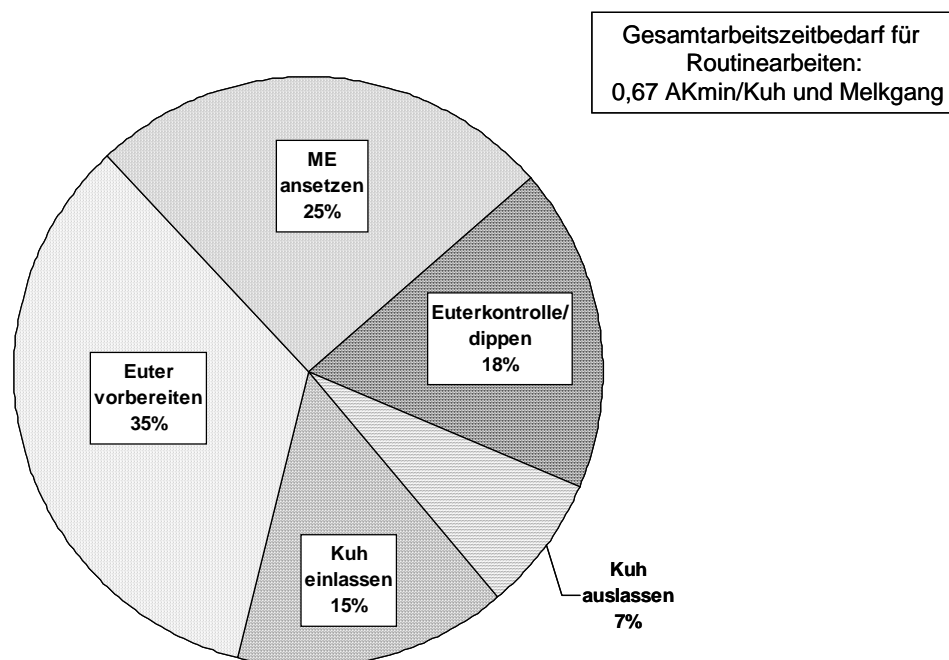


Bild 1: Routinearbeiten beim Melken. (Beispiel: Fischgrätenmelkstand 2 x 12, 120 Milchkühe, hohe Automatisierung)

Sie sind je nach Haltungs- und Melkverfahren unterschiedlich. Aber auch die einzelbetriebliche Arbeitsorganisation sowie die eingesetzten mechanischen und elektronischen Arbeitshilfsmittel, sind zu berücksichtigen. Die Routinezeiten haben den größten Anteil an den Melkarbeiten und unterscheiden sich zwischen den einzelnen Melkverfahren deutlich. Ausgehend hiervon kann Einsparungspotenzial aufgezeigt werden. Dies kann im Vergleich von Fischgrätenmelkstand und Rotationsmelkstand verdeutlicht werden: Durch die Automatisierung der Arbeitsabschnitte „Einlassen“ und „Auslassen“ können nahezu 25% der gesamten Routinezeit eingespart werden. Dies bedeutet bei einer unterstellten Herdengröße von 400 Milchkühen ein Einsparungspotenzial von 68 AKmin je Melkvorgang (siehe **Tabelle 3**).

Tabelle 3: Übersicht über die Routinezeiten bei verschiedenen Melkverfahren mit hoher Automatisierung (Angaben in AKmin/Kuh und Melkvorgang)

Melkverfahren/ Anzahl ME	RMA 3 ME	TD 2 x 2	ATD 2 x 3	FGM 1 2 x 3	FGM 2 2 x 5	FGM 3 2 x 12	SbS 1 1 x 4	SbS 2 2 x 12	ROT 16 ME	ROT 40 ME
Herdengröße [Anzahl Kühe]	30	40	60	30	60	120	25	120	120	400
Kuh einlassen	0	0.26	0.03	0.33	0.21	0.1	0.29	0.11	0	0
Vormelken	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10
Euter reinigen	0.40	0.22	0.28	0.23	0.23	0.12	0.09	0.09	0.13	0.13
ME ansetzen	0.28	0.20	0.23	0.21	0.21	0.17	0.23	0.23	0.15	0.13
Zitzendesinfektion	0.14	0.12	0.14	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
Kuh auslassen	0	0.22	0.04	0.23	0.18	0.05	0.19	0.05	0	0
Summe	0.96	1.15	0.84	1.24	1.07	0.67	1.00	0.69	0.49	0.48

ohne die Arbeitselemente: - Anrüsten
 - ME ausrichten
 - Schlauchhalter einhängen
 - Maschinell nachmelken
 - ME abnehmen
 - Euterkontrolle

4 Arbeitszeitbedarf Produktionsverfahren

Für den arbeitswirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Produktionssysteme innerhalb der Milchviehhaltung wurden drei Bestandesgrößen mit 40, 120 und 1000 Milchkühen ausgewählt. Bestandesgrößen mit 40 und 120 Milchkühen sind als Familienbetriebe ohne Angestellte geführt. Betriebe mit 1000 Milchkühen setzen hingegen Lohnarbeitskräfte ein. Es wird deutlich, dass der Anbindestall unabhängig von der Bestandesgröße immer den höchsten Arbeitszeitbedarf verursacht. Alle Laufstallsysteme erfordern weniger Arbeit. Die Produktionsverfahren mit Weide im Sommer und Konservierungsfutter im Winter verursachen mehr Arbeit als diejenigen mit Ganzjahressilage (siehe **Bild 2**).

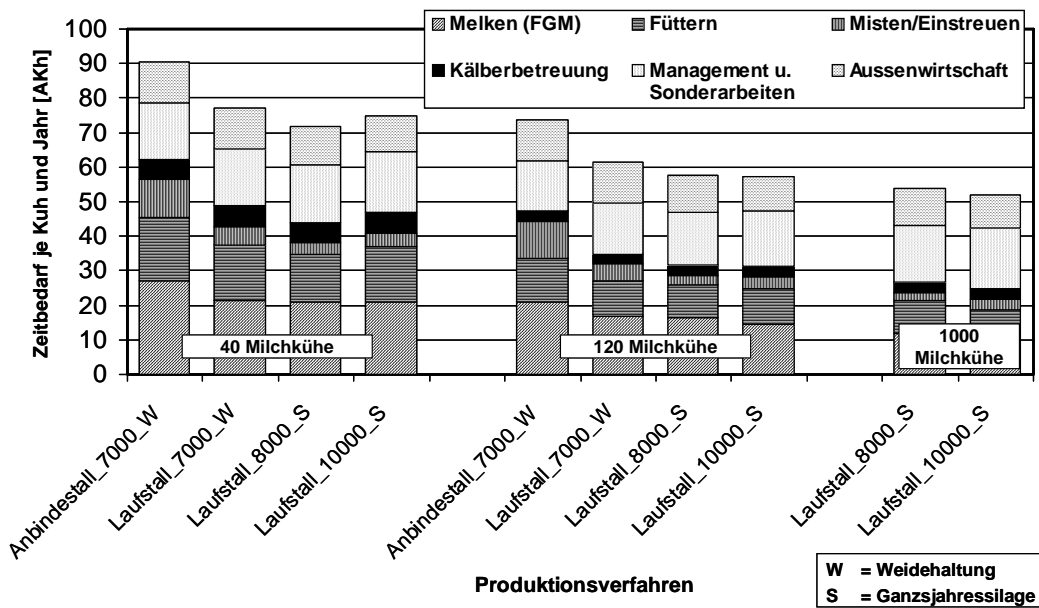


Bild 2: Arbeitszeitbedarf für verschiedene Produktionsverfahren in der Milchviehhaltung (7000, 8000, 10000 = Herdenmilchleistung; W = Weidegang im Sommer; S = Ganzjahressilagefütterung)

Der Einsparungseffekt an Arbeitszeit je Kuh und Jahr beträgt bei einer Bestandsveränderung von 40 auf 120 Kühe in diesen Systemen zwischen 14 und 17 AKh bzw. 19 – 20%. Bei einer weiteren Ausdehnung auf 1000 Kühe verringert sich die mögliche Einsparung auf 4 - 5 AKh je Kuh und Jahr bzw. 7 - 10%. Das Einsparungspotenzial ist vorwiegend auf den Rationalisierungsgrad und die verbesserte Auslastung der Arbeitskräfte bei den Melkarbeiten zurückzuführen. Dieser zusätzliche Einsparungseffekt ist allerdings nur bei optimaler Anordnung der Stallgebäude mit kurzen Wegen für alle Beteiligten (Melkpersonal, Kühe und Treibpersonal) realisierbar.

5 Schlussfolgerungen

Zur Bestimmung des Arbeitszeitbedarfs sowie zur Modellbildung in der Milchviehhaltung ist die genaue Kenntnis über die Verfahrensabläufe beim Melken und Füttern von größter Bedeutung. Hinzu kommt zukünftig der steigende Anteil an zu erledigenden Managementtätigkeiten.

Mit zunehmender Bestandsgröße und zunehmendem Automatisierungsgrad vermindert sich der Zeitbedarf, die Anforderungen an die Arbeitspersonen nehmen aber zu.

Der Einsatz von Modellkalkulationssystemen lässt den Vergleich von Arbeits- und Produktionsverfahren unter sonst gleichen Bedingungen zu. Zudem ist die ständige Rückverfolgbarkeit des Datenmaterials gewährleistet.

6 Literaturverzeichnis

- RIEGEL M., SCHICK M., STARK R. (2007):** Working-time requirement in agriculture – recording method, model calculation and work budget. Society for Engineering in Agriculture, 2007 National Conference. Agriculture and Engineering - Challenge Today, Technology Tomorrow. 23-26 September, 2007, Adelaide, South Australia. Editors: T. Banhazi and C. Saunders. S. 328
- SCHICK M. (2000):** Arbeitszeitbedarf verschiedener Melkverfahren. FAT-Berichte Nr. 544, FA Tännikon
- SCHICK M. (2003):** Arbeitsorganisation und Zeitplanung in der Milchviehhaltung. Tagung: Bau, Technik und Umwelt 2003 in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Vechta. S. 503 – 506
- SCHICK M. (2007):** Work science in agriculture and forestry: from work procedure-based to system approach. XXXII CIOSTA-CIGR Section V Conference “Advances in labour and machinery management for a profitable agriculture and forestry”. Nitra, 17.-19.09.2007, Tagungsband S. 26 – 33

Auswirkungen von Qualitätsmanagementsystemen auf Organisation und Arbeitszeit in der Schweinehaltung

Heinz Bernhardt, Sabrina Kern, Thomas Weil, Martin Heckmann, Isabel Simmer

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik - Technische Universität München, Am Staudengarten 2, 85354 Freising-Weihenstephan, Germany, e-mail: heinz.bernhardt@wzw.tum.de

Schlüsselwörter: Qualitätsmanagement, Schweine, Dokumentation, Arbeitsaufwand, Kosten

1 Einleitung

Qualitätsmanagementsysteme werden auch im landwirtschaftlichen Sektor immer bedeutender. Die Vermarktung eines Produktes ohne die dazu gehörenden Informationen und Dokumentation wird immer schwieriger (HERD 2006). Der im EU-Weißbuch vorgezeichnete Weg zur Neuausrichtung der europäischen Lebensmittel- und Futtermittelhygiene ist nun soweit abgeschlossen, die Verordnungen zur Rückverfolgbarkeit und der Hygiene bei Lebens- und Futtermitteln und deren Produktionssystemen sind in Kraft getreten und wirken sich direkt auf die landwirtschaftliche Praxis aus. Zusätzlich haben die auch in den Verordnungen geforderten Eigenkontrollsysteme des Marktes in Form von Handelsvereinbarungen eine immer größere Verbreitung gefunden und stellen nun ebenfalls Rahmenbedingungen der landwirtschaftlichen Produktion da (SEUFERT 2008).

2 Analyse der Qualitätsmanagementfähigkeit

Am Beispiel der Schweineproduktion sollen die Auswirkungen dieser Entwicklungen auf Organisation, Arbeitszeit und Ökonomie untersucht werden. Dazu wurde zuerst die Prozessfähigkeit von drei Ferkelerzeugerbetrieben und drei Mastbetrieben in Bezug auf ein Marktorientiertes und zukunftsfähiges Qualitätsmanagementsystem analysiert.

Bei den Untersuchungsbetrieben handelt es sich um Familienbetriebe im südlichen Teil von Hessen. Die Ferkelerzeuger halten zwischen 110 und 170 Sauen, bei einer Leistung von 21,5 bis 23,8 abgesetzter Ferkel pro Sau und Jahr. Die Arbeitskräfteausstattung für die Ferkelerzeugung liegt bei 1,5 bis 2 Arbeitskräften. Die Bestandesgröße der Mastbetriebe beträgt 1400 bis 2000 Mastplätze auf Vollspalten. Die Arbeitskräfteausstattung für die Schweinemast liegt bei 1,1 bis 1,5 Arbeitskräfte. Alle Betriebe nehmen bereits seit mehreren Jahren am Zertifizierungssystem „QS“ im Bereich Fleisch teil, einige beteiligen sich darüber hinaus noch an regionalen Qualitätsmarken.

Als Vergleichssystem für die Überprüfung der Prozessfähigkeit bezüglich des Qualitätsmanagementsystems wurde die Handelsnorm GlobalGap Modulteil Schwein Version 3 als modernes an DIN EN ISO 9000/2000 ff. orientiertes QM-System herangezogen (BRAUER 2002, KAMISKE & BRAUER 2006). Die Handelsnorm GlobalGap ist modular aufgebaut, um für verschiedensten agrarische Produkte ein möglichst gleichmäßiges Qualitätsmanagementsystem zu ermöglichen. Im Rahmen der Untersuchung wurden die aufeinander aufbauenden Module 1.0 „Gesamtbetrieb“ welches allgemeine Aspekte des Unternehmens, die Arbeitssicherheit und den Umweltschutz umfasst, Modul 5.0 „Viehbestand“ und Modul 8.0 „Schweine“ die allgemeine und spezielle Fragen der Tierhaltung überprüfen genutzt. Die einzelnen Auditpunkte in den Modulen sind dabei in drei Gruppen gegliedert. Die kritischen Musskriterien müssen zu 100% erfüllt sein, bei den nicht kritischen Musskriterien müssen insgesamt 90% erfüllt sein und die Empfehlungen dienen als Anstoß zur Weiterentwicklung der betrieblichen Qualitätsmanagementsysteme. Die Untersuchung wurde in Form eines Probeaudits bei den Betrieben durchgeführt. Auditpunkte die im Produktionsprozess der Betriebe nicht vorhanden sind, werden als nicht anwendbar geführt und bei der Berechnung des Erfüllungsgrades nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Erfüllung aller Kriterien aus den Basismodulen Gesamtbetrieb und Viehbestand und aus dem Bereichsmodul Schwein für die Ferkelerzeugerbetriebe

Kriterien	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C
Insgesamt	230	230	230
Davon erfüllt	164	169	168
Davon nicht erfüllt	31	24	30
Davon nicht anwendbar	35	37	32
Erfüllungsgrad	84,10%	87,56%	84,85%

Tabelle 2: Erfüllung aller Kriterien aus den Basismodulen Gesamtbetrieb und Viehbestand und aus dem Bereichsmodul Schwein für die Mastbetriebe

Kriterien	Betrieb D	Betrieb E	Betrieb F
Insgesamt	230	230	230
Davon erfüllt	154	166	159
Davon nicht erfüllt	27	15	22
Davon nicht anwendbar	49	49	49
Erfüllungsgrad	85,08%	91,71%	87,85%

Auf Basis der Untersuchungsdaten lässt sich sagen, dass die Betriebe bereits relativ gut mit den veränderten Rahmenbedingungen zu Recht kommen. Die Ferkelerzeugungsbe-

triebe erreichten bei der Untersuchung ohne spezielle Vorbereitung einen Normerfüllungsgrad von durchschnittlich 85,5% und die Mastbetriebe einen Wert von 88,6%. Bei ähnlichen Untersuchungen im Milchviehbereich lagen die Werte der Normerfüllung nur zwischen 60% und 75% (BERNHARDT *et al.* 2008). Es sind insgesamt keine umfassenden Änderungen der Betriebsorganisation notwendig. Die Gründe dafür dürften teilweise in den Schweinefleischskandalen der 80er und 90er Jahre und der dadurch verschärften Gesetze und Kontrollen liegen. Die landwirtschaftlichen Betriebe waren dadurch bereits veranlasst ihren gesamten Produktionsprozess zu analysieren und Schwachstellen zu beseitigen. Außerdem unterliegt die Schweinefleischproduktion nicht den EU-Marktordnungen und ist dadurch stärker am Markt und seinen Anforderungen ausgerichtet.

Zwischen den Betrieben lassen sich deutliche Parallelen bezüglich der Erfüllung bzw. der Nicht-Erfüllung der Kontrollkriterien erkennen. Viele der geforderten Erfüllungskriterien sind in der nationalen Gesetzgebung wieder zu finden oder werden bereits im Qualitätssicherungssystem „QS“ gefordert, so dass der Landwirt bei einer erfolgreichen Zertifizierung nach „QS“ und Umsetzung der bestehenden Gesetze und Verordnungen einen Großteil der zu erfüllenden Kontrollkriterien auch problemlos erfüllen kann.

Treten Probleme bei der Erfüllung der kritischen und nicht kritischen Kontrollkriterien auf, so sind auch diese vielfach in allen Untersuchungsbetrieben gleichzeitig vorzufinden. Es scheiterte zumeist an fehlenden schriftlichen Arbeitsanweisungen und an fehlenden Dokumentationen, da die von GlobalGap geforderten Dokumentationen und Anweisungen bei den Problemkriterien über die bisher bestehende Gesetzgebung hinaus gehen und deshalb noch nicht von den Landwirten umgesetzt und erfüllt werden. Oft sind es auch gerade die Kontrollkriterien, die in dem Qualitätssicherungssystem „QS“ derzeit noch nicht implementiert sind, über deren Implementierung aber bereits diskutiert wird. Es ist dabei aber nicht so, dass die mit der Dokumentation und Arbeitsanweisungen zusammenhängenden Tätigkeiten nicht sachgerecht von den Betrieben durchgeführt werden, sondern es fehlt meist nur an der vorherigen schriftlichen Festlegung und anschließenden Dokumentation der Arbeitsvorgänge.

3 Analyse Kosten Qualitätsmanagement

Ausgehend von diesen Ergebnissen zu QM-Systemen in der Schweineproduktion, stellte sich die Frage welche Auswirkungen hat dies auf Arbeitszeitbelastung und Ökonomie der Betriebe.

Für den Bereich Mastschweinehaltung wurde hierzu eine Arbeitszeit- und Kostenanalyse bei einem hessischen Betrieb durchgeführt. Der Untersuchungsbetrieb betreibt insgesamt 1700 Mastplätze, wovon sich 1200 in einem Neubau und 500 in Altgebäuden befinden. Der Familienbetrieb verfügt über zwei ständige Arbeitskräfte und zwei Aushilfen für die

Hauptarbeitszeiten. In Verbindung mit der Schweinemast werden noch 120 ha Ackerland bewirtschaftet, die aber nicht mit analysiert werden. Der Betrieb nimmt seit 2005 an „QS“ Schwein und der Regionalmarke Geprüfte-Qualität-Hessen (GQ Hessen) teil.

Die deutlichste Mehrbelastung durch die geforderte Dokumentation und Rückverfolgbarkeit in der Mastschweinehaltung entstehen durch den ansteigenden Arbeitsaufwand.

Tabelle 3: Arbeitszeitbedarf Qualitätsmanagement in Mastschweinebetrieb

Tätigkeit	Arbeitszeitbedarf (Stunden / Woche)
Führung Bestandsregister Mastschwein	0,5
Wareneingangskontrolle	0,3
Futtermischdokumentation	0,3
Lagerprotokolle	0,2
Bestandsbuch Medikamente	0,2
Reinigungs-/ Hygieneprotokoll	0,5
Datenerfassung/-übertrag	2
Durchführung Eigenkontrolle	1,5
Weiterbildung	1
Verschiedenes	0,1
Summe	6,6

Die **Tabelle 3** zeigt, dass mit 2 Stunden pro Woche am meisten Zeit für die Datenerfassung und deren Übertrag in das bestehende Dokumentationssystem benötigt wird. Dieser Arbeitszeitbedarf ergibt sich größtenteils auch daraus, dass die einzelnen Datensysteme (Fütterung, Bestandsverwaltung, Klimasteuerung,...) keine kompatiblen Schnittstellen untereinander haben, somit nicht durchgängig auf Seiten der Hard- und Software miteinander vernetzt werden und demzufolge die entsprechenden Daten nicht selbstständig zusammenführen können. Ein weiterer zeitaufwändige Bereich ist mit 1,5 Stunden pro Woche die Bearbeitung und Durchführung der Checkliste zur Eigenkontrolle und mit 1 Stunde pro Woche die notwendige Weiterbildungsmaßnahmen. Dabei ist aber zu beachten, dass dieser Zeitbedarf nicht wöchentlich anfällt, sondern geblockt in größeren Zeiträumen bei der Eigenkontrolle oder bei Fortbildungsveranstaltungen. Der Zeitbedarf von 2 Stunden für die Dokumentation der Warenströme, deckt gleichzeitig auch die Anforderungen der EU-Lebensmittel Verordnungen mit ab.

Die Kosten des Qualitätsmanagement teilen sich neben den Arbeitskosten in die zwei Bereiche Baukosten und Organisationskosten auf.

Die Baukosten umfassen bei dieser Untersuchung Kostenblöcke die über die bestehenden rechtlichen Bauanforderungen hinausgehen. Die QM-Baukosten ergeben sich aus zusätzlichen Anforderungen bei der Not- und Nachtbeleuchtung, dem Lüftungsalarm, den Beschäftigungsmöglichkeiten für Schweine und der Hygieneschleuse. In diesem Bereich fallen jährlich mit Abschreibung, Zinsen, Reparatur und Wartung Kosten von 1022 € an.

Der Bereich der Organisationskosten umfasst spezielle Hygienekosten (349,63 €/Jahr), die Zertifizierung (200 €/Jahr), zusätzliche Kontrolluntersuchungen bei Futtermitteln und Salmonellen (399,43 €/Jahr) und Beratungskosten (820 €/Jahr) die mit der Teilnahme am Qualitätssystem verbunden sind. Insgesamt kommt es dadurch mit den Arbeitskosten für Qualitätsmanagement von 5371,08 € zu jährlichen Vollkosten für das Qualitätsmanagement von 8162,29 €. Dies macht pro verkauftes Mastschwein rund 1,62 €. Dieser Kostenblock konnte im Untersuchungsbetrieb durch die Leistungssteigerungen im Zusammenhang mit der Einführung des QM-Systems aufgefangen werden.

Für die Arbeitszeit- und Kostenanalyse des Qualitätsmanagements in Ferkelerzeugerbetrieben wurde ein Betrieb in Nordrhein-Westfalen untersucht. Der Betrieb besitzt derzeit 550 Sauenplätze, die vom Betriebsleiter mit 1,3 Fremdarbeitskräften betreut werden. Außerdem betreibt der Betrieb noch eine Putenmast und Ackerbau. Der Betrieb nutzt „QS“ als betriebliches Qualitätssicherungssystem.

Tabelle 4: Arbeitszeitbedarf Qualitätsmanagement in der Ferkelproduktion

Tätigkeitsbereich	Arbeitszeitbedarf (Stunden / Jahr)
Tierhaltung	287,35
Futtermanagement	10,6
Anteil Betriebsmanagement	47,6
Anteil Verschiedenes	3,08
Summe	348,63

Auch bei der Untersuchung des Ferkelerzeugerbetriebes zeigt sich wieder der deutliche Arbeitszeitbedarf für die Durchführung der Qualitätssicherungssysteme und dabei besonders der Aufwand für die Dokumentation. Dabei werden pro Woche durchschnittlich 5,5 Stunden direkt für den Teilbereich Tier benötigt. Davon umfasst die Erstellung und Auswertung des Sauenplaners rund 60%. Für den Betrieb ist es von Vorteil, dass die Vermarktung der Ferkel über einen Verband erfolgt, der auch die dazu notwendige Dokumentation und Rückverfolgbarkeit für den Betrieb übernimmt. Insgesamt beträgt der Zeitaufwand für Qualitätssicherung, wobei die schriftliche Dokumentation den größten Teil ausmacht, 7,72% der Gesamtarbeitszeit in der Ferkelproduktion.

Werden diese Arbeitszeiten ökonomisch bewertet und noch die anteiligen Kosten für externe Dienstleister und Berater hinzuaddiert ergeben sich Kosten von 9265,80€ pro Jahr. Der zweite Teil der Dokumentationskosten besteht aus der ökonomischen Bewertung der Technik (PC, Software Sauenplaner,...), welche für die Aufzeichnungspflichten des Sauen- und Ferkelbereichs notwendig ist. Aus den einzelnen Posten ergeben sich somit jährlichen Dokumentationstechnikkosten von 1340,00 €. Dies macht Gesamtkosten von 10605,80 € pro Jahr. Die Dokumentationskosten haben somit einen Anteil von 1,69% an den kalkulatorischen Gesamtkosten des Betriebsteiles Ferkelproduktion. Umgelegt auf die verkauften Ferkel sind dies 0,93 € pro Ferkel oder 16,40 € pro verkaufter Großvieheinheit.

4 Fazit

Zusammenfassend aus allen Untersuchungen lässt sich sagen, dass die Schweineproduktion im Vergleich mit anderen landwirtschaftlichen Bereichen noch relativ gut mit den Veränderungen der Rahmenbedingungen durch Qualitätsmanagementsysteme umgehen kann.

Für die landwirtschaftlichen Erzeuger, die sich schrittweise an die neuen Herausforderungen anpassen müssen, ergeben sich dabei aber zusätzliche Aufwendungen. Ein Aspekt der immer wieder stark diskutiert wird ist eine zusätzliche Arbeitsbelastung für die Dokumentation und Rückverfolgbarkeit. Dieser Bereich nimmt je nach Betriebsgestaltung durchschnittlich jetzt bereits zwischen 6 und 9,5% der Gesamtarbeitszeit ein. Von diesem Arbeitszeitblock werden rund 60% für Dokumentation benötigt, die für den Landwirt als äußerst unproduktiv angesehen wird da er keinen direkten monetären Nutzen darin erkennt. Dieser Anteil kann sich durch die Einführung von Qualitätsmanagementsystemen noch erhöhen wie die Auswertungen der Untersuchungen im ersten Teil gezeigt haben.

Fehlende Datenübertragungsprotokolle und eine große Vielfalt an Qualitätsprogrammen treiben den Zeitbedarf weiter unnötig in die Höhe. Daten werden oft doppelt erfasst und müssen mühsam per Hand von einem auf ein anderes Formular übertragen werden. An dieser Stelle könnte eine standardisierte Datensprache in der Tierhaltung, wie z.B. agroXML im Ackerbau zu enormen Zeit- und damit auch Kostenersparnissen führen (Bernhardt & Kaiser 2007, KUNISCH *et al.* 2007). Kombiniert mit einer automatischen Datenerfassung würden sich zusätzliche Einsparpotentiale eröffnen.

Weiter Optimierungsmöglichkeiten bestehen in der Harmonisierung der existierenden Qualitätssicherungssysteme. Erste Ansätze dazu bestehen z.B. über GQS Hessen, das als QM-Arbeitshilfe verschiedene rechtliche und handelsorganisatorische Vorgaben auf einer gemeinsamen Liste zusammenfasst. Dadurch können Mehrfacherfassungen bei der Dokumentation und Eigenkontrolle vermieden werden. Eine Verschmelzung der einzelnen Handelsnormen zu einer Norm ist eher nicht zu erwarten.

Zusätzlich zum gestiegenen Arbeitsbedarf entstehen weitere Ausgaben durch die Kontroll- und Teilnahmekosten für die Qualitätsprogramme. Je nachdem, in welchem Zustand die vorhandenen Wirtschaftsgebäude sind, können noch Investitionen für geforderte Umbauten etc. entstehen.

Diesen Aufwendungen können Erlöse durch eine Leistungssteigerung der Produktion aufgrund einer besseren Prozesskenntnis gegenüber stehen. Die Bereitstellung betriebswirtschaftlich relevanter Datensätze aus automatisierten Aufzeichnungsverfahren würde diesen Effekt deutlich unterstützen, besonders da dann auch ein sichtbarer Nutzen der Dokumentationsaufwendungen vorhanden wäre. Durch den erzielten Nutzenzuwachs könnten die zusätzlichen Kosten kompensiert werden. Darüber hinaus kann aufgrund der Teilnahme an Handelsvereinbarungen die Vermarktungsbeziehungen zu den Handelspartnern gestärkt werden, was möglicherweise zu einer gewissen Dämpfung der Marktpreise beitragen kann.

5 Literatur

- BERNHARDT H., THEIS S., ROITSCH J. (2008):** Qualitätsmanagementsysteme für Milchviehställe; Landtechnik 63, Nr. 1, S.46-47
- BERNHARDT H., KAISER B. (2007):** Arbeitszeitbedarf für die Dokumentation im Ackerbau; Landtechnik 62, Nr. 3, S.180-181
- BRAUER J.-P. (2002):** DIN EN ISO 9000 ff. umsetzen- Gestaltungshilfen zum Aufbau Ihres Qualitätsmanagementsystems. 3. Auflage, Hanser- Verlag, München, Wien
- HERD D. (2006):** Moderne Managementstrategien zur Qualitätssicherung und deren Anwendung auf die Milcherzeugung wachsender Betriebe. Dissertation, Institut für Landtechnik, Justus- Liebig- Universität Giessen
- KAMISKE G.F., BRAUER J.-P. (2006):** Qualitätsmanagement von A bis Z. 5. Auflage, München, Wien
- KUNISCH M., BÖTTINGER S., FRISCH J., MARTINI D. (2007):** agroXML – der Standard für den Datenaustausch in der Landwirtschaft. In: agroXML – Informationstechnik für die zukunftsorientierte Landwirtschaft, S. 84-96, KTBL, Darmstadt
- SEUFERT H. (2008):** Landwirtschaft = QM Qualitätsmanagement im Lebens- und Futtermittelsektor, DLG-Verlag, Frankfurt

Arbeitswirtschaftliche und ökonomische Aspekte der Babyferkelproduktion im Großbetrieb

Elisabeth Quendler, Veronika Helfensdörfer, Irene Köckeis, Johannes Baumgartner, Josef Boxberger

Universität für Bodenkultur, Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien, Austria
e-mail: elisabeth.quendler@boku.ac.at

1 Einleitung

Sinkende Erzeugerpreise und Preisschwankungen bei Produktionsmitteln zwingen die landwirtschaftlichen Betriebe nicht nur zur Verbesserung der Produktionsleistung, sondern auch zur Minimierung von Produktionsmittel- und Arbeitserledigungskosten und zum Wachstum. Ein größerer Zuchtsauenbestand begünstigt ein effizienteres Betriebsmanagement, es werden häufig mehr Ferkel je Sau und Jahr abgesetzt, eine effizientere Verfahrenstechnik eingesetzt und Mengenzuschläge lukriert, die zu höheren Erlösen führen.

Die Wirtschaftlichkeit der Babyferkelproduktion wird stark von den Investitionskosten, dem Arbeitszeitbedarf, den biologischen Leistungen und der Marktsituation beeinflusst. Die Erzeugerpreise für Babyferkel und Futtermittel sind teils durch starke Schwankungen geprägt, ausgelöst durch den Schweinezyklus, jahreszeitliche Einflüsse und nicht vorhersehbare Ereignisse wie Missernten, Seuchen und Veränderungen am Weltmarkt. Sie können für die Ferkelproduktion ein hohes Liquiditäts- sowie Investitionsrisiko auslösen (SPANDAU 2006). Auf die anderen Parameter, biologische Leistung, Arbeitszeitbedarf und Bestandesgröße, kann der Betriebsleiter stärker Einfluss nehmen. Das Kennen von deren Größen und Variabilität auf betrieblicher Ebene unterstützen objektive Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Betriebsleiterentscheidungen im Sinne einer nachhaltigeren Produktion. Sie helfen, Investitionsrisiken zu verringern und getätigte Investitionen auf ihre Rentabilität zu überprüfen. Über Sensitivitätsanalysen lassen sich vor allem Abweichungen in Erlös- und Kostenpositionen mit dem größten Einfluss auf das wirtschaftliche Ergebnis identifizieren.

2 Material und Methode

Das Ermitteln arbeitswirtschaftlicher und ökonomischer Parameter wurde in einem Betrieb mit einem Bestand von durchschnittlich 606 Zuchtsauen, in dem alle Produktionsmittel, auch Futtermittel, zugekauft wurden, durchgeführt. Die Zuchtsauen, organisiert in 5 Grup-

pen, wurden während der Abferkel- und Säugephase in 10 verschiedenen Abferkelbuchttypen und während der Wartephase in Großgruppen auf Tiefstreu gehalten.

Die Tätigkeiten, die im Untersuchungsbetrieb anfielen, wurden von Fremdarbeitskräften erledigt. Diese unterstützte in ihren Aktivitäten ein Betriebsleiter.

Informationen zur Arbeitserledigung und -zufriedenheit wurden durch Befragung des Betriebsleiters und der Mitarbeiter erfasst. Als finale Meßmethode wurde das Arbeitstagebuch eingesetzt. Das Führen erfolgte täglich über einen Zeitraum von zwei Durchgängen, um auch nicht tägliche Arbeiten und deren Häufigkeiten vollständig erfassen zu können. Der einseitige Fragebogen zur Arbeitszufriedenheit umfasste einerseits deskriptive Fragen zur Zufriedenheit mit der Arbeit, andererseits zu belastenden und Gesundheit gefährdenden Situationen.

Zum Bewerten der Wirtschaftlichkeit wurden die Teilkostenrechnung und Vollkostenrechnung gewählt. Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Investition wurden statische und dynamische Verfahren angewendet. Die Preise für verkaufte Erzeugnisse sowie zugekaufte Produktionsmittel und Investitionskosten wurden beim Betriebsleiter und im Handel erfragt. In den Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde eine Reininvestition bei kurzfristig nutzbaren Anlagenteilen nach 10 Jahren berücksichtigt und eine Nutzungsdauer von 20 Jahren, ein Zinssatz von 4% und eine durchschnittliche Auslastung der Stallplätze von 90% unterstellt. Sensitivitätsanalysen wurden für den Erzeugerpreis und die am stärksten variierenden Faktorkosten, die Futterkosten, angestellt.

3 Ergebnisse Arbeitszeitbedarf

Der Arbeitsrhythmus und Arbeitszeitbedarf im Betrieb waren im Wesentlichen durch den Sauenbestand und das gruppenorientierte Produktionsprinzip nach dem 4-Wochenrhythmus bestimmt. Die Tätigkeiten mit deren mittlerem Arbeitszeitbedarf, die während eines Abferkel- und Säugedurchganges täglich oder periodisch zu bewältigen waren, fasst die Tabelle 1 zusammen.

Zu den täglichen Arbeiten, die etwa ein Viertel des Gesamtarbeitszeitbedarfs einschließlich dem Management je Durchgang (77 AKh von 295 AKh) sowie Jahr (999 AKh von 3847 AKh) ausmachten, zählten Füttern, Tierkontrolle, Entmisten und Einstreuen, ihr Zeitbedarf wurde auf 77 Arbeitskraftstunden (AKh) pro Durchgang sowie 999 Arbeitskraftstunden pro Jahr eingeschätzt. Der höchste Arbeitszeitbedarf für Routinearbeiten entstand für das Entmisten und Einstreuen im Wartestall (27 AKh von 77 AKh, 34,8%). Die geringsten Aufwendungen an Arbeitszeit lagen für das Entmisten und Einstreuen in der Abferkel-einheit (13 AKh von 77 AKh, 16,5%) sowie die Tierkontrolle (14 AKh von 77, 18,3%) vor. Auf das Füttern entfiel fast ein Drittel (23 AKh von 77 AKh, 30,5%) des Arbeitszeitbedarfs der täglichen Tätigkeiten.

Tabelle 1: Arbeitszeitbedarf pro Durchgang (Akh)

Tätigkeiten	Arbeitszeitbedarf pro Durchgang (Akh)
Füttern	23
Tierkontrolle	14
Entmisten und Einstreuen Abferkelstall	13
Entmisten und Einstreuen Wartestall	27
Summe - Tägliche Arbeiten	77
Einstallen und Ausstallen von Sauen	16
Buchten reinigen	18
Sau und Ferkel behandeln	87
Geburtshilfe	4
Ferkel ausstallen und verladen	12
Besamen	10
Rausche- und Trächtigkeitskontrolle	4
Summe - Nicht tägliche Arbeiten	151
Management	68
SUMME – ALLE TÄTIGKEITEN	295

Die nicht täglichen Arbeiten, auch Sonderarbeiten genannt, bedingten 51,0% des Gesamtarbeitszeitaufwandes je Durchgang (151 AKh von 295 AKh) und je Jahr (1962 AKh von 3847AKh). Ihr Arbeitszeitbedarf war etwa doppelt so hoch als jener der täglichen Tätigkeiten. Innerhalb dieser verursachte das Behandeln von Ferkel und Sauen (87 AKh von 151 AKh, 58%) den höchsten Arbeitszeitbedarf. Diesen bedingte in erster Line der Einsatz von prophylaktischen und synchronisierenden Arzneimitteln neben der akuten Behandlung von Krankheiten.

Der Zeitbedarf für Umstallen (Sauen: 16 AKh von 151 AKh, 10,6%, Ferkel: 12 AKh von 151 AKh, 8%) sowie Reinigen (18 AKh von 151 AKh, 12,1%) war ähnlich hoch. Geburtshilfe (4 AKh von 151 AKh, 2,3%), Besamen (10 AKh von 151 AKh, 6,6%) sowie Rausche- und Trächtigkeitskontrolle (4 AKh von 151 AKh, 2,4%) verbuchten den geringsten Arbeitszeitbedarf, ihre Anteile betragen in Summe weniger als 13%.

Das Management, das 23% des Gesamtarbeitszeitbedarfs je Durchgang (68 AKh von 295 AKh) bzw. je Jahr (886 AKh von 3847 AKh) ausmachte, umfasste die Tätigkeiten Planung und Organisation, Kontrolle, Aufzeichnungen, Einkauf und Verkauf, Buchführung, Zahlungsverkehr und Weiterbildung (Beratung, Kurse). Den höchsten Arbeitszeitbedarf verursachten die Aufzeichnungsaktivitäten mit insgesamt 19 Arbeitskraftstunden je Durchgang. Bestellungen von Medikamenten und Futtermitteln führten zu einem Aufwand von 1,33 Arbeitskraftstunden pro Durchgang. Für Kontrollen und Mitarbeiterführung fielen etwa 33,3 Arbeitskraftstunden pro Durchgang an. Die Buchführung (Belege einordnen) und der

Zahlungsverkehr benötigten zwei Arbeitskraftstunden pro Durchgang. Für die Weiterbildung (Veranstaltungen, Lesen von Fachzeitschriften) wurden jährlich etwa 20 Tage verbraucht.

Die Routinearbeit im Ausmaß von durchschnittlich 2,74 Arbeitskraftstunden pro Tag konnte ein Mitarbeiter erledigen. Für ein termingerechtes Erledigen der Sonderarbeiten waren weitere zwei bis drei Mitarbeiter erforderlich.

Der jährliche Gesamtarbeitszeitbedarf wurde auf 3847 Arbeitskraftstunden eingeschätzt und entsprach einem durchschnittlichen Arbeitszeitbedarf von 6,35 Arbeitskraftstunden je Sau und Jahr oder einer Arbeitskraftminute je Sau und Tag.

Mit der Arbeitserledigung waren die Mitarbeiter wenig zufrieden. Sie fühlten sich stark körperlich beansprucht, Nachtarbeit, Staub- und Ammoniakbelastung sowie Zeitdruck galten als besonders belastende sowie Gesundheit gefährdende Umstände. Das Management war der Ansicht in ihrer leitenden Funktion unter den gegenwärtigen Arbeitsbedingungen länger als 10 Jahre tätig zu sein, die ständigen Mitarbeiter glaubten diese Arbeit höchstens bis zu fünf Jahre erledigen zu wollen.

4 Diskussion Arbeitszeitbedarf

Der Arbeitszeitbedarf des Beispielbetriebes lag erheblich unter den österreichischen und schweizerischen Durchschnittswerten der bäuerlichen Zuchtsauenhaltung mit oder ohne Ferkelaufzucht von 16,4 bis 56,8 Arbeitskraftstunden je Sau und Jahr (RIEGEL *et al.* 2006, HANDLER *et al.* 2006, BLUMAUER 2004, BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT 2004). Er deckte sich am besten mit dem Arbeitszeitbedarf der großen und arbeitswirtschaftlich effizient geführten bayerischen Betriebe und von sächsischen Sauenanlagen, der 6 bis 14,9 Arbeitskraftstunden je Zuchtsau und Jahr betrug. Der prozentuelle Anteil von täglichen und nicht täglichen Arbeiten war in diesen Betrieben unwesentlich anders. (HAIDN 1992, KLEMM *et al.* 2004). HANDLER *et al.* (2006) ermittelten für das Management einen ähnlichen prozentuellen Standardarbeitszeitbedarf von 22% am jährlichen Gesamtarbeitszeitbedarf für die österreichische Ferkelproduktion. In der bäuerlichen Zuchtsauenhaltung der Schweiz wurde dieser auf 20% bis 30% des jährlichen Gesamtarbeitszeitbedarfes eingeschätzt (RIEGEL *et al.* 2006).

Der geschätzte tägliche Gesamtarbeitszeitbedarf von einer Arbeitskraftminute je Sau und Tag deckte sich am besten mit den Planungsdatenangaben für Großbestände von 1,3 Arbeitskraftminuten je Zuchtsau und Tag (KTBL 2001, 226). Ein erheblicher Unterschied bestand gegenüber kleinen Beständen, beispielsweise Schmidt-Buchten mit 8,67 Arbeitskraftminuten je Sau und Tag (JEREMIC 2002).

Diese Differenzen bedingten Unterschiede in der Bestandesgröße, Gruppenführung, Verfahrenstechnik sowie Automatisierung. Auch FELLER (2000) stellte fest, dass durch größere Bestände und das Führen von Gruppen die Arbeiten schematischer und effizienter

durchgeführt und Arbeitszeit sparendere Produktionstechniken angewendet wurden. Es reduzierten sich insbesondere die Rüstzeiten in der Anzahl und im Zeitaufwand je Tier erheblich. Der Betriebsleiter erledigte überwiegend leitende Aufgaben (Schwachstellenanalyse, Schulen von Mitarbeitern). Für die Mitarbeiter war ein hohes Spezialisierungsniveau möglich, das zu Akkordarbeit und einer Beeinträchtigung der Arbeitszufriedenheit führte.

5 Ergebnisse Ökonomie

Die jährlichen Durchschnittserlöse des modellierten Beispielbetriebes von 616.903 EURO, 1018,2 EURO je Sau sowie 49,6 EURO je Ferkel setzten sich zu 8,7% aus dem Verkauf von 189 Stück Altsauen, zu 88,2% über die verkauften 12.444 Stück Ferkel (einschließlich dem Mengenzuschlag für Großpartien) und zu 3,1% über den Mykoplasmenzuschlag zusammen. Für ein Ferkel wurde ein Bruttoerzeugerpreis von 43,7 EURO bei einem Durchschnittsgewicht von 6,08 Kilogramm erzielt. Es wurden durchschnittlich 20,5 Ferkel über 2,17 Würfe je Sau und Jahr abgesetzt, die Remontierung betrug 44,2%.

Tabelle 2: Jährliche Erlösen und Kosten des Beispielbetriebes (2006-2007)

Erlöse und Kosten pro Jahr	€Einheit
Σ Erlöse	616.903
Σ Direktkosten	335.966
Deckungsbeitrag I	235.400
Fixkosten	166.700
Gebäudekosten	128.225
Zinsaufwand	38.475
Gewinn	51.696

Die Bestandesergänzung (24,2%), die Futtermittel (29,8%) und die Tiergesundheit (21,7%) verursachten 75,7% der gesamten Direktkosten. Die übrigen 24,3% verteilten sich auf Reproduktion (1,54%), Energie (8,56%), Beiträge (5,78%) und sonstige Direktkosten (8,37%). Die variablen Kosten, die sich aus Direktkosten sowie zuteilbaren Lohn- (29.378 EURO) und Maschinenkosten (16.159 EURO) zusammensetzten, machten 61,8% der Erlöse aus. Der Deckungsbeitrag betrug 38,2% der Bruttoerlöse und belief sich auf 72,4 EURO je Arbeitskraftstunde, 388,5 EURO je Sau und Jahr und 18,9 EURO je Ferkel. Die Arbeitserledigungskosten betragen 11,9% der variablen Kosten oder 75,2 EURO je Sau und Jahr.

Fixe Kosten setzten sich aus den Kosten für die Managementarbeit, das Gebäude und eingesetzte Kapital zusammen. Die fixen Lohnkosten für das Management beliefen sich auf 17.004 EURO je Jahr. Die Investitionskosten für die betriebsbereite Anlage beliefen sich auf 1,86 Millionen EURO beziehungsweise 3070 EURO je Zuchtsauenplatz. Die Gebäudekosten, die sich aus Unterhalt, Abschreibung, Versicherung und Pacht ermittelten, betragen jährlich 128.225 EURO, 211,6 EURO je Sau und Jahr oder 10,3 EURO je Ferkel.

Für das investierte Kapital entstand ein Zinsaufwand in der Höhe von 63,5 EURO je Sau und Jahr. Die fixen und variablen Spezialkosten machten durchschnittlich 932 EURO je Sau und Jahr oder 45,4 EURO pro Ferkel aus.

Der jährliche Gewinn unter Ceteris Paribus Bedingungen belief sich auf 51.696 EURO, 85,3 EURO je Sau oder 4,15 EURO je Ferkel. Es rechnete sich ein Kapitalwert über die 20 jährige Nutzungsdauer von 627.061 EURO. Diesem entsprachen ein modifizierter interner Zinsfuß von 4,95% sowie eine dynamische Amortisationsdauer von 13,6 Jahre.

Der Erzeugerpreis für Ferkel und der Einkaufspreis für Futtermittel variierten in der Vergangenheit am stärksten (KNIEPERT 2008, BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT 2008). Zur Einschätzung des Einflusses des Erzeugerpreises und der Futterkosten auf die Wirtschaftlichkeit und das Risiko der Investition wurden durchschnittliche Preisveränderungen von 5% bis 25% unter Konstanthaltung der anderen Erlös- und Kostenpositionen unterstellt.

Tabelle 3: Deckungsbeitrag, Kapitalwert und dynamische Amortisation in Abhängigkeit von Erzeugerpreis- und Futtermittelkostenveränderungen

Änderung des Ferkelerzeugerpreises um	Deckungsbeitrag	Kapitalwert	Dyn. Amortisation
Ausgangssituation	235400	627061	13.5
-5%	221798	467323	14.4
-10%	208196	307584	15.6
-25%	167390	-171631	-
Änderung der Futterkosten um			
-5%	237902	656444	13.4
-10%	240405	685827	13.3
-25%	247911	773976	12.9

Eine Erzeugerpreisreduktion von 5% bis 25% über die Nutzungsdauer führte zu Deckungsbeitragsverlusten von 5,8% bis 28,9%, in etwa aliquoter Höhe. Der Kapitalwert reduzierte sich um 25,5% bis 127,4%, um etwa das Fünffache. Änderungen von mehr als minus 10% führten zu Kapitalwerten, die eine Reinvestition in Frage stellten und

erhöhten die Amortisationszeit um etwa 15%. Ein Kapitalwert von null lag bei einer Erzeugerpreisreduktion von 19,6% und einer 20 jährigen Nutzung vor.

Ein Erhöhen der Futtermittelkosten bedingte Veränderungen im betrieblichen Deckungsbeitrag von bis zu 5,3%, im Kapitalwert von bis zu 23,4% und in der dynamischen Amortisationsdauer von bis zu 0,8 Jahre. Für einen Kapitalwert von null wäre eine Erhöhung dieser um 107% erforderlich gewesen.

6 Diskussion Betriebswirtschaft

Überbetriebliche ökonomische Vergleiche waren sehr eingeschränkt möglich, da länderspezifische Unterschiede in Betriebs- und Vermarktungskonzept, Genetik sowie Erlös- und Kostenpositionen vorlagen.

Die Bestandesgröße unterschied sich erheblich von jener der österreichischen Spitzenbetriebe (Ø 78,4 Zuchtsauen/Betrieb) und glich jener der deutschen Spitzenbetriebe (Ø 392 Stück/Betrieb), insbesondere der sächsischen Sauenanlagen (Ø 932 Zuchtsauen/Betrieb) (ZIRON 2008, GERNER *et al.* 2007, MEWES 2007).

Gemäß der abgesetzten Ferkelanzahl (von 20,5 Ferkel je Sau und Jahr) entsprach das Erlösniveau je Sau und Jahr des modellierten Beispielbetriebes der mittleren und schlechteren Klasse der österreichischen und westdeutschen Arbeitskreisbetriebe. Es unterschied sich unwesentlich von den sächsischen Sauenanlagen, die 20,9 Babyferkel je Sau und Jahr im Jahr 2005 verkauften (ZIRON 2008, GERNER *et al.* 2007, MEWES 2007). Als Ursachen für die niedrigere Anzahl wurden der teilweise Einsatz von alternativen Abferkelbuchten und die stärkere Frequentiertheit der Anlage über den Lehrbetrieb eruiert.

Die Altsauerlöse und Kosten für die Bestandesergänzung waren ähnlich hoch wie jene der deutschen Spitzenbetriebe sowie sächsischen Sauenanlagen. Jene österreichischer Arbeitskreisbetriebe fielen aufgrund der geringeren Remontierungs- und Verlustrate erheblich niedriger aus (MEWES 2007, GERNER ET AL. 2007, KLEMM *et al.* 2004, ZIRON 2008).

Innerhalb der Direktkosten bestanden Unterschiede in den Futtermittel-, Arzneimittel-, Remontierungs-, Energie-, Vermarktungs- und Versicherungskosten. Die geringeren Futtermittelkosten von bis zu 16% wurden durch den niedrigeren Verbrauch und die günstigeren Futtermittelkosten erzielt (BAUER 2008). Die höheren Ausgaben für die Tiergesundheit im Beispielbetrieb und in den sächsischen Sauenanlagen kamen durch immunisierende sowie synchronisierende Maßnahmen und den Mehrverbrauch an antibiotischen Wirkstoffen bei Ferkeln zustande. Die niedrigeren Remontierungskosten bedingten die niedrigen Besamungskosten, welche im Beispielbetrieb über Mengenrabatte erzielt wurden. Die Ausgaben für Energie und Wasser unterschieden sich geringfügig. Die Vermarktungs- und Versicherungskosten machten bis zu etwa einem Drittel mehr

aus als jene der österreichischen und sächsischen Betriebe (MEWES 2007, GERNER *et al.* 2007). Die höheren sonstigen Kosten des Beispielbetriebes wurden durch den hohen Strohbedarf für den Wartestall verursacht (ZIRON 2008, MEWES 2007).

Die Arbeiterledigungskosten sowie der Arbeitsaufwand verhielten sich in den sächsischen Sauenanlagen dreifach höher (248,4 EURO je Sau und Jahr bei 14,9 Akh je Sau und Jahr) als im Beispielbetrieb (KLEMM *et al.* 2004).

Die Investitionskosten je Zuchtsau lagen über jenen der sächsischen Sauenanlagen sowie den Planungsdatenangaben für Großanlagen auf Güllebasis. Als Ursachen wurden die Geländesituation, die Großgruppenhaltung auf Tiefstreu, die Abferkelbuchten mit größerem Platzangebot sowie die Differenzen in der Nutzungsdauer von Vergleichsstudien identifiziert (KTBL 2004, MEWES 2007).

Die Arbeiterledigungskosten und Gebäudekosten machten durchschnittlich 30,8% der Gesamtkosten je Sau und Jahr im Untersuchungsbetrieb aus und lagen unter den üblichen Sätzen der Praxis (SCHÖN 1994).

Der Kapitalwert von 627.061 EURO wurde in erster Linie durch den zufriedenstellenden Erzeugerpreis (brutto) während des Untersuchungszeitraumes erzielt. Dieser lag um 4,1% über den dreijährigen und 9,3% über den fünfjährigen (2003-2007) sowie entsprach etwa dem 20 jährigen Mittel (1987-2006). Die Sensitivitätsanalyseergebnisse belegten, dass das Erzeugerpreisniveau einen merklich höheren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit ausübte als die Futtermittelkosten.

7 Zusammenfassung

Der Gesamtarbeitsbedarf für den Großbestand mit 606 Zuchtsauen belief sich auf 3847 Arbeitskraftstunden im Jahr, 6,35 Arbeitskraftstunden je Sau und Jahr und eine Arbeitskraftminute je Sau und Tag. Dieser war um ein Vielfaches geringer als jener von Betrieben mit kleinen Beständen und wurde durch die Degressionseffekte von Bestandesgröße, Gruppenführung und Arbeitszeit sparender Verfahrenstechnik erzielt. Auf die täglichen Tätigkeiten und das Management entfiel jeweils ein Viertel und die Sonderarbeiten verursachten etwa die Hälfte des Gesamtarbeitsaufwandes. In der Arbeitserledigung wurde ein hohes Spezialisierungsniveau und ein schematisches effizienteres Erledigen erreicht, das von den Mitarbeitern aber als monotoner und gesundheitsgefährdend eingestuft wurde.

Für ein Ferkel wurden durchschnittlich 43,7 EURO Erlöst, die Ferkelerlöse je Sau und Jahr machten 1018 EURO aus. Die variablen Kosten mussten durch 61,8% der jährlichen Erlöse kompensiert werden. Der Deckungsbeitrag betrug 38,2% der Bruttoerlöse und belief sich auf 72,4 EURO je Arbeitskraftstunde, 388,5 EURO je Sau und Jahr und 18,9 EURO je Ferkel. Die fixen und variablen Spezialkosten machten 932 EURO je Sau und Jahr oder 45,4 EURO pro Ferkel aus. Das biologische Leistungsniveau je Sau und

Jahr lag unter den Ergebnissen der österreichischen und deutschen Spitzenbetriebe und glich jenen von sächsischen Sauengroßanlagen, die auch dieselbe Genetik hatten. Die Unterschiede in den Erlösen und Produktionskosten ergaben sich über die verschiedene Verfahrenstechnik sowie Bestandesgröße und Arbeitszeit minimierende Maßnahmen in der Erledigung.

Unter Ceteris Paribus Bedingungen errechneten sich über eine 20 jährige Nutzungsdauer eine Verzinsung des eingesetzten Kapitals von 4,95% und ein Kapitalwert von 627.061 EURO, der eine Folgeinvestition ermöglichte. Sensitivitätsanalysen zeigten, dass eine Ferkelerzeugerpreissenkung den Deckungsbeitrag um den aliquoten prozentuellen Anteil und den Kapitalwert um den fünffachen Prozentsatz reduzierte. Eine Futtermittelkostenerhöhung wirkte sanfter, die Senkung des Deckungsbeitrages betrug etwa ein Fünftel des Prozentsatzes und jene des Kapitalwertes entsprach etwa dem aliquoten Ausmaß.

8 Literatur:

- BAUER J. (2008):** Kommt die Wende?, DLG-Mitteilungen, 1, 76-77
- BLUMAUER E. (2004):** Arbeitswirtschaftliche Situation in der oberösterreichischen Ferkelproduktion, In: 14. Arbeitswissenschaftliches Seminar. FAT Tänikon, Schweiz, 8. und 9. März 2004, 65-74
- BUNDESANSTALT FÜR AGRARWIRTSCHAFT (2008):** Schriftliche Mitteilung zu Futtermittelpreisen (2003-2007) und Schweinepreisen 1981-2006
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2004):** Standarddeckungsbeiträge und Daten für die Betriebsberatung 2002/03, Konventionelle Produktion, Westösterreich, Riegelnik, Wien. 180, 181
- FELLER B. (2000):** Optimierung der konventionellen Sauenhaltung. Landtechnik, 55. Jahrgang, Vol. 3, 246-247
- GERNER M., HAGSPIEL J., MAYER J. OBERER M., SCHMIED R., STINGLMAYR H., STRASSER F. (2007):** Ferkelproduktion und Schweinemast 2006, Ergebnisse und Konsequenzen der Betriebszweigauswertung in den Arbeitskreisen. Radinger. Print, Österreich, 16, 20
- HADN B. (1992):** Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen und Modellkalkulationen in der Zuchtsauenhaltung. Dissertation. Technische Universität München. 57
- HANDLER F., STADLER M., BLUMAUER E. (2006):** Standardarbeitszeitbedarf der österreichischen Landwirtschaft, Report No. 48, HBLFA Francisco Josephinum, Wieselburg. 61, 68
- JERIC D., WEICHSELBAUMER L., FRITSCH U., WEBER A., BOXBERGER J. (2002):** Arbeitszeitbedarf verschiedener Einzel- und Gruppenhaltungsverfahren für ferkelführende Sauen, In: 13. Arbeitswissenschaftliches Seminar, Braunschweig, Deutschland, 5. und 6. März 2002, 25
- KLEMM R., MEWES I., ULLRICH E. (2004):** Schweinereport 2003, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig, http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/789_1.pdf, Ab-ruf, 28.05.2008, 22, 44
- KNIEPERT M. (2008):** Erzeugerpreise für Ferkel und Getreide des Zeitraumes 1981 bis 2008. Eigene Zusammenstellung, Institut für Agrarökonomie, Universität für Bodenkultur Wien

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/2005. 19. Auflage, Druckerei Lokay, Reinheim. 445, 447, 454

MEWES I. (2007): Schweinereport 2006, Wirtschaftlichkeit zur sächsischen Schweineproduktion, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden, 20, 34, 37, 38

RIEGEL M., SCHICK M. (2006): Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung in der Schweinehaltung, Ein Vergleich praxisüblicher Systeme in Zucht und Mast. FAT-Bericht, Nr. 650. 1–8

SCHÖN H. (1994): Wir müssen wettbewerbsfähig werden und die Umwelt schonen. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 19, 31-33

SPANDAU P. (2006): Woran Sie denken sollten. DLG-Mitteilungen 7/2006, 16-19

ZIRON M. (2008): Gründe für den Erfolg, DLG Landwirtschaft, Ausgabe Mai, 15-19

Alasuutari Sakari, <i>Finland</i>	48, 69
Allinger Fritz, <i>Germany</i>	163
Baron Ana, <i>Israel</i>	92
Baumgartner Johannes, <i>Austria</i>	195
Bechar Avital, <i>Israel</i>	92
Behrendt Sylvia, <i>Germany</i>	31, 38
Belau Till, <i>Germany</i>	100
Bernhardt Heinz, <i>Germany</i>	188
Blumauer Emil, <i>Austria</i>	144
Boxberger Josef, <i>Austria</i>	195
Eben-Chaime Moshe, <i>Israel</i>	92
Ellegast Rolf, <i>Germany</i>	22
Friedrich Carina, <i>Germany</i>	173
Frisch Jürgen, <i>Germany</i>	107
Funk Mathias, <i>Germany</i>	130
Geyer Martin, <i>Germany</i>	14
Hahn Jürgen, <i>Germany</i>	116
Handler Franz, <i>Austria</i>	144
Hartmann Wilfried, <i>Germany</i>	182
Heckmann Martin, <i>Germany</i>	188
Helfensdörfer Veronika, <i>Austria</i>	195
Hermanns Ingo, <i>Germany</i>	22
Hetzel Christian, <i>Germany</i>	163
Hinz Torsten, <i>Germany</i>	76
Höhne-Hückstädt Ulrike, <i>Germany</i>	22
Holzer Michael, <i>Germany</i>	163
Jakob Martina, <i>Germany</i>	14, 31, 38
Kaila Eerikki, <i>Finland</i>	85
Kallioniemi Marja, <i>Finland</i>	64
Kauke Maren, <i>Switzerland</i>	22
Kern Sabrina, <i>Germany</i>	188
Köckeis Irene, <i>Austria</i>	195
Lassen Birthe, <i>Germany</i>	173
Liebers Falk, <i>Germany</i>	31, 38
Linke Stefan, <i>Germany</i>	76
Luoma Tarmo, <i>Finland</i>	85
Maasola Miia, <i>Finland</i>	69

Moriz Christoph, <i>Switzerland</i>	124, 136
Neijenhuis Francesca, <i>The Netherlands</i>	55
Niu Shengli, <i>Switzerland</i>	7
Oude Vrielink Huub H.E., <i>The Netherlands</i>	55
Palva Reetta, <i>Finland</i>	69
Poelarends Judith J., <i>The Netherlands</i>	55
Quendler Elisabeth, <i>Austria</i>	195
Riegel Marion, <i>Switzerland</i>	100, 157, 182
Schick Matthias, <i>Switzerland</i>	22, 100, 157, 182
Simmer Isabel, <i>Germany</i>	188
Stark Ruedi, <i>Switzerland</i>	157
Tölle Rainer, <i>Germany</i>	116
Tuure Veli-Matti, <i>Finland</i>	48, 69, 85
van Dooren Hendrik Jan C., <i>The Netherlands</i>	55
Watzele Reinhold, <i>Germany</i>	163
Weber Andreas, <i>Germany</i>	163
Weil Thomas, <i>Germany</i>	188
Wille Steffi, <i>Germany</i>	173
Winter Tatjana, <i>Germany</i>	76

**In der Reihe
Bornimer Agrartechnische Berichte**

sind bisher erschienen:

Heft 1	Technik und Verfahren der Landschaftspflege	1992
Heft 2	Beiträge zur Lagerung und Verarbeitung pflanzenbaulicher Produkte	1993
Heft 3	Technik und Verfahren in der Tierhaltung	1993
Heft 4	Technik und Verfahren der Landschaftspflege und für die Verwendung der anfallenden Materialien	1994
Heft 5	Verfahrenstechnik der Aufbereitung, Lagerung und Qualitätserhaltung pflanzlicher Produkte	1994
Heft 6	Biokonversion nachwachsender Rohstoffe und Verfahren für Reststoffbehandlung	1994
Heft 7	Preußische Versuchs- und Forschungsanstalt für Landarbeit und Schlepperprüffeld in Bornim 1927 bis 1945	1995
Heft 8	Qualitätssicherung und Direktvermarktung	1996
Heft 9	Konservierende Bodenbearbeitung auf Sandböden	1996
Heft 10	Anwendung wärme- und strömungstechnischer Grundlagen in der Landwirtschaft	1996
Heft 11	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 1996	1996
Heft 12	Aufbereitung und Verwertung organischer Reststoffe im ländlichen Raum	1996
Heft 13	Wege zur Verbesserung der Kartoffelqualität durch Verminderung der mechanischen Beanspruchung	1997
Heft 14	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 1997	1997
Heft 15	Technische und ökonomische Aspekte der Nutztierhaltung in großen Beständen	1997
Heft 16	11. Arbeitswissenschaftliches Seminar	1997
Heft 17	Nachwachsende Rohstoffe im Land Brandenburg Stand Aktivitäten und Perspektiven einer zukunftsfähigen und umweltgerechten Entwicklung	1998
Heft 18	Qualität von Agrarprodukten	1998
Heft 19	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 1998	1998
Heft 20	Beiträge zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung	1998
Heft 21	Landnutzung im Spiegel der Technikbewertung – Methoden Indikatoren, Fallbeispiele	1998

Heft 22	Kriterien der Nachhaltigkeit in der Verfahrensentwicklung für die Nutztierhaltung	1999
Heft 23	Situation und Trends in der Landtechnik / Erneuerbare Energien in der Landwirtschaft	1999
Heft 24	Institut für Landtechnik der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin 1951 bis 1965	1999
Heft 25	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 1999 / 2000	2000
Heft 26	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 2001	2001
Heft 27	Approaching Agricultural technology and Economic Development of Central and Eastern Europe	2001
Heft 28	6 th International Symposium on Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering	2001
Heft 29	Measurement Systems for Animal Data and their Importance for Herd Management on Dairy Cow Farms	2002
Heft 30	Produktion, Verarbeitung und Anwendung von Naturfasern	2002
Heft 31	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 2002	2002
Heft 32	Biogas und Energielandwirtschaft - Potenzial, Nutzung, Grünes Gas TM , Ökologie und Ökonomie	2003
Heft 33	Sozioökonomische Aspekte zu Perspektiven des Offenlandmanagements	2003
Heft 34	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 2003	2003
Heft 35	Energieholzproduktion in der Landwirtschaft Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie	2004
Heft 36	High-Tech Innovationen für Verfahrensketten der Agrarproduktion. Statusseminar 2003	2004
Heft 37	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 2004	2004
Heft 38	Die Landmaschinenprüfung in der DDR 1951-1991 und ihre Vorgeschichte	2004
Heft 39	Energieverlust und Schimmelpilzentwicklung bei der Lagerung von Feldholz-Hackgut	2005
Heft 40	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 2005	2005
Heft 41	Demonstration der Langzeitwirkung bedarfsorientierter Fungizidbehandlung mit dem CROP-Meter	2005
Heft 42	Biochemicals and Energy from Sustainable Utilization of herbaceous Biomass (BESUB)	2005

Heft 43	Ozontes Waschwasser zur Qualitätssicherung leichtverderblicher Produkte - Entwicklung einer <i>Fuzzy-Logic</i> -Steuerung des Waschprozesses	2005
Heft 44	Messsystem zur Bewertung des Unkrautvorkommens	2005
Heft 45	Anwendung der Thermographie zur Optimierung der Belüftungssteuerung bei der Lagerhaltung landwirtschaftlicher Produkte	2005
Heft 46	Membranbioreaktor zur Aufbereitung von Schlachthofabwässern	
	Prozesssteuerung von Biogasanlagen mit Kofermentation	2005
Heft 47	Verschleißeinfluss auf das Förderverhalten von Drehkolbenpumpen	2005
Heft 48	Qualitätserhaltung und Qualitätssicherung von Bioobst und Biogemüse in der Nachernte	2005
Heft 49	Miniaturisiertes Datenerfassungs-System zum Implantieren in Früchte und zur Messung ihrer mechanischen Belastung durch Ernte- und Nachernteverfahren	2005
Heft 50	Prozesskontrolle der Qualität von frischem Obst und Gemüse mit Hilfe eines Multigas-Sensors	2005
Heft 51	Entwicklung eines Echtzeitsensors für die Stärkebestimmung bei Kartoffeln als funktionaler Bestandteil eines optoelektronischen Verleseautomaten	2005
Heft 52	Optimierte Steuerung von Getreide-Schachttrocknern	2005
Heft 53	Möglichkeiten und Grenzen der energetischen Nutzung von Rizinusöl	2005
Heft 54	Non-Destructive Methods for Detecting Health-Promoting Compounds COST Action 924 Working Group Meeting	2005
Heft 55	4 th IFAC / CIGR Workshop Control Applications in Post - Harvest and Processing Technology (CAPPT 2006) 26th - 29th March 2006, Potsdam, GERMANY	2006
Heft 56	Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft Workshop 2006	2006
Heft 57	Kontrolle der Frische in der Nacherntekette von Ökogemüse	2006
Heft 58	Entwicklung eines innovativen Dekontaminationsverfahrens als Technologieantwort auf zukünftiges Qualitätsmanagement im Nacherntebereich	2006
Heft 59	Experimental Studies and Mathematical Modelling of Solar Drying System for Production of High Quality Dried Tomato	2007

Heft 60	13. Workshop Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft & 4. Workshop Precision Farming	2007
Heft 61	Energiepflanzen im Aufwind Wissenschaftliche Ergebnisse und praktische Erfahrungen zur Produktion von Biogaspflanzen und Feldholz	2007
Heft 62	14. Workshop Computer-Bildanalyse in der Landwirtschaft	2008
Heft 63	Experten-Workshop Lagerung von Holzhackschnitzeln	2008
Heft 64	Postharvest unlimited 2008	2008
Heft 65	Vom Agrarrohstoff zu neuen Produkten – Verfahrens- technische Forschung im Nacherntebereich	2009
Heft 66	16. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau	2009

Interessenten wenden sich an:

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Tel.: (0331) 5699-820
Fax.: (0331) 5699-849
E-Mail: atb@atb-potsdam.de

Schutzgebühr: 13,- €