

Technische Fachhochschule
University of Applied Sciences

Wildau



Wissenschaftliche Beiträge

Forschung • Lehre • Technologietransfer



ISSN 0949-8214

Heft

2004



Technische Fachhochschule Wildau
University of Applied Sciences

Wissenschaftliche Beiträge

Forschung · Lehre · Technologietransfer

Heft 2004



Impressum

Herausgeber

Der Präsident der Technischen Fachhochschule Wildau
Prof. Dr. László Ungvári
Bahnhofstraße
15745 Wildau
Tel. +49 3375 508-101
Fax +49 3375 500324
<http://www.tfh-wildau.de>

Redaktionsleitung

Prof. Dr.-Ing. Claus-Gerold Grundig
Tel. +49 3375 508-171 und -218
Redaktionsschluss: Juni 2004
E-Mail: cgrundig@igw.tfh-wildau.de

Lektorat, Gesamtherstellung und Verlag

News & Media Public Relations · Marcus von Amsberg
Perelsplatz 18
12159 Berlin
Tel. +49 30 85961377
Fax +49 30 85961376
E-Mail: verlag@newsmedia.de
<http://www.newsmedia.de>

Nachdruck einzelner Artikel und Beiträge, auch auszugsweise,
bei Quellenangabe frei. Belegexemplare erbeten.

ISSN 0949–8214



Inhaltsverzeichnis

<i>László Ungvári, Präsident der Technischen Fachhochschule Wildau</i> Vorwort	4
<i>Martin Belke, Roseta Evtimova, Rainer Langenstraßen, Iris Pniok, Vladimir Peshkov, Gerhard Behrendt</i> Closed Loop of Polyurethane Flexible Slabstock Foam Wastes by a Chemical Process	5
<i>Stanislav Fabian, Martin Lorko</i> Some Trends of Development of Measuring Instruments and Systems	12
<i>Boris M. Genkin</i> Bedürfnistheorie des Menschen als Grundlage der Motivation der Arbeitsproduktivität	15
<i>Michael Gruner, Marcel Mück, Asta Richter</i> Neuartige Diamant-Metall-Verbundfolien zum Feinschleifen von Saphir	20
<i>Udo Hellwig, Hartwig Nikolaus</i> CFD-Simulation zur Untersuchung des Strömungsverhaltens in Strukturrohren	26
<i>Rainer Langenstraßen, Stanislav Fulev, Andreas Apel, Bodo Gebert, Dieter Lehmann, Gerhard Behrendt</i> Entwicklung der Grundlagen für eine Laboranlage zur kontinuierlichen Herstellung von PET-Recyclingpolyolen. Darstellung des Standes der Arbeiten im InnoRegio-Projekt	34
<i>Olga Rösch</i> Interkulturelles Management – lehren, trainieren, evaluieren. Ein Seminar für interkulturelle Trainer am Institut für Interkulturelle Kommunikation	46
<i>Margit Scholl</i> IT-Didaktik: Selbstorganisiertes Lernen in der IT-Ausbildung und eLearning	48
<i>Margit Scholl, Sabine Schröter</i> Customer Support for Job Learning on Demand. Darstellung von Projektergebnissen der Beratungshotline MamBHo und des Aufbaus von CuSS	59
<i>Klaus-Peter Schulze</i> Wirtschaftsförderung bei rückläufigen Finanzbudgets – Überlegungen zur leistungsorientierten Maßnahmenanpassung	65
<i>Maximilian Senges</i> Der Einsatz von Neuen Informations- und Kommunikations-Technologien zur Wissensvernetzung	69
<i>Georg Tomaschewski, Lothar Ebner</i> Extrakt aus roten Weintrauben. Gewinnung und Einsatz in „Functional Foods“	74
<i>Ralf Vandenhouten, Thomas Behrens, Bettina Schnor</i> Entwicklung eines Gatewaysystems für telematikbasiertes Gerätemonitoring	82
<i>Ralf Vandenhouten, Miriam Selz</i> Prototyp eines mobilen Warenausgangs- und Liefersystems	90
<i>Christian Vogt, Fred Lisdat</i> BioHyTec: Biohybride Technologien in der Hauptstadtregion – Kompetenzbildung und Aufbau einer regionalen Wertschöpfungskette	97
<i>Rainer Voß</i> Regionale Wirksamkeit von Hochschulen – ein Konzept zur Analyse und Bewertung	103
<i>Rainer Voß, Martina Brandt</i> Ermittlung von Nutzeransprüchen an Funktionen der Stadt Königs Wusterhausen für eine zielgruppengerechte Stadtentwicklung. Ergebnisse und Erfahrungen studentischer Projektarbeit	114
<i>Ingolf Wohlfahrt</i> Entwicklung eines Methodenapparates zur Identifikation und Input-/Outputvernetzung von Geschäftsprozessen zur Sicherung eines nachhaltigen Geschäftserfolges in KMU	121
<i>Justyna Zybert</i> Lageroptimierung – ein Praxisbeispiel aus der Möbelbranche	131



Vorwort



Mit den „Wissenschaftlichen Beiträgen 2004“ liegt das elfte Heft unserer Zeitschrift vor, in der seit 1995 Berichte aus der Lehre, der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit und dem Technologietransfer der Technischen Fachhochschule Wildau erscheinen.

Auf dem Gebiet der angewandten Forschung und Entwicklung baut die TFH Wildau ihre traditionell hervorragende Stellung weiter Schritt für Schritt aus. Durch geförderte Forschungsprojekte und direkte Forschungsaufträge aus der Wirtschaft ist unser Drittmittelvolumen in den vergangenen vier Jahren kontinuierlich weiter gestiegen. Im Jahr 2003 lag es um 58,1 Prozent höher als noch 1999. Je besetzte Professur wurden 2003 über 63.000 Euro Drittmittel eingeworben. Im November 2003 waren 67 Drittmittelbeschäftigte an der Hochschule tätig.

Die ausgeprägt praxisbezogene angewandte Forschung und Entwicklung hat mit dazu beigetragen, dass die Technische Fachhochschule Wildau zu einem starken regionalen und überregionalen Faktor und zu einem wichtigen Arbeitgeber in der Region geworden ist. Beispiele für die regionale Wirksamkeit der TFH Wildau führt der Artikel von Voß (S. 103) an. Zugleich zeigt er Perspektiven auf, wie wir uns künftig im Wettbewerb der Hochschulen behaupten können. Er schließt mit der Annahme, dass sich die Tendenz noch verstärken wird, dass Hochschulen zu einem Nukleus von regionalen Innovationssystemen werden.

Die TFH Wildau beteiligt sich an den vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten InnoRegio-Projekten „Anwendungsverbund Biohybrid-Technologien“ (siehe Vogt/Lisdat, S. 97) und „Vernetzung von Tourismus, innovativer Technologie, Kreislaufwirtschaft und naturnahem Leben“, im Rahmen dessen an unserer Hochschule u. a. das Teilprojekt „Entwicklung der Grundlagen für eine Laboranlage zur kontinuierlichen Herstellung von PET-Recyclingpolyolen“ bearbeitet wird (zum Stand der Arbeit siehe Langenstraßen et al., S. 34). Wir haben bei diesen Forschungsvorhaben nicht nur die federführende Rolle übernommen, sondern es wurden im Rahmen beider Projekte auch neue Studieninhalte entwickelt, wie der kooperative (duale) Studiengang Biosystemtechnik/Bioinformatik mit den Abschlüssen Bachelor und weiterführend dem Mastergrad sowie Studienmodule z. B. zur Materialtechnologie, die im Rahmen der Studienplatzweiterungsmaßnahmen im Studiengang Ingenieurwesen implementiert werden sollen.

Um die herausragenden Leistungen unserer Wissenschaftler weiter zu festigen, wurde erstmals am 12. Juli 2003 im Rahmen der Absolventenverabschiedung der „Preis der TFH Wildau für Forschung, Entwicklung und Technologietransfer“ vergeben. Der erste Forschungspreis unserer Hochschule ging an Prof. Dr. Gerhard Behrendt und wird im Jahr 2005 nach der turnusmäßig durchgeführten internen Evaluation der Forschungsleistungen zum zweiten Mal vergeben werden.

Einen Einblick in die Forschungsleistungen der verschiedenen Teams der TFH Wildau bieten die Beiträge von Belke/Langenstraßen/Behrendt/et al. (S. 5), Gruner/Mück/Richter (S. 20), Hellwig/Nikolaus (S. 26) und Tomaschewski/Ebner (S. 74). Die Bandbreite der an unserer Hochschule behandelten Themen manifestiert sich des Weiteren in den dem Technologietransfer zuzuordnenden Aufsätzen von Scholl/Schröter (S. 59), Schulze (S. 65), Vandenhouten/Behrens/Schnor (S. 82), Vandenhouten/Selz (S. 90) und Wohlfahrt (S. 121). Didaktische Aspekte behandeln Rösch (S. 46) und Scholl (S. 48).

Die „Wissenschaftlichen Beiträge 2004“ enthalten erneut auch Beiträge von ausländischen Partnern, die widerspiegeln, welche Lehr- und Forschungsansätze u. a. an ihren Hochschulen aktuell sind (vgl. Fabian/Lorko, S. 12; Genkin, S. 15). Außerdem werden eine studentische Projektarbeit (Voß/Brandt, S. 114) und zwei Diplomarbeiten (Senges, S. 69; Zybert, S. 131) vorgestellt.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern, dass Sie diesem breitgefächerten Themenspektrum, das durchaus von unterschiedlichem wissenschaftlichen Niveau ist, aber allemal Relevanz für die Praxis hat, aufschlussreiche Informationen und Anregungen für die eigene Arbeit entnehmen können.

Prof. Dr. László Ungvári
Präsident



Closed Loop of Polyurethane Flexible Slabstock Foam Wastes by a Chemical Process

Martin Belke, Roseta Evtimova, Rainer Langenstraßen, Iris Pniok, Vladimir Peshkov, Gerhard Behrendt

1 Introduction

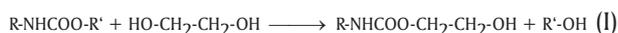
Presently, about 8 million metric tons of polyurethanes are produced in the world annually. During production of precursors, semi-finished products and final products about 5 to 10 % of this amount is waste, i. e. an amount of about half a million tons. To this add the products after their life cycle. This is a large source of material which should not be given to landfills or incinerators but be used as secondary materials for the production of new polyurethanes.

To recycle waste polyurethanes several processes have been developed. These in general make use of a transesterification at the carbamic acid ester group by diols to produce carbamic esters with hydroxyl end groups and liberate the originally employed polyhydroxyl compound which might be a polyester, a polyether, a polycaprolactone, or an polyaminoalcohol [1]. In case of water used as a foaming agent polyureas are produced which are believed not being changed during the transesterification but actually are partly cleaved by the diols used to produce aromatic primary amines [2].

Such transesterification reactions are used with a catalyst or without employing mainly glycols like diethylene or dipropylene glycol in discontinuous batch reactors up to 6 metric tons volume. The reaction proceeds in average during six hours at temperatures in the range of 200 to 260 °C. About 2 to 3 hours are needed only to dissolve the necessary amount of polyurethane wastes in such a six cubic meter reactor. The long reaction time and the formation of the primary aromatic amines have led to the consequence to search for an alternate way to produce polyols from polyurethane wastes.

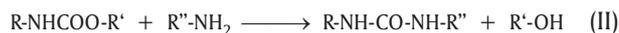
2 The combined aminolysis/glycolysis process

The transesterification of the carbamic ester group is well known for long proceeding formally analogous to the transesterification of carboxylic esters and may be described by the following formulae:



In this, R means the residue of the aromatic di- or polyisocyanate and R' the residue of the polyetheralcohol, which is in soft foams mainly a triol based on glycerol or trimethylol propane onto which propylene oxide and optionally ethylene oxide are added by anionic polymeri-

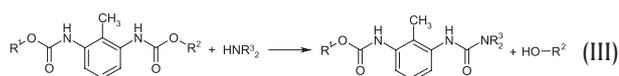
zation. Further, it is well known that the carbamic acid group may be transamidated by any amine to produce a urea according to the general scheme:



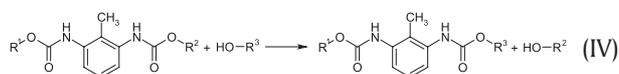
In this reaction, formally only the urea and the alcohol originally present in the carbamate are formed. The rate of this reaction depends to a great extent on the basicity of the amine and the solvent used [3]. In hydrophobic solvents like toluene the reaction rate is rather low while it becomes fast in hydrophilic solvents like dimethyl formamide or dimethyl sulfoxide. In hydroxyl compounds the reaction rate is still favorably high so that mixtures of hydroxyl compounds and certain suitable amines could be used to cleave polyurethanes.

The process based on this reaction was developed with secondary alkyl amines and mixtures of glycols by which process only trisubstituted ureas are produced and the original alcohol is liberated. Due to the short reaction times the cleavage of the polyureas can be disregarded. The process of the aminolysis of the urethane group by transamidation to form trisubstituted ureas may be described as follows:

The transamidation in the case of toluylen-2,6-diisocyanate:



and the simultaneous transesterification by any alcohol:



The transamidation by a secondary amine like di-n-butyl amine proceeds very fast at elevated temperatures in properly selected glycols. Typical reaction temperatures are in the range of 200 °C and typical dissolution times of polyurethane soft foams are in the range of less than a minute.

The secondary amine has two functions in this type of reaction: first, it is a reaction partner in the transamidation reaction to form a trisubstituted urea and secondly, it is a catalyst for both the transesterification and transamidation. Thus, after dissolution of the polyurethanes by a first cleavage of bonds to produce soluble, only partly crosslinked or entangled macromolecules the actual reaction times become very short and are typically in the



range of 15 to 45 minutes to reach the desired result of oligomeric products including soluble oligoureas. By the comparably low temperatures and short reaction times, the cleavage of ureas does not play any role and the content of primary aromatic amines can be kept very low, i. e. in the range of less than 0.1 %.

Furthermore, this combined aminolysis/glycolysis reaction can be applied to any type of material containing urethane groups. Using the conditions described this group is always rapidly transformed into the corresponding urea thus cleaving the material under consideration. Hence, any polyurethane product like soft foam, elastomers, semi-rigid foam, rigid foam, rigid casts, or even polyisocyanurate foams are rapidly dissolved to produce polyols. Depending on the type of polyurethane material used, the percentage of polymer in the solvent may be as large as 80 % by weight.

3 Recycling of flexible polyurethane slabstock foams

Object of the present investigation was to provide an improved process to close the loop in the production of flexible slabstock polyurethane foams by reacting the wastes produced with such a solvolysis mixture to produce first polyols from the polyurethane wastes and secondly introduce these polyols into the premix system of the slabstock process at certain proportions so as to produce the same elastomeric polyurethanes from them. In this process, the polyurethane wastes are generally introduced into a specially developed mixture of diols and a secondary alkyl amine and reacted at temperatures in the range of 200 to 220 °C by which process a mixture of polyether alcohols and trisubstituted polyureas dissolved or dispersed in them is formed.

The glycols used in case of the flexible slabstock foams represent a mixture composed of a short chain glycol and a long chain one in a proportion optimized for short dissolution and reaction times and adjusted to the amount of the secondary amine used. The following table 1 gives some examples of glycol mixtures used in this process:

Material/ No.	W116	W138	W139	W155	W157	W338	W332
Foam flakes (parts)	59.2	50.0	50.0	60.0	60.0	53.5	64.1
Dipropylene glycol (parts)	38,6	0	36,0	33,0	30,0	9,9	24.8
Diethylene glycol (parts)	0	48,0	12,0	0	0	0	0
PPG 400 (parts)	0	0	0	0	0	35,4	0
PPG2000 (parts)	0	0	0	0	6,0	0	7.3
PEG 600 (parts)	0	0	0	3,0	0	0	0
Di-n-butyl amine (parts)	2,2	2,0	2,0	4,0	4,0	1,2	3.8
Reaction time (min)	75	230	290	135	145	265	210
Reaction temperature (°C)	190	200	200	200	210	210	210
Hydroxyl No. (mg KOH/g)	355	408	397	391	354	173	290
Viscosity (mPas, 25°C)	3,240	>50,000	>50,000	16,460	2,210	9,560	8,500

Table 1: Aminolysis/glycolysis of flexible polyurethane slabstock foam using various glycol mixtures

As can be seen from the table, some effects arise from mixing the glycols: the lower the hydroxyl content of the mixture (i. e. the higher the amount of high molecular weight glycols such as polypropylene glycol 2000) the longer the reaction time and the higher the viscosity of the recycling polyol. The introduction of the more hydrophilic oligomeric ethylene glycols leads as well to longer reaction times but these are in some cases necessary for proper dissolution of the polyurethane material. Especially diethylene glycol prolongs the reaction time significantly.

From such experiments, a typical formulation was selected to give short dissolution and reaction times as well as reasonable properties of the resultant recycling polyol and slabstock foam properties when added in proportions up to 30 parts by weight. The compositions of the dissolution medium selected for larger scale experiments with foam residues obtained by the courtesy of Hickory Springs Manufacturing Co. (Hickory Springs, SC, USA) are presented in the following table 2:

Substance	Composition (parts by weight)		
	A	B	C
Dipropylene glycol	70	75	82,5
Polypropylene glycol 2000	20	15	0
Polyethylene glycol 600	0	0	7,5
Di-n-butyl amine	10	10	10

Table 2: Selected solvolysis mixtures for flexible slabstock foams

The ratio of polyurethane soft foam waste to the dissolution medium was investigated in the range of 40 to 60 to 80 to 20 parts by weight to find a suitable ratio for the desired viscosity of the recycling polyol. In the following table 3 the results of some of these experiments are shown.

	W117	W311	W337	W375	W376
Composition	B	B	C	A	A
Foam (pts by weight)	74,1	60,0	55,0	50	40
Time (min)	130	120	60	240	200
Temperature (°C)	210	210	200	200	200
OH-No. (mg KOH/g)	224	356	371	55	65
Viscosity (mPas, 25 °C)	8,100	3,370	2,480	10,500	9,580

Table 3: Aminolysis/glycolysis experiments with selected solvolysis mixtures



The dissolution time of polyurethane flexible slabstock foam in such mixtures was 30 seconds for a foam flake of about 8 cm in diameter. The dissolution time in a 100 l reactor by manual addition into a 5" feed is about one hour which is mainly a consequence of the low weight and bulkiness of the foam particles. Consequently, the dissolution of the polyurethane flexible foams is controlled by the rate of introduction into the reaction vessel and not by the chemical reaction.

It turned out that the solvolysis composition B with various amounts of slabstock foam is well suited to produce recycling polyols with viscosities in the desired range while composition A is well suited to obtain products with the aimed hydroxyl number.

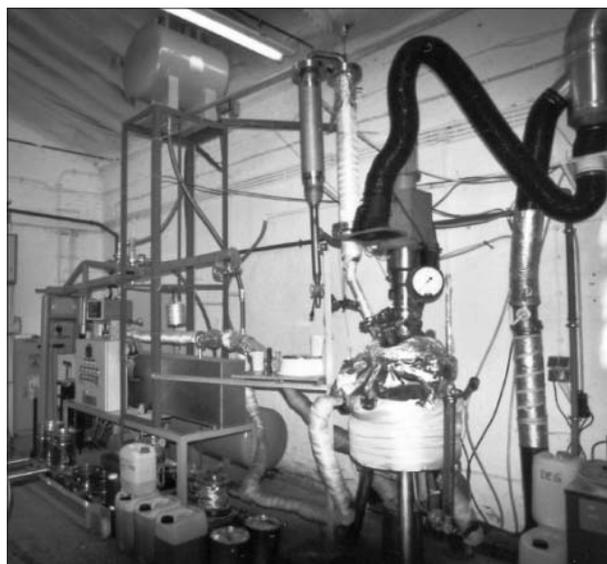
After complete addition of the foam flakes the reaction mixture is kept between 20 and 120 minutes at the reaction temperature depending on the nature of the solvolysis mixture and the slabstock foam. The formulation selected for experiments in the 100 l batch reactor was adjusted to 74 % by weight in case of composition B and 48 % by weight for composition A to receive a recycling polyol corresponding to the necessities of the production process. The products obtained clear amber solutions showing a viscosity in the case of the selected formulation below 10.000 mPas (25 °C).

It was found that wastes of flexible polyurethane slabstock foams dissolve comparably rapidly in mixtures of diols adjusted to the properties of the original slabstock foam and a carefully selected secondary alkyl amine and lead to recycling polyols being mixtures of several components including the originally used polyol(s), the catalyst(s) and the oligomeric ureas from the amine urethane reaction. They maybe directly introduced into the premixes in slabstock production so far suitable ratios of reactants are used to receive applicable viscosities and hydroxyl numbers being in the range of the materials typically used in such systems.

4 Technology of the process

The solvolysis of this type may be performed batchwise [4] or continuously [5]. In any case, from the flexible polyurethane slabstock foam wastes a high quality recycling polyol is produced, which may be added to the formulation with a high percentage. The product properties of the polyurethane produced from such mixtures equal those of the original product.

In the batch process, a jacketed stainless steel reactor of suitable volume equipped with bottom outlet, screw feed from the foam storage container, stirrer, demister, and heat exchanger is employed (see picture 1). The volume of the reactor depends on the anticipated annual production rate. The solvolysis mixture of glycols and amines is introduced into the reactor and heated up to the desired temperature, e. g. 200 °C, by an external thermal oil heater. At this temperature, the defined amount of polyurethane waste is introduced as rapidly as possible. The addition needs in a 100 l reactor about 20 minutes



Picture 1: Experimental batch reactor

and proceeds at temperatures between 200 and 220 °C for another 30 minutes. During the addition and reaction a nitrogen blanket is applied. After completion, the reaction mixture is allowed to cool to about 160 °C and recovered by the bottom outlet directly into a barrel. There is no need of further purification if the wastes applied do not contain any contamination or other plastics materials. In case of solid particulate contaminants a mechanical filter is positioned between the outlet and the storage container. The recycling polyol is allowed to completely cool down in the storage container or barrel and is ready to be used as it is.



Picture 2: First 6 t production unit (courtesy H&S Anlagentechnik)

Higher volumes of the reactor maybe used. Experiments in a 1000 l reactor showed five batches to be performed in 24 hours giving a daily amount of recycling polyol of nearly 4 t. In case the reactor has a higher capacity, e. g. 5 metric tones (see picture 2), a different layout of the plant is used. In such cases specially designed feeds and recovering sites are constructed to give optimum performance of the reaction. The reactor volume depends on the waste material available and the shift system of the customer. In the following table 4 some examples of such batch reactions are given.



	W318	W326	W223	W225
Composition	A	B	C	B
Slabstock foam (parts)	75	70	48	71
Reaction time (h)	100	90	110	105
Reaction temperature (°C)	220	220	220	220
OH-No. (mg KOH/g)	81	210	83	328
Viscosity (mPas)	23,500	12,560	7,860	7,700
Recovered amount of product (kg)	77	76	78	75

Table 4: Data on batch reactions in semi scale reactors

The products obtained from flexible slabstock foams by both process variants are homogenous, light amber liquids. The hydroxyl number is determined by the following factors:

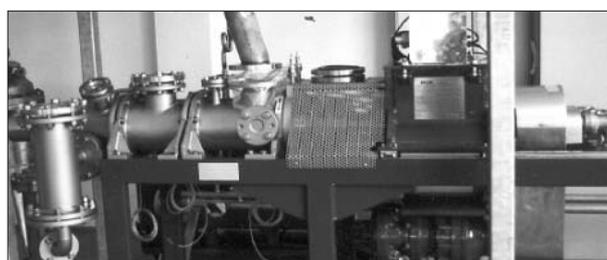
- nature of the polyurethane waste,
- mixture of the glycols/polyols,
- percentage of polyurethane used

and may vary between 80 and 240 mg KOH/g by adjusting the above mentioned factors. The primary aromatic amine content as measured in samples of the lab scale reactors is in the batch process due to the longer dissolution time between 0.25 and 0.75 % by weight and in the continuous process between 0.1 and 0.7 % by weight. The viscosities are in relation to the hydroxyl number between 2,000 and 10,000 mPas at 25 °C. The recycling polyols show a high reactivity, the pot life with polyisocyanates like Lupranat® M20A of the BASF AG is between 1 and 3 minutes.

The polyols are in any case produced by reacting polyurethane foams by their successive introduction into a mixture of lower polyalkylene glycols and a secondary alkyl amine at a temperature ranging from 180 °C to 240 °C. In the solvolysis process of flexible slabstock foams, a mixture of a short chain diol such as dipropylene glycol and a longer chain diol such as polyethylene glycol 600 or polypropylene glycol 2000 optionally with small amounts of diethylene glycol or a higher ethylene glycol is used. To this mixture a secondary amine such as dibutyl amine is added in a range of 2 to 8 % by weight and further the elastic polyurethanes up to 150 % by weight related to the solvolysis mixture and the desired viscosity. The ratio of the diols and of these to the amine(s) depends on several parameters among which are most essential the average molecular mass of the reactants and the type of polyurethane used and to be produced. It should be kept in mind that the secondary alkyl amine is both catalyst of the depolymerization reaction and reactant and hence must not be used in excess. The amount of the amine(s) maybe calculated roughly from the theoretical urethane group content according to the polyurethane formulation. Depending on the type of polyurethane, the reaction product nearly does not contain free amine reactant so that further work-up is not necessary.

The series of recycling polyols produced in the batch process variant covers a range of hydroxyl numbers between 80 and 400 mg KOH/g, of which table 4 presents only few typical examples.

Combining different glycols of various chain length and structure allows to produce recycling polyols of determined properties which are adjusted to the needs of the polyurethane products subsequently produced from them. In case of flexible slabstock foams there is the need not to increase the hydroxyl number of the polyol component of the system or to increase the viscosity of it because of the metering pumps in-line to the mixing head. Thus, a recycling polyol with a hydroxyl number as low as 80 mg KOH/g having a viscosity not beyond 10,000 mPas (25 °C) is desirable and can be obtained by this process.



Picture 3: Continuous experimental reactor

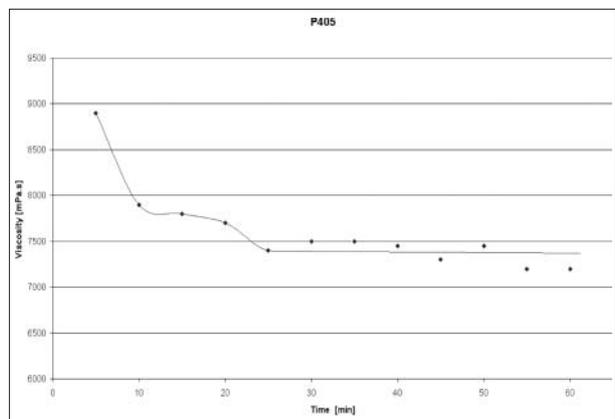
In the continuous process as developed on a laboratory scale with a throughput of about 600 kg per eight hour shift, all steps proceed sequentially. Into a specially designed twin-screw reactor with heated jacket and hollow shaft with screw feeder, dosage units for liquids and degassing unit (see picture 3) are introduced into a first zone the solvolysis mixture and the polyurethane wastes as particles up to a size of 8 cm while the mixture is kept at a temperature between 175 and 200 °C and nitrogen is purged in at a low rate. The dissolution proceeds within a very short time keeping this zone rather short. The second zone is designed as the reaction zone where the reaction proceeds. The third zone is the degassing zone from which the solvolysis product is recovered via a filtering unit into any storage container. The processing time in the reactor is in case of the flexible slabstock foam between 15 and 20 minutes. Depending on the nature of the polyurethane and the reaction temperature used with other polyurethane materials time and temperature have to be adjusted. The size of the plant is mainly determined by the polyurethane waste amount available and by the residence time necessary in the reaction zone. To produce about 500 metric tons per year the reactor itself has an effective length of 1.20 m.

Component/rate	P 416	P 422	P 409	P 405
Block foam flakes (kg/h)	55.0	60.6	61.2	65.3
Dipropylene glycol (kg/h)	40.0	26.0	19.2	32.6
Hexapropylene glycol (kg/h)	0	3.0	1.6	0
Di-n-butyl amine (kg/h)	5.1	6.4	6.8	2.1
Residence time (min)	23	22	20	18
Heater Oil Temperature (°C)	195	198	200	224
Nitrogen consume (l/h)	45	51	44	43
Output (kg/h)	99	95.4	88.1	94.5
Filter residue (kg/h)	0.38	0.42	0.56	0.25
Product properties:				
Hydroxyl number (mg KOH/g)	371	284	249	313
Viscosity (mPas, 25 °C)	2485	9620	12,800	7,150
Amine number (mg KOH/g)	6	3	9	5.2
Water content (% by weight)	0.14	0.17	0.22	0.23

Table 5: Recycling polyols produced by the continuous process



The examples of running the process continuously in the experimental reactor were performed usually during a period of an hour or less due to the high amount of consumed polyurethane. The experiment P405 was continued for 120 minutes to obtain the product data over a longer time period. By running the experiment (No. P405) over two hours, the viscosity of the product as measured in intervals of five minutes was constant after a short starting period of 20 minutes (see picture 4).



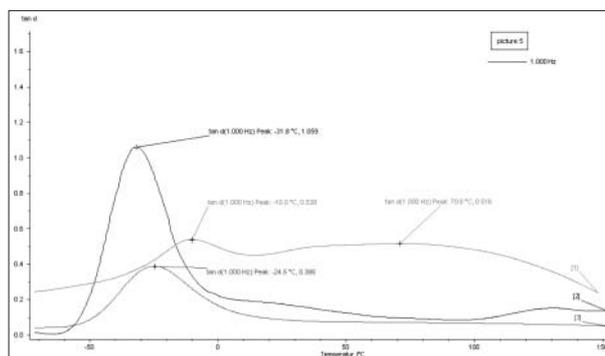
Picture 4: Viscosity measurement in the continuous process

5 Polyurethane production

By this process a composition of the recycling polyol results which for the first time allows the direct production of elastomeric polyurethanes of various types by reaction with a di- or polyisocyanate or its use as an additive to premixes for highly elastic products. Elastic products are obtained by reaction of 100 % of recycling polyol with the polyisocyanate Lupranat® M20A in a Shore-A-hardness range between 47 to 98 depending on the formulation used. If certain recycling polyols are added to the polyol component of two component systems as used for slabstock production up to 50 % by weight maybe added without a loss in mechanical properties. For the recycling polyols no work-up step is necessary in these cases. The small amount of free amine rapidly reacts and does not lead to any odor of the final polyurethanes or VOC emissions.

Some polyurethanes were produced as films to investigate the thermomechanical properties by dynamic-mechanical analysis (DMA). To this end, the foamed materials were subjected to pressing in a heated mould at 160 °C and 20 kp/cm² pressure for 10 minutes to give homogeneous clear films (see picture 5 for the DMA curves). In picture 5 are presented three curves of the loss factors (tan δ) of which one sample is prepared from a typical flexible foam polyether triol and diphenylmethane diisocyanate (MDI) (3) showing the glass transition at -31.8 °C and two lower broad maxima at about +20 °C and +135 °C. The latter maybe attributed to hard segment formation while the first one may result from short chain polyethers present in the polyol. Sample (1) was prepared from a typical flexible foam formulation and exhibits the glass transition at -10 °C, which is an unusual shift to higher temperatures, and

a broad maximum between +35 °C and +100 °C as a result of further formulation components. The maximum at 135 °C or at higher temperatures is not visible so that the formation of hard segments seems not to take place in this formulation. Curve (2) depicts the loss factor of a polyurethane foam made only from the recycling polyol P409 and MDI showing the glass transition at -24.5 °C, i. e. somewhat shifted to a higher temperature as compared with the formulation from a primary polyether but at lower temperatures than the original formulation. There is shown a broadening of the high temperature slope of the main transition region hinting to somewhat inhomogeneous structures. The missing of the high temperature maximum suggests the absence of phase separation in this material.



Picture 5: DMA analysis of compressed polyurethane foams

The DMA analysis shows that with a high percentage of long chain polyether alcohols in the recycling polyols due to a high content of polyurethane in the solvolysis mixture after reaction with polyisocyanates the glass transition temperature of the resulting polyurethanes is shifted to lower values as in a typical formulation, i. e. the material is at room temperature in the elastic region. Surprisingly, this value is not moved to markedly higher temperatures by the low molecular weight diols. By choosing these low molecular weight diols with respect to type and amount the upper and lower service temperature of the resultant polyurethanes may be controlled and predetermined already during the depolymerization reaction.

The reaction of the recycling polyols with di- and/or polyisocyanates to form elastic polyurethanes is usually faster as with standard polyether polyols because of their higher reactivity and remaining catalysts from the original polyurethanes. This reduces in general the amount of catalysts necessary in the premixes. If added to commercial premixes the total reaction times, i. e. start and rise times, may shorten up to 15 %. Usually, there is no effect on the physical foam properties.

Lupranol 2045	100	90	80	70	80
Recycling Polyol W 326		10	20	30	
Recycling Polyol P 409					20
Density (kg/m ³)	35	34	35	34	36
ILD 25 % (N)	108	109	111	112	110
50 % compression set	6	4	4	4	5

Table 6: Effect of recycling polyols on physical properties of a block foam formulation based on Lupranol® 2045 (BASF AG)



6 Discussion

The combination of glycolysis and aminolysis in the recycling of polyurethane flexible foams leads to a different reaction mechanism of the depolymerization of polyurethanes compared to the state of the art glycolysis. During glycolysis the cleavage proceeds preferably by transesterification at the urethane groups and as secondary reactions with a nucleophilic cleavage of the polyureas and a decarboxylation of the urethane groups, both with the formation of primary aromatic amines. Contrary to this, by cleaving the polyurethanes by a combination of glycolic hydroxyl groups and secondary amino groups the urethane groups are transformed both to trisubstituted urea groups and hydroxyl containing oligourethanes. Because of the basic reaction conditions a nucleophilic reaction at the urea groups of the polyureas takes place only in the trace range. During the reaction of the combination of glycol and secondary alkyl amine with the polyurethane, hence, are produced mainly the long chain polyether alcohols from the polyurethanes and trisubstituted polyureas from the isocyanate or the oligoureas from the isocyanate water reaction and the secondary alkyl amine, i. e. a very low content of primary aromatic amines. The polyureas are present in the mixture of lower molecular weight glycol and long chain polyether alcohol usually in a dissolved form up to 70 % by weight of polyurethane waste in the mixture, at higher proportions a stable dispersion maybe formed. By carrying out the process this way the resulting reaction mixture has not only a new composition, i. e. a polyether polyol mixture containing active low size fillers, but also the amount of short-chain glycol used may be drastically decreased and be as low as 20 % of the total reaction mixture.

This new process may be performed as a batch reaction in common jacketed reactors with a volume up to 10 m³. Alternatively, when larger amounts of waste are continuously available the process may be carried out continuously in a specially designed twin screw reactor. In any case, the reaction proceeds fast and the rate limiting step is usually the feed of the soft foam flakes into the reactor. The residence times in the batch reactor are about 30 minutes and in the continuous reactor only 20 minutes. This process produces recycling polyols which can be used without additional working-up steps, e. g. a post-reaction or a purification step.

By this process a composition of the polyether component results which for the first time allows the direct production of slabstock polyurethane foams especially from the recycling polyols without a work-up step. The polyol component with its high percentage of long chain polyether alcohols from the original polyurethane and from the solvolysis mixture after reaction with polyisocyanates does not affect the glass transition temperature of the resulting polyurethanes so that they remain at low values. From DMA measurements it can be seen that the high temperature slope of the polyurethane is broadened leading to better response in this temperature range and extending the elastic region. The glass transition is not

moved to markedly higher temperatures by the low content of low molecular weight diols. By choosing these diols with respect to type, chain length, and amount the upper and lower service temperature of the resultant polyurethanes may be controlled and predetermined already by the depolymerization reaction mixture.

This reaction maybe extended to any type of elastic polyurethanes or microcellular elastic polyurethanes but carefully selected mixtures of diols and secondary alkyl amines as well as the reaction conditions, especially temperatures and residence times, have to be used. For any polyurethane waste, the solvolysis mixture and conditions are to be carefully adjusted to receive optimum recycling polyols.

The polyols produced in this way exhibit a hydroxyl number in the range of 300 to 70 mg KOH/g and a viscosity between 2500 to 12,000 mPas (25 °C). The amine content as determined by amine number can be adjusted to values as low as 3 to 6 mg KOH/g and further decreased by the continuous process. The low amine content does not adversely affect the catalytic system or the properties of the resultant foams. The content of primary aromatic amines is usually kept as low as 0.02 % by weight depending on the performance of the process.

During the investigations described here only flexible slabstock foams without additives of any kind were used in the solvolysis process. Up to now, we see some limitations of the process in cases of solid fillers as used in slabstock foams, such as solid flame retardants like antimony oxide or chalk, where in the recycling polyols the solids may settle and cause problems in tubes and pumps. In few experiments, flame retarded slabstock foams were introduced, but only in cases of halogen bearing aromatics the reaction proceeded without problems. Further flame retardants, e. g. phosphonamides or the like, may influence the course of the reaction. Another problem was envisaged by the use of grafted polyols in the slabstock foams. When such are present, the grafts separate as solids. These solids may have a different nature depending on the composition of the solvolysis mixture: they maybe in the form of needle-like material with a length of up to 10 mm or a fine dispersion in the polyol which is stable over at least three months. The filler materials derived from the original grafting are introduced into the formulation and, consequently, into the new slabstock foam leading to somewhat increased hardness. In such cases a special development has to be performed.

7 Costs

The production costs of the recycling polyols are calculated according to a conservative German scheme and include raw materials, personal costs, energy costs, interest rates, costs for the building, equipment costs, and repair. The costs depend on the amount of waste available and the throughput of the plant with slight differences in the raw materials depending on the type of polyurethane to



be recycled and have been calculated for the production of recycling polyols from slabstock flexible polyurethane between 500 and 5000 metric t annually while it seems economically convincing to use this process with an amount as low as 80 t annually.

Discontinuous Process (Batch Process)			Continuous Process		
500 t/a	1000 t/a	5000 t/a	1000 t/a	3000 t/a	7500 t/a
0,80 €/kg	0,56 €/kg	0,40 €/kg	0,50 €/kg	0,40 €/kg	0,35 €/kg

Table 7: Production costs of recycling polyol (conservative German calculation scheme)

8 Conclusions

By the development of a new type of solvolysis mixture containing a mixture of short chain and long chain diols as well as at least one aliphatic secondary amine the recycling of polyurethane slabstock foams is performed at moderate temperatures continuously or discontinuously in reaction times as short as 20 minutes to completion resulting in recycling polyols to be either added to premixes for the same type of foams without affecting their physical properties or to form elastic polyurethanes from 100 % of the polyols or by blending with other hydroxyl components for adjustment of properties. The process may be run batchwise in typical stirred jacketed reactors or in a specially designed continuous reactor. The latter process should be applied in cases of higher amounts of polyurethane wastes produced continuously and the polyols produced to be introduced continuously at a ratio of up to 35 % to the premix so as not to have an essential effect on the properties of the flexible slabstock polyurethane foams produced.

References

- [1] G. Behrendt, M. Pohl, P. Wagner, H. Huth, K.-H. Schmidt: Drei neue Synthesewege zur Herstellung von Polyolen für Polyurethane, *Wiss. Beitr. Techn. Fachhochschule Wildau* 1/2000, S. 73-78
- [2] K.-H. Schmidt, H. Koch, M. Pohl, H. Huth, S. Ivanyi, O. Stürmer, G. Behrendt: Entwicklung von Polyurethan-Beschichtungssystemen auf der Basis von Recyclat-Polyolen aus Polyurethan-Weichschaumstoffen, *Wiss. Beitr. Techn. Fachhochschule Wildau* 1/2001, 28-37
- [3] G. Behrendt, unpublished results (1972)
- [4] G. Behrendt, M. Pohl: Verfahren zur Herstellung von Polyolen und diese Polyole, DE-OS 199 17 932 (1999), EP1086169, USP 6.683.119 (27. 01. 2004)
- [5] G. Behrendt, R. Langenstraßen, B. Gebert, H.-D. Hunger: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Recyclat-Polyolen aus Polyurethanen, DE-Pat.-Anm. 103 13 150.7 (2003)

Acknowledgement

This paper is an extended version of a paper read on the annual meeting of the Polyurethane Foam Manufacturers Association (PFA) at Montreal (Canada) in October 2003.

V. P. gratefully appreciates a visit to Technische Fachhochschule Wildau to perform work on the continuous process funded by the Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) within the project of the Stability Pact South East Europe.

Authors names and addresses

Dipl.-Ing. Martin Belke

H&S Anlagentechnik GmbH
Sandstraße 19, 27232 Sulingen
Tel. +49 4271 1011
E-Mail: info@hs-anlagentechnik.de

Prof. Dr. Roseta Evtimova

University of Chemical Technology and Metallurgy
Bl. K. Ohridski 8, 1756 Sofia, Bulgaria
Tel. +359 2 6254295
E-Mail: rozetaevt@yahoo.de

Dr. Rainer Langenstraßen

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Tel. +49 3375 508-502
E-Mail: rlangens@igw.tfh-wildau.de

Dipl.-Chem. Iris Pniok

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen

Dipl.-Ing. Vladimir Peshkov

University of Chemical Technology and Metallurgy
Bl. K. Ohridski 8, 1756 Sofia, Bulgaria
Tel. +359 2 6254295
E-Mail: peshkov_v@abv.bg

Prof. Dr. Gerhard Behrendt

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Tel. +49 3375 508-591
E-Mail: behrendt@vt.tfh-wildau.de



Some Trends in Development of Measuring Instruments and Systems

Stanislav Fabian, Martin Lorko

Abstract

The paper presents some important trends in the development of measuring instruments and systems (MIS), which have come about as a result of general civilization progress and specific trends in the development of production technologies. The set presented consists of 29 important developed trends.

1 Introduction

The quality of products and production is one of the important factors which determine and condition speeding up the development of civilization towards a new, more demanding scale of values in correspondence with the principles of permanently sustainable development. Quality also influences economic effectiveness, the ability to compete and also the survival of companies in a market environment. To reach the required steady and stable high quality, it is necessary to manage the process of quality creation. The basic precondition for successful and effective quality management is the effective assessment of obtained quality levels by measuring the parameters of those features which influence the satisfaction of customers' needs and therefore the quality of products. The design and securing of progressive and effective processes of measuring requires, among others, knowledge of trends in development of measuring instruments and systems. This paper wishes to make a contribution to this field..

2 Initial attributes

The presented set of trends is based initially on the formulation of these starting point attributes:

- trends in general civilization development
- expected prosperity or depression of the world economy
- level of the market system, (importance of competition environment, solvency of customers)
- development in the field of production technologies
- development in the field of systems of quality management (and their integration with other systems of manufacturing technology control)

3 Some important trends in the development of measuring instruments and systems

The following trends are among the important developments MIS expressed in a brief and concentrated form:

- globalization in the process of development and production of measuring instruments and systems
- wider implementation of knowledge from space and military research in design, production, operation and servicing of measuring instruments and systems
- development of new measuring instruments and systems of new generation on the base of new technical principles, new materials and technologies
- transfer from the predominance of individual measuring instruments to measuring systems and technologies
- increasing the degree of automation of measuring, mainly automation of insertion, positioning, fixation, releasing and selection of measured parts or their positioning following further operations of technological progress by implementing automation technology, e.g. single-purpose manipulators and robots with high speed and accuracy of movement, high number of degrees of idling and therefore increased possibilities of movement, for example the ability to get into hollows of complicated shapes of measured parts
- increasing the proportion of costs of measuring systems and control technologies in total costs of production technologies, mainly in the area of “high technology”
- wider implementation of “fuzzy theory” in increasing the level of management of measuring instruments and systems
- using knowledge of technology of molecular electronics, mainly in automation of measuring and evaluation of results of measurement
- implementation of nanotechnology in production of very precise parts with small dimensions for measuring instruments
- using biotechnology in development of new measuring principles
- higher implementation of the theory of partial geometry and chaos theory in the development of new measuring methods and means for the measurement of very irregular shapes, for example surfaces with small dimensions
- wider implementation of progressive technologies, for example Rapid Prototyping, through which the course of development of measuring systems is considerably shortened
- complete supply of measuring systems together with air-conditioning or other equipment which enable the operation of measuring instruments and systems also in more difficult operating conditions
- increasing the range of usage of measuring instruments and systems in the process of monitoring of production systems serving as a basis for their regulation and management



- increasing the range of usage of measuring instruments and systems in the development of automated securing of quality production in production systems. For example, automated measurement of numeral value of the key parameters of an instrument, its evaluation and correction according to regulation limits or etalon values or according to the function of prescribed values of measured parameters in time
- increasing range of usage of measuring systems with dismantling-free diagnosis of production systems
- decreasing time of monitoring (or time of stabilization of measured quantity)
- increasing requirements for measurement precision
- increasing completeness and effectiveness of the service of measuring instruments and systems, for example, by using advisory and decision-making activities of leading experts in the area of metrology through internet, e-mail, using expert systems
- development of special control technology including measuring instruments and systems for the needs of measuring in nanotechnology
- intensification of the development of measuring instruments and systems for measuring physical values in extreme working conditions
- increasing comfort of service, for example through more effective training systems, retraining of service of measuring systems by using video, simulation programs, principles of virtual reality, but also through the creation of simpler, more apt, understandable, precise but shorter instructions for usage and maintenance
- more intense and effective process of freezing
 - prevention of mistakes in measuring concurrence through, for example, the elimination of wrong activity of service of measuring systems through the automation of reading and evaluation of measured data, using measuring instruments and systems with automatic positioning and fixing measured parts
- increasing reliability of measuring systems mainly by using dynamic systems of preventive exchange of functionally important elements, using more quality materials, parts with high and guaranteed level of reliability, using the principle of heredity of construction of measuring systems
- using materials of new generation produced for example in the environment without gravitation (with decreased gravitation) when even structure with following improvement of their mechanic features can be reached, or in an absolute vacuum or absolutely dry conditions or simultaneous influence of various factors and combinations. These are mainly materials that are more resistant to wear, have higher invariability of features, for example stable dimensions, inert with regard to changes of parameters of working conditions (temperature, humidity, pressure, vibrations, etc.), Intelligent Materials (Smart), e.g. Shape Memory Alloys (SMA)
- implementation of methods of simulation and optimization when creating control documentation and design of measuring systems, but also when analysing the consequences of the attained degree of measurement precision
- global implementation of principles of qualimetry (with methods for quantification of quality, qualimetric comparisons and analyses) when setting technical tasks for the research, development and innovation of measuring instruments and systems and as a qualified basis for their evaluation and certification
- considerably shortening the time of measurement (total time of control operations) of the product:
 - a. through wider implementation of measuring chains in complete control technologies decreasing mainly helping times for transport and manipulation of measured parts and eliminating time for positioning and fixing measured parts
 - b. by using new principles enabling to increase the speed of measuring with the same level of measurement precision
 - c. by increasing the numbers of measured pieces during one measurement, positioning and fixing
- implementation of knowledge engineering during development of control, measuring and testing systems

4 Conclusion

The paper presents a set of some important trends in the development of measuring instruments and systems based on initial attributes which influence the presented development trends in a decisive way. The paper does not consider all trends of development of measuring instruments and systems but gives more valuable knowledge, non-traditional views and new information from the field. Presented trends of development are worked out on basis of the authors' own knowledge and research into the views of significant experts from the field of quality control development. Some of them are introduced in the reference list.

References

- [1] Batešťová, E./Marcinin, J. N.: Opening look into Vision the Next Generation Bionic manufacturing Systems. Transactions of Universities of Košice, Vol. 9, No. 2, TU Košice 1999, 26-29.
- [2] Bokuava, G./Vasilko, K.: Úlohy výrobných technológií na prahu tretieho tisícročia. In: Nové smery vo výrobných technológiách V. TU Košice, FVT Prešov 2000, 23-28.
- [3] Buda, J.: Od industrializácie ku globalizácii. In: Nové smery vo výrobných technológiách V. TU Košice, FVT Prešov 2000, 29-32.
- [4] Fabian, S.: Trends of Manufacturing Process Reliability. In: Ingineria si managementu sistemelor de productie. Volumul 5. Targu Mures, Romania, 2000, 47-49. IDBN 973-8084-17-2.
- [5] Fabian, S.: Set of Methods for Qualitative Analysis and Comparison as Applied to ir. Zborník vedeckých prác, TU Sjf Košice, 2002, 103-108, ISBN 80-7099-826-1
- [6] Fabian, S.: Kniektorým trendom vývoja výrobných technológií. Výrobné inžinierstvo 2-3/2002, Prešov 2002, 37-42, ISSN 1335-7972-XX.



- [7] Fronc, M.: Iniciatíva COST zameraná na nanovedy. Informaný materiál MŠ Bratislava, spracovaný z podkladov skupiny Nanoscience and Technology Advisory Group (NanoSTAG), ktorá tvorí poradný orgán Európskej komisie pre nanovedy. Bratislava 2000.
- [8] Gebhardt, A.: Rapid Prototyping. Carl Hanser Verlag, München, 1996.
- [9] Havrila, M.: Actual trend in automation machine tool. In: Akademická Dubnica 98, Dubnica nad Váhom, 1998, 211-215.
- [10] Kalini, B.: Megatrendy v automatizácii výroby. AMS 1/97, TU SJF Košice, 1997.
- [11] Košturiak, J./Gregor, M.: Die Simulation von Produktionssystemen. Springer Verlag, Wien, 1995.
- [12] Lorko, M.: Manažment, TU Košice, FVT Prešov, 2000, ISBN 80-7099-676-5.
- [13] Marcinin, J. N./Kárník, L.: Aplikácia technológií virtuálnej reality v technickej praxi. In: COMTEP 98, KR SJF TU Košice 1998, 121-124.
- [14] Naisbitt, J.: Megatrendy 2000. Bradlo, Bratislava 1998.
- [15] Palák, F.: Možnosti využitia technológie simulácií virtuálnych prototypov pre potreby strojárského priemyslu. Strojárstvo 5/1999, 55-59.

Authors

Prof. Dr.-Ing. Stanislav Fabian

Technical University in Košice
Faculty of Manufacturing Technologies
Bayerova 1, 080 01 Prešov, Slovakia
Tel. +421 51 7723504
E-Mail: fabian.stanislav@fvt.sk

Prof. Dr.-Ing. Martin Lorko

Technical University in Košice
Faculty of Manufacturing Technologies
Bayerova 1, 080 01 Prešov, Slovakia
Tel. +421 51 7723012
E-Mail: lorko.martin@fvt.sk



Bedürfnistheorie des Menschen als Grundlage der Motivation der Arbeitsproduktivität

Boris M. Genkin

1 Die Struktur des Menschenmodells in wirtschaftlichen Systemen

Das wichtigste Hilfsmittel im Personalmanagement ist das Menschenmodell. In der Fachliteratur sind verschiedene Menschenmodelle dargestellt worden. In der Regel gründen sie auf dem klassischen, in der ökonomischen Theorie und Praxis vorherrschenden Modell des „homo oeconomicus“ [1], zum Beispiel das RREEMM-Modell (Resourcesful, Restricted, Expecting, Evaluating, Maximizing Man) (Mecking, 1976). In der Soziologie wird das Modell des „homo sociologicus“, in der Psychologie des „homo psychologicus“ usw. benutzt.

Es ist anzunehmen, dass man bei der Anwendung des Menschenmodells im Personalmanagement von dem Komplexmodell, das ökonomische, soziale, ethische und psychologische Aspekte berücksichtigt, ausgeht. In diesem Modell werden die vier Bereiche

- 1) Werte und Ziele,
- 2) Bedürfnisse,
- 3) Potenzial und
- 4) Motive

unterschieden. Wechselbeziehungen zwischen diesen Bereichen sind in Abbildung 1 vorgestellt.

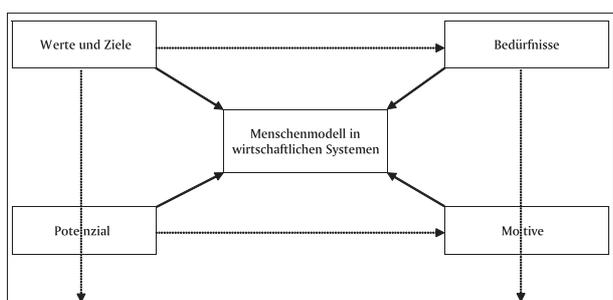


Abb.1: Struktur des Menschenmodells in wirtschaftlichen Systemen (Genkin, 2002: 40)

2 Struktur des Motivationssystems

Für die Organisation effektiver Arbeit ist es von großer Bedeutung, zwischen interner und externer Motivation zu unterscheiden. „Interne Motivation“ wird durch Inhalt und Bedeutung der ausgeführten Arbeit bestimmt. Ist sie interessant, dann wird sie von selbst zur Motivation einer aktiven und produktiven Tätigkeit. Neben dem Inhalt können auch die Bedeutung der Arbeit für die Entwicklung bestimmter Fähigkeiten einer Person, der Nutzen dieser Arbeit für andere Personen und für die Gesellschaft sowie die Übereinstimmung der Tätigkeit mit der Denkweise und ethischen Orientierung der Person

eine wichtige Rolle bei der internen Motivation spielen. „Externe Motivation“ kann in drei Formen auftreten: administrativ, ökonomisch und statussymbolisch. „Administrative Motivation“ bedeutet Ausführung einer Arbeit auf Befehl, d. h. unter direktem Zwang in Verbindung mit der entsprechenden Bestrafung im Fall eines Verstoßes gegen bestimmte Normen. „Ökonomische Motivation“ funktioniert durch ökonomische Motive (Entgelt, Dividenden usw.). „Statussymbolische Motivation“ hat als Grundlage den Status des Mitarbeiters in der Organisation.

Die Effizienz der Motivation lässt sich durch das Ergebnis der Tätigkeiten einer Person bzw. einer Organisation sowie durch die Faktoren der Einstellung zur Arbeit (Anstrengung/Mühe, Hartnäckigkeit, Verantwortungsbewusstsein, Aufmerksamkeit, Verhalten) beurteilen. Abbildung 2 zeigt die Interdependenz zwischen verschiedenen Elementen des Motivationsprozesses. Das Verhalten einer Person kann durch Befehle, ökonomische Stimuli sowie durch Werteinstellungen, Interessen und Bedürfnisse beeinflusst werden.

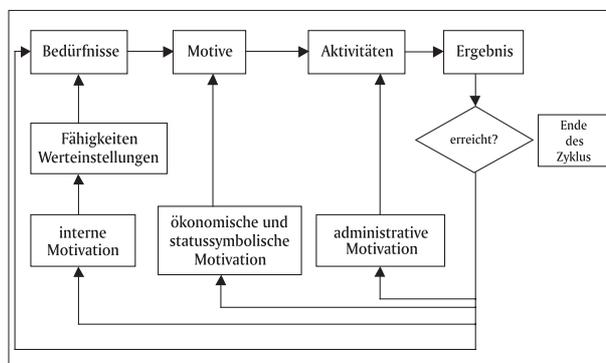


Abb. 2: Interdependenzen in Rahmen des Motivationsprozesses (Genkin 2003)

3 Prinzipien der allgemeinen Bedürfnistheorie: Wechselbeziehungen der ökonomischen, psychologischen und synergetischen Aspekte

Zurzeit entwerfen und verwenden zwei wissenschaftliche Disziplinen eigene Bedürfnistheorien – die Psychologie und die Ökonomie. Diese Theorien existieren praktisch unabhängig voneinander. Ökonomische Theorien, die auf den Ideen des marginalen Nutzens gegründet sind, finden ihre Anwendung im Bereich der Mikroökonomie. Psychologische Theorien (von Maslow, Herzberg, Alderfer u. a.) werden üblicherweise im Personalmanagement benutzt und in den entsprechenden Lehrbüchern erörtert (z. B. Scholz u. a.).



Bei der Beurteilung der Qualität dieser Bedürfnistheorien soll Folgendes berücksichtigt werden:

- 1) der ganze Diapason der Bedürfnisse (Forderung der Ganzheit);
- 2) die individuellen Besonderheiten der Menschen, ihrer Ziele und Werte (Forderung der Ziel- und Wertindividualisierung);
- 3) die Prioritäten und Niveaus der Befriedigung von Bedürfnissen (Forderung der Hierarchisierung);
- 4) die Dynamik der Bedürfnisformation, die den Mechanismus ihrer Wechselbeziehungen bestimmt (Forderung der Dynamik).

Die bekannten Bedürfnistheorien genügen diesen Forderungen nicht. Eine solide Analyse bot die Maslowsche Theorie, die 1943 veröffentlicht wurde. Zu den Vorzügen von Maslow im Vergleich mit anderen gehören:

- die Berechnung der individuellen Bedürfnisse des Menschen (besonders einer schaffenden Persönlichkeit) sowie
- einige Vorschläge für die Dynamik der Bedürfnisse.

Bei der Darlegung der Maslowschen Theorie in verschiedenen Lehrbüchern für Management, Marketing und Soziologie steht die so genannte Bedürfnispyramide im Mittelpunkt, was sehr verwunderlich ist, da Maslow in seinen eigenen Büchern und Artikeln zwar Bedürfnisse klassifizierte, zugleich aber auch die Relativität der Bedürfnishierarchie unterstrich sowie die Individualität und die Ziele der Menschen berücksichtigte. Folglich stellte er in keiner seiner Arbeiten eine allgemeingültige Bedürfnispyramide auf oder verwendete ihr ähnliche Abbildungen. Vielmehr lässt sich aus den Texten des Gründers der humanistischen Psychologie herauslesen, dass eine Bedürfnishierarchie eben gerade nicht starr und allgemeingültig sein kann, denn Maslow betont die besondere Wichtigkeit der Strukturindividualisierung von Bedürfnissen für die Menschen, die nach einer kreativen Tätigkeit streben.

Wenn Maslow keine Pyramide erstellen konnte, dann fragt sich, warum diese in den Lehrbüchern dutzender Autoren in verschiedenen Ländern erscheint. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Antwort auf diese Frage der bekannten Anekdote darüber, dass die Menschen gewöhnlich nicht dort suchen, wo sie etwas verloren haben, sondern dort, wo es heller ist, ähnelt. Offensichtlich entschied einer der Autoren, dass es mit einer Pyramide leichter ist, den Studenten und Schülern die Idee der Bedürfnishierarchie zu erklären. In der deutschsprachigen Literatur kann man die Bedürfnispyramide zumindest ab 1975 in der ersten Auflage des Lehrbuches von U. Stopp (S. 141) finden. In diesem Buch ist Maslow jedoch nicht als Urheber der entsprechenden Abbildung angegeben. Möglicherweise gibt es auch frühere Publikationen zu diesem Thema.

Obwohl ohne Zweifel eine gewisse Reihenfolge in der Bedürfnisbefriedigung existiert, trifft diese nicht auf alle Menschen gleichermaßen zu. Die Lebensläufe bedeutender Wissenschaftler, Künstler und Theologen zeigen, dass Bedürfnisse nach Kreativität und geistiger

Vervollkommnung nicht erst nach der Befriedigung aller übrigen Bedürfnisse (physiologische, soziale Zugehörigkeit, Anerkennung usw.) entstehen, sondern im Grunde genommen schon an der Überlebensgrenze, wenn die Grundbedürfnisse nach Nahrung und Sicherheit noch nicht befriedigt sind, dominieren können.

Die Erfahrung zeigt, dass die Bedürfnishierarchie vornehmlich personenabhängig ist. Als eine Gemeinsamkeit kann man nur die Tatsache gelten lassen, dass eine Befriedigung von Grundbedürfnissen keine notwendige Bedingung für die Entwicklung von anderen höheren Bedürfnissen ist. Daraus folgt, dass man bei der Bedürfnisklassifikation nicht nur ihre Arten, sondern auch das Niveau der Befriedigung berücksichtigen muss. Folgende Faktoren werden in allen uns bekannten Klassifikations-schemata nicht berücksichtigt:

- die individuellen Unterschiede nach Zusammensetzung, Hierarchie und Wichtigkeit von Bedürfnissen,
- das Niveau der Bedürfnisbefriedigung,
- die Abhängigkeit der Bedürfnisse von Wertschätzungen und Lebenszielen des Menschen.

4 Niveaus der Bedürfnisbefriedigung und der Lebensziele der Menschen

Für die Berücksichtigung dieser Faktoren ist es sinnvoll, zuerst alle vorhandenen Bedürfnisse in zwei Gruppen aufzuteilen, und zwar in

- Existenzbedürfnisse und
- Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen.

Zu der ersten Gruppe gehören üblicherweise die Bedürfnisse nach Nahrung, Kleidung und Sicherheit. Dazu sollte man auch das Bedürfnis nach sozialer Zugehörigkeit zählen. Es wird dadurch bestimmt, dass ein Mensch über längere Zeit außerhalb einer sozialen Gruppe nicht existieren kann.

Man kann zwei Grundniveaus der Existenzbedürfnisse bestimmen:

- das Mindestniveau und
- das Basisniveau.

Das „Mindestniveau“ sichert das physische Überleben des Menschen. Das „Basisniveau“ ermöglicht eine Entwicklung von bedeutenden intellektuellen und psychischen Bedürfnissen. Das Niveau kann sowohl subjektiv als auch objektiv festgestellt werden. Im ersten Fall kann als Kriterium für das Erreichen des Basisniveaus die Zeit dienen, die man zum Nachdenken über eine Befriedigung der Essens-, Wohnungs- und Sicherheitsbedürfnisse braucht. Man kann annehmen, dass man dafür die Hälfte der gesamten Tageszeit brauchen würde. Objektiv lässt sich das Basisniveau festmachen am Konsumbudget, das von Experten für die unterschiedlichen Tätigkeiten als notwendig eingeschätzt wird.

Auf den Basisniveaus der Befriedigung der Existenzbedürfnisse entwickeln sich die Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen, die in fünf Gruppen unterteilt sind:



- 1) materielle Bedürfnisse,
- 2) soziale Bedürfnisse,
- 3) intellektuelle Bedürfnisse,
- 4) ästhetische Bedürfnisse und
- 5) geistige Bedürfnisse.

Die „materiellen Bedürfnisse“, die in einer entsprechenden sozialen Gruppe das Basisniveau überschreiten, kann man als Luxusbedürfnisse betrachten. Man muss berücksichtigen, dass der Luxusbegriff in bestimmten Massen relativ ist: Das, was für eine soziale Gruppe Luxus bedeutet, ist für eine andere Norm (d. h. was dem Basisniveau der Existenzbedürfnisse entspricht). Allgemein bekannt ist das so genannte „demonstrative Konsumverhalten“, das den Wunsch nach Zugehörigkeit zu einer „höheren“ sozialen Gruppe unterstreicht. Eine Charakteristik dieses Verhaltens gibt es in Arbeiten von z. B. A. Marschall und vielen anderen Autoren.

„Soziale Bedürfnisse“ kann man in egoistische und altruistische Bedürfnisse aufteilen. Zu den ersten gehören Freiheits-, Macht-, Ruhm-, Anerkennungs- und Achtungsbedürfnisse. Zu den zweiten gehören Bedürfnisse nach Wohltätigkeit, Liebe zu Kindern, Eltern und anderen Menschen.

Unter „intellektuellen Bedürfnissen“ versteht man das Streben nach Wissen und in der Wissenschaft nach Kreativität.

Die „ästhetischen Bedürfnisse“ sind durch das Streben nach Schönheit und in der Kunst nach Kreativität bedingt.

Zu den „geistigen Bedürfnissen“ gehören das Streben nach einer geistigen Perfektion, einem Glauben, der Liebe zu Gott und Wahrheit.

In Abhängigkeit von den individuellen Neigungen, Fähigkeiten und Ansprüchen wird bei den einen Menschen nach Erreichen der Basisebene der Existenzbedürfnisbefriedigung das Streben nach einer Maximierung des Verbrauchs an materiellen Gütern dominieren, bei den anderen das Streben nach Macht und Ruhm, bei dritten nach Wissen und Kreativität, bei vierten nach Kunst und bei den fünften nach geistiger Vervollkommnung.

Die Struktur der Bedürfnisse kann sich bei einem und demselben Menschen im Verlauf seines Lebens mehrmals ändern. Je niedriger dabei das subjektiv als normal eingeschätzte Basisniveau der Bedürfnisse ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass nach dem Erreichen des Niveaus die intellektuellen und geistigen Bedürfnisse dominieren werden.

Die Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen können charakterisiert werden als

- das Streben nach größerer Existenzbedürfnisbefriedigung (dies bezieht sich auf das Bedürfnis nach Luxus, Anerkennung, Ruhm),
- die Entstehung neuer Bedürfnisgruppen (wie Wissen, Kreativität und geistige Vervollkommnung).

Zwischen den fünf aufgelisteten Bedürfnisgruppen gibt es keine genau festgelegten Grenzen. Insbesondere kann das Streben nach Luxus in vielen durch Eitelkeit hervorgerufen werden und ein Streben nach Macht ist nicht selten ein Mittel des Zugangs zum Luxus. Dabei dominieren die Bedürfnisse der einen Gruppe im Verlauf eines bestimmten Zeitraumes.

Insgesamt kann man die Bedürfnisstruktur eines Menschen wie in Abbildung 3 darstellen. Der Unterschied zwischen den Basisniveaus der Befriedigung von Existenzbedürfnissen für verschiedene Menschen und Tätigkeitsarten ist darin durch eine stufenförmige Linie dargestellt.

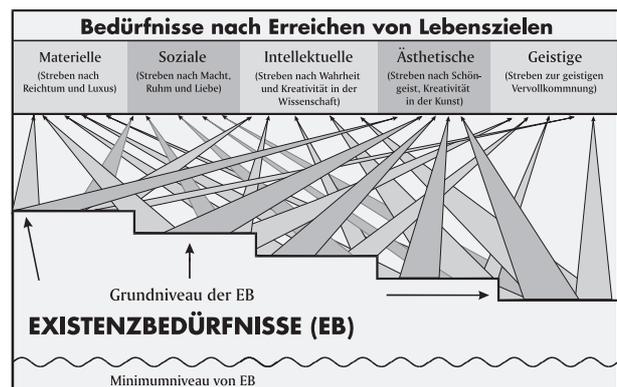


Abb. 3. Das Modell der Menschenbedürfnisstruktur (Genkin, 2003: 70)

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, gehören die Bedürfnisse zum Erreichen von Lebenszielen zu einem Hierarchieniveau, d. h. es gibt keinen Grund für die Annahme, dass die sozialen Bedürfnisse den intellektuellen und geistigen vorangehen müssen oder umgekehrt.

5 Die Bedürfnisdynamik: Synergetische und mikroökonomische Betrachtungsweisen

Den Entwicklungsprozess von intellektuellen und psychischen Bedürfnissen kann man mit der synergetischen Terminologie als Prozess des Übergangs vom Zustand des „Chaos“, dem die menschliche Tätigkeit der Befriedigung von Existenzbedürfnissen entspricht, zum Zustand des „Kosmos“ beschreiben, in dem die Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen dominieren. Dieser Prozess vollzieht sich unter dem Einfluss von Interessen, Werten, Inspirationen usw., die durch die Fähigkeiten eines Menschen und ihre Realisierungsbedingungen bedingt sind.

Für eine Quantitätsanalyse der Bedürfnisdynamik kann die mikroökonomische Konsumtheorie angewendet werden, die eine Abhängigkeit zwischen dem Bedürfnisbefriedigungsgrad, den Konsumentenressourcen (Geld, Zeit) und den Preisen der Konsumgüter annimmt.

Das erste Gossensche Gesetz besagt, dass der Grad der Befriedigung (subjektiver Nutzen) bei der ersten konsumierten Einheit am größten ist und bei jeder weiteren beständig abnimmt. Als empirische Grundlage dessen



gilt das psycho-physiologische Gesetz von Weber-Fechner, nach dem sich wiederholende Reize der gleichen Intensität zu einer Minderung der Empfindungsintensität führen.

Für Individuen mit Kreativitätsneigungen sind der Schöpfungsprozess und dessen Ergebnisse am erstrebenswertesten, dessen subjektiver Nutzen sich nach seinem Konsum (im Rahmen der physischen Möglichkeiten) nicht verringert. Im Unterschied zum Konsum materieller Güter ordnen sich die schöpferischen Tätigkeiten den Gesetzen von Gossen und Weber-Fechner nicht unter.

Die Bedürfnisse nach geistiger Vervollkommnung, Liebe (zu Gott, Kindern und Freunden), Ruhm, Macht und die meisten anderen sozialen Bedürfnisse bleiben von oben genannten Gesetzen unabhängig. Die Reichtums- und Luxusbedürfnisbefriedigung verhalten sich der Machtbedürfnisbefriedigung identisch: Menschen, die entsprechend orientiert sind, streben in der Regel immer mehr nach Reichtum und Luxus. Somit unterscheiden sich Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen von Existenzbedürfnissen nicht nur inhaltlich, sondern auch nach formellen Merkmalen: Die Gesetze von Gossen und Weber-Fechner gelten nur für Existenzbedürfnisse.

Innerhalb der Existenzbedürfnisse besteht im Allgemeinen für alle Menschen die traditionelle Hierarchie von Bedürfnissen (physiologische – Sicherheit – Beziehung) nur im Rahmen des minimalen Befriedigungsniveaus, d. h. an der Überlebensgrenze. Oberhalb dieses Niveaus bildet sich eine Reihenfolge der Befriedigung von Existenzbedürfnissen gemäß der jeweiligen Individualität des Menschen und der konkreten Situation. Die Existenzbedürfnisse von Menschen, die auf Wissen, Schaffen und geistige Vervollkommnung orientiert sind, sind in der Regel niedriger als von denen, die Reichtum und Macht als die wichtigsten Werte empfinden.

Der Übergang von Existenzbedürfnissen zu Bedürfnissen nach Erreichen von Lebenszielen verwirklicht sich unter dem Einfluss der Attraktoren (Interessen, Werte, Begeisterung), die durch die Fähigkeiten der Menschen und die Bedingungen für ihre Realisierung hervorgerufen sind.

Die Dynamik der Bedürfnisse ist zweckmäßig in drei Perioden zu unterteilen, in die strategische, die taktische und die operative. Die Gesetze der Theorie der Grenznutzen treffen nur auf Existenzbedürfnisse zu. Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen können hingegen objektiv keine Grenzen der Befriedigung haben. Besonders betrifft das die Bedürfnisse nach Schaffen und geistiger Vervollkommnung.

Der vorliegende Ansatz unterscheidet von anderen Ansätzen hauptsächlich wie folgt:

- 1) Die Bedürfnisse werden in zwei Kategorien unterteilt, in Existenzbedürfnisse und in Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen.
- 2) Es gibt zwei Ebenen der Befriedigung von Existenzbedürfnissen, das Mindest- und das Basisniveau.

- 3) Die Basisebenen der Befriedigung von Existenzbedürfnissen können beträchtliche individuelle und Gruppenunterschiede haben.
- 4) Nach dem Basisniveau der Befriedigung der Existenzbedürfnisse dominieren die Bedürfnisse nach Erreichen von Lebenszielen.
- 5) Anhand einer synergetischen und mikroökonomischen Analyse wurde eine Dynamik der Bedürfnisformierung erforscht.

6 Praktische Aspekte

Die Verbesserung der Motivationssysteme im Betrieb beginnt zweckmäßig mit der Analyse der Meinungen der Mitarbeiter. Diese zu analysierenden Meinungen zeigt uns der nachfolgende Fragebogen.

Sehr geehrter Kollege!

In unserem Betrieb wollen wir die Arbeitsorganisation, Arbeitsnormung und Arbeitsentlohnung verbessern. Deshalb bitten wir Sie, folgende Fragen zu beantworten:

1. Schätzen Sie bitte Ihre Zufriedenheit mit der Arbeit in den folgenden Punkten ein (in Prozenten):	
Niveau des Arbeitslohnes	
Bereitstellung von Dienstleistungen des Betriebes für die Mitarbeiter	
Gerechtigkeit der Entlohnung	
Arbeitsbedingungen am Arbeitsplatz	
Möglichkeit, im Beruf vorwärts zu kommen und Karriere zu machen	
Möglichkeit der Ausbildung im Betrieb, in den Hochschulen und in anderen Lehranstalten	
Verhältnis Ihrer Arbeitskollegen untereinander (Team, Abteilung, Gruppe)	
Ihr Verhältnis zu Ihrem Vorgesetzten	
Möglichkeit der frei einteilbaren Arbeitszeit	
2. Wie groß ist insgesamt der Anteil der kreativen Tätigkeiten an Ihrer Arbeit?	
3. Wieviel Prozent der Mitarbeiter rufen bei Ihnen hervor ...	
... positive Emotionen	
... negative Emotionen	

Tabella 1: Fragebogen

Grundlage der wirtschaftlichen Motivation ist die Gegenüberstellung der normativen (planmäßigen) und der wirklichen Kosten der Ressourcen. Die optimalen Normen der Ressourcenkosten sollen dem Minimum der summarischen Ressourcenkosten bezogen auf den Produktionsausstoß, der durch die Schaffung von ergonomischen Arbeitsbedingungen erreicht wird, entsprechen. Die Methodik der entsprechenden Berechnungen ist im Lehrbuch (Genkin, 2004) vorgestellt. Die Zunahme des Arbeitslohnes soll der Senkung der Normen der Ressourcenkosten je Produktionseinheit entsprechen. Die Dynamik der Kennziffern, die in Abbildung 4 vorgestellt ist, soll eine Grundlage der Tarifverhandlungen sein.

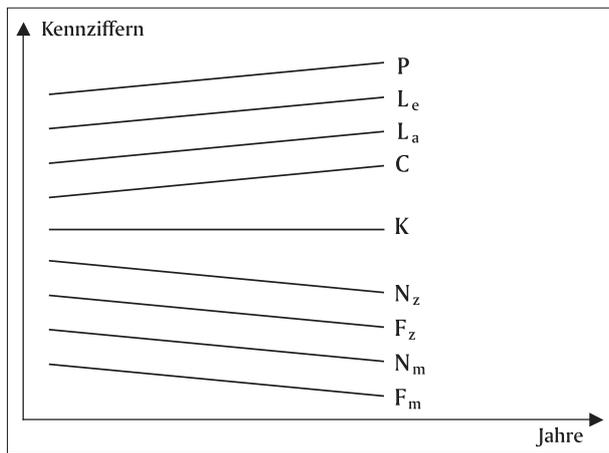


Abb. 4: Die Dynamik der wirtschaftlichen Kennziffern bei der rationalen Unternehmensorganisation (P – Produktivität; L_a – Arbeitslohn der Arbeiter; L_e – Arbeitslohn der Ingenieure; C – Tarifsätze, Zuschläge (Zulagen), Prämie; K – Koeffizient der Normerfüllung; N_z – Zeitnormen; F_z – wirkliche Kosten der Zeit; N_m – die Normen der Kosten materieller Ressourcen; F_m – wirkliche Kosten materieller Ressourcen bezogen auf die Produktionseinheit).

Anmerkungen

- [1] „Homo oeconomicus“ – Der so umschriebene Mensch hat die eigene Nutzenmaximierung als Ziel gesteckt, er verfolgt Ziele einzig nach dem Eigeninteresse. Da sich aber das Verfolgen seines Interesses mit dem Interesse einer größeren Gruppe deckt bzw. Folgen nach sich zieht, die dem Gemeinwohl dienen, ist dieser eher egozentrisch anmutende Begriff allgemeinverträglich. (amazon.de an der uni, 1999)

Literatur

- Genkin, B. M.: *Ekonomika i soziologia truda*. (Arbeitsökonomie und -soziologie), 5. erweiterte Auflage, Moskau: Norma, 2003 (russisch).
- Genkin, B. M.: *Wwedenie w metaekonomiku i osnovanija ekonomitscheskich nauk*. (Einführung in die Metaökonomik und Grundlagen der Wirtschaftswissenschaften), Moskau: Norma 2002 (russisch).
- Genkin, B. M.: *Organizacija truda* (Arbeitsorganisation), 2. Auflage. Moskau: Norma 2004 (russisch).
- Maslow, A.: *Theory of Human Motivation*. *Psychological Review* 50, 1943.
- Mecking, W. H.: *Values and the Choice of the Model of the Individual in the Social Sciences*, *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, Bd. 112, 1976, S. 545-559.
- Scholz, C.: *Personalmanagement*. München: F. Vahlen, 1993.
- Stopp, U.: *Betriebliche Personalwirtschaft*. 1. Auflage, Stuttgart: Springer Verlag, 1975.

Autor

Prof. Dr. Boris M. Genkin

Staatliche Universität für Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften St. Petersburg
27, Marata St., 191002 St. Petersburg, Russland
Tel. +7 812 1120604
E-Mail: pers@engec.ru



Neuartige Diamant-Metall-Verbundfolien zum Feinschleifen von Saphir

Michael Gruner, Marcel Mück, Asta Richter

Zusammenfassung

Das ProInno-Projekt „Feinschleifen von Saphir“ (www.tfh-wildau.de/mmueck) beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung eines Verbundwerkstoffes für den Feinschleifprozess. Bei diesem Verbundwerkstoff handelt es sich um Diamantkörner, die in einer Kupfer-Zinn-Matrix eingebettet sind. In dem Projekt werden die Wirkungsmechanismen des neuartigen Verbundmaterials genauer untersucht. Mit diesen Erkenntnissen erfolgt eine Optimierung der einzelnen Komponenten und des Mischungsverhältnisses auf praxisbezogene Eigenschaften des Werkstoffes. Es ist geplant, hieraus ein marktfähiges Produkt zur Oberflächenbearbeitung harter Materialien zu entwickeln.

Der Werkstoff wurde auf Morphologie und Verteilung der einzelnen Komponenten untersucht. Es gibt eine Verdichtung des Gefüges im Randbereich von ca. 30 μm durch den Walzprozess. Es wurden Bronzen mit 3 % und 5 % Zinnanteil hergestellt. Die Nanoindentationsmessungen konnten keine klare Abhängigkeit der plastischen und elastischen Eigenschaften der Bronze vom Zinnanteil aufzeigen. Die in dem Werkstoff enthaltenen Diamanten sind nicht vollständig von der Bronze umschlossen, sondern werden von einzelnen Körnern in dem Gefüge gehalten. Es konnte gezeigt werden, dass die eingebetteten Diamanten keine wesentlichen Änderungen am Bronzegefüge verursachen. Die Diamanten erscheinen gleichmäßig verteilt, wobei es aber vereinzelt zu Diamantanhäufungen von zwei bis drei Diamanten kommen kann.

Ein erster Tribologietest zeigt eine Abhängigkeit des Abriebverhaltens des Werkstoffes vom Diamantanteil. Es konnte beispielhaft gezeigt werden, dass ein höherer Diamantanteil zu einem geringeren Verschleiß der Verbundfolie beiträgt.

1 Einleitung

Synthetisch hergestellter Saphir [1] gewinnt aufgrund seiner exzellenten optischen, mechanischen, thermischen und chemischen Materialeigenschaften immer größere Bedeutung in Hightech-Branchen, wie der Mikroelektronik, Medizintechnik, Optik und Nanotechnik. Dabei spielt die Oberflächenqualität des harten Materials Saphir eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen des ProInno-Projektes „Feinschleifen von Saphir“ wird gemeinsam mit der Vollstädt Diamant GmbH

in Seddin eine neue Werkzeugtechnologie zur Herstellung von Diamant-Metall-Verbundfolien entwickelt. Feine synthetische Diamantkörner unterschiedlicher Körnung werden in einer festen Metallmatrix eingelagert, so dass ein Pad entsteht, welches beim Schleifprozess flexibel eingesetzt werden kann. Die Diamant-Verbundfolien werden bezüglich ihrer Wirkungsmechanismen und ihrer Eigenschaften charakterisiert und geprüft. Dabei kommen die moderne Lichtmikroskopie, Rastersondenverfahren, tribologische Untersuchungen und nanometrisch-mechanische Eigenschaftstests (Härte, E-Modul) zum Einsatz. Die entwickelten Qualitätskriterien tragen zu einem hohen Standard bei der Herstellung des Diamant-Metall-Verbundwerkstoffes bei. Mit dem neuartigen Diamantwerkzeug ist es möglich, Oberflächen harter Stoffe im Feinschleifprozess zu bearbeiten.

Dieses Verfahren hat gegenüber den klassischen Schleif- und Läppprozessen viele Vorteile. Beim konventionellen Läppen wird eine Suspension versetzt mit Läppkörnern benutzt, die dem Prozess kontinuierlich zugeführt wird. Diese Läppkörner aus Siliziumkarbid, Borkarbid, Aluminiumoxid oder auch Diamant zersplittern schon nach kurzer Einsatzzeit und reduzieren damit den Abtrag deutlich. Eine kontinuierliche Entsorgung der Suspension aus der Maschine ist deshalb erforderlich. Derzeit werden jährlich ungefähr 5.000 t bis 10.000 t Läppsuspension in der Bundesrepublik Deutschland verbraucht, die häufig als Sondermüll entsorgt werden müssen. [2] Außer den hohen Entsorgungskosten stellen die geringen Abtragsraten, der hohe Aufwand für die Reinigung der Werkstücke und die schlechte Automatisierbarkeit des Fertigungsprozesses die gravierendsten Nachteile des Läppens dar. Der Einsatz von gebundenem Diamant führt zu einer deutlichen Reduzierung der Entsorgungskosten und zu höheren Abtragsraten. Die geringere Verschmutzung der Werkstücke bedeutet einen kleineren Reinigungsaufwand und eröffnet das Potenzial für eine Automatisierung des Schleifprozesses.

2 Herstellung der Diamant-Metall-Verbundfolien

Die Herstellung der Diamant-Metall-Verbundwerkstoffe für das Feinschleifen erstreckt sich über eine Reihe von einzelnen Arbeitsgängen. [3] Ausgangsstoffe sind Metallpulver aus Kupfer und Zinn und industriell gefertigte Diamanten. Ein wesentlicher Bestandteil ist dendritisches (griech. dendron, Baum) Kupfer. Dieses eignet sich gut zum Herstellen von Folien, da sich die einzelnen „Äste“ miteinander verhaken können und damit eine stabile

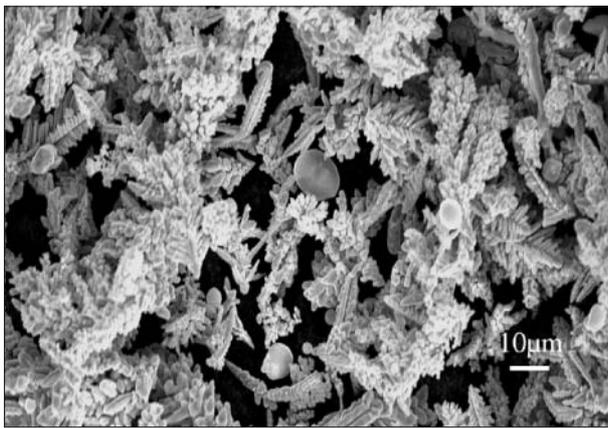


Abb. 1: REM-Aufnahme des Gemisches mit den Ausgangspulvern aus dendritischem Kupfer und kugelförmigem Zinn

Verbindung ergeben. Abbildung 1 zeigt eine Raster-Elektronen-Mikroskopieaufnahme (REM) des verwendeten Kupfer-Zinn-Gemisches als Pulver.

Im ersten Arbeitsgang wird eine Mischung aus den Metallpulvern Kupfer und Zinn und den synthetischen Diamanten hergestellt. Diese wird durch ein mehrmaliges Durchführen eines Sieb-Mischverfahrens homogenisiert. Der Zinnanteil kann zwischen 3 % bis maximal 10 % liegen und ist maßgeblich für die Festigkeit der entstehenden Bronze verantwortlich. Mit steigendem Zinngehalt wird die Folie fester aber auch spröder. Mittels Variation dieses Parameters muss ein Kompromiss zwischen Festigkeit und flexibler Verformbarkeit der Metallfolien gefunden werden. Um die Einbindung der Diamanten in die Bronze zu unterstützen, wird das Diamantpulver angefeuchtet. Der Anteil der Diamanten liegt bei 8 bis 25% der Gesamtmasse, die Korngrößen variieren zwischen 10 μm und 28 μm.

Zur Herstellung einer Rohfolie wird die Mischung durch Walzen bei einem Druck von 200 ... 300 GPa verdichtet. Das Pulver wird gleichmäßig, mittels eines nach unten offenen Vorratsbehälters, durch zwei langsam gegeneinander laufende Walzen mit definiertem Abstand gepresst. Bei diesem Prozess des mechanischen Legierens entsteht eine noch brüchige Rohfolie aus Bronze mit eingelagerten Diamanten, der so genannte Grünling. Je größer die Zinn- und Diamantanteile sind, desto spröder ist die Verbundfolie. Bei einem hohen Grad an Versprödung kann es zum Abriss der Folie während des Walzvorganges kommen. Der Anteil des Zinns und der Diamanten muss also auch in Hinsicht auf den Walzprozess optimiert werden.

Nach der Fertigung des Grünlings wird dieser in einzelnen Arbeitsschritten gesintert und nachgewalzt. Das Sintern ist ein Schlüsselprozess in der gesamten Technologie der Herstellung der Verbundfolien. Damit wird ein Fertigungsverfahren bezeichnet, in dessen Verlauf ein poröser, körniger Stoff aus verschiedenen Komponenten in einen dichten Festkörper überführt wird. Dabei nimmt die mechanische Festigkeit zu. Da die Porosität des Ausgangskörpers mit einer großen inneren Oberfläche verbunden ist, kann man die Triebkraft des Sintervorgangs in dem Bestreben des Systems zur Verminderung der Oberfläche sehen. [4] Gesintert wird unter einer Wasserstoffatmosphäre bei einer Temperatur von ca. 800 °C. Nach dem Sintern werden die einzelnen

Folien auf ihre endgültige Materialstärke gewalzt. Dabei entstehen Verspannungen im Material, welche durch Nachsintern bei geringeren Temperaturen (ca. 500 °C) aufgehoben werden. Damit ist der Herstellungsprozess für die Schleiffolien abgeschlossen. Nun können diese mittels Stanzen, Laser- oder Wasserstrahlschneiden in eine für den künftigen Anwendungszweck erforderliche Form gebracht werden. Eine Übersicht zu den beschriebenen Arbeitsgängen bietet Abbildung 2.

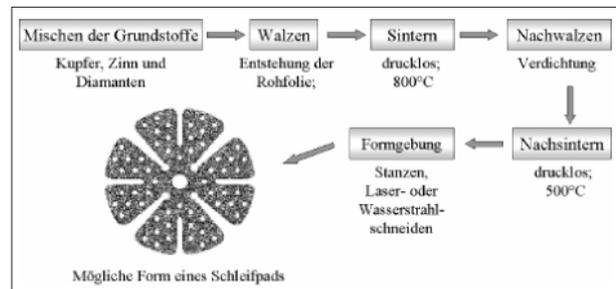


Abb. 2: Übersicht der Arbeitsgänge zur Herstellung der Schleiffolien

Die Abbildung 3 zeigt die Herstellungsparameter der verschiedenen Chargen hinsichtlich deren Zusammensetzung und der durchgeführten Verarbeitungsschritte.

Probe	Walzen	Sintern	Nachwalzen	Nachsintern	2. Nachwalzen	2. Nachsintern	Zinngehalt [%]	Diamant-Korngrößen [μm]	Diamantanteil [%]
C1	+	+	+	+			3	28/20	25
C2	+	+	+	+			5	28/20	25
C3	+	+	+	+			3	20/14	25
C4	+	+	+	+			5	20/14	25
C5	+	+	+	+			5	14/10	12
C6	+	+	+	+			5	14/10	8
D3	+	+	+	+	+	+	3	20/14	25
D4	+	+	+	+	+	+	5	20/14	25

Abb. 3: Überblick der Herstellungsparameter

3 Analyse

3.1 Morphologie und Verteilung der Komponenten im Verbundwerkstoff

Der Verteilung der Komponenten im Verbundwerkstoff wird eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet, da sie von hoher Bedeutung für die Anwendung als Schleifwerkzeug ist. Sind die Diamanten nicht gleichmäßig verteilt und bilden Anhäufungen, können diese als Überkörner wirken und in der Oberfläche des zu bearbeitenden Materials Kratzer und Riefen erzeugen. Weist die Bronze starke lokale Unterschiede in ihren Eigenschaften auf, kann dies zu einer ungleichmäßigen Abnutzung des Werkzeuges führen. Ein schlechter Schliff sowie verkürzte Standzeiten können daraus resultieren.

Eine quantitative Beurteilung der Homogenität der verschiedenen Eigenschaften ist aufwendig, da dies eine hohe Anzahl von Messungen voraussetzt. Eine erste Einschätzung erlauben jedoch bereits wenige Stichproben. Als Kriterien wurden die Gefügestruktur, die Diamantverteilung und die Härte der Bronze betrachtet.

Die Gefügeuntersuchungen wurden an Querbrüchen der Verbundfolien mittels Raster-Elektronen-Mikroskopie (REM) durchgeführt. Das Gefüge erscheint gleichmäßig ungeordnet entlang der Längsseite der Proben. Eine querseitige Betrachtung zeigt Unterschiede in der Verdichtung des Gefüges. In Abbildung 4 ist eine besonders starke Verdichtung in den ersten 30 Mikrometern des Randbereiches der Probe erkennbar. Dieser Effekt wird durch das Walzen hervorgerufen. Die Kraft wird besser in die oberflächennahen Gebiete übertragen als in das Innere der Folie.

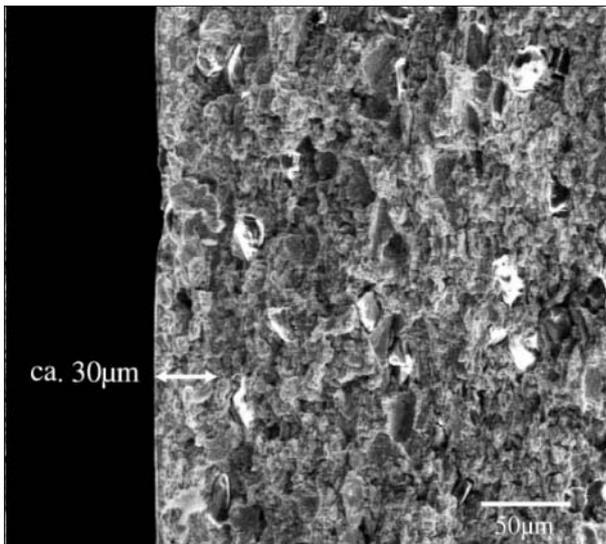


Abb. 4: REM-Aufnahme eines Querbruches der Diamant-Metall-Verbundfolien

In der Abbildung 4 sind auch einzelne Diamanten (helle Körner) zu erkennen, die sich mitunter aufgrund des hohen Diamantanteils von 25 % in dieser Probe zum Teil dicht beieinander befinden, aber keine Cluster bilden. Dass solche Cluster in den Proben existieren, zeigt Abbildung 5, in der eine Ansammlung von drei direkt aneinander grenzenden Diamanten aufgezeigt wird. Die Diamanten sind in eine feinkörnige lamellenartige Bronzematrix eingebettet. Durch den Walzprozess wird eine Textur erzeugt, so dass die Kornstruktur länglich geformte Gebiete aufweist (Abb. 5).



Abb. 5: REM Aufnahme der Diamant-Metall-Verbundfolien – mit Cluster von drei Diamanten

Als drittes Kriterium zur Einschätzung der Morphologie und Verteilung der Komponenten im Verbundwerkstoff wurden die mechanischen Eigenschaften der Bronzematrix herangezogen. Die mechanischen Kenngrößen wurden lokal mit dem Nanoindenter [5-7] bestimmt, welcher gleichzeitig als Raster-Kraft-Mikroskop (SFM) verwendet werden kann. Dies hat den Vorteil, dass die Härte und das E-Modul der Bronze durch sehr kleine gezielte Messeindrücke weitestgehend unabhängig von den eingelagerten Diamanten bestimmt werden konnten. Es wurde mit Lasten zwischen 1 mN und 3 mN gearbeitet. Abbildung 6 zeigt die Verteilung des Elastizitätsmoduls über 7 Messungen an 2 unterschiedlichen Gebieten auf der Probe. Jede Einzelmessung besteht aus mehreren Eindringzyklen im Multiindentverfahren. [8] Jeder Zyklus liefert einen Wert für das E-Modul, der hauptsächlich die Bronzematrix charakterisiert. Die Werte in Abbildung 6 stellen die Mittelwerte dieser Einzelzyklen dar; die Standardabweichung kann als Toleranzbereich der Einzelmessung betrachtet werden.

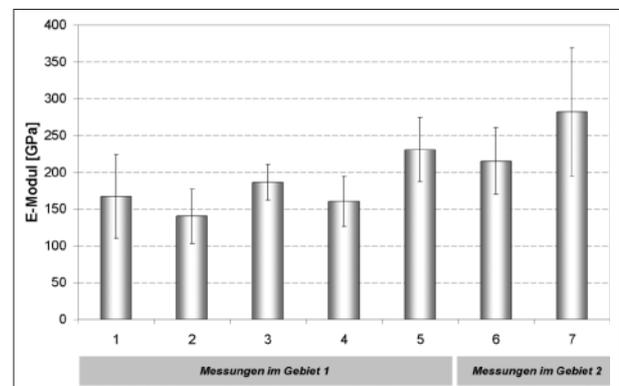


Abb. 6: E-Modul-Verteilung der Bronzematrix des Verbundwerkstoffes

Die Messreihe lässt eine starke Schwankung des E-Moduls erkennen. Die Werte variieren zwischen 140 GPa und 280 GPa und schwanken auch innerhalb eines Messgebietes um ca. 100 GPa. Dies lässt auf einen inhomogenen Werkstoff schließen. Die örtliche Auflösung dieser Messung liegt im Submikrometerbereich. Es werden also die mechanischen Eigenschaften einzelner Gefügekörner der Metallmatrix bestimmt. Die Messung kann durch benachbarte Poren beeinflusst werden. Diese Inhomogenität im Submikrometer- und Mikrometerbereich ist dem Herstellungsverfahren dieses Hartstoff-Metall-Verbundmaterials geschuldet und stellt keine Beurteilung der gleichmäßigen Verteilung von praktisch relevanten mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes dar.

3.2 Einbettung der Diamanten

Eine erste Beurteilung der Diamanteinbettung kann anhand der REM-Aufnahmen vollzogen werden. In Abbildung 5 ist zu erkennen, dass die Diamanten nicht vollständig von der Bronze umschlossen sind, sondern von einzelnen anliegenden Körnern und Poren umgeben sind. Um eventuelle Änderungen der Bronze im Bereich der Diamanten zu erkennen, wurden Eindringversuche in der Bronze mit verschiedenen Abständen zu den Diamanten durchgeführt. Beispiele solcher Indentreihen sind in Abbildung 7 dargestellt.

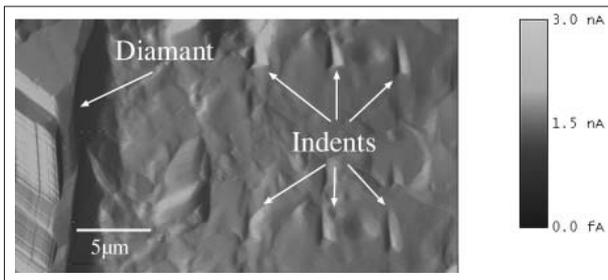


Abb. 7: SFM Aufnahme an der Diamant-Metall-Verbundfolie mit Indentreihen in Richtung des eingebetteten Diamanten

Die Messungen wurden für mehrere Proben durchgeführt. Abbildung 8 zeigt eine Zusammenfassung der Ergebnisse. Das gemessene E-Modul der Bronzen schwankt zwischen 100 GPa und 200 GPa. Nur in unmittelbarer Nähe der Diamanten (Abstand $\leq 3 \mu\text{m}$) werden Werte bis zu 360 GPa gemessen. Dies spricht gegen eine Beeinflussung der Gefügestruktur der Bronzen durch die Diamanten. Bei Eindringversuchen wirkt nicht nur das Material, das sich direkt unter dem Prüfkörper befindet, auf die Messung ein. Alles Material, das sich innerhalb einer Halbkugel mit einem ungefähren Radius von dem dreifachen des Indenturdurchmessers befindet, beeinflusst das Verfahren. [5] Die Eindrücke der Nanohärtemessung sind ungefähr $1 \mu\text{m}$ breit, daher sind die hohen Werte in den ersten drei Mikrometern des Diagramms auf eine direkte Beeinflussung der Messung durch die Diamanten zurückzuführen.

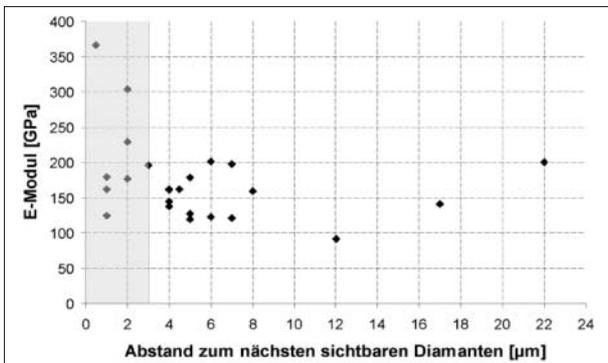


Abb. 8: Einfluss der eingebetteten Diamanten auf das E-Modul der Diamant-Metall-Verbundfolie

3.3 Kornstruktur

Die Oberflächen der betrachteten Proben aller Chargen stellen sich stark porös und zerklüftet dar. Die einzelnen

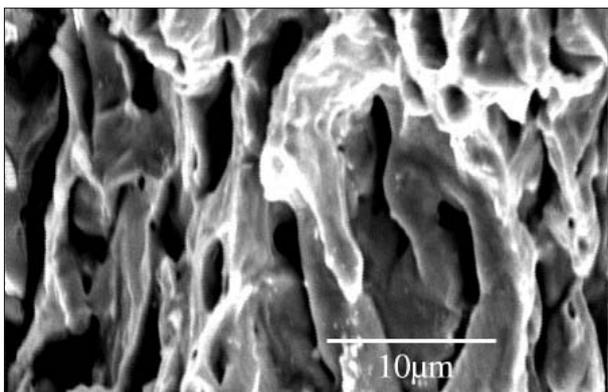


Abbildung 9: REM Aufnahme der Diamant-Metall-Verbundfolien mit Querbruch Probe D4; zu erkennen sind die vernetzten Dendriten

Kupferdendriten sind durch Walz- und Sinterprozesse miteinander vernetzt (Abb. 9). Ein klarer Unterschied der Kornstruktur zwischen den Chargen in Abhängigkeit von Zinn- und Diamantanteil sowie durch die Nachbehandlung Sintern und Nachwalzen konnte nicht nachgewiesen werden.

3.4 Elastisches und plastisches Verhalten

Möchte man Erkenntnisse über das plastische Verhalten eines Materials gewinnen, sind Eindringversuche mit einem Prüfkörper ein Mittel der Wahl. Bei der Nanoindentation können zusätzlich noch Aussagen zum elastischen Verhalten des Materials gemacht werden. Die Nanohärte und das reduzierte E-Modul wurden für verschiedene Proben bestimmt und sind in Abbildung 10 zusammengetragen.

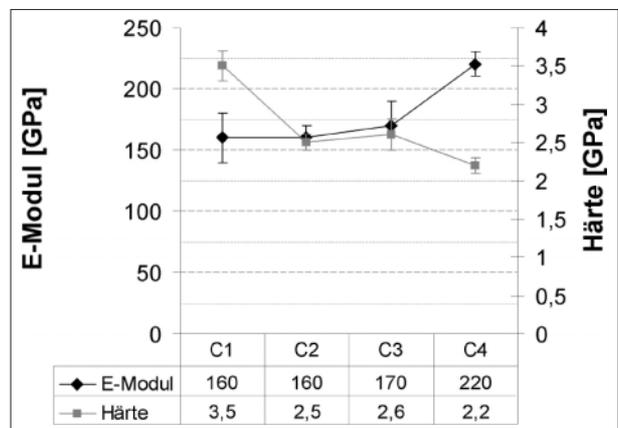


Abb. 10: Härte- und E-Modulvergleich der ersten vier Chargen der Diamant-Metall-Verbundfolien

Die E-Modulwerte der Proben liegen mit ca. 160 GPa dicht beieinander, nur Charge 4 liegt mit 220 GPa deutlich höher. Bei den Härtewerten der Chargen sticht Charge 1 mit 3,5 GPa hervor und liegt damit gut ein Drittel höher als die der Chargen 2, 3 oder 4. Diese Werte lassen keinen eindeutigen Rückschluss auf den Einfluss der Herstellungsparameter zu. Besonders die erwartete höhere Festigkeit der Bronzen C2 und C4 durch einen erhöhten Zinnanteil, konnte nicht belegt werden. Dies kann an der großen Oberflächenrauheit der Proben sowie an deren Porosität liegen.

3.5 Tribologisches Verhalten

Tribologische Laborversuche unter definierten Verhältnissen werden durchgeführt, um eine Abschätzung der Einsatzmöglichkeiten von Werkstoffen, z. B. in der Schleiftechnik, vorzunehmen. [9] Sie ermöglichen den Vergleich verschiedener Materialien bezüglich Abtragsraten und Verschleißfestigkeit. Das tribologische Verhalten der Schleiffolien wurde in Zusammenarbeit mit der Fachgruppe VIII.1 „Tribologie und Verschleißschutz“ der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin (www.bam.de) untersucht. In einem Standardtestverfahren des reversierenden Gleitens wird eine Aluminiumoxid-Kugel mit einer konstanten Last von hier 10 N über den Verbundwerkstoff in einer linearen Bewegung hin und her gefahren. [9] Dabei tritt Verschleiß an der

Kugel sowie auch an dem zu untersuchenden Material auf. Während des Versuches werden die Reibungszahl und der lineare Gesamtverschleiß erfasst. Die Verschleißspuren an der Kugel und an der Schleiffolie werden nach Versuche lichtmikroskopisch und profilometrisch bestimmt. Trägt man den Gesamtverschleiß pro Zyklus doppelt logarithmisch gegen die Anzahl der Zyklen auf, ergibt sich ein Verlauf, wie in Abbildung 11 dargestellt. Es wurden Versuche über 5.000 (5k) und 50.000 (50k) Zyklen mit den Proben C5 und C6 durchgeführt. Beide Versuche über 5.000 Zyklen fallen in der logarithmischen Darstellung fast linear, was einem exponentiellen Abfall des Gesamtabtrages pro Zyklus entspricht. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Schleifeigenschaften des Verbundwerkstoffes während des Versuches immer schlechter werden, sondern hängt vielmehr mit der Kugelform des Probekörpers zusammen. Die Kontaktfläche zwischen Kugel und Schleiffolie wächst mit steigendem Abtrag überproportional an. [10] Bei den Versuchen über 50.000 Zyklen fällt ein veränderter Verlauf der Graphen zwischen 10.000 und 20.000 Zyklen ins Auge. Die Funktionen beider Proben laufen dort für eine Zeit fast parallel zur Abszisse. Die Abtragsrate pro Zyklus liegt in diesem Bereich annähernd bei konstanten 2 nm. Dieser Effekt hält für ein paar tausend Zyklen an, danach fallen die Graphen mit annähernd gleichen Anstieg wie in den ersten 10.000 Zyklen. Was diesen Effekt verursacht hat, ist bisher ungeklärt. Die Funktionen haben sehr ähnliche Anstiege und weisen das gleiche unregelmäßige Verhalten bei 10.000 Zyklen auf. Die unregelmäßigen Verschiebungen in y-Richtung sind durch die hohen Rauigkeiten der Proben und der damit verbundenen problematischen Abtragsmessung für die ersten Mikrometer verursacht. Aus den Funktionsverläufen des linearen Gesamtabtrages in Abbildung 11 können also keine klaren Unterschiede zwischen den Chargen festgestellt werden.

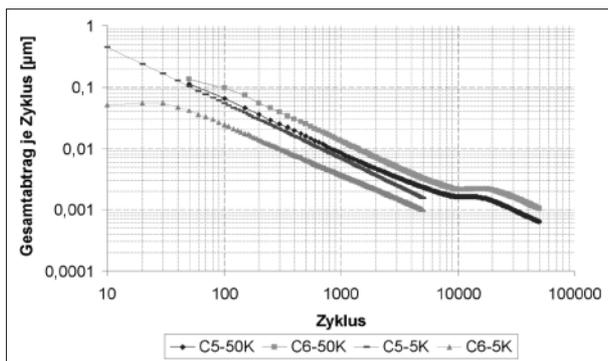


Abb. 11: Tribologisches Verhalten der Diamant-Metall-Verbundfolien: doppelt logarithmische Darstellung des gesamten Materialabtrages je Zyklus

Im Folgenden wurde dieser Gesamtabtrag des Abtrages differenzierter betrachtet und in den Verschleiß an der Schleiffolie und den Verschleiß an der Aluminiumoxid-Probe aufgeteilt. Die Verschleißspuren auf den Folien wurden profilometrisch vermessen und sind in den Abbildungen 12 und 13 dargestellt. Beide Bilder zeigen jeweils Tastschnitte der Versuche über 5.000 Zyklen (helleres oberes Profil), über 50.000 Zyklen (dunkles unteres Profil) und den für die Breite der Verschleißspur zutreffenden Kugelschnitt. Die Verschleißspuren von der Probe C5 sind deutlich flacher als die von C6. Daraus kann geschlos-

sen werden, dass C5 über eine höhere Abriebfestigkeit verfügt. Diese ist höchstwahrscheinlich der höheren Diamantkonzentration zuzurechnen.

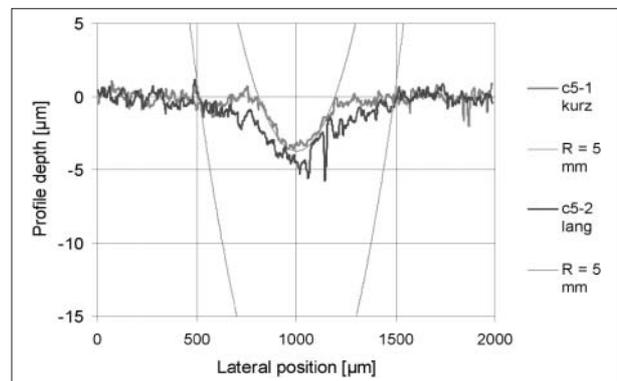


Abb. 12: Tastschnitt der Verschleißspur der Diamant-Metall-Verbundfolie Probe C5

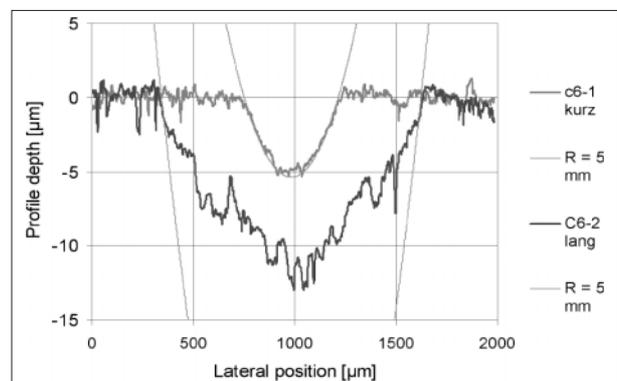


Abb. 13: Tastschnitt der Verschleißspur in der Diamant-Metall-Verbundfolie Probe C6

Auffällig ist auch, dass für beide Proben der Tastschnitt nach 5.000 Zyklen fast exakt mit dem Kugelschnitt übereinstimmt. Dies bedeutet, dass in den ersten 3 µm beziehungsweise 5 µm Profiltiefe ausschließlich Material von der Schleiffolie und nicht von dem Probekörper abgetragen wurde. Da die Oberflächenrauheit der Proben einige Mikrometer beträgt, handelt es sich bei dem abgetragenen Material hauptsächlich um die Spitzen des Oberflächenprofils.

4 Ausblick

In der letzten Phase des Projektes sollen die bereits vorgestellten tribologischen Untersuchungen wiederholt und auf alle Chargen ausgedehnt werden, um Qualitätsmerkmale für die neuartigen Diamant-Metall-Verbundfolien aufzustellen. Diese Untersuchungen werden durch die praktische Anwendung des Produktes ergänzt. Erste Schleifversuche bei der Firma Optikkomponenten & Kristalle GmbH, Berlin-Adlershof, haben vielversprechende Resultate in der Saphirbearbeitung ergeben. Die geschliffenen Saphirproben zeichneten sich durch eine hohe Planizität und eine geringe Oberflächenrauigkeit aus. Diese Schleifversuche müssen weiter geführt und die Resultate quantitativ erfasst werden. Es laufen weiterhin Vorbereitungen, diese Diamant-Metall-Verbundfolien mit kleineren Diamantkörnungen auch für den Polierprozess zu testen.



Danksagungen

Die Forschungsarbeit wurde durch die „Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen“ (AiF) im Programm „Innovationskompetenz mittelständischer Unternehmen“ (ProInno KF 0132808 KUK2) gefördert und finanziert. Marcel Mück und Michael Gruner danken ProInno für die finanzielle Unterstützung.

Das Projekt wird in Kooperation mit der Vollstädt Diamant GmbH durchgeführt, bei der wir uns für die engagierte Zusammenarbeit bedanken.

Wir danken Frau Carola Kubica und Herrn Dipl.-Krist. Ronald Ries von der TFH-Wildau für die tatkräftige Unterstützung bei der Probenpräparation und -analyse sowie für hilfreiche wissenschaftliche Diskussionen.

Alle Tribologieuntersuchungen wurden an der „Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung“ (BAM) in der Fachgruppe VIII.1 „Tribologie und Verschleißschutz“ durchgeführt. Wir danken besonders Prof. Dr. Erich Santner, Dr.-Ing. Dieter Klaffke und Dipl.-Ing. Manfred Hartelt für die schnelle, freundliche und kompetente Unterstützung.

Literatur

- [1] www.net-lexikon.de/Korund.html, 07.05.2004.
- [2] P. Dennis: Wirtschaftliches Doppelseitenplanschleifen mit CBN und Diamant Feinschleifscheiben; Diamond Business, 2/2003.
- [3] N. V. Novikov: Synthetische Superharte Materialien; Naukova dumka Kiev 1986.
- [4] B. Ilchner, R. F. Singer; Werkstoffwissenschaften und Fertigungstechnik, Springer Verlag, 3. Auflage 2002.
- [5] A. C. Fischer-Cripps: Nanoindentation; Springer-Verlag New York, 2002.
- [6] A. Richter, R. Ries, R. Smith, M. Henkel and B. Wolf: Diamond and Related Materials 9 (2000) 170-184.
- [7] M. Mück, A. Soshnikov, B. Wolf und A. Richter: Wissenschaftliche Beiträge der TFH Wildau (2003) 59-64.
- [8] B. Wolf and A. Richter, New Journal of Physics 5 (2003) 15.1-15.17.
- [9] D. Klaffke, F. Koesling, M. Hartelt; Tribologische Charakterisierung keramischer Werkstoffe mit reversierender Gleitbewegung; Tribologie + Schmierungstechnik, 48. Jahrgang, 4/2001.
- [10] J. Hertz: Reine und angewandte Mathematik 92 (1882) 156.

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Michael Gruner

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieur-/Wirtschaftsingenieurwesen
 Labor für Oberflächentechnik
 Tel. +49 3375 508-217
 E-Mail: mgruner@igw.tfh-wildau.de

Dipl.-Ing. (FH) Marcel Mück

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieur-/Wirtschaftsingenieurwesen
 Labor für Oberflächentechnik
 Tel. +49 3375 508-286
 E-Mail: mmueck@igw.tfh-wildau.de

Prof. Dr. Asta Richter

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieur-/Wirtschaftsingenieurwesen
 Labor für Oberflächentechnik
 Tel. +49 3375 508-219
 E-Mail: richter@pt.tfh-wildau.de



CFD-Simulation zur Untersuchung des Strömungsverhaltens in Strukturrohren*

Udo Hellwig, Hartwig Nikolaus

1 Ausgangssituation

Die CFD (Computational Fluid Dynamics)-Simulation hat mittlerweile in alle technischen Bereiche Einzug gehalten, in denen die Vorhersage strömungstechnischer Ereignisse relevant ist. Nach wie vor ist allerdings eine Validierung von Rechenergebnissen mit Messdaten unerlässlich, um zu vertrauenswürdigen Simulationsergebnissen zu kommen. Dies ist u. a. darauf zurückzuführen, dass die am Markt verfügbare CFD-Software darauf ausgerichtet ist, ein möglichst breites Anwendungsspektrum zu bedienen. Die implementierten Berechnungsmodelle müssen im Rahmen der Modellierung durch die Wahl geeigneter Randbedingungen an den zu untersuchenden Anwendungsfall angepasst werden.

2 Untersuchungsgegenstand

Im Rahmen eines mehrjährigen anwendungsorientierten Projektes zur Entwicklung von Bauteilen für Abgasanlagen in Fahrzeugen, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), wurden über die Firma Steremat Elektrowärme in Berlin die Strömungs- und Wärmeübertragungseigenschaften von Industrial Power Tubes, kurz IP-Tubes genannt, untersucht. IP-Tubes sind gekennzeichnet durch eine vom Herstellungsprozess vorausbestimmbare Anzahl von Einbeulungen (Nebenformen) bezogen auf den Rohrumfang (Hauptform). Anzahl, Tiefe, axialer und rotatorischer Versatz der Nebenformen können in definierten Grenzen beim Herstellungsprozess variiert werden. Die IP-Tubes sollen wegen ihrer besonderen akustischen Eigenschaften (selektive Dämmwirkung in bestimmten Frequenzbereichen) in Kfz-Abgasanlagen eingesetzt werden. In modernen Abgasanlagen sind zumindest zwei weitere Bereiche von Bedeutung, die eine partielle Substitution von Glattrohren durch IP-Tubes sinnvoll erscheinen lassen. Diese Bereiche sind unmittelbar mit der Beaufschlagung des Katalysators durch den Abgasstrom gekoppelt. Da die Katalysatoren nur in einem engen Temperaturfenster hohe Umsatzraten gewährleisten können, muss bei bestimmten Fahrzeugen die Abgastemperatur nach dem Austritt aus dem Motor auf einer kurzen Strecke möglichst stark heruntergekühlt werden. An dieser Stelle können die besonderen Wärmeübertragungseigenschaften der IP-Tubes genutzt werden. Hinzu kommt, dass die Anströmung des Katalysators mit über den erzielbaren Umsatzgrad entscheidet. Da oftmals scharfe Umlenkungen der Abgasanlage vor dem Eintritt

in den Katalysator erforderlich sind, um die Abgasanlage in das gesamte Fahrzeugkonzept zu integrieren, entsteht eine ungleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung am Eintritt des Katalysators. Durch die IP-Tubes kann ggf. eine Vergleichmäßigung der Geschwindigkeitsverteilung erfolgen.

3 Aufgabenstellung und Lösungsstrategie

Im ersten Schritt wurde ein geeigneter Modellansatz zur Berechnung von IP-Tubes erstellt und mit verfügbaren Berechnungsansätzen für Glattrohre validiert. Insbesondere das Rechenverfahren und notwendige Adaptionen des Berechnungsgitters standen bei der Erarbeitung eines geeigneten Lösungsverfahrens im Vordergrund. Durch einen Vergleich der IP-Tubes mit auf dem Markt verfügbaren Wettbewerbsprodukten wird die Abgrenzung der IP-Tubes ermöglicht. Verglichen wurden die IP-Tubes mit Drallrohren, für die verlässliche Messdaten zur Validierung der Berechnungsergebnisse vorliegen. Berechnungen der für Abgasanlagen typischen Randbedingungen stellen den Bezug zu dem zu untersuchenden Anwendungsfall her. Eine Untersuchung von komplett strukturierten Abgasanlagenelementen wurde verworfen, da nur partiell strukturierte Elemente zur Anwendung kommen werden. Aus diesem Grund wurde unter Berücksichtigung der durch die Umformeinrichtung gegebenen Restriktionen bezüglich herstellbarer Oberflächengeometrien eine Versuchsreihe zur Auswirkung verschiedener Strukturierungsvarianten auf die Zielgrößen Wärmeübertragung und Druckverlust für einzelne Rohrabschnitte untersucht.

4 Randbedingungen für IP-Tubes-Simulation

Ein wesentliches Problem bei der mathematischen Beschreibung von turbulenten Strömungen besteht darin, den Übergang von der turbulenten Kernströmung (viskositätsfrei), die durch Turbulenzmodelle hinreichend beschrieben werden kann, zur Wand (viskositätsdominiert) darzustellen. Dieser als Grenzschicht bezeichnete Übergangsbereich wird bei der Berechnung durch sogenannte Wandgesetze überbrückt, um den Berechnungsaufwand zu minimieren.

4.1 Wandfunktionen

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, die viskose Unterschicht durch ein hinreichend feines Gitter aufzulösen und die Randbedingungen entsprechend zu wählen (vgl. Abb. 1: Near-Wall Model Approach). Hierzu ist es notwen-

* gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) als Teilprojekt des Vorhabens „Entwicklung von strukturierten Kfz-Abgasanlagenelementen mit verbesserten Gebrauchs- und Umweltparametern“



dig, die viskose Unterschicht zumindest mit einer Schichtdicke von ca. zehn Zellen aufzulösen, da die Gradienten in Wandnähe sehr stark sind und nur durch ein extrem feines Gitter aufgelöst werden können. Mit zunehmender Reynolds-Zahl nimmt die Schichtdicke der viskosen Unterschicht durch Verdrängung ab, wodurch das wandnahe Gitter immer feiner werden muss, was mit einem starken Anstieg des Berechnungsaufwandes einhergeht.

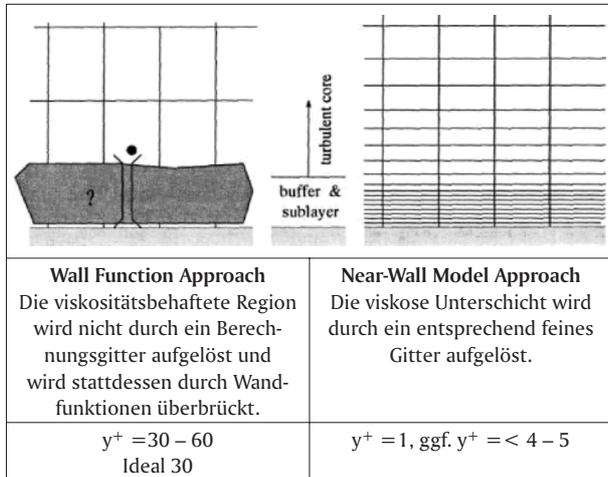


Abb. 1: Vernetzungsstrategien für unterschiedliche Berechnungsansätze

Durch Wandfunktionen kann die Grenzschicht der Strömung in Wandnähe überbrückt werden, da in einer vollturbulenten Strömung die Geschwindigkeit außerhalb der viskosen Unterschicht logarithmisch anwächst.

$$u^+ = \frac{1}{K} \ln y^+ + B \tag{Gleichung 1}$$

Hier sind y^+ und u^+ normierte Größen für den Wandabstand ∂ bzw. die tangentielle Komponente der Geschwindigkeit \bar{v}_t und $B=5.2$ eine Modellkonstante:

$$y^+ = \frac{\rho u_\tau \partial}{\mu}, \quad u^+ = \frac{\bar{v}_t}{u_\tau}, \quad u_\tau = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \tag{Gleichung 2}$$

wobei u_τ die Wandschubspannungsgeschwindigkeit der Wandschubspannung τ_w ist. Unter Annahme nahezu paralleler Wandströmung kann die wandparallele Geschwindigkeitskomponente u_p und die Wandgeschwindigkeit u_w mit der Wandschubspannungsgeschwindigkeit u_τ in Beziehung gesetzt werden.

$$u_p - u_w = \frac{u_\tau}{K} \ln(E y^+) \tag{Gleichung 3}$$

Die Wandrauigkeit wird für glatte Wände mit $E=9.0$ angenommen, die Karman'sche Konstante ist $K=0.42$. Mit der Annahme, dass in der wandnächsten Zellschicht ($Index_p$) Produktion und Dissipation der turbulenten kinetischen Energie k_p im Gleichgewicht sind, können u_τ und y^+ bestimmt werden.

$$u_\tau = C_\mu^{1/4} \sqrt{k_p}, \quad y^+ = \frac{\rho C_\mu^{1/4} \sqrt{k_p}}{\mu} \partial_p \tag{Gleichung 4}$$

Die Transportgleichung für die turbulente Dissipationsrate wird in der wandnächsten Zellschicht nicht gelöst, sondern wie folgt berechnet:

$$\epsilon_p = \frac{C_\mu^{1/4} k_p^{3/2}}{K \partial_p} \tag{Gleichung 5}$$

Der dimensionslose Wandabstand y^+ ist vom Abstand ∂_p des Zellmittelpunkts der wandnächsten Zelle abhängig. In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben über den Gültigkeitsbereich von y^+ ; für die im Rahmen des Projektes eingesetzten Wandgesetze in der benutzten Simulationssoftware FLUENT wird ein Bereich von $30 < y^+ < 60$ angegeben.

4.2 Standard Wandfunktion/Non-Equilibrium Wandfunktion

FLUENT bietet zwei Wandfunktionen an, um die Lösungsvariablen von der Kernströmung zur Wand zu überbrücken. Diese setzen sich aus einer Sammlung von halbempirischen Formeln und Funktionen zusammen. Die Wandfunktionen beinhalten:

- Wandgesetz für Durchschnittsgeschwindigkeit, Temperatur und andere skalare Größen,
- Formeln zur Berechnung der Turbulenz in Wandnähe.

Mit den „Standard Wall Functions“ und den „Non-Equilibrium Wall Functions“ stehen zwei Optionen zur Verfügung. Beide Funktionen basieren auf einem Vorschlag von Launder und Spaldings logarithmischem Gesetz und haben sich in vielen Simulationsrechnungen bewährt. Die „Non-Equilibrium Wall Functions“ sind sensibilisiert, um Änderungen von Druckgradienten der Durchschnittsgeschwindigkeit besser auflösen zu können. Der Theorie nach wirkt sich dies insbesondere bei der Berechnung von Strömungen mit Ablösungen, Wiederanlegen und Aufprall positiv aus, da hier die Änderung der Druckgradienten sehr groß ist.

4.3 Lösungsstrategie und Gitteradaption

Die strömungstechnische Berechnung erfolgt auf iterativer Basis. Abbildung 2 zeigt einen typischen Verlauf der Residuen.

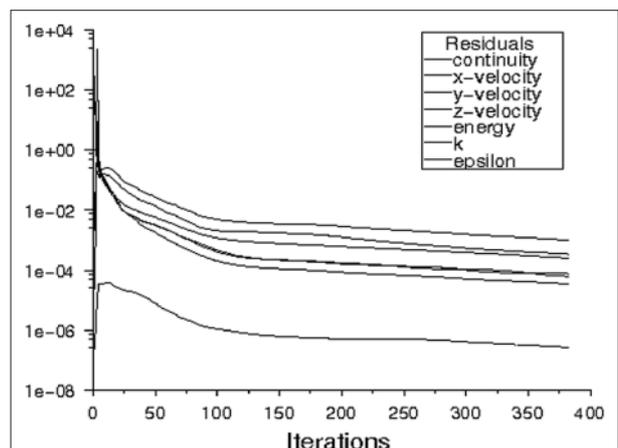


Abb. 2: Typischer Verlauf der Residuen



Die Problematik bei der Berechnung ist, dass der Gültigkeitsbereich der Wandfunktion vom dimensionslosen Wandabstand y^+ abhängig ist. Dieser hängt wiederum von verschiedenen während der Simulationsrechnung zu ermittelnden Strömungsgrößen ab (vgl. Gleichung 2), die sich insbesondere mit der Reynoldszahl verändern. Deshalb ist es erforderlich, ausgehend von einer Initialisierungsrechnung, die wandnahe Gitterauflösung im Rahmen der iterativen Berechnung durch Adaptionsschritte in den Gültigkeitsbereich zu verschieben (Abb. 3).

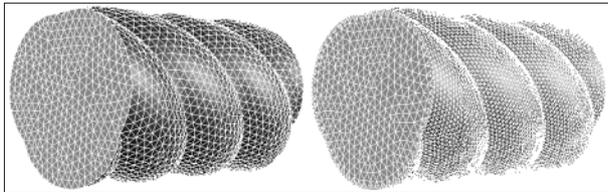


Abb. 3: Berechnungsgitter vor und nach Adaptierung der wandnahen Zellen

Sensitivitätsrechnungen hinsichtlich der Abhängigkeit der Berechnungsergebnisse von der Auflösung des Gitters zeigen, dass die Ergebnisse innerhalb des Gültigkeitsbereichs von y^+ keineswegs identisch sind (Tab. 1).

y^+	Nu	ΔP , Pa/m
31,7	198,0	5.198,6
39,2	178,5	4.802,3
46,4	160,1	4.677,6
50,9	150,3	4.179,5

Tab. 1: Berechnungsergebnisse für Nu und ΔP in Abhängigkeit von y^+

Die Abweichungen können – wie im Beispiel gezeigt – leicht 25 % betragen. Aus diesem Umstand ergibt sich neben der Erkenntnis, dass sich mit den zur Verfügung stehenden Mitteln nur Tendenzen bei der Ermittlung der Wärmeübertragungseigenschaften feststellen lassen, das Problem, eine verlässliche Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Berechnungsfällen herzustellen. Validierungen der Berechnungsergebnisse mit Messdaten haben verdeutlicht, dass die besten Übereinstimmungen zwischen Simulations- und Messwerten bei einem Wert y^+ von 30 liegen. Allerdings funktioniert die Adaption des Gitters nicht so selektiv, so dass dieser Wert niemals genau erreicht wird. Aus diesem Grund wurde eine Lösungsstrategie gewählt, bei der durch Adaptionsschritte möglichst mehrere Ergebnisse im Gültigkeitsbereich erhalten werden. Um eine Vergleichbarkeit der Simulati-

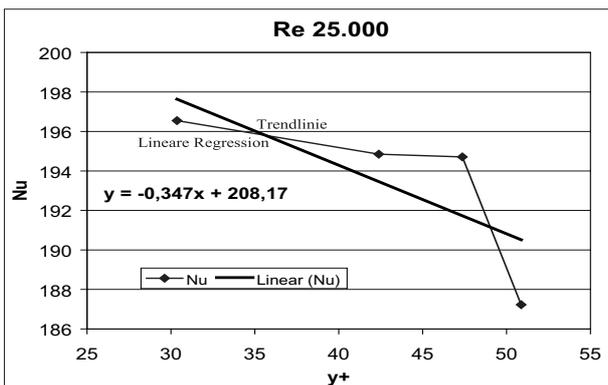


Abb. 4: Bestimmung der Nusselt-Zahl in Abhängigkeit von y^+

onsergebnisse zu ermöglichen, wird durch eine Lineare Regression anschließend der Wert für y^+ von 30 aus den vorhandenen Ergebnissen extrapoliert. Nur durch dieses Lösungsverfahren wird es möglich, die Ergebnisse analytisch zu vergleichen (Abb. 4, 5).

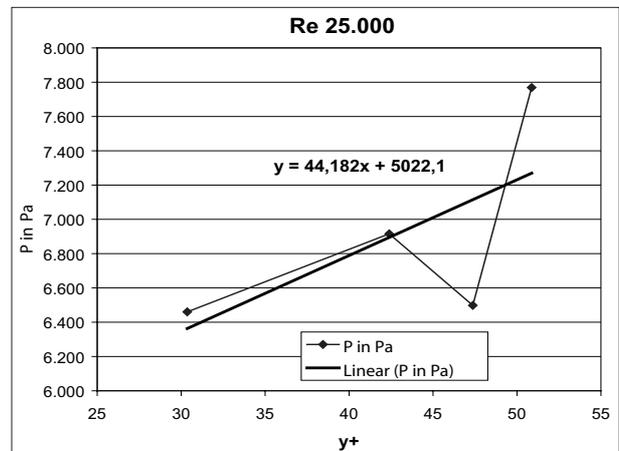


Abb. 5: Ermittlung des Druckverlustes in Abhängigkeit von y^+

Die spätere Auswertung der Ergebnisse verdeutlicht, dass durch die Anzahl der zur Verfügung stehenden Werte im Gültigkeitsbereich und dem Abstand von $y^+ = 30$ die Güte des extrapolierten Wertes schwankt.

5 Simulationsrechnungen

Da während der CFD-Untersuchungen noch keine Messergebnisse aus wärmetechnischen Untersuchungen für die IP-Tubes vorlagen, wurden vergleichende Berechnungen zwischen Glattrohren, Spiralrohren und IP-Tubes durchgeführt. Im Vordergrund standen dabei zwei wesentliche Aspekte. Zum einen soll neben der Validierung der Berechnungen für Glattrohre auch eine Validierung der Simulationsrechnungen für Rohre mit strukturierten Oberflächen erfolgen. Für Spiralrohre liegen eine Reihe von Messergebnissen vor, die als Datenmaterial für die Validierung verwendet werden können (Abb. 6). Nach der Validierung ist ein Vergleich der Spiralrohre mit IP-Tubes möglich. Zum anderen ist der Ausgangspunkt für die Entwicklung der IP-Tubes, dass sich ein günstigeres Verhältnis aus der Wärmeübertragungserhöhung zur Druckverlusterhöhung ergibt. Ein Vergleich mit Drallrohren soll zeigen, ob dieser energetische Vergleich tatsächlich vorteilhaft zugunsten der IP-Tubes ausfällt.

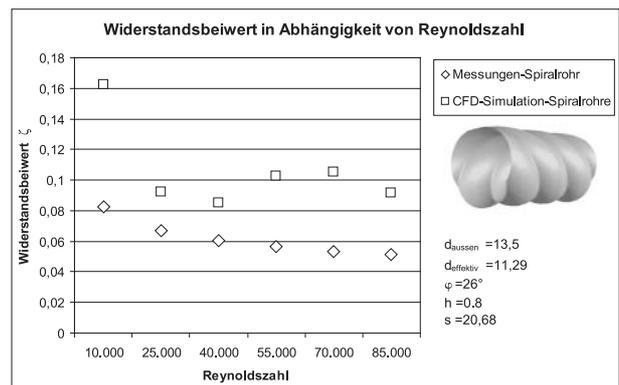


Abb. 6: Validierung der CFD-Simulation für Spiralrohr (Widerstandsbeiwert ζ)



5.1 Vergleich von Glatt-/Spiralrohren und IP-Tubes für Abgasanlagen typische Randbedingungen

Eine Schwierigkeit beim Vergleich von Glattrohren mit oberflächenstrukturierten Rohren liegt in der Definition des hydraulischen Durchmessers, der als Vergleichsdurchmesser herangezogen wird. FLUENT bietet die Möglichkeit, das Volumen des Untersuchungsgebietes zu berechnen. Aus dem Volumen und der Abschnittslänge wurde sowohl für das Spiralrohr wie auch für die IP-Tubes der mittlere Durchmesser als hydraulischer Durchmesser bestimmt und als Vergleichsdurchmesser festgelegt. Der Vergleich der Nusselt-Zahlen (Abb. 7) zeigt, dass die Erhöhung der Wärmeübertragung des IP-Tubes deutlich über der des Spiralrohres liegt. Der Druckverlust nimmt beim IP-Tube allerdings nicht so stark zu wie beim Drallrohr (Abb. 8). Der energetische Vergleich (Abb. 9), welcher

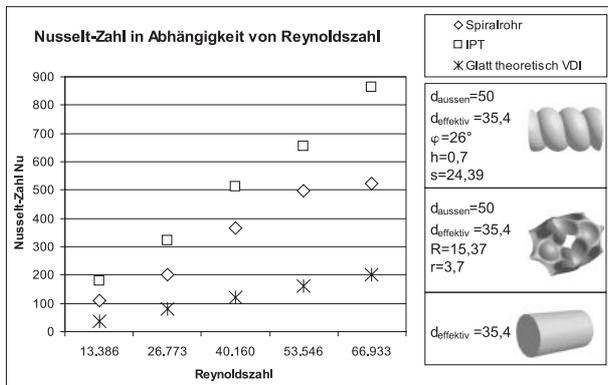


Abb. 7: Vergleich Nusselt-Zahlen für unterschiedliche Rohrtypen (abgasanlagentypische Randbedingungen)

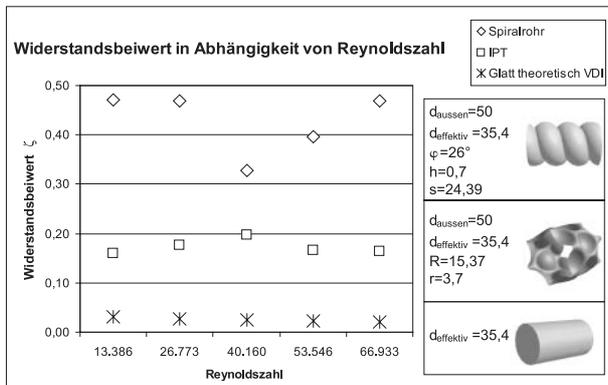


Abb. 8: Vergleich Widerstandsbeiwerte für unterschiedliche Rohrtypen (abgasanlagentypische Randbedingungen)

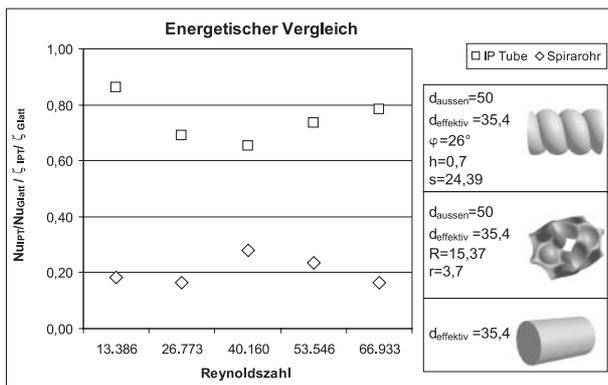


Abb. 9: Energetischer Vergleich für unterschiedliche Rohrtypen (abgasanlagentypische Randbedingungen)

Wärmeübertragung und Druckverlust (dargestellt in Form des dimensionslosen Widerstandbeiwertes) der oberflächenstrukturierten Rohre ins Verhältnis zum Glattrohr setzt, zeigt die deutliche Überlegenheit des IP-Tubes gegenüber Glatt- und Spiralrohr. Ein Wert von 1 für den energetischen Vergleich stellt das Optimum dar, d. h. die Erhöhung der Wärmeübertragung ist proportional zur Erhöhung des Druckverlustes.

5.2 Formoptimierung

Ziel der Formoptimierung ist, durch vergleichende Berechnungen die Einflüsse einzelner Strukturierungsdetails auf die Wärmeübertragung zu ermitteln. Für die Formoptimierung wurden drei Parameter untersucht. Von diesen Parametern leitet sich die Grundform der Oberfläche ab. Die Parameter können direkt durch den Herstellungsprozess beeinflusst werden. Die Formoptimierung bewegt sich im Spannungsfeld von verbesserten Produkteigenschaften des umgeformten Halbzeugs (IP-Tube) und der Herstellbarkeit desselben. Im Fokus der verbesserten Produkteigenschaften ist die Erhöhung der Wärmeübertragung das wesentliche Ziel. Ziel ist natürlich auch, eine möglichst einfach herstellbare Form zu finden. Kann der Aufwand der Strukturierung, z. B. durch eine geringere Anzahl an Nebenformen, minimiert werden, sinken die Umformkosten, woraus eine deutlich verbesserte Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu alternativen Rohralbzeugen mit strukturierten Oberflächen resultiert. Variiert wurden die Tiefe, axialer und rotatorischer Versatz der Nebenformen. Das Versuchsprogramm ist in Tabelle 2 (siehe Seite 5) zusammengefasst.

5.3 Tiefe der Nebenformen

Es wurden drei verschiedene Nebenformtiefen untersucht (1 mm, 3 mm, 5 mm). Die Berechnungen zum Einfluss der Nebenformtiefe zeigen, dass Wärmeübertragung und Druckverlust mit der Tiefe der Nebenform zunehmen.

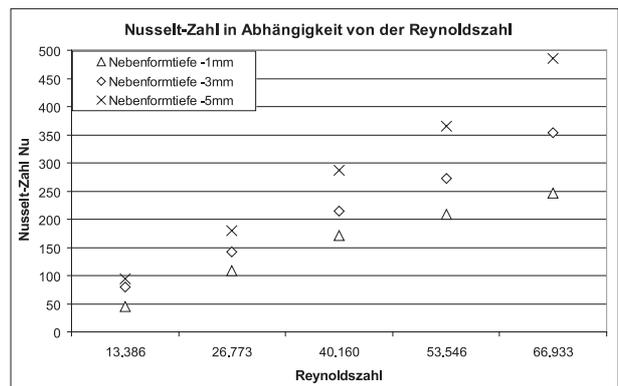


Abb. 10: Vergleich der Nusselt-Zahlen für unterschiedliche Nebenformtiefen

Betrachtet man den Einfluss der Beultiefe auf Wärmeübertragung und Druckverlust, ergibt sich bei einer arithmetischen Mittelung über die errechneten Werte bei unterschiedlichen Reynoldszahlen folgendes generelles Bild. Für den untersuchten Wertebereich erhöht sich die Nusselt-Zahl pro Millimeter zusätzlicher Tiefe der Nebenformen um den Faktor 1,18; der Druckverlust erhöht sich um das 1,41fache.



Versuch	Tiefe	axialer Versatz in x* Tiefe	rotatorischer Versatz	
Variation Tiefe der Nebenform				
1	1 mm	1,0	30°	
2	3 mm	1,0	30°	
3	5 mm	1,0	30°	
Variation axialer Versatz der Nebenformen				
4	3 mm	1,0	30°	
5	3 mm	1,5	30°	
6	3 mm	2,5	30°	
7	3 mm	3	30°	
Variation rotatorischer Versätze				
8	3 mm	1,0	30°	
9	3 mm	1,0	15° bzw. 45°	
10	3 mm	1,0	0°	

Tab. 2: Versuchsprogramm zur Formoptimierung der IP-Tubes

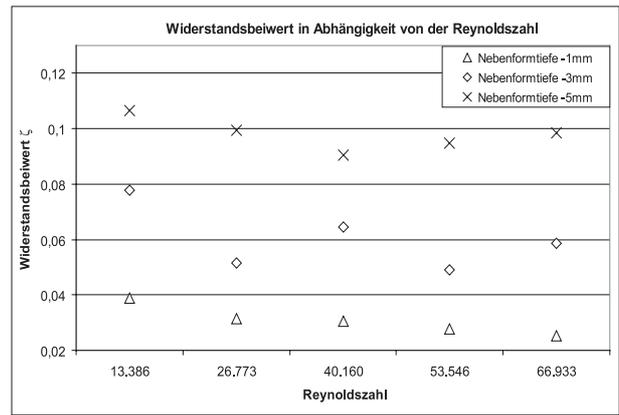


Abb. 11: Vergleich der Widerstandsbeiwerte für unterschiedliche Nebenformtiefen

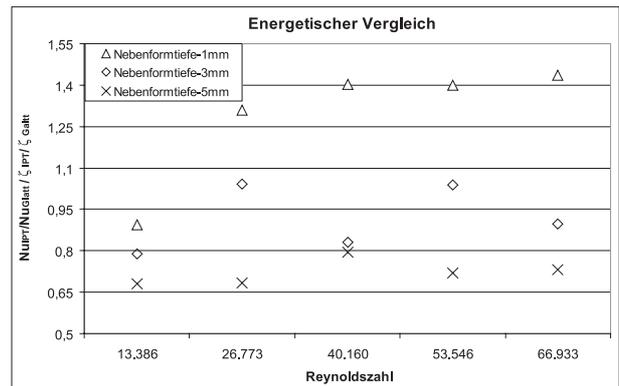


Abb. 12: Energetischer Vergleich für unterschiedliche Nebenformtiefen

5.4 Axialer Versatz der Nebenformen

Es wurden vier Varianten des axialen Versatzes untersucht. Ausgangspunkt für die Variationsrechnungen ist die Länge der Nebenform. Bei der Basisvariante aller Untersuchungen entspricht der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Nebenform der Länge der Nebenform (axialer Versatz = 1). Dieser Versatz wurde in den Stufen 1,5, 2,0, 2,5 variiert. Eine Veränderung des axialen Versatzes hat im untersuchten Wertebereich keinen signifikanten Einfluss auf Wärmeübertragung und Druckverlust. Für den untersuchten Wertebereich erhöht sich die Nusselt-Zahl pro 0,5fachen erhöhten Abstand zwischen den Nebenformen nicht; der Druckverlust verringert sich um das 0,97fache.

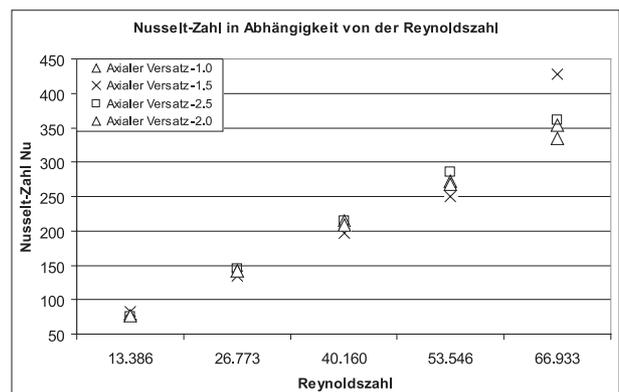


Abb. 13: Vergleich der Nusselt-Zahlen für unterschiedlichen axialen Versatz der Nebenformen

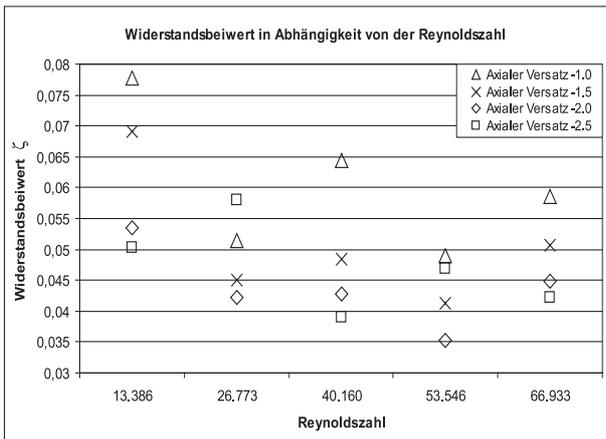


Abb. 14: Vergleich der Widerstandsbeiwerte für unterschiedlichen axialen Versatz der Nebenformen

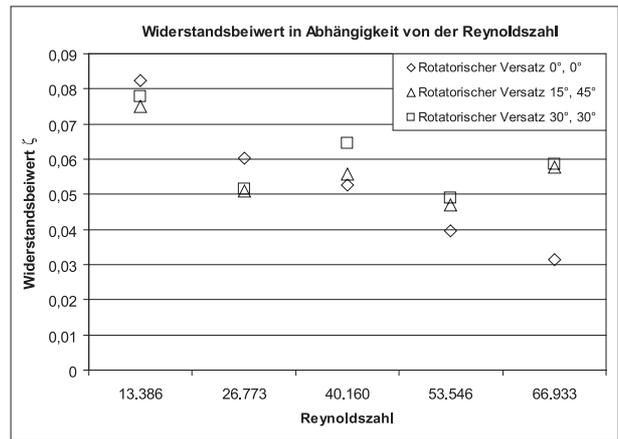


Abb. 17: Vergleich der Widerstandsbeiwerte für unterschiedlichen rotatorischen Versatz der Nebenformen

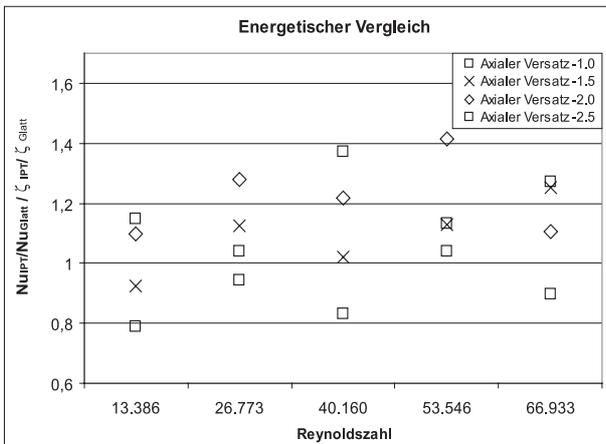


Abb. 15: Energetischer Vergleich für unterschiedlichen axialen Versatz der Nebenformen

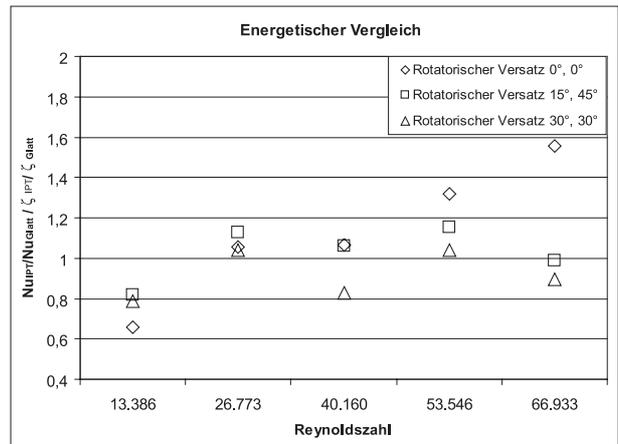


Abb. 18: Energetischer Vergleich für unterschiedlichen rotatorischen Versatz der Nebenformen

5.5 Rotatorischer Versatz der Nebenformen

Der rotatorische Versatz der Nebenformen wurde in drei Stufen mit einer Variation des Versatzes um jeweils 15° untersucht. Der Versatz hat keinen signifikanten Einfluss auf Wärmeübertragung und Druckverlust für den untersuchten Wertebereich. Es ergeben sich nur vernachlässigbar geringe Änderungen für Wärmeübertragung und Druckverlust.

5.6 Beschreibung strömungstechnischer Effekte auf Basis der Simulationsergebnisse

Erwartungsgemäß ist die Tiefe der Nebenform der entscheidende Parameter zur Beeinflussung des Wärmeübertragungskoeffizienten. Durch eine tiefere Ausprägung der Nebenform nimmt die Störung der Strömung zu, woraus ein verstärkter Austausch zwischen dem Kern der Strömung und der wandnahen Grenzschicht erfolgt (Abb. 19). Es erfolgt eine periodische Kontraktion und Dilatation der Strömung.

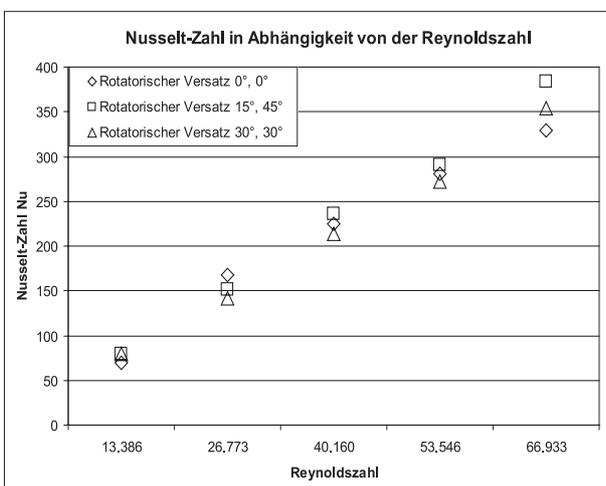


Abb. 16: Vergleich der Nusselt-Zahlen für unterschiedlichen rotatorischen Versatz der Nebenformen

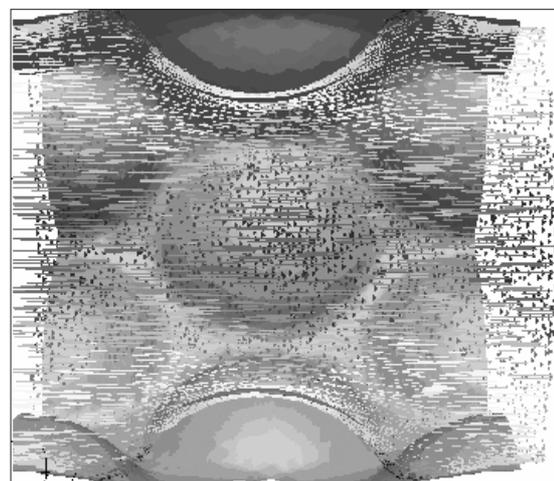


Abb. 19: Vektoren der Geschwindigkeit

Betrachtet man die Verteilung des Wärmeübertragungskoeffizienten auf der Rohroberfläche (Abb. 20) für den Basisfall (Nebenformtiefe = 3 mm; axialer Versatz = 1,0, rotatorischer Versatz = 30°), wird deutlich, dass die höchste Wärmeübertragung im Staupunkt der Strömung an der Nebenform erfolgt. Im Abströmbereich der Nebenform nimmt diese deutlich ab. Der Übergangsbereich zur nächsten Nebenform leistet nahezu keinen Beitrag zur Gesamtwärmeübertragung. Dies liegt in der Wiederanleglänge der Strömung begründet: In diesem Bereich bildet sich eine Rezirkulationszone aus.

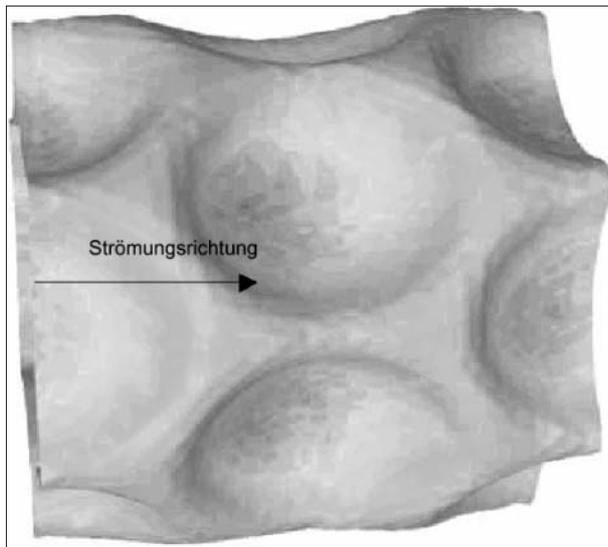


Abb. 20: Konturen des Wärmeübertragungskoeffizienten

Die Erhöhung des axialen Versatzes bis zum 2,5fachen der Nebenformlänge hat bei der untersuchten Nebenformtiefe von 3 mm kaum einen Einfluss auf die Wärmeübertragung. Der Druckverlust reduziert sich geringfügig. Je geringer der axiale Versatz ist, desto ausgeprägter wird die Kernströmung und die Bereiche zwischen den Nebenformen werden kaum genutzt. Dadurch wird die Anströmfläche im Staupunkt geringer. Wird der axiale Versatz erhöht, führt dies zu zwei die Wärmeübertragung beeinflussenden Effekten: Die Anzahl der Nebenformen pro Längeneinheit nimmt ab, wodurch die Staupunkte mit erhöhter Wärmeübertragung abnehmen und sich die Wärmeübertragung reduziert. Mit zunehmendem Versatz legt sich die Strömung wieder an den äußeren Rohrmantel an. Dadurch erhöht sich die Staupunktfläche an der in Strömungsrichtung folgenden Nebenform, wodurch der Bereich erhöhter Wärmeübertragung an der jeweiligen Nebenform zunimmt. Zudem wird die wandnahe Strömung stärker in den Strömungskern abgelenkt, wodurch die Vermischung mit dem Strömungskern intensiviert wird. Die Verminderung der Wärmeübertragung durch die geringere Anzahl an Nebenformen kann somit durch eine Erhöhung der Wärmeübertragung an den Nebenformen und eine intensiviertere Vermischung mit dem Strömungskern bei 3 mm Nebenformtiefe kompensiert werden. Dieser Effekt ist selbstverständlich eine Funktion der Nebenformtiefe. D. h. mit zunehmender Nebenformtiefe kann der axiale Abstand zwischen den Nebenformen erhöht werden, ohne dass es zu einer signifikanten Verringerung der Wärmeübertragung kommt.

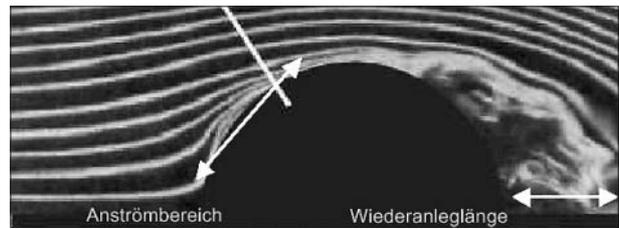


Abb. 21: Staupunkt der Anströmung und Wiederanlegen der Strömung für eine zylindrische Fläche

Eine Änderung des rotatorischen Versatzes hat bei dem Basisfall keinen signifikanten Einfluss auf die Wärmeübertragung. Die Quervermischung scheint keinen dominanten Einfluss auf die Wärmeübertragung zu haben, da die Strömung sich auf den Kern des Rohres verdichtet. Anzunehmen ist, dass der Einfluss des rotatorischen Versatzes auf die Wärmeübertragung mit zunehmendem axialen Versatz und verringerter Nebenformtiefe zunehmen wird.

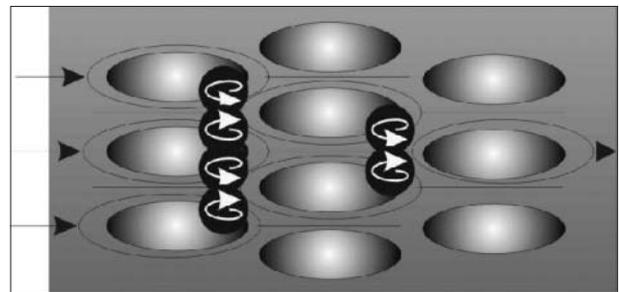


Abb. 22: Quervermischung durch die Nebenformen

6 Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, durch Computational Fluid Dynamics (CFD)-Simulationen das Strömungs- und Wärmeübertragungsverhalten von oberflächenstrukturierten Rohrabschnitten (Industrial Power Tubes, kurz IP-Tubes) für den Einsatz als Abgaswärmeüberträger in Kfz-Abgasanlagen zu testen. Die Simulationen haben verdeutlicht, dass mit vertretbarem Aufwand bezüglich der Rechenleistung keine quantitativ verwertbaren Ergebnisse erzielt werden können. Turbulenzmodelle, Wandfunktionen und die Gitterauflösung im wandnahen Bereich haben einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis. Berechnungen im Gültigkeitsbereich eines Wandgesetzes für den dimensionslosen Wandabstand y^+ (Gültigkeitsbereich 30 – 60) können in Abhängigkeit des durch Gitteradaption eingestellten Wertes von y^+ leicht Abweichungen von 25 % haben. Allerdings zeigen die Rechenergebnisse einen klaren Trend. Je näher das adaptierte Gitter an dem Wert $y^+ 30$ liegt, desto höher ist die berechnete Nusselt-Zahl und desto näher liegt der Wert an den realen Werten. Aus diesem Grund wurde eine Lösungsstrategie gewählt, bei der durch Adaptionsschritte möglichst mehrere Ergebnisse im Gültigkeitsbereich erhalten werden. In der Regel konnten durch Gitteradaptionen und anschließende Rechenläufe 5 – 6 Ergebnisse im Gültigkeitsbereich errechnet werden. Um eine Vergleichbarkeit der Simulationsergebnisse zu ermöglichen, wurde durch eine Lineare Regression anschließend der Wert für y^+ von 30 aus den vorhandenen Ergebnissen extrapoliert. Tests mit unterschiedlichen



Kombinationen aus Wandfunktion und Turbulenzmodellen haben gezeigt, dass bei vertretbarem Aufwand das klassische k-e-Modell in Verbindung mit den Standard-Wandfunktionen verwertbare Trends liefert. Um quantitativ verwertbare Ergebnisse zu erhalten, wird die viskose Unterschicht durch ein hinreichend feines Gitter aufgelöst (Near Wall Model Approach). Hierzu ist es notwendig, die viskose Unterschicht zumindest mit einer Schichtdicke von ca. zehn Zellen aufzulösen, da die Gradienten in Wandnähe sehr stark sind und nur durch ein extrem feines Gitter aufgelöst werden können. Mit zunehmender Reynoldszahl nimmt die Schichtdicke der viskosen Unterschicht durch Verdrängung ab, wodurch das wandnahe Gitter immer feiner werden muss, was mit einem starken Anstieg des Berechnungsaufwandes einhergeht.

Im Vordergrund der Untersuchung standen der qualitative Vergleich der IP-Tubes mit Wettbewerbsprodukten (Drallrohr) und die Herausarbeitung der Einflüsse unterschiedlicher Strukturierungsdetails der IP-Tubes auf die Wärmeübertragung. Der Vergleich zwischen IP-Tube und Drallrohr zeigt, dass die Erhöhung der Wärmeübertragung des IP-Tubes gegenüber einem glatten Vergleichsrohr deutlich über der des Spiralrohres liegt. Der Druckverlust nimmt beim IP-Tube allerdings nicht so stark zu wie beim Drallrohr. Der energetische Vergleich, welcher Wärmeübertragung und Druckverlust (dargestellt in Form des dimensionslosen Widerstandbeiwertes) der oberflächenstrukturierten Rohre ins Verhältnis zum Glattrohr setzt, zeigt die deutliche Überlegenheit des IP-Tube (Mittelwert = 0,74) gegenüber dem Spiralrohr (Mittelwert = 0,2). Der Wert 1 für den energetischen Vergleich kennzeichnet eine proportionale Zunahme von Wärmeübergang und Druckverlust, was den optimalen Fall darstellt. Für die Formoptimierung wurden drei Parameter untersucht. Von diesen Parametern leitet sich die Grundform der Oberflächengeometrie der IP-Tubes ab. Variiert wurden die Tiefe, axialer und rotatorischer Versatz der Nebenformen.

Es wurden drei verschiedene Nebenformtiefen untersucht (1 mm, 3 mm, 5 mm). Die Berechnungen zum Einfluss der Nebenformtiefe zeigen, dass Wärmeübertragung und Druckverlust mit der Tiefe der Nebenform zunehmen. Für den untersuchten Wertebereich erhöht sich die Nusselt-Zahl pro Millimeter zusätzlicher Tiefe der Nebenformen um den Faktor 1,18; der Druckverlust erhöht sich um das 1,41fache. Es wurden vier Varianten des axialen Versatzes untersucht. Ausgangspunkt für die Variationsrechnungen ist die Länge der Nebenform. Bei der Basisvariante aller Untersuchungen entspricht der Abstand zwischen den Mittelpunkten der Nebenform der Länge der Nebenform (axialer Versatz = 1). Dieser Versatz wurde in den Stufen 1,5, 2,0, 2,5 variiert. Eine Veränderung des axialen Versatzes hat im untersuchten Wertebereich keinen signifikanten Einfluss auf Wärmeübertragung und Druckverlust. Für den untersuchten Wertebereich erhöht sich die Nusselt-Zahl pro 0,5fach erhöhten Abstand zwischen den Nebenformen nicht; der Druckverlust verringert sich um das 0,97fache. Der rotatorische Versatz der Nebenformen wurde in drei Stufen mit einer Variation des Versatzes um jeweils 15° untersucht. Der Versatz hat keinen signifikanten Einfluss

auf Wärmeübertragung und Druckverlust für den untersuchten Wertebereich. Es ergeben sich nur vernachlässigbar geringe Änderungen für Wärmeübertragung und Druckverlust.

7 Fazit

Die Formoptimierung bewegt sich im Spannungsfeld von verbesserten Produkteigenschaften des umgeformten Halbzeugs (IP-Tube) und der Herstellbarkeit desselben. Im Fokus der verbesserten Produkteigenschaften ist die Erhöhung der Wärmeübertragung das wesentliche Ziel. Ziel ist natürlich auch, eine möglichst einfach herstellbare Form zu finden. Kann der Aufwand der Strukturierung, z. B. durch eine geringere Anzahl an Nebenformen, minimiert werden, sinken die Umformkosten, woraus eine deutlich verbesserte Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu alternativen Rohrhälbzeugen mit strukturierten Oberflächen resultiert. Die Erkenntnis, dass sich vergleichbare Wärmeübertragungskoeffizienten bei einer Erhöhung des axialen Versatzes ergeben, hat unmittelbaren Einfluss auf die Fertigungskosten der IP-Tubes. Eine optimierte Form wird durch ausgeprägte Nebenformen (Tiefe der Nebenform) und einen hohen axialen Versatz erreicht. Da bisher die Nebenformen abschnittsweise als Kranz in die Rohre gedrückt werden und längere Abschnitte des Rohres unstrukturiert verbleiben können, reduziert sich der Aufwand nahezu linear mit der Länge des unstrukturierten Bereiches. Die Umformkosten können also bei Berücksichtigung der Untersuchungsergebnisse signifikant reduziert werden. Zur Verifizierung der CFD-Simulationen ist es sicherlich erforderlich, wärmetechnische Untersuchungen für die avisierten Applikationen durchzuführen, um die Wärmeübertragungskoeffizienten genau bestimmen zu können.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Udo Hellwig

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Tel. +49 3375 508-170
Fax +49 3375 508-127
E-Mail: hellwigu@vt.tfh-wildau.de

Dipl.-Ing. (FH) Hartwig Nikolaus

ERK Eckrohrkessel GmbH
Großbeerenstraße 71, 10963 Berlin
Tel. +49 30 897746-0
Fax +49 30 897746-46
E-Mail: hnikolaus@eckrohrkessel.com



Entwicklung der Grundlagen für eine Laboranlage zur kontinuierlichen Herstellung von PET-Recyclingpolyolen

Darstellung des Standes der Arbeiten im InnoRegio-Projekt

Rainer Langenstraßen, Stanislav Fulev, Andreas Apel, Bodo Gebert, Dieter Lehmann, Gerhard Behrendt

1 Einleitung

1.1 Zielstellung

Die vorliegende Arbeit hat die Entwicklung der Grundlagen für eine Anlage zum Ziel, mit der aus Polyethylenterephthalat (PET), insbesondere aus Produktionsabfällen von PET-Verarbeitern, durch Umesterungen in Gegenwart von Diolen in einem kontinuierlichen Prozess aromatische Polyesterpolyole (APP) hergestellt werden können, die als Rohstoffe für Polyurethane (PUR) verwendet werden.

Das Ziel besteht darin, aufbauend auf den bisherigen Entwicklungen an der Technischen Fachhochschule Wildau zur diskontinuierlichen Herstellung von APP aus PET-Abfällen (s. Abschnitt 2.3) ein Verfahren und eine Laboranlage zur kontinuierlichen Herstellung der APP zu entwickeln. Dieses Ziel umfasst u. a. folgende Aufgaben:

1. Unter den Bedingungen einer diskontinuierlichen Betriebsweise werden der Lösevorgang von PET in verschiedenen Lösungsmitteln unter thermischer und mechanischer Beanspruchung, die Umesterung des gelösten PET unter gleichzeitigem Abbau zu oligomeren Produkten und die Abtrennung von nicht umgesetzten Stoffen sowie von Nebenprodukten aus der Lösung mit dem Ziel untersucht, ein Reaktionsfenster zur Entwicklung eines kontinuierlichen Verfahrens zu ermitteln.
2. Ein geeigneter Laborreaktor für ein kontinuierliches Verfahren wird konstruiert und erprobt.
3. Das Verfahren wird an diesen Apparat so angepasst, dass Verfahrensgrundlagen zur anschließenden Maßstabsvergrößerung gewonnen werden.

In der vorliegenden Arbeit wird über die Untersuchungen zum ersten Punkt berichtet. An einer an der Technischen Fachhochschule Wildau verfügbaren Miniplantanlage (s. Abschnitt 3) werden die Verfahrensparameter als Grundlage für die kontinuierliche Anlage ermittelt. Auf Basis der an der Miniplantanlage erhaltenen Ergebnisse wird eine variabel nutzbare, kontinuierlich arbeitende Laboranlage konstruiert und gebaut, die der Sammlung von Erfahrungen zur Gestaltung der Komponenten des Reaktors, der Untersuchung des Löseverhaltens der Polymeren in den Glykolysemitteln sowie der Bestimmung der Reaktionskonstanten und -variablen der Umesterung dient.

1.2 Förderung der Arbeiten

Die hier dargestellten Arbeiten werden im Rahmen eines Teilprojektes im InnoRegio-Projekt des FIRM e. V. (Projekt-Titel: „Mittelostbrandenburgisches Zentrum für innovatives Recycling zur Entwicklung neuer Verbundprodukte“) ausgeführt, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit 5,1 Millionen Euro gefördert wird. [1] Die Anforderungen aus dem vernetzten InnoRegio-Vorhaben von FIRM, dessen Ziel die Herstellung von Flüssiggastanks durch ein Unternehmensnetzwerk der Region auf der Basis von Recycling-Materialien einschließlich deren Kombination mit Primärmaterial sowie der Entwicklung und Nutzung neuer Technologien ist, machen die grundlegende Untersuchung der zu ihrer Herstellung benötigten Rohstoffe und Recyclingverfahren sowie daraus abgeleitet die Entwicklung und den Bau neuer Maschinen und Apparate erforderlich.

Ein wesentlicher Ansatz dieses Gesamtvorhabens ist es, aus verfügbaren Rest- bzw. Abfallstoffen neue Materialien herzustellen, die innerhalb der Wertschöpfungsketten unter Einsatz der Kompetenz der Akteure zu diesem innovativen Gesamtprodukt vereinigt werden können. Eine dieser Wertschöpfungsketten besteht in der hier dargestellten Verwertung der PET-Abfälle. Durch rohstoffliches Recycling wird ein neues Ausgangsmaterial zur Herstellung von PUR-Hartschaumstoffen, die als Isolationsmaterial für einen Flüssiggastank dienen, hergestellt.

1.3 Wissenschaftlich-technische Arbeitsziele

Aus der allgemeinen Zielstellung unter Punkt 1.1 wurden die Detailaufgaben für den ersten Teilkomplex des Projektes abgeleitet, der die Untersuchungen zur Schaffung der verfahrensschemischen und verfahrenstechnischen Grundlagen auf der Miniplantanlage umfasst. Das Ziel soll durch Nutzung von bisher nicht verwerteten Polyester-Reststoffen, den Oligoesterkondensaten (s. Abschnitt 2.2), realisiert werden, wodurch ein zusätzlicher positiver Effekt für die Nachhaltigkeit der Entwicklung, die Ökonomie des Verfahrens und für die Region erwartet wird. Die Detailaufgaben sind:

- grundlegende Untersuchungen zum Lösungsverhalten von PET in Glykolen, Glykolgemischen, Oligoesterkondensaten und Glykol-Oligoesterkondensat-Mischungen,
- grundlegende Untersuchungen der Umesterungsreaktion von PET mit Glykolen, Glykolgemischen und



- verschiedenen Glykolyse-Gemischen auf der Basis von Oligoesterkondensaten und Glykolen,
- jeweils mit dem Ziel, die Einflüsse der Zusammensetzung des Glykolyse-Gemisches und der Verfahrensparameter Temperatur, Zeit, Reaktorgeometrie und Dosierreihenfolge auf die Kinetik des Lösevorganges und der Umesterungsreaktion und auf die wesentlichen Produktparameter aufzuklären, und
 - mathematische Modellierung der Umesterungsschritte als eine Grundlage zur Entwicklung des kontinuierlichen Laborreaktors.

2. Stand der Technik

2.1 Überblick

Die Herstellung von PET aus den Monomeren Terephthalsäure und Ethylenglykol wird weltweit in großem Umfang durchgeführt. Die Weltproduktion beträgt gegenwärtig ca. 15 Mio. t/a bei einer jährlichen Zuwachsrate von ca. 600 kt/a. In entsprechendem Maße steigen die Abfallmengen aus der Industrie und dem Consumer-Bereich, für die es nur zu einem Teil stoffliche Verwertungsmöglichkeiten gibt [2]:

Gegenwärtiger Stand des PET-Recycling in Deutschland

Artikel	Menge [t/a]	Produkt
farblose Flaschen	500.000	Flaschen („bottle-to-bottle“)
farbige Flaschen	200.000	Fasern (China)
Buntfraktion	100.000	Verbrennung

Es ist eine Reihe von Verfahren bekannt, nach denen PET-Abfälle rohstofflich durch chemisches Recycling zu aromatischen Polyesterpolyolen umgesetzt werden können. Der erste Schritt der chemischen Umsetzungen besteht in der Lösung des PET im Glykolyse-Gemisch. Aus bisherigen Untersuchungen sowie aus der Literatur [3] kann entnommen werden, dass sich hochmolekulares PET in Ethylenglykol auch bei dessen Siedepunkt relativ langsam und schlecht löst. In Diethylenglykol ist die Lösegeschwindigkeit bereits deutlich besser, zum einen wegen der höheren Siedetemperatur des Diethylenglykols, zum anderen wegen seiner etwas niedrigeren Hydrophilie. Weitere Glykole sind nicht systematisch untersucht worden.

Aus eigenen Untersuchungen geht hervor, dass die Lösegeschwindigkeit des PET in Oligoestern auf Terephthalsäurebasis wesentlich größer ist. Gemische aus Oligoestern und Glykolen sind in Hinsicht auf das Löseverhalten von PET bisher nicht untersucht worden.

Die auf den Lösevorgang folgenden Umsetzungen des PET sind Umesterungen mit Glykolen, wobei auf Grund des Kondensationsgleichgewichts ein niedriger siedendes, d. h. kleineres Glykol, abdestilliert werden muss (zur Chemie s. Abschnitt 2.2). Die Herstellung dieser Umesterungsprodukte erfordert folglich einen Destillationsschritt, um die niedriger siedende Glykol-Komponente aus dem Gleichgewicht zu entfernen. Weiterhin ist bei Umesterungen in der Regel eine Katalyse erforderlich, um diese Reaktion in vertretbarer Zeit zu einem be-

stimmten Zielprodukt bringen zu können. [4] [6] [18] [19] Das verwendete Glykol oder Glykolgemisch ist für die Eigenschaften des Endprodukts von entscheidender Bedeutung. Wird ein einheitliches Glykol verwendet, erhält man regelmäßige Kettenstrukturen, die in der Regel kristallisationsfähig sind, was für ihre Lagerstabilität von Nachteil ist. Werden Glykolgemische verwendet, kann eine Kristallisation bei geeigneter Wahl der Bausteine weitgehend verhindert werden, d. h. die Polyesterpolyole bleiben auch bei Temperaturen bis hinab zu 0 °C flüssig und viskositätsstabil.

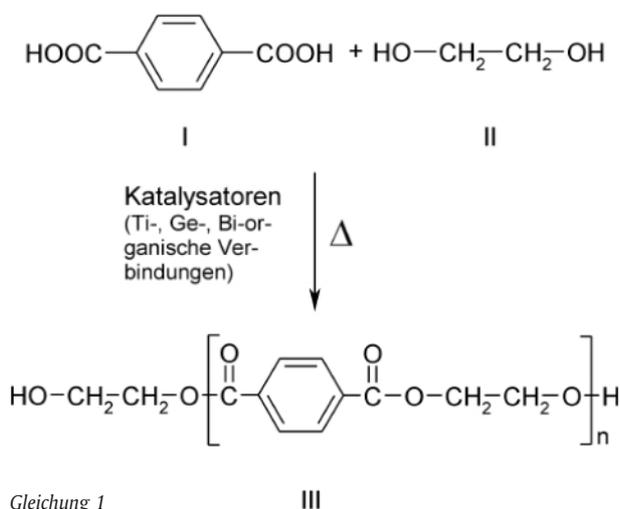
Nach dem bisherigen Stand der Technik sind keine kontinuierlichen Verfahren zur Umesterung von Polyestern mit dem Ziel der Herstellung niedermolekularer aromatischer Polyesterpolyole bekannt geworden. Das rohstoffliche Recycling der PET-Abfälle kann bisher nur diskontinuierlich erfolgen, wie eigene Arbeiten und die einer Reihe von Dritten [4] [5] [6] [7] zeigen. Das diskontinuierliche Verfahren hat jedoch eine Reihe von Nachteilen, die vor allem in der langen Lösephase für das PET im Glykolyse-Gemisch, in den schwankenden Parametern der Produkte sowie in der seit März 2002 erkennbar zu geringen Wirtschaftlichkeit begründet liegen. [2] Ein kontinuierliches Verfahren hätte demgegenüber die Vorteile einer konstanten Produktqualität und einer verbesserten Wirtschaftlichkeit. [20]

Nach zwei Verfahren von Reck [8] [9] werden PET-Abfälle und ggf. Terephthalsäureoligohydroxyester in Diethylenglykol gelöst. Dazu werden Umesterungskatalysatoren, z. B. Tetrabutyltitanat oder Cobaltacetat, gegeben, Ethylenglykol wird zumindest teilweise abdestilliert, und anschließend wird freies Diethylenglykol im Vakuum so weit abdestilliert, dass eine gewünschte Hydroxylzahl erreicht wird. Da die anfängliche Hydroxylzahl über 700 mg KOH/g liegt, die Endhydroxylzahl jedoch bei 240 bis 500 mg KOH/g, muss folglich ein wesentlicher Teil des Diethylenglykols abdestilliert werden. Diese Verfahren beinhalten somit vier Reaktionsschritte, die z. T. einen hohen Energieaufwand erfordern. Nach Grigsby [10] [11] werden PET-Abfälle mit Diethylenglykol, höhermolekularen, ggf. verzweigten Glykoethern und funktionalitätserhöhenden Additiven wie Glycerol unter Druck umgesetzt. Anschließend wird das Ethylenglykol teilweise abdestilliert. Nach Peterson [12] [13] wird die Umsetzung von PET mit Diethylenglykol und/oder anderen Glykolen in einem horizontalen Rührreaktor durchgeführt. Auch dieser Reaktor wird diskontinuierlich betrieben.

2.2 Chemie der Herstellung und Glykolyse von Polyethylenterephthalat

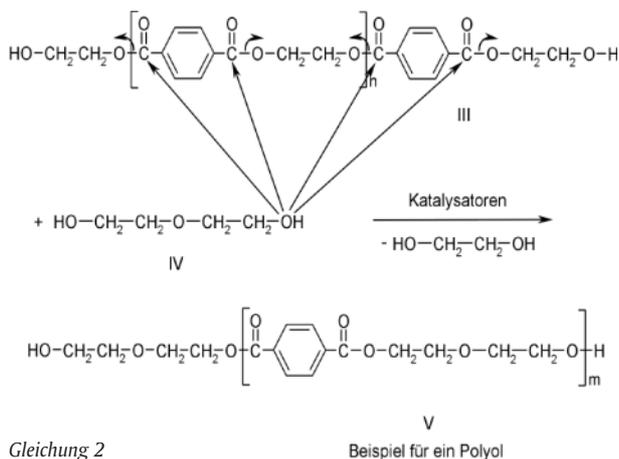
Die Herstellung von PET [(III) mit $n \leq 350$] basiert heute überwiegend auf der Polykondensationsreaktion von Terephthalsäure (I) und Ethylenglykol (II) (Direktveresterungsverfahren) (Gleichung 1).

Das Verfahren wird meist in zwei Stufen ausgeführt. Die erste Stufe führt zu Bis-(2-hydroxyethyl)-terephthalat [(III) mit $n = 1$] und oligomeren Verbindungen [(III) mit $1 < n < 10$]. Die anschließende Polykondensation führt dann zu Molmassen von bis zu 75 kg/mol ($n \leq 350$). Dabei wird



Ethylenglykol z. T. wieder freigesetzt. Jeder Einzelschritt dieser Polykondensation ist eine Umesterung, die im Falle der PET-Herstellung mit Lewis-sauren metallorganischen Verbindungen katalysiert wird. Das PET fällt in fester Form an, während Oligomere mit Kettenlängen von ca. $n \leq 10$ im Gemisch mit den Monomeren Ethylenglykol und Terephthalsäure, mit Nebenprodukten und den Katalysatoren als so genanntes Oligoesterkondensat (OEK) in flüssiger oder pastenartiger Form anfallen, das u. U. wieder eingesetzt werden kann, jedoch gegenwärtig in der Regel nicht verwertbar ist und der Verbrennung zugeführt wird.

Der hier untersuchte glykolytische Abbau von PET zu APP stellt eine Umesterung dar, die als bimolekulare nukleophile Substitution (S_N2) abläuft (Gleichung 2).

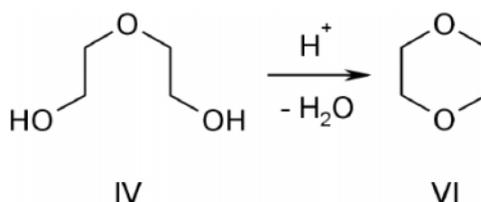


Die Hydroxylgruppen der Glykole, z. B. DEG (IV), greifen die Estergruppen des PET am C-Atom an, wobei die bestehende C-O-Bindung gespalten und eine neue gebildet wird (s. Pfeile). Substitutionen an den Kettenenden setzen Ethylenglykol frei, das bei den verwendeten Reaktionstemperaturen aus der Reaktionsmischung entweicht. Spaltungen im Innern der Polymerkette führen auf diese Weise zu einer Verkleinerung der Kette. Die Bruchstücke können ihrerseits z. B. mit einem durch Substitution gebundenen Glykol aus dem Glykolyse-Gemisch eine PET-Kette spalten. Auf diese Weise gelangen Glykol-Einheiten aus dem Glykolyse-Gemisch in das Innere der entstehenden Polyesterkette. Die Reaktion kann sowohl durch sau-

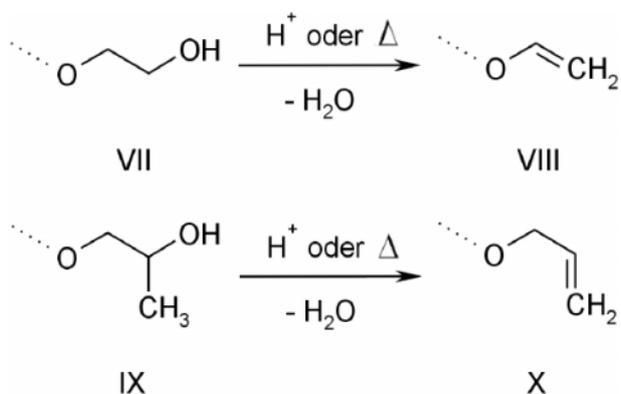
re als auch durch basische Katalysatoren beschleunigt werden. Setzt man dem Glykolyse-Gemisch OEK zu, so unterliegen die enthaltenen Oligoester prinzipiell den gleichen Reaktionen. Man erhält ein Polyesterpolyol, das aus einem Gemisch von Oligoesterdiolen [z. B. (V)] besteht, die aus Terephthalsäure- und den jeweils verwendeten Glykol-Einheiten zusammengesetzt sind. Für die mittlere Kettenlänge wird je nach vorgesehenem Verwendungszweck auf einen Wert im Bereich von $1 < m < 5$ abgezielt.

Verwendet man langkettigere Glykole zur Glykolyse, so erhält man verglichen mit PET flexiblere Moleküle. Dadurch und durch die Verwendung von Glykol-Gemischen, die zu uneinheitlichen Molekülen führen, sowie von verzweigten Glykolen kann die Kristallisationsneigung der erhaltenen Polyole stark vermindert werden.

Die Glykolyse von PET wird durch einige Nebenreaktionen begleitet, die besonders bei höheren Temperaturen und längeren Reaktionszeiten merkliche Ausmaße annehmen können. Dazu zählt insbesondere die intramolekulare Veretherung von Diethylenglykol (IV) zu Dioxan (VI). Diese Reaktion wird ebenfalls durch saure Katalysatoren beschleunigt und führt zu einem Verlust an Diethylenglykol im System (Gleichung 3).



Eine weitere Nebenreaktion besteht in einer thermischen oder sauer katalysierten Eliminierungsreaktion bestimmter Glykol-Endgruppen, die zu Vinyl- oder Allylethern [(VIII) oder (X)] führt. Diese ungesättigten Verbindungen können ebenso wie das frei werdende Wasser eine Reihe störender Folgereaktionen verursachen, die hier nicht weiter ausgeführt werden sollen (Gleichung 4).



Bei Luftzutritt werden die aromatischen Ringe durch Reaktion mit Sauerstoff oxidativ gespalten, wobei zahlreiche Abbauprodukte entstehen, die eine Qualitätsminderung des Produktes verursachen. Diese Reaktionen müssen durch Anwendung einer Schutzgasatmosphäre, z. B. Stickstoff, verhindert werden.

2.3 Bisherige Arbeiten an der TFH Wildau

An der Technischen Fachhochschule Wildau wurde ein einfaches und wirtschaftliches diskontinuierliches Verfahren zur Herstellung von Polyesterpolyolen aus PET-Reststoffen und Oligoestern der Polyesterherstellung entwickelt und im Technikum erprobt. [14] [15] Nach diesem Verfahren erfolgt der Löseschritt in einem Oligoesterkondensat, gegebenenfalls unter Zusatz weiterer Glykole, die dazu dienen, die relevanten Eigenschaften des Polyesteralkohols einzustellen. Das zugesetzte Glykol hat insbesondere den Zweck, das Polyesterpolyol so zu modifizieren, dass es bis 0 °C flüssig bleibt. Da das Oligoesterkondensat eine wesentlich bessere Löslichkeit für PET als die Glykole aufweist, kann dieser Löseschritt bei niedrigerer Temperatur und innerhalb kürzerer Zeit erfolgen. Während des Verfahrens kann das niedriger siedende Glykol, im Falle von PET ist das Ethylenglykol, aus dem Gemisch entfernt werden, um zu einem gewünschten Umesterungsgrad zu kommen. Durch diesen Destillationsschritt wird nicht nur Ethylenglykol aus dem Gemisch entfernt, sondern auch die Nebenprodukte werden dem Reaktionsgemisch entzogen.

Durch die Verwendung eines Oligoesterkondensats wird der Zusatz von Umesterungskatalysatoren, die zusätzliche Kosten verursachen würden, überflüssig. Nach beendeter Umesterung ist keine weitere Aufarbeitung erforderlich.

Durch die Reaktionsführung und die Zusammensetzung des Ausgangsgemisches können die Produkteigenschaften in großen Grenzen variiert werden. Es können Polyesteralkohole für die unterschiedlichsten Einsatzgebiete, wie Hartschaumstoffe, Beschichtungen, Vergussmassen etc., hergestellt werden, indem nur Modifizierungen in der Menge und Zusammensetzung der Ausgangsstoffe und der Verfahrensbedingungen erforderlich werden. Dieses Verfahren liefert im diskontinuierlichen Betrieb qualitativ hochwertige Polyesteralkohole in einem breiten Parameterbereich.

3 Darstellung der verwendeten Methoden

3.1 Miniplantanlage

An der TFH Wildau steht eine Miniplantanlage zur Verfügung, die für die Untersuchung von Polymerisations- und Depolymerisationsreaktionen sowie chemischen Reaktionen (Veresterungen, Umesterungen, Solvolyse-Reaktionen) im Druckbereich von 0,1 bis 5 bar entwickelt wurde (Bild 1) [21]). Grundgerät ist ein 10l-Rührkessel aus Edelstahl (1) (im Bild geöffnet) mit Deckel und Rührer sowie Bodenablassventil. Die Anlage besitzt folgende Ausstattungsmerkmale:

- Reaktorständer mit Hebebühne für Unterteil (2)
- Temperierung des Reaktors bis 300 °C (Doppelmantel für Wärmeträgeröl)
- Schaugläser
- 2 Dosiereinheiten für Flüssigkeiten, unbeheizt, 3 l, ≤ 0,5 l/min (verdeckt)
- 1 Dosiereinheit für Schmelzen, beheizt, 3 l, ≤ 0,5 l/min (verdeckt)

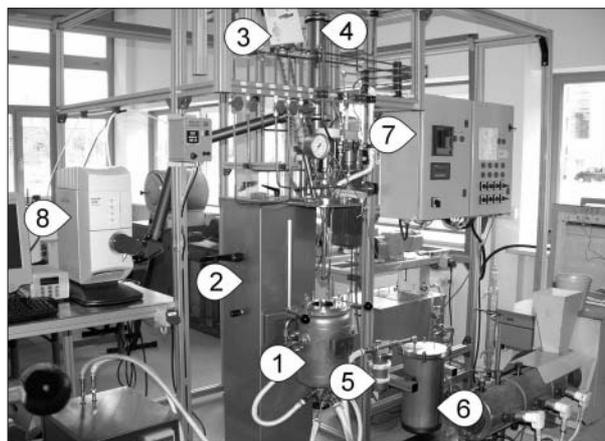


Bild 1: Miniplantanlage

- 1 Dosiereinheit für Feststoffe (3)
- 1 Schutzgas-Spülvorrichtung (Stickstoff) für den Reaktor
- 1 Drehmomentmessung zur kontinuierlichen Erfassung der Viskosität
- 1 Destillationskolonne, umschaltbar zwischen Rückflussbetrieb und Abdestillieren von flüchtigen Nebenprodukten (4)
- 1 Filtereinheit (Vakuumfilter) für das Produkt (5)
- Vakuumeinheit für Unterdruck bis 0,1 bar (6)
- 1 Steuereinheit mit Aufzeichnung der Temperatur- und Viskositätsdaten inkl. Auswertesoftware (7)
- 1 ATR-FTIR-Tauchsonde und 1 FTIR-Messplatz (ReactIR 4000, Mettler-Toledo GmbH) (8)
- 1 Spülgasgenerator (CO₂-arme, getrocknete Luft) für das optische System der IR-Sonde

3.2 Allgemeine Versuchsvorschrift

Die Komponenten des jeweiligen Glykolyse-Gemisches werden abgewogen und in die Vorratsbehälter eingefüllt. Das Oligoesterkondensat wird durch Erwärmen des Behälters auf 150 °C flüssig gehalten. Aus den Vorratsbehältern werden die Komponenten in den geschlossenen Miniplant-Reaktor gepumpt, wobei die Leitungen und die Pumpe für OEK beheizt sind. Die Reaktionsmischung wird unter Rühren auf die vorgesehene Lösetemperatur erwärmt. Der Gasraum des Reaktors wird während des gesamten Versuchs mit Stickstoff gespült. Das PET wird als Granulat mit einer Korngröße von ca. 3 bis 5 mm eingefüllt. Nach Lösen des PET wird auf die jeweilige Reaktionstemperatur erwärmt und diese Temperatur gehalten, bis die vorgesehene Reaktionszeit oder Destillatmenge erreicht ist. Nach Abkühlen auf ca. 100 °C wird das fertige Produkt über einen Filter in eine Vorlage gesaugt und von dort abgefüllt.

Während des gesamten Versuchs werden Reaktortemperatur, Drehmoment des Rührers und IR-Spektren aufgezeichnet.

3.3 Versuchsdaten

Die FTIR-Sonde, die in die Reaktionsmischung eintaucht, zeichnet während eines Versuchs in regelmäßigen Zeitabständen das IR-Spektrum auf (s. Bild 2). Die einzelnen Spektren befinden sich in den x-y-Ebenen, während die z-



Achse die Zeit repräsentiert. Diese Aufzeichnung wird für die Untersuchungen auf folgende Weise ausgewertet:

- Einzelne Spektren werden herausgegriffen und zum Vergleich der Zusammensetzung der Reaktionsmischung zu verschiedenen Phasen des Versuchs in einem Diagramm angeordnet (Bild 3).
- Zur genauen Beurteilung des zeitlichen Verlaufs der Konzentrationen der Reaktionskomponenten werden durch ausgewählte Absorptionsbanden Profile parallel zur Zeitachse gelegt (Bild 4).
- Schließlich werden durch Iterationsrechnungen aus der gesamten FTIR-Spektren-Aufzeichnung eines Versuchs Spektren von Komponenten der Mischung und der zeitliche Verlauf der Konzentrationen dieser Komponenten ermittelt.

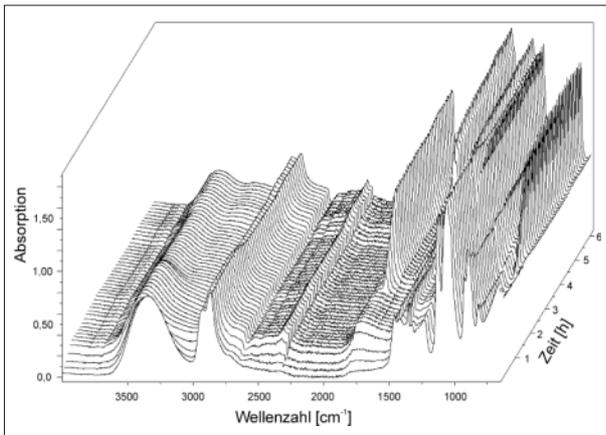


Bild 2: FTIR-Spektrenaufzeichnung eines Glykolyse-Experiments

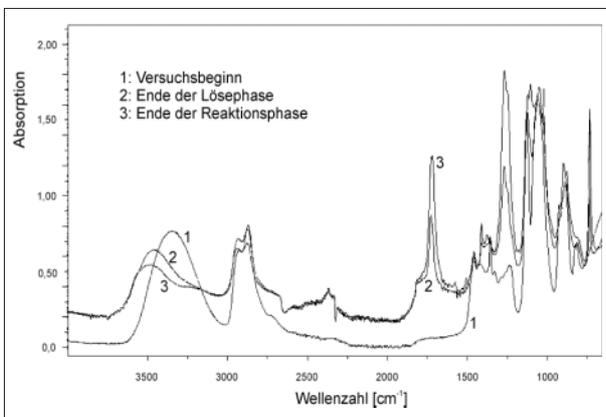


Bild 3: Darstellung der IR-Spektren zu markanten Phasen eines Glykolyse-Experiments

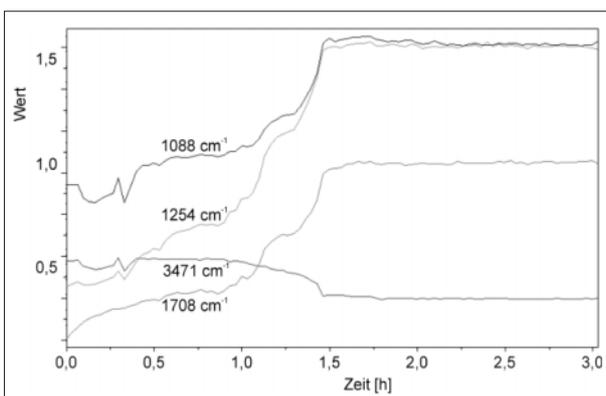


Bild 4: Profile der FTIR-Spektren-Aufzeichnung bei vier ausgewählten Absorptionsbanden

Während der Versuche werden weiterhin folgende Daten erfasst:

- Temperatur im Reaktor und am beheizbaren Vorratsgefäß
- Drehmoment des Rührers (auf Viskosität kalibriert)
- Destillatmenge

Nach Beendigung der Versuche erfolgen die Analyse der Destillate durch Gaschromatographie-Massenspektrometrie sowie Analysen der als Produkte erhaltenen APP (Hydroxylzahl, Säurezahl und Viskosität inkl. Langzeitverhalten). Darüber hinaus werden von ausgewählten APP nach einer Standardformulierung Polyurethan-Hartschaumstoffe hergestellt und deren Dichte, Dimensionsstabilität, Druck- und Biegefestigkeit bestimmt.

3.4 Modellierung

Für die Konstruktion des Laborreaktors und darauf basierend eines technischen kontinuierlichen Reaktors und das darin ablaufende Verfahren wird eine mathematische Modellierung der Umesterungsschritte und der Nebenreaktionen als eine wesentliche Voraussetzung angesehen. Die Kenntnis der Prozessvariablen und ihres Einflusses auf das Reaktionsgeschehen einschließlich der Temperaturverhältnisse und der Verteilungen im Reaktor und auf die Produkteigenschaften sind Voraussetzung für die Konstruktion und den Bau des kontinuierlichen Reaktors und die kontinuierliche Durchführung des Verfahrens. Eine mathematische Modellierung gehört zu den Voraussetzungen für die Steuerung des Verfahrens und für die Anpassung der Formulierungen an die kontinuierliche Prozessführung.

4 Ergebnisse

4.1 Löseverhalten

Der Lösevorgang von PET in dem jeweiligen Lösegemisch ist der erste Schritt bei der Herstellung von Polyesterpolyolen aus Polyestern, da die Umesterung nur in homogener Phase in einer ausreichenden Geschwindigkeit ablaufen kann. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit besteht die Aufgabenstellung darin, das Löseverhalten, insbesondere die Kinetik des In-Lösung-Gehens von PET in Glykolen, OEK und Gemischen aus OEK und verschiedenen Glykolen mit dem Ziel zu untersuchen, optimale Lösegemische und -bedingungen zu finden.

Die Lösegemische dienen im Anschluss an den Lösevorgang als Glykolyse-Reagenzien (s. Abschnitt 4.2).

Folgende Lösegemische wurden untersucht:

Lösesysteme ohne OEK	Lösesysteme mit OEK
EG	OEK mit unterschiedlichen EG-Gehalten
DEG	OEK + DEG
DEG + PEG 200	OEK + DEG + PEG 200
DEG + PEG 400	OEK + DEG + PEG 400
DEG + DPG	OEK + DEG + DPG
DEG + Butandiol-1,4	OEK + DEG + 2-Ethylhexan-1,3-diol („Octandiol“)



Die Auswahl der Glykole beruht auf folgenden Überlegungen: Ethylenglykol löst PET bekanntlich langsam und in geringem Maße, wird aber zu Vergleichszwecken mit untersucht. Diethylenglykol ist das Standard-Glykol für die Glykolyse. Die übrigen Glykole sind ebenfalls technische Standardprodukte, durch die die Eigenschaften der APP und der aus den APP hergestellten PUR-Schaumstoffe in eine gewünschte Richtung beeinflusst werden können. Die Aufarbeitung des OEK zur Abreicherung von EG erfolgt durch Abdestillieren des EG im Vakuum (130 °C, 2 mbar).

Der erste Vergleich von Lösegeschwindigkeiten bezieht sich auf EG, DEG und OEK mit zwei unterschiedlichen EG-Gehalten bei einem Massenverhältnis von 82 Teilen Lösesystem zu 100 Teilen PET:

Vergleich der Lösegeschwindigkeiten [h⁻¹] in OEK, EG und DEG

Temperatur [°C]	OEK abgereichert (~10 % EG)	OEK original (~30 % EG)	EG	DEG
195	0,40	0,25	0,14	0,185
215	1,37	1,04	~0,55 (hypothetisch)	0,70

Die angegebenen Lösegeschwindigkeiten beziehen sich hier und im folgenden immer auf einen kompletten Miniplant-Ansatz von 5,5 kg Gesamtmasse.

Der Wert für EG bei 215 °C wurde aus der Temperaturabhängigkeit bei DEG abgeschätzt, da der Siedepunkt von EG 197 °C beträgt und die Versuche drucklos durchgeführt werden.

Bei EG dauert der Lösevorgang ca. 7 Stunden. Das ist für ein wirtschaftliches Verfahren inakzeptabel. Dieses Ergebnis war erwartet worden, außerdem ist das Ziel des Verfahrens eine Umesterung des PET mit höheren Glykolen. Als Basis-Glykol wird daher in dieser Arbeit standardmäßig DEG verwendet. Beim OEK nimmt die Lösegeschwindigkeit bei Abnahme des EG-Gehaltes deutlich zu. Daher wurde abgereichertes OEK mit einem Restgehalt an EG von 10 % für alle weiteren Untersuchungen ausgewählt.

Die Abhängigkeit der Lösegeschwindigkeit vom Massenverhältnis DEG : PET und von der Temperatur geht aus folgender Tabelle hervor:

Lösegeschwindigkeit [h⁻¹] in DEG

Temperatur [°C]	DEG-Anteil		
	54	82	122
195		0,185	0,16
200		0,205	
210	0,81	0,539	0,44
215		0,70	
220		1,07	0,56
225	1,06		
230	2,56	2,07	1,55
240			5,86

Die Angabe der Anteile erfolgt immer als Bezug auf 100 Massenteile PET.

Die Geschwindigkeit des Lösevorganges nimmt mit steigender Temperatur und abnehmendem DEG-Anteil zu. Ein DEG-Anteil im Bereich von 54 bis 82 Teilen auf 100 Teile PET hat sich als vorteilhaft erwiesen. Die Temperatur sollte nach diesem Ergebnis möglichst hoch gewählt werden. Da aber ab 230 °C der Lösevorgang schwer vom Reaktionsvorgang zu trennen ist, weil dann die Reaktion schon während des Lösevorganges merkliche Ausmaße annimmt, wurden die Messungen zur Lösegeschwindigkeit zur besseren Differenzierung und zur Ermittlung der unteren Grenze, bei der der Lösevorgang noch mit ausreichender Geschwindigkeit abläuft, bei niedrigeren Temperaturen (210 bis 220 °C) ausgeführt.

Den Einfluss eines dem DEG zugesetzten weiteren Glykols zeigt folgende Tabelle:

Lösegeschwindigkeit v_{L0} in Mischungen aus DEG und Zweitglykol

Anteil DEG	85	68	76	68	54	27
Zweitglykol	ohne	PEG 200	PEG 400	Butandiol-1,4		
Anteil Zweitglykol	0	32	31	63	27	54
v _{L0} [h ⁻¹]	1,04	2,55	0,50	0,41	1,5	2,0

Für diesen Vergleich wurden alle Glykolyse-Gemische im gleichen Verhältnis von OH-Konzentration zu PET-Menge eingesetzt (1,6 mol OH/100 g PET). Die Untersuchungen erfolgten bei einer Temperatur von 220 °C.

PEG 200 und Butandiol-1,4 bewirken eine deutliche Beschleunigung des Lösevorganges, während PEG 400 eine ebenso deutliche Verlangsamung verursacht. Bei Erzielung eines guten Umsetzungsablaufs und guter Produkteigenschaften mit PEG 400 kann es hiernach von Vorteil sein, das Zweitglykol erst nach dem Lösevorgang zuzugeben; dieses Verfahren wurde ebenfalls erfolgreich erprobt.

Zur Bestimmung des Einflusses eines OEK-Zusatzes wurde die Lösegeschwindigkeit für PET in DEG-OEK-Mischungen mit unterschiedlichem OEK-Gehalt ermittelt:

Lösegeschwindigkeit v_{L0} in Abhängigkeit von der OEK-Konzentration

Zusammensetzung des Lösegemisches (Massenteile auf 100 Massenteile PET)	v _{L0} bei 220 °C [h ⁻¹]
65 DEG	0,65
65 DEG + 3 OEK	1,72
65 DEG + 6 OEK	1,94
65 DEG + 10 OEK	2,55
65 DEG + 30 OEK	0,83
65 DEG + 60 OEK	0,65

Bei einem Gemisch aus 65 Teilen DEG + 10 Teilen OEK hat die Lösegeschwindigkeit ein Maximum. Untersuchungen mit unterschiedlichen DEG- und OEK-Anteilen bei drei Temperaturen erbrachten folgende Ergebnisse:

Lösegeschwindigkeit in Mischungen aus DEG und OEK

Anteil Glykolyseagens	82	82	108	108	122	122	122
Anteil OEK im Reagens [%]	0	11	0	25	0	25	41
Temperatur [°C]	Lösegeschwindigkeit v _{L0} [h ⁻¹]						
210	0,539	2,31	0,352	0,636	0,445		0,769
220	1,07	2,50			0,555	2,25	
230	2,07	4,55	1,62	4,05	1,55		4,12



Der Zusatz von OEK bewirkt eine unterschiedlich starke Beschleunigung des Lösevorganges, im Extremfall sind Lösezeiten von ca. 30 Minuten bei 210 °C oder 15 Minuten bei 230 °C erreichbar.

Die Wirkung des Zusatzes eines weiteren Glykols zur DEG-OEK-Mischung ist in folgender Tabelle dargestellt:

Lösegeschwindigkeit in Mischungen aus DEG, Zweitglykol und OEK

Anteil DEG	76	68	76	68	76	68
Zweitglykol	PEG 200	PEG 200	PEG 400	PEG 400	DPG	DPG
Anteil Zweitglykol	16	32	31	63	10	21
Temperatur [°C]	215	215	220	220	215	215
v_{L0} [h ⁻¹]	0,41	0,5	0,50	0,41	0,47	0,50
zusätzlicher Anteil OEK	26	26	26	26	26	26
v_{L0} [h ⁻¹]	0,89	0,84	1,28	0,88	1,37	0,95

Durch den Zusatz von OEK wird der Lösevorgang in jedem Fall stark beschleunigt (1,7- bis 2,9-fach), aber die Lösegeschwindigkeit ist z. T. geringer als mit der DEG-OEK-Mischung ohne Zweitglykol-Zusatz (s. z. B. vorige Tabelle: bei 220 °C 2,2 bis 2,5 h⁻¹ ohne Zweitglykol, hier 0,9 bis 1,3 h⁻¹). Dieser Effekt lässt sich, wie schon erwähnt, umgehen, indem das Zweitglykol erst nach dem Lösevorgang zugegeben wird.

4.2 Umesterungsreaktion

An den Lösevorgang schließt sich unmittelbar die Umesterungsreaktion an, in deren Ergebnis kurzkettige Oligomere unterschiedlicher Kettenstruktur gebildet werden. Die Aufgabenstellung der Untersuchungen besteht in der Ermittlung der optimalen Reaktionsvariablen Temperatur und Dauer der Umsetzung, der Zusammensetzung der Glykolysegemische sowie geometrischer Eigenschaften des Reaktors und weiterer Verfahrensvariablen, deren Anwendung zu APP mit folgenden wesentlichen Parametern führt:

Zielparameter der APP aus der PET-Glykolyse

Hydroxylzahl [mg KOH/g]	$\eta_{25^\circ\text{C}}$ [mPa·s]	Säurezahl [mg KOH/g]	Wassergehalt [%]	Stabilität	Verwendungszweck
400	<5000	<1,5	<0,05	>9 Monate	PUR
320	<10.000	<1,5	<0,05	>9 Monate	PUR
240	<16.000	<1,5	<0,05	>9 Monate	PIR
220	<20.000	<1,5	<0,05	>9 Monate	PIR

Diese Anforderungen sind in der jeweiligen Verarbeitungstechnik begründet. Sie stellen internationalen Standard dar.

Neben der Bestimmung dieser Parameter ist eine Bestimmung der mittleren Molmasse und der Molmassenverteilung der Polyole und eine Analyse der Nebenprodukte, insbesondere der entstehenden Destillate, erforderlich. Die Untersuchungen haben darüber hinaus das Ziel, eine Datenbasis zur Modellierung der Reaktionen zu schaffen.

Die Umesterung von PET in DEG ohne weitere Zusätze bei verschiedenen Temperaturen und Konzentrationsverhältnissen erbrachte folgende Ergebnisse:

Ergebnisse zur Umesterungsreaktion in DEG

Temperatur [°C]		230		240		250	
DEG-Anteil	Dauer [h]	η	OHZ	η	OHZ	η	OHZ
54	0	fest	372	fest	372	fest	372
	5					fest	203
	7	162.000	322	37.500	325	fest	131
82	0	159.000	478	fest	478	fest	478
	0,75					67.200	392
	3					12.500	309
	4,5	9680	434	22.000	319	49.700	276
	7	8870	401	14.500	304	90.700	230
	10	8900	340				

(OHZ in mg KOH/g, η in mPa·s)

In der Tabelle sind die beiden wichtigsten Qualitätsparameter Hydroxylzahl (OHZ) und Viskosität (η) der erhaltenen Polyole angegeben, aus denen sich der Fortgang der Reaktion ablesen lässt.

Bei dem Verhältnis 54 Teile DEG auf 100 Teile PET werden bei keiner der Temperaturen und bei 82 Teilen DEG auf 100 Teile PET nur bei 230 °C brauchbare Produkte erhalten, wozu jedoch eine Reaktionsdauer von 10 Stunden erforderlich ist. Bei 240 °C genügen dafür 4,5 bis 7 Stunden und bei 250 °C 3 Stunden.

Der bei den Umsetzungen im Bereich 82 Teile DEG / 240 und 250 °C erkennbare Verlauf der Viskosität und der Hydroxylzahl der Reaktionsmischung ist typisch für diese Umsetzungen und folgendermaßen zu erklären:

Die Hydroxylzahl nimmt während der Umsetzung stetig ab, da durch die Abtrennung des frei werdenden flüchtigen Ethylenglykols die Konzentration an Hydroxylgruppen abnimmt. Die Viskosität nimmt einerseits durch die Spaltung der langen PET-Kettenmoleküle ab und steigt andererseits an durch die Abtrennung des Destillats, d. h. durch die Verringerung der Konzentration an niedrigviskosen Komponenten der Reaktionsmischung. Dadurch verläuft die Viskosität der Reaktionsmischung bei entsprechend langen Reaktionszeiten durch ein Minimum.

Die Wirkung des Zusatzes eines weiteren Glykols zur Glykolysemischung ist in folgender Tabelle zu erkennen:

Ergebnisse zur Umesterungsreaktion in DEG-Zweitglykol-Mischung (Reaktion bei 250 °C, 4 h)

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anteil DEG	85	76	68	76	68	76	68	68	27
Zweitglykol	ohne	PEG 200	PEG 400	PEG 400		DPG		Butandiol-1,4	
Anteil Zweitglykol	0	16	32	31	63	10	21	14	54
OHZ [mg KOH/g]	276	491	248	315	349	188	212	417	431
Viskosität [mPa·s]	49700	fest	15.300	6280	2210	285.000	594.000	4140	2440

Die bei Umsetzung unter Zusatz von PEG 200 (Spalte 3) und PEG 400 (Spalten 4 und 5) erhaltenen Polyole besitzen eine gute Kombination von Hydroxylzahl und Viskosität und stellen daher eine Basis für eine weitere Optimierung der Formulierung dar. DPG als Zweitglykol führt bei niedrigen Hydroxylzahlen zu unbrauchbar hohen Viskositäten, wahrscheinlich dadurch bedingt, dass



die Reaktionstemperatur über dem Siedepunkt von DPG (233 °C) lag. Butandiol hat hiernach einen ungünstigen Einfluss auf die Zielparame-ter.

Der Einfluss des Zusatzes von OEK zur Glykolyse- mischung ist aus den Bildern 5 bis 7 erkennbar. Hier sind Hydroxylzahl und Viskosität der Reaktionsmischung über der Reaktionszeit aufgetragen. Eine Ausschnitts- vergrößerung der Viskositätskurven zeigt den für die Verarbeitbarkeit relevanten Bereich. Die Darstellungen zeigen, dass die Umesterungsreaktion bei OEK-Zusatz etwa doppelt so schnell abläuft wie mit reinem DEG als Glykolyse- reagenzien.

Ebenso wie bei den Untersuchungen zur Lösegeschwin- digkeit wurden auch die Umesterungen in Glykolyse- systemen aus DEG, einem weiteren Glykol und OEK untersucht:

Ergebnisse zur Umesterungsreaktion in Mischungen aus DEG, Zweitglykol und OEK (Reaktion bei 250 °C 4,5 h)

Nr.	1	2	3	4	5	6
Anteil DEG	76	68	76	68	76	68
Zweitglykol	PEG 200		PEG 400		DPG	
Anteil Zweitglykol	16	32	31	63	10	21
OHZ [mg KOH/g]	491	248	315	349	188	212
Viskosität [mPa·s]	fest	15.300	6280	2210	285.000	594.000
zusätzlicher Anteil OEK	26	26	26	26	26	26
OHZ [mg KOH/g]	260	194	485	304	208	259
Viskosität [mPa·s]	20.100	36.100	12.500	4180	14.600	30.100

In der Tabelle sind Ansätze ohne OEK (wie oben) Ansät- zen mit OEK gegenübergestellt. Bei PEG 200 (Spalte 1) und bei DPG (Spalten 5 und 6) wird durch Zusatz von OEK eine wesentliche Verbesserung der Parameter Hydroxylzahl und Viskosität erreicht. Dagegen verursacht der Zusatz von OEK zur Glykolysemischung 76 T. DEG + 31 T. PEG 400 (Spalte 3) eine Erhöhung sowohl der Hydroxylzahl als auch der Viskosität des Polyols. Die Polyole nach Spalte 4 liegen sowohl ohne als auch mit OEK-Zusatz im oben definierten Zielbereich der wesent- lichen Parameter.

Hier nicht dargestellt sind Ergebnisse, die unter Zu- satz von 2-Ethylhexan-1,3-diol („Octandiol“) erhalten wurden. Dadurch wird eine starke Erniedrigung der Viskosität erreicht. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

Im Verlauf der Untersuchungen zur Umesterungsreaktion wurden Glykolysemischungen ermittelt, die eine sehr viel kürzere Reaktionszeit ermöglichen, als bisher bekannt war. Die folgende Tabelle zeigt einige Beispiele:

Umesterungen mit sehr kurzer Reaktionsdauer

Anteile DEG/DPG/OEK	81/0/27	72/0/50	76/10/10	76/10/26
Lösetemperatur [°C]	230	230	220	220
Reaktionstemperatur [°C]	230...244	230...248	250	250
Reaktionsdauer [min]	22	25	12	40
Destillat [Teile]	30	35	37	45
Viskosität [mPa·s]	19.800	35.800	17.700	20.700
OHZ [mg KOH/g]	346	337	295	260

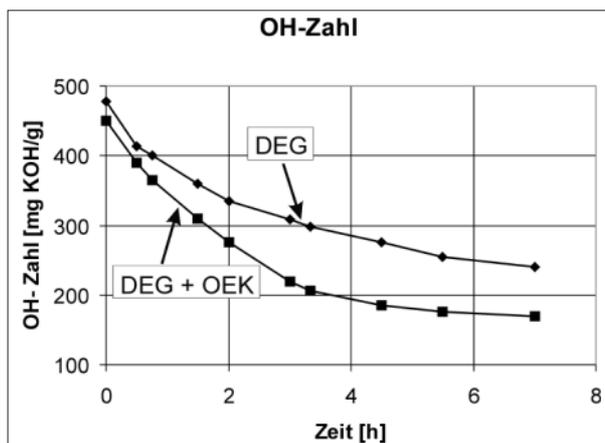


Bild 5: Zeitlicher Verlauf der Hydroxylzahl der Reaktionsmischung bei Glykolyse-Experimenten mit unterschiedlichen Glykolyse-Gemischen

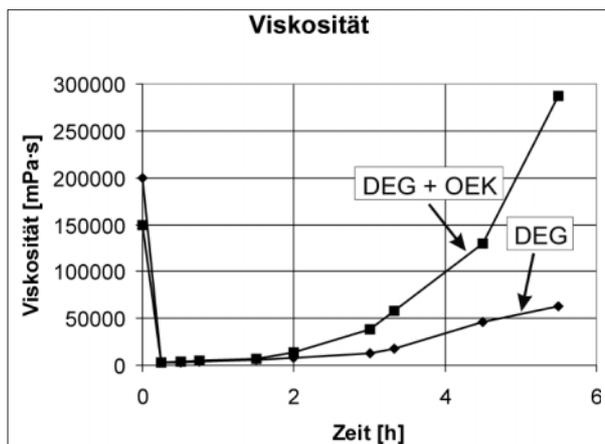


Bild 6: Zeitlicher Verlauf der Viskosität der Reaktionsmischung bei Glykolyse-Experimenten mit unterschiedlichen Glykolyse-Gemischen

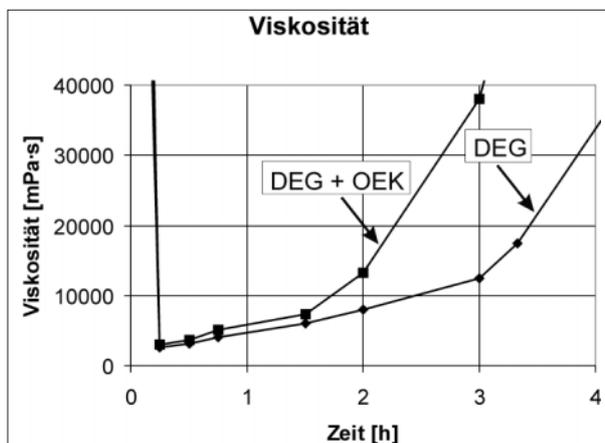


Bild 7: Zeitlicher Verlauf der Viskosität der Reaktionsmischung bei Glykolyse-Experimenten mit unterschiedlichen Glykolyse-Gemischen, Ausschnitt aus Bild 6

Die Reaktion wurde hier jeweils auf eine Ziel-Hydroxylzahl geführt, indem der dafür erforderliche Destillatanteil berechnet und die Reaktion bei Erreichen der Destillatmenge beendet wurden. Die hier angewandten Glykolyse-Gemische und Reaktionsbedingungen ergaben überraschend kurze Reaktionszeiten von 12 bis 40 Minuten. Dieses Ergebnis ist von entscheidender Bedeutung für die Übertragung der Reaktion auf den Mischer-Knetter. Dabei muss jedoch die Hydroxylzahl-Viskositäts-Paarung noch in Richtung auf die Zielparame-ter optimiert werden. Die bisher erhaltenen Ergebnisse bieten dafür die Basis.



Die Säurezahl der Polyole ist ein wichtiger Qualitätsparameter, da die Säuren die Katalyse der Polyurethanreaktion stören. Sie darf nicht größer als 1,5 mg KOH/g sein. Von allen hergestellten Polyolen wurde die Säurezahl bestimmt. Sie liegt immer im Bereich von 0,5 bis 1,5 mg KOH/g und erfüllt damit diese Bedingung.

Bei allen Versuchen wurden die Destillate mit einer Gaschromatographie-Massenspektrometrie-Kopplung analysiert. Als Hauptbestandteil wurde immer Ethylenglykol gefunden, außerdem einige Prozent DEG und Dioxan und geringe Anteile Wasser. Der Anteil an Dioxan nimmt bei langen Reaktionszeiten zu. Die Destillatmenge kann bei bekannter Zusammensetzung als eine Kenngröße zur Charakterisierung des Reaktionsfortschritts genutzt werden.

4.3 Verfahrenstechnische Varianten

4.3.1 Löse- und Reaktionsregime

Zur Erprobung einer Verfahrensvariante, bei der abweichend von der bisher angewandten Arbeitsweise zunächst das PET in OEK gelöst und das Produkt anschließend in der erforderlichen Menge DEG gelöst und umgesetzt wird, wurden die folgenden Versuche ausgeführt:

- a) 1. Lösen von 100 Teilen PET in einer Mischung aus 60 Teilen DEG und 25 Teilen OEK bei 220 °C (30 min),
2. Umsetzen der Lösung bei 250 °C für 4,5 Stunden,
- b) 1. Lösen von 30 Teilen PET in 25 Teilen OEK bei 215 °C (Lösezeit 55 min),
2. Lösen des Produktes aus 1. und weiterer 70 Teile PET in 60 Teilen DEG bei 220 °C (Lösezeit 45 min),
3. Umsetzen der Mischung bei 250 °C für 4,5 Stunden.

Dabei wurden folgende Produktdaten bestimmt:

Vergleich der einstufigen mit einer mehrstufigen Verfahrensweise

	Variante			
	a) Endprodukt	b) nach 1.	b) nach 3 h Umsetzung	b) Endprodukt
$\eta_{25\text{ °C}}$ [mPa·s]	72.000	fest	148.000	73.900
OHZ [mg KOH/g]	255	308	320	249
Säurezahl [mg KOH/g]	1,2	4,1	1,2	1,4

Die mehrstufige Verfahrensweise bietet bezüglich der Verfahrensdauer und der Produkteigenschaften keine Vorteile gegenüber der bisher angewandten einstufigen Verfahrensweise.

4.3.2 Reaktorgeometrie

Der Einfluss der Spaltbreite zwischen den Röhrelementen der Wellen untereinander und der Reaktorwand im kontinuierlichen Reaktor wurde auf der Miniplantanlage mit einer Modellversuchsreihe untersucht, bei der der Spalt zwischen dem Rührerblatt und dem Strombrecher verändert wurde. Die Versuche wurden unter folgenden Reaktionsbedingungen ausgeführt:

Glykolysemischung: 71 Teile DEG, 9 Teile OEK
 Lösetemperatur: 230 °C
 Reaktionstemperatur: 240 °C
 Reaktionsdauer: 4,5 h

Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse:

Einfluss der Reaktorgeometrie auf die Umesterungsreaktion

Spaltbreite [mm]	Spaltlänge [mm]	$v_{\text{LÖ}}$ [h ⁻¹]	Destillatmenge [Teile]	η [mPa·s]	OHZ [mg KOH/g]
16	12	4,62	19	24.400	318
6	12	2,65	11	22.200	351
4	50	< 0,2	7	8740	408

Nach diesen Ergebnissen verlaufen sowohl der Lösevorgang als auch die Umsetzung umso langsamer, je schmaler und länger der Spalt wird. Je mehr die Reaktionsmischung dem Spalt ausweichen kann, da dieser kleiner wird und somit zu klein im Verhältnis zum freien Reaktorvolumen, umso langsamer ist die Umsetzung, da sich so die Durchmischung und mechanische Durcharbeitung des Reaktionsgutes verschlechtert.

4.4 Lagerstabilität der Polyole

Für die Verwendung von APP zur Herstellung von PUR- oder PIR-Schaumstoffen ist eine Lagerfähigkeit von mindestens neun Monaten erforderlich, in denen die Parameter konstant bleiben. Zur Untersuchung der Lagerstabilität werden ausgewählte APP bei unterschiedlichen Bedingungen gelagert, und zwar im Außenbereich, bei 5 °C und bei 30 °C. Von diesen Polyolen wird monatlich die Viskosität gemessen. In den Bildern 8 bis 10 sind die Ergebnisse von drei Beispielen dargestellt. Folgende Glykolyse-Bedingungen wurden bei der Herstellung dieser APP angewandt:

Ausgewählte APP-Beispiele

Nr.	LF-008	LF-016	LF-017
Glykolyse-Gemisch	82 T. DEG	76 T. DEG 32 T. PEG 400	76 T. DEG 32 T. PEG 400 26 T. OEK
Lösetemperatur [°C]	210	220	220
Lösedauer [h]	1,85	2,0	0,78
Reaktionstemperatur [°C]	230	250	250
Hydroxylzahl [mg KOH/g]	379	315	485

Die Viskosität der Polyole steigt bei Lagerung bei 30 °C geringfügig, bei Lagerung im Freien oder bei 5 °C mit unterschiedlicher Geschwindigkeit stark an. Der Viskositätsanstieg wird durch eine fortschreitende Kristallisation der Oligoester verursacht, die in der Reihenfolge der Glykolyse-Formulierungen DEG – DEG/PEG 400 – DEG/PEG 400/OEK nach längerer Lagerung beginnt.

Der Kristallisationsneigung kann demnach durch Verwendung von langkettigen Glykolen bei der Glykolyse begegnet werden. Auch Octandiol (s. o.) hat sich als geeignet erwiesen. Durch Einkondensieren von langkettigen aliphatischen Dicarbonsäuren, z. B. Adipinsäure, wird das gleiche Ergebnis erzielt. [14] [16]

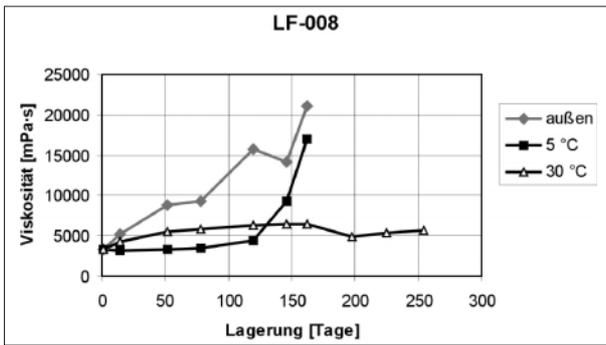


Bild 8. Lagerstabilität eines APP (s. Text)

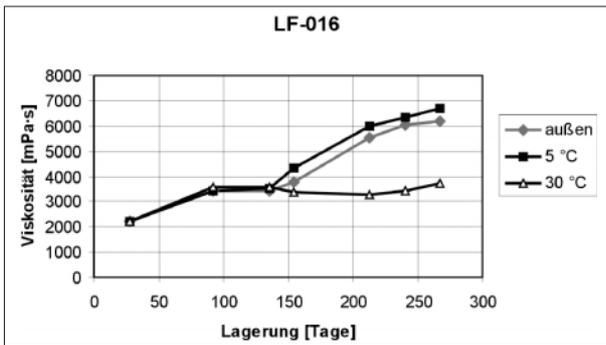


Bild 9. Lagerstabilität eines APP (s. Text)

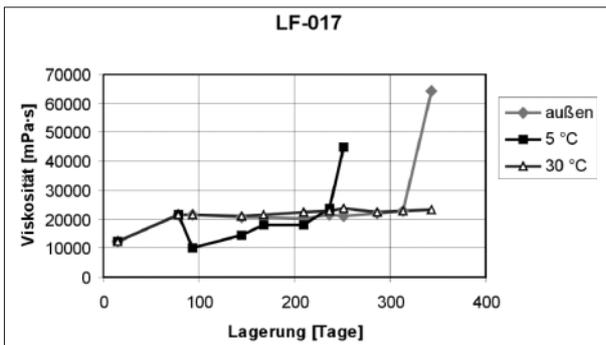


Bild 10. Lagerstabilität eines APP (s. Text)

4.5 Polyurethan-Hartschaumstoffe

Zur Bestimmung der Eignung der hier erhaltenen aromatischen Polyesterpolyole zur Herstellung von Polyurethan- und Polyisocyanurat-Hartschaumstoffen werden Polyolproben ausgewählt, die auf Grund ihrer Parameter, insbesondere der Viskosität, der Hydroxyl- und der Säurezahl, eine gute Verarbeitbarkeit zu einem Hartschaumstoff erwarten lassen, und zu Hartschaumstoffen verschäumt. Einige Beispiele von wassergetriebenen PUR-Hartschaumstoff-Formulierungen zeigt die folgende Tabelle:

Beispiele für PUR-Hartschaumstoffe aus PET-basierten APP

Polyol	1	2	3	4
OHZ [mg KOH/g]	395	323	338	375
SZ [mg KOH/g]	0,8	0,9	1,1	1,0
$\eta_{25\text{ °C}}$ [mPa·s]	4310	5980	2250	4830
Schaumformulierung				
Polyol [g]	44,0	45,0	45,0	50,0
Katalysator 1 [g]	0	0,12	0,13	0,3
Katalysator 2 [g]	0,16	0,12	0,13	0
Stabilisator [g]	0,16	0,09	0,13	0,15

Wasser [g]	1,1	0,7	1,0	1,5
Lupranat® M 20 A [g]	51	45	50	76
Isocyanatindex	89	100	98	114
Rührzeit [s]	10	10	10	10
Startzeit [s]	15	24	22	18
Klebfreizeit [s]	65	50	42	70
Prüfwerte				
Dichte [g/l]	90,2	65,1	110	50,9
Dimensionsstabilität	80 °C: -0,52	80 °C: 0 %	80 °C: 0 %	80 °C: 0 %
				100 °C: -1,5 %
Druckversuch E-Modul [N/mm ²]	-	17,0	30,7	16,1
Druckversuch σ -M [N/mm ²]	0,06	0,707	0,895	0,32
Biegeversuch E-Modul [N/mm ²]	-	18,3	26,1	-
Biegeversuch σ -M [N/mm ²]	-	1,10	1,79	-

Die Beispiele belegen die Eignung der APP zur Herstellung von PUR-Hartschaumstoffen.

4.6 Modellierung

Die mathematische Modellierung der Umesterungsreaktion bezieht sich zunächst auf den diskontinuierlichen Reaktionsablauf der Glykolyse und wurde mit einer Reihe von vereinfachenden Annahmen begonnen:

- homogene ortsunabhängige Reaktion,
- Ausklammerung thermischer und katalytischer Einflüsse,
- keine Berücksichtigung von Nebenreaktionen.

Mit diesen Vereinfachungen wurde als erstes die Glykolyse von sehr kleinen Oligoethylterephthalat-Ketten mit DEG betrachtet.

Dazu wurden zwei Modelle entwickelt: a) das vollständige Modell und b) das Klassenmodell. Die Simulation nach a) bezieht alle Teilreaktionen der Umsetzung ein, während die Simulation nach b) nur Klassen von Reaktionen unterscheidet. Dadurch sinkt die Zahl der Unbekannten auf ein beherrschbares Maß, und die Behandlung der gesamten PET-Umsetzungen wird möglich.

Bevor diese Modellierung ausgeführt wird, soll ein Modellversuch das bisher Erreichte überprüfen. Ist der erste empirische Nachweis erbracht, wird die vollständige Reaktion mittels des Klassenmodells beschrieben. Es wird erwartet, dass sich auf dieser Grundlage Formulierungen und Verfahrensbedingungen optimieren und die Zusammensetzung der Produkte nachvollziehen lassen, so dass die Verfahrenssteuerung mit Hilfe dieses Modells ermöglicht oder mindestens unterstützt wird.

Eine detaillierte Darstellung der Modellierung bleibt einer anderen Veröffentlichung vorbehalten.

4.7 Ableitung der konstruktiven Elemente des Reaktors

Aus den Ergebnissen der hier dargestellten und früheren Untersuchungen zur Glykolyse von Polyethylterephthalat im diskontinuierlichen Verfahren lässt sich nach gegenwärtigem Stand ableiten, dass der kontinuierlich



arbeitende Reaktor in der Basis-Konfiguration zur Durchführung des kontinuierlichen Verfahrens aus folgenden Elementen bestehen muss [17]:

- horizontaler Mischerknetter mit einer Misch- und Lösezone, einer Reaktionszone und einer Nachreaktions- und Aufbereitungszone,
- individuelle Heizung der Zonen bis maximal 250 °C,
- Dosiereinrichtungen für PET, OEK (geschmolzen) und Glykole,
- Schutzgasspülung,
- Destillationskolonne,
- Filtrationsvorrichtung,
- Entgasungsvorrichtung und
- Förder- und Auffangvorrichtung für das Produkt.

Die drei Zonen des kontinuierlichen Reaktors entsprechen der zeitlichen Abfolge der Umsetzung im diskontinuierlichen Betrieb. Eine Filtrationsvorrichtung ist insbesondere bei Einsatz von kontaminierten Abfällen erforderlich, während sie bei Einsatz von Produktionsreststoffen möglicherweise verzichtbar ist. Das Produkt muss von gelösten Gasen befreit werden, da diese eine erhebliche Qualitätsminderung der daraus hergestellten Polyurethane verursachen können. Präzisierungen der Reaktor-Konfiguration werden auf Basis der mathematischen Modellierung vorgenommen. Darüber hinaus sind Einrichtungen zur Steuerung und Überwachung des Reaktors erforderlich. Konstruktion und Bau des Reaktors sind Gegenstand weiterer Teilprojekte des InnoRegio-Vorhabens.

5 Diskussion

Ziel der Untersuchungen zum Löseverhalten von PET war die Ermittlung optimaler Lösegemische und -bedingungen. Aus den ermittelten Daten, die auf der Untersuchung von Lösegemischen mit DEG als Basis-Glykol und dem Zusatz von weiteren Glykolen und/oder OEK beruhen, lassen sich günstige Lösebedingungen ableiten. Beispielsweise durchläuft die Lösegeschwindigkeit bei zunehmender OEK-Konzentration ein Maximum bei etwa 15 % des Lösegemisches, so dass sich Lösezeiten von 10 bis 15 Minuten erreichen lassen, was für den angestrebten kontinuierlichen Prozess ein notwendiges Ergebnis darstellt. Das Lösegemisch muss dabei unter gleichzeitiger Berücksichtigung seiner Funktion als Glykolyse-Gemisch mit den Wirkungen auf Umesterungsgeschwindigkeit und Produkteigenschaften entwickelt werden.

Während der Umesterung von PET in den untersuchten Glykolyse-Gemischen laufen zwei Vorgänge ab, die die wesentlichen Produktparameter Viskosität und Hydroxylzahl in unterschiedlicher Weise beeinflussen, und zwar der Abbau der langen Kettenmoleküle, durch den die Viskosität der Lösung abnimmt, und die destillative Abtrennung der flüchtigen Nebenprodukte, insbesondere Ethylenglykol, andere niedermolekulare Glykole und Dioxan, die zu einer Zunahme der Viskosität und einer Abnahme der Hydroxylzahl der Lösung bzw. des Polyols führt. Durch eine geeignete Wahl der Zusammensetzung

des Glykolyse-Gemisches, der Reaktionstemperatur und der Reaktionsdauer bzw. der Destillatmenge als Abbruchkriterium kann die Reaktion auf Produkteigenschaften geführt werden, die die Zielvorgaben, insbesondere eine geeignete Paarung von Hydroxylzahl und Viskosität, erfüllen. Die Untersuchungen haben in dem gleichen System wie die Untersuchungen zum Löseverhalten mit DEG als Basis-Glykol und dem Zusatz von weiteren Glykolen und/oder OEK eine Palette von APP mit Parametern ergeben, die die Herstellung von APP für eine Vielzahl von Anwendungsfällen erlaubt.

Ein überraschendes und für die Anwendung im kontinuierlichen Verfahren wichtiges Ergebnis ist die Auffindung von Bedingungen, die in der Miniplantanlage zu einer Beendigung der Reaktion in 12 bis 40 Minuten anstelle der bisher üblichen 4 bis 7 oder gar 10 Stunden führen. Damit wird ein wesentlich wirtschaftlicherer Betrieb des kontinuierlichen Reaktors ermöglicht. Die kurzen Reaktionszeiten stellen gleichzeitig einen Vorteil für die Unterdrückung von Nebenreaktionen dar, die bei längerer Dauer an Einfluss gewinnen, z. B. die Bildung von Dioxan aus DEG. Somit wurde ein Reaktionsfenster für die Glykolyse im kontinuierlichen Verfahren gefunden, das auf dem zu entwickelnden kontinuierlichen Reaktor erprobt und präzisiert wird.

Weiterhin sind die Ergebnisse, die den Einfluss der Spaltbreite am Rührer auf die Löse- und die Reaktionsgeschwindigkeit betreffen, und der Vergleich von einstufiger mit mehrstufiger Reaktionsführung für den kontinuierlichen Reaktor von Bedeutung in Bezug auf die Konstruktion der Reaktorelemente.

Insgesamt sind mit der vorliegenden Arbeit systematische Erkenntnisse zum Lösen und Umestern von PET in Glykol-OEK-Mischungen im diskontinuierlichen Verfahren gewonnen worden, die direkt und mit Unterstützung durch eine mathematische Modellierung für eine Übertragung auf einen kontinuierlichen Prozess verwendet werden können.

Danksagung

Die Verfasser danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Unterstützung der hier dargestellten Arbeiten im Rahmen des InnoRegio-Wettbewerbs. Den Firmen Sigmar Mothes Hochdrucktechnik, Berlin, Mettler-Toledo GmbH, Gießen, LIST AG, Arisdorf (Schweiz), CTA Anlagenbau GmbH, Fürstenwalde, und Trevira GmbH, Guben, sei für hilfreiche konstruktive Beratung, kostenlose Materialbereitstellung und Unterstützung herzlich gedankt. Frau Dipl.-Chem Hannelore Huth danken wir für die sorgfältige Anfertigung der zahlreichen Analysen der Polyole, Frau Birgit Werner für die Ausführung zahlreicher Synthesen und Viskositätsmessungen und Herrn Dipl.-Ing. Karl-Heinz Schmidt für die Herstellung und Prüfung von Hartschaumstoff-Proben.



Abkürzungen und Symbole

APP	aromatisches Polyesterpolyol
DEG	Diethylenglykol
DPG	Dipropylenglykol
EG	Ethylenglykol
OEK	Oligoesterkondensat
OHZ	OH-Zahl, Hydroxylzahl (Konzentration an Hydroxylgruppen, Dimension mg KOH/g)
PEG 200	Polyethylenglykol mit einer mittleren Molmasse 200 g/mol
PEG 400	Polyethylenglykol mit einer mittleren Molmasse 400 g/mol
PET	Polyethylenterephthalat
PIR	Polyisocyanurat
PUR	Polyurethan
SZ	Säurezahl (Konzentration an Säuregruppen, Dimension mg KOH/g)
$v_{L\ddot{o}}$	Lösegeschwindigkeit (angegeben in h^{-1} , bezogen auf einen Ansatz in der Miniplantanlage)
$\eta_{25\text{ }^{\circ}\text{C}}$	dynamische Viskosität (im Index Angabe der Messtemperatur)

Anmerkungen/Literatur

- [1] Internetadressen: www.firm-ev.de (FIRM e. V.), www.innoregio.de (InnoRegio-Wettbewerb), www.bmbf.de (Bundesministerium für Bildung und Forschung).
- [2] M.-D. Umbach: Marktstudie. Aromatische Polyesterpolyole (APP), Diplomarbeit, TFH Wildau 2003.
- [3] U. R. Vaidya, V. M. Nadkarni: Polyester polyols from PET waste: effect of glycol type on kinetics of polyesterification, J. Appl. Polym. Sci. 38 (1991), 1197-1190.
- [4] Ch.-H. Chen et al.: Studies of Glycolysis of Poly(ethylene terephthalate) Recycled from Postconsumer Soft-Drink Bottles. I., Journal of Applied Polymer Science, 80 (2001), 943-948; II., loc. cit., 965-962; III., loc. cit. 87 (2003), 2004-2010.
- [5] F. P. La Mantia, M. Vinci: Recycling poly(ethylene terephthalate), Polymer Degradation and Stability 45 (1994), 121-125.
- [6] J. Milgrom: Polyethylene Terephthalate, in: R. J. Ehrig (Hrsg.): Plastics Recycling, Products and Processes, Carl Hanser Verlag, München Wien New York Barcelona 1992.
- [7] T. Spychaj, D. Paszun: New Trends in Chemical Recycling of Poly(ethylene terephthalate), Macromol. Symp. 135 (1998), 137-145.
- [8] W. Reck, Polyole und Verfahren zu deren Herstellung aus PET-Abfällen der PET-Produktion, DE-OS 44 37 043, (17.10.1994/18.04.1996), EP 0 710 686 (04.10.1995/08.05.1996)
- [9] W. Reck: Verfahren zur Herstellung von aromatischen Polyesterpolyolen sowie aromatische Polyesterpolyole, DE-OS 199 63 731 (24.12.1999/05.07.2001).
- [10] R. A. Grigsby: Liquid Terephthalic Ester Polyols, EP 0 154 079 (29.10.1984/11.09.1985).
- [11] R. A. Grigsby, Liquid Terephthalic Ester Polyols and Polyisocyanurate Foams therefrom, US 4,469,824 (18.11.1983/04.09.1984)
- [12] D. L. Peterson: Apparatus and Method for Converting Polyethylene Terephthalate into Polyester Polyols, US 5,981,672 (25.09.1998/09.11.1999).
- [13] D. Peterson: Apparatus and Method for Converting Polyethylene Terephthalate into Polyester Polyols, US 6,048,907 (23.08.1999/11.04.2000).
- [14] G. Behrendt, A. Lobeda, M. Pohl: Verfahren zur Herstellung von Polyesteralkoholen sowie Polyesteralkohole, DE-OS 199 18 650 (16.04.1999/27.01.2000).
- [15] G. Behrendt, M. Pohl: Polyesterpolyole mit niedriger Viskosität, DE-Anm. 199 15 128.8 (16.04.1999).
- [16] G. Behrendt, M. Pohl: Verfahren zur Herstellung von Polyesteralkoholen sowie Polyesteralkohole, PCT/WO 99/54380 (16.04.1999/28.10.1999).
- [17] G. Behrendt, R. Langenstraßen, B. Gebert, H.-D. Hunger: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Recyclat-Polyolen aus Polyestern, DE-Anmeldung 103 13 151.5 (17.03.2003).
- [18] U. R. Vaidya, V. M. Nadkarni: Ind. Eng. Chem. Res. 26 (1987), 194-198.
- [19] Eastman Chemical Products, Inc.: Publication No. N 262 A (1984).
- [20] G. Kielburger: Process (2003) 1, 3.
- [21] In Kooperation mit den Firmen Sigmar Mothes Hochdrucktechnik, Berlin, und Mettler-Toledo GmbH, Gießen.

Autoren

Dr. Rainer Langenstraßen

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Tel. +49 3375 508-502
 E-Mail: rlangens@igw.tfh-wildau.de

Dipl.-Ing. Stanislav Fulev

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Tel. +49 3375 508-406
 E-Mail: ffulev@yahoo.com

Dipl.-Math. Andreas Apel

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Tel. +49 3375 508-163
 E-Mail: aapel@igw.tfh-wildau.de

Dipl.-Ing. Bodo Gebert

FIRM e. V.
 Brückenstraße 4, 15711 Königs Wusterhausen
 E-Mail: pgebert@igw.tfh-wildau.de

Dipl.-Ing. Dieter Lehmann

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Tel. +49 3375 508-384
 E-Mail: dlehmann@igw.tfh-wildau.de

Prof. Dr. Gerhard Behrendt

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Tel. +49 3375 508-591
 E-Mail: behrendt@vt.tfh-wildau.de



Interkulturelles Management – lehren, trainieren, evaluieren. Ein Seminar für interkulturelle Trainer am Institut für Interkulturelle Kommunikation

Olga Rösch

„Der Mensch hat dreierlei Wege klug zu handeln: erstens durch Nachdenken – das ist der edelste, zweitens durch Nachahmen, Nachlesen – das ist der leichteste und drittens durch Erfahrung – das ist der bitterste.“
Konfuzius, 5. Jh. v. Chr.

Die alte Weisheit aus dem fernen Osten, stimmig und bedächtig, assoziiert man zunächst kaum mit dem betriebsamen Geschäftsalltag. Der zweite Blick auf das Zitat vergegenwärtigt schon mehr die Aktualität der Sentenz: Denn es geht hier um die kognitiven und affektiven Wege des Lernens und des entsprechenden Handelns. Und damit haben wir in unserem Berufsleben permanent zu tun. Infolge der Internationalisierungs- und Globalisierungsprozesse ist die Zusammenarbeit mit Menschen verschiedener kultureller Prägungen zum Geschäftsalltag geworden. Das bedeutet erst recht ein ständiges und zugleich interkulturelles Lernen. In dieser Gedankenkette ist der fernöstliche Weisheitsspruch im Kontext der interkulturellen Kommunikation heute aktueller denn je. An bitteren Erfahrungen im Geschäftsbereich hat es in der Globalisierungsgeschichte nicht gemangelt. Führungskräfte zahlreicher Unternehmen können darüber berichten.

Aus diesen Erkenntnissen heraus entwickelte sich im Laufe der letzten Jahrzehnte das Bewusstsein für die Notwendigkeit des Wissens um die Fragen der interkulturellen Kommunikation und einer entsprechenden Qualifizierung für Fach- und Führungskräfte. Wir sprechen hier von der interkulturellen Handlungskompetenz als einer überfachlichen Schlüsselqualifikation. Ihr wird im Berufsleben immer mehr Bedeutung beigemessen, und dies aus zahlreichen Gründen:

1. Die **Globalisierung** der Wirtschaft hat einen dramatischen Wettbewerb ausgelöst.
2. Die internationalen wirtschaftlichen **Verflechtungen** nehmen weiter zu.
3. Die **Qualitätsanforderungen** an die internationale Zusammenarbeit in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik steigen.
4. Immer mehr internationale **Gemeinschaftsunternehmen** werden gegründet.
5. Eine große Zahl von ihnen (ca. 70 %) erfüllt aufgrund mangelnder interkultureller Kompetenz nicht die in sie gesetzten **Erwartungen** und verursacht zusätzliche **Kosten**.
6. Die Anzahl multikulturell zusammengesetzter **Teams** nimmt zu.
7. Der **Ausschöpfungsgrad** der vorhandenen Leistungspotenziale kann dank interkultureller Kompetenz erhöht werden (z. B. durch Konfliktmanagement).

8. Die hohe **Abbrecherquoten** von bis zu 50 % der Expatriats müssen vermieden werden.
9. Die Ansprüche **ausländischer Kunden** an Produktqualität und Serviceleistung steigen.
10. Der **kulturäquivalente Umgang** mit Mitarbeitern und Kunden bringt einen Wettbewerbsvorteil.
11. Immer mehr Unternehmen beschäftigen immer mehr **ausländische Mitarbeiter** auf allen Hierarchieebenen im In- und Ausland.
12. Die interkulturelle Zusammenarbeit **im eigenen Land** wird in quantitativer und qualitativer Hinsicht zunehmen (Stichworte sind: Migration, geplante Zuwanderung, Integration etc.).
13. Europa entwickelt sich zu einer Zuwanderungsregion und Deutschland zu einem der **europäischen Zuwanderungszentren** [1].

Die neue wirtschaftliche Situation führte dazu, dass sich weltweit neue Forschungsbereiche und Lehrgebiete entwickelten, die unter dem Oberbegriff Interkulturelle Kommunikation mehrere inhaltliche Teilbereiche in sich vereinen. Auch ein neuer Beruf – Interkultureller Trainer – mit einer international organisierten Berufsvereinigung (SIETAR) entstand. SIETAR (Society for Intercultural Education, Training and Research) wurde 1974 in den USA ins Leben gerufen. Aufgrund eines großen Zuspruchs seitens der im Bereich der Interkulturellen Kommunikation international tätigen Fachleute entstanden 1991 auch SIETAR Europa Groups. Dem größten interdisziplinären Global-Netzwerk mit mehr als 3.000 Mitgliedern gehören inzwischen z. B. auch SIETAR Asia Groups an.

1994 wurde SIETAR Deutschland e.V. als ein Teil dieses weltweiten Netzwerkes gegründet. Der Verein bietet ein Forum für alle, die in Berufen mit kulturübergreifenden Aufgabenstellungen tätig sind, und fördert den Austausch zwischen Wissenschaft und Praxis sowie die interdisziplinäre Zusammenarbeit (siehe www.sietar-deutschland.de). Seit 1999 sind mehrere SIETAR Regional- und Lokalgruppen als Organisationsstrukturen tätig. Mit Unterstützung der Regionalgruppe Berlin-Brandenburg der SIETAR Deutschland e.V. werden die Mitglieder aus der Region regelmäßig zu Seminaren für interkulturelle Trainer und anderen Veranstaltungen am Institut für Interkulturelle Kommunikation des TWZ an der TFH Wildau e.V. eingeladen.

Mit dem Seminar „Qualifizierung interkultureller Trainings“ im November 2003, dem zweiten in der neuen Veranstaltungsreihe „Kolloquien und Seminare für interkulturelle Trainer“ des Instituts für Interkulturelle Kom-



munikation, wurde die Weiterbildung für Trainer („Train the Trainer“) erfolgreich fortgesetzt. Zu den 32 Teilnehmern zählten neben den freiberuflich tätigen Trainern auch viele Hochschuldozenten bzw. Wissenschaftler aus mehreren deutschen Universitäten.

Als Referent konnte der renommierte Wissenschaftler Prof. Dr. Alexander Thomas, Leiter der Abteilung für Sozial- und Organisationspsychologie an der Universität Regensburg, gewonnen werden. Alexander Thomas ist Autor zahlreicher Publikationen zum Thema interkulturelles Management [2]. Er entwickelte in Deutschland u. a. den Forschungsschwerpunkt kulturvergleichende Psychologie [3] und führt Arbeiten zu Themen wie Psychologie interkulturellen Handelns, Trainings- und Evaluationsforschung, Fragen der interkulturellen Handlungskompetenz u. a. durch.

Die Schwerpunkte des Seminars in Wildau waren

- Aktueller Stand der interkulturellen Trainingspraxis,
- Entwicklung und Qualifizierung interkultureller Trainings im Zuge der Globalisierung,
- Diskussion des handlungs- und lerntheoretischen Konzepts interkultureller Kompetenz,
- Trainings als Teil der Kompetenzentwicklung für die Praxis.

Für den Ausbau interkultureller Managementkompetenz sind im Laufe der Jahre je nach Bedarf mehrere Typen von Trainings [4] entwickelt worden. Um ein interkulturelles Training mit einem optimalen Ergebnis für die Zielgruppe durchzuführen, müssen bei der jeweiligen Konzeption mehrere Aspekte berücksichtigt werden. Vor allem geht es dabei um die Entwicklung der Reflexionsfähigkeit der Teilnehmer in Bezug auf ihre eigene Kultur, um gute Kenntnisse der Kultur des Ziellandes, die Einbeziehung von wissenschaftlichen Erkenntnissen aus der kulturvergleichenden und interkulturellen Forschung, die Berücksichtigung von allgemeinen und spezifischen Anforderungskomplexen an ein effektives Management (z. B. Bewältigung von Konfliktsituationen u. ä.) und – aus diesen Anforderungen heraus – die Festlegung der Trainingsziele. Im Folgenden sind die Bedingungen für interkulturelle Handlungstrainings in einer Übersicht dargestellt.

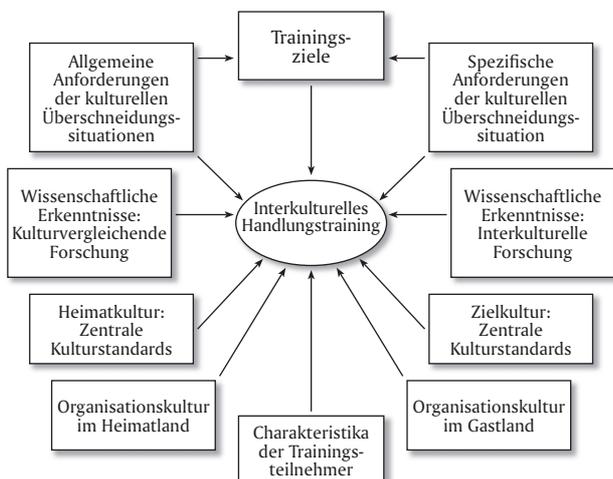


Abbildung nach A. Thomas/K. Hagemann/S. Stumpf, 2003:247 [5]

Die wissenschaftlich fundierten Ausführungen von Alexander Thomas, seine vielfältigen Erfahrungen aus diversen Trainings, ein methodisch-didaktisch durchdachter Aufbau der zu vermittelnden Inhalte, lebhaft Fachdiskussionen und nicht zuletzt die souveräne Art des Referenten machten den Tag für die Teilnehmer aus allen Teilen Deutschlands zu einem Gewinn. Das Seminar „Qualifizierung interkultureller Trainings“ bot viel Stoff zum Nachdenken, es gab aktuelle Literaturtipps zum Weiterlesen, einige Vorgehensweisen, die es wert sind, zum Vorbild genommen zu werden, und vor allem hörte man Erfahrungsberichte, aus denen schon etwas übernommen werden könnte, um sich die eigenen, vielleicht auch „bitteren“ Erfahrungen zu ersparen.

Anmerkungen/Literatur

- [1] In Anlehnung an Seminarunterlagen von Alexander Thomas: „Qualifizierung interkultureller Trainings“, November 2003 an der TFH Wildau.
- [2] vgl. z. B. Alexander Thomas/Eva-Ulrike Kinast/Sylvia Schroll-Machl (Hrsg.): Handbuch Interkulturelle Kommunikation und Kooperation, Bd. 1 und 2, Göttingen 2003.
- [3] vgl. z. B. Alexander Thomas: Psychologie interkulturellen Handelns, Göttingen 1996; A. Thomas: Kulturvergleichende Psychologie – Eine Einführung, Göttingen 1993.
- [4] vgl. dazu Olga Rösch: „Personalentwicklung im Kontext der Interkulturellen Kommunikation“, in: Wissenschaftliche Beiträge der TFH Wildau, 2003, S. 78-83.
- [5] Alexander Thomas/Katja Hagemann/Siegfried Stumpf: „Training interkultureller Kompetenz“, in: Niels Bergemann/Andreas L. J. Sourisseaux (Hrsg.): Interkulturelles Management, Berlin/Heidelberg/New York 2003, S. 237-272.

Autorin

Prof. Dr. Olga Rösch

Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Leiterin des Instituts für Interkulturelle Kommunikation
 des TWZ an der TFH Wildau e. V.
 Tel. +49 3375 508-367
 E-mail: roesch@sprz.tfh-wildau.de



IT-Didaktik: Selbstorganisiertes Lernen in der IT-Ausbildung und eLearning

Margit Scholl

Zusammenfassung

Die Fähigkeit der Selbstorganisation eines lebensbegleitenden Lernens wird immer entscheidender für die Mitarbeiter von Unternehmen und modernen Verwaltungen. Eine Kompetenz, die ebenso im Prozess des eLearnings unabdingbar ist. Daher muss die (Fach-)Hochschulausbildung im IT-Bereich den veränderten Bedingungen angepasst werden, so dass praxisorientiert an aktuellen, komplexen Themen zunehmend selbstorganisiert gelehrt und gelernt werden kann. Mit der Unterrichtsmethode des selbstorganisierten Lernens (SOL) sollte es im Hochschulbereich gezielter als bislang gelingen, Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz zur Handlungskompetenz unserer Absolventen zu verschmelzen. Die Rolle der Lehrenden geht über in die von Moderatoren, Beratern und Unterstützern der individuellen und kooperativen Lernprozesse. Die Qualität der Qualifizierung unserer Absolventen als spätere Mitarbeiter von Wirtschaftsunternehmen oder öffentlicher Verwaltungen wird in einer „passgenaueren“ Qualifizierung mit verantwortungsbewusster Fähigkeit zur Selbstorganisation bei beruflichen Herausforderungen münden. Dieser Beitrag fasst den Lehr- und Forschungsgegenstand der Autorin zum Selbstorganisierten Lernen unter grundsätzlichen Aspekten zusammen und bildet somit die „Langfassung“ bisheriger Präsentationen und Vorträge zum Thema. Mit Blick auf eine Integration von SOL und eLearning werden am Ende des Artikels derzeitige Anforderungen an eLearning-Systeme aus der Sicht des selbstorganisierten Lernens zusammengefasst.

1 Motivation

Veränderungen in der modernen Berufs- und Arbeitswelt und damit im gesamten Umfeld der Hochschulausbildung geben Anlass, das Lehren und Lernen neu zu überdenken. Das angestrebte selbstorganisierte Lernen (SOL), das im weiteren Verlauf des Beitrags noch eingehend behandelt wird, ist dabei nicht zu verwechseln mit einem gänzlich selbstbestimmten Lernen der Lernenden. Vielmehr wird nach Herold und Landherr [1] angestrebt, den Vorgaben der Lehrenden entsprechend, die Strukturierung des Lernprozesses während der Unterrichtszeit durch die Lernenden selbst in den Mittelpunkt zu stellen. Dieses Konzept der beiden Studiendirektoren wurde von der Autorin in den vergangenen Semestern in ausgewählten Anwendungsfeldern der IT-Ausbildung am Fachbereich Wirtschaft, Verwaltung und Recht (FB WVR) der Technischen Fachhochschule Wildau (TFHW) adaptiert und mit Studierenden der beiden Studiengänge „Verwaltung und

Recht“ (VR) und „Wirtschaft und Recht“ (WR) erprobt, deren Hintergrund die öffentliche Verwaltung und die verwaltungs- bzw. dienstleistungsorientierte Wirtschaft bilden.

Brandenburg war das erste Bundesland der Bundesrepublik Deutschland, das seine ursprünglich interne Ausbildung für den gehobenen nichttechnischen öffentlichen Dienst bereits 1997 externalisierte und als eigenständige, modernisierte Studiengänge an der TFHW etablierte.

Öffentliche Verwaltung und dienstleistungsorientierte Wirtschaft sind die Informationsverarbeiter per se. Deshalb bleibt der Einsatz der Informationstechnik auch in unseren Studiengängen WR und VR weiterhin und vermehrt von großer Bedeutung, selbst wenn einige Studierende die entscheidende Bedeutung der modernen Medien für ihr späteres Arbeitsleben anfangs nicht im vollen Umfang erkennen. Aktuelle IT-Aktivitäten werden im Umfeld von WR und VR derzeit unter dem Schlagwort „eGovernment“ bzw. „eGovernance“ geführt, sei es im Zuge der Verwaltungsmodernisierung oder sei es durch diverse aktuelle Online-Projekte von Bund, Ländern und Kommunen, in denen in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft beispielsweise Internetportale aufgebaut, Verfahren unter Nutzung der digitalen Signatur getestet und mögliche Abwicklungen von Geschäfts- bzw. Verwaltungsprozessen verfolgt werden. Darüber hinaus verweist eine aktuelle eGovernment-Studie des Institute of Electronic Business (IEB) [2] auf einen für unsere Studiengänge interessanten Aspekt beim Aufbau von Portalen der öffentlichen Verwaltung: „Die von den Unternehmen geäußerten Wünsche bezogen sich zu 14,7 % auf Angebote rund um das Thema Recht. Es sollte ein Informationsportal für Gesetze, Verordnungen und Richtlinien geben, das mit einer intelligenten Suchsoftware das leichte Auffinden von Inhalten mit Agenten ... ermöglicht.“ Dieser Gegenstandsbereich wird für unsere zukünftigen Verwaltungswirte und Wirtschaftsjuristen somit von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein. Die zunehmend praktische Verquickung von Recht und Informatik sollte sich verstärkt in der Ausbildung moderner Studiengänge widerspiegeln, wozu allerdings besondere Rahmenbedingungen notwendig sind.

Veränderungsprozesse der Berufs- und Arbeitswelt sind immer auch mit Lernprozessen verbunden, die zunehmend zum lebensbegleitenden Lernen werden. Alternative Lernwege vor allem auf elektronischem Wege sollen helfen, individuellen Schulungs- und Beratungsbedarf unabhängig vom Ort zeitnah abzudecken und darüber die Qualität der Qualifizierung zu verbessern. Doch der ursprünglichen Euphorie für eLearning folgte die



Ernüchterung. Denn zum Anforderungskatalog für das eLearning gehören zweifelsfrei auch ausreichende Selbstorganisations- und Medienkompetenz der Lernenden, so dass die Verbindung mit der Frage geschlossen werden kann, welche Erkenntnisse aus dem selbstorganisierten Lernen für eLearning gezogen werden können.

1.1 Ausgangslage

Angesichts des Schocks, den das dürftige deutsche Abschneiden in der „Pisa-Studie“ auslöste, greift nicht nur die Bundesregierung nach dem vermeintlich rettenden Strohalm IT. Auch rund 70 Prozent der deutschen eLearning-Anbieter rechnen mit guten bis sehr guten Zukunftsaussichten für das computergestützte Lernen [3]. Ein Makel des eLearnings ist dabei nicht nur das Fehlen einer allgemein verbindlichen Definition, was denn nun eLearning eigentlich sein soll, sondern auch der Umstand, dass sich die Diskussionen zu wenig um die Akzeptanz, um Lernerfolge und Methodeneffizienz drehen [4]. Bislang hat man sich auch infolge entsprechender Förderpolitik beim eLearning zu sehr auf das „e“, also auf den Technikeinsatz und die Infrastruktur, konzentriert. Insofern verwundern Ergebnisse weiterer Studien nicht, wonach eLearning bislang nur einen Randbereich der Qualifizierungsmaßnahmen in deutschen Großunternehmen abdeckt und die Lernkultur von den bekannten Verfahren aus Schule, Universität und anderen Bildungseinrichtungen geprägt ist [5], so dass Medien- und Kommunikationstechnologien nur verhalten zum Tragen kommen.

Bleiben wir kurz bei der Lernkultur an Hochschulen. Wie Kollege Geupel treffend beschreibt [6], blieb die Vorlesung als eine von wenigen Veranstaltungen jahrhundertlang unverändert und ist zudem eine für Studierende recht passive Veranstaltung. Kollegen seien oft enttäuscht über die Prüfungsergebnisse und die Studierenden klagten, dass sie viel Gelerntes bald wieder vergessen. Die Industrie vermisse bei den Absolventen Selbstständigkeit, methodisches Vorgehen und Sozialkompetenz. Es stellt sich somit die Frage, wie Wissen langfristig verankert und in Können überführt werden kann?

Verweilen wir kurz bei den Defiziten der Absolventen. Eine Umfrage in 800 Unternehmen [7] ergab aus Sicht deutscher Unternehmer für Schulabsolventen u. a. die folgenden Defizite: Bei 41,4 % wurde das selbstständige Lernen, bei 39,5 % das Verantwortungsbewusstsein und bei 35,9 % das planvolle Arbeiten vermisst. Diese deutlichen Defizite im selbstständigen Lernen und in der Übernahme von Verantwortung sind bemerkenswert – kaum jeder zweite Schulabsolvent wird den Erwartungen der Wirtschaft gerecht. Es stellt sich ebenso die Frage, ob die Schulabsolventen den Erwartungen der Hochschulen bzw. ob unsere Hochschulabsolventen den Erwartungen ihrer zukünftigen Arbeitgeber entsprechen? Der Unternehmensumfrage zufolge wurden nur 11,7 % der Schulabsolventen eine mangelnde Teamfähigkeit bescheinigt – hier scheint schulische Gruppenarbeit für den beruflichen Einsatz zu fruchten. Die Autorin vermutet jedoch aus ihren vielfältigen Projektmanagementenerfahrungen, dass bei ernsthaftem Hinterfragen dieses Prozentwertes sich

herausstellen dürfte, dass hier bestenfalls die Arbeit in Gruppen, wenn nicht gar nur koordinierte Einzelarbeit gemeint ist, denn konkrete Teamfähigkeit hängt auch vom Anspruch ab, entsprechend der in Abb. 1 dargestellten Entwicklungsstufen der Teamentwicklung: Der Fähigkeit zum individuellen Arbeiten folgen die koordinierte Einzelarbeit und die Arbeit in Gruppen; erst danach kann von Arbeit in Teams oder gar von Arbeit in sich selbst steuernden Teams gesprochen werden. SOL stellt mit dem Ziel, sich selbst steuernde Teams zu entwickeln, daher höchste Ansprüche an die Lernenden. Das derzeit oft praktizierte eLearning kommt dagegen selten über die ersten Stufen der Teamentwicklung hinaus, ist oft gar nur ein eBook statt ein eLearning. Denken wir aber an die Abhängigkeit der Lernfähigkeit vom Alter [8], die besonders hoch ist für Altersgruppen von 20 bis 28 Jahren mit einem Maximum bei ca. 23 Jahren, so ist das in etwa die vorherrschende Altersspanne unserer Studierenden. D. h. gerade die Hochschulen haben hinsichtlich der Lernfähigkeit ihrer Klientel gute Voraussetzungen, Lernerfolge unter Nutzung neuer Medien und moderner Methoden zu erzielen und dauerhaft zu festigen.

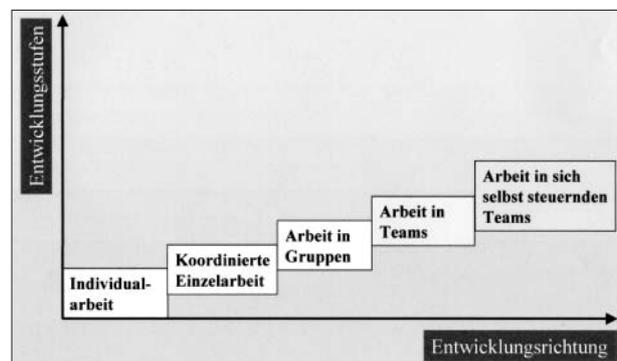


Abb. 1: Teamentwicklung dargestellt nach Diethelm, Projektmanagement, Bd. 1 Grundlagen, Verlag Neue Wirtschafts-Briefe, Herne/Berlin, 2000.

1.2 Ausbildungsziele

Aus der skizzierten Ausgangslage kann abgeleitet werden, dass vielen Studierenden das Lernen zum lebensbegleitenden Lernen und die verstärkte Entwicklung der Selbstlernfähigkeit erst vermittelt werden, und dass dazu die Professoren weit mehr als nur ihre fachliche Kompetenz einbringen müssen.

Traditionelle Ausbildungsziele trainieren vorgegebene Arbeitsfolgen sowie Problemlösungsmuster und kontrollierten diese in den Abschlussprüfungen. Nun kommt im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien das Problem hinzu, dass „Wissen“ bekanntermaßen eine „Halbwertszeit“ von ca. drei Jahren hat, d. h. dass Faktenwissen, welches am Anfang der Ausbildung vermittelt wurde, kurz nach der Ausbildung obsolet sein kann. Dieses Problem trifft die in den Berufsalltag drängenden Hochschulabsolventen gleichermaßen wie die einstellenden Unternehmungen, Institutionen oder öffentlichen Verwaltungen. Was müssen Studierende in den unterschiedlichen Studiengängen gegenwärtig überhaupt lernen, um später im innovativen IT-Markt ihrer Branche zu bestehen? So sind es doch beispielsweise die Absolventen unserer Studiengänge WR und VR, die moderne Entwicklungen wie



„eGovernment“ mit Leben ausfüllen und nutzen, aber auch aus fachlicher Sicht weiter entwickeln sollen. Fähigkeiten und Methodenkenntnisse sind hier vermutlich gleichrangig zu Faktenwissen und Fertigkeiten gefragt.

1.3 Problemfelder

Weitere Hintergründe, weshalb man sich mit SOL beschäftigen sollte, bilden allgemein bekannte Untersuchungsergebnisse über die Wechselwirkung zwischen Medieneinsatz und menschlichem Behalten, wonach gemeinsames Sehen und Hören sowie das eigene Tun entscheidende Kriterien für das Lernen und Behalten darstellen. Das, was der Lehrende sagt, wird vom Lernenden weder zwingend gehört noch verstanden. Darüber hinaus hat jeder Mensch seine eigenen Lernpräferenzen und seine bevorzugten Lernkanäle, so dass Lernende gerne in die Lerntypen visueller, auditiver, haptischer und logischer Typ eingeteilt werden [9]. Und je nach Lerntyp wären hinsichtlich notwendiger Qualifizierungsmaßnahmen unterschiedliche Lernwege zu definieren: Ist für den einen ein Seminar zu empfehlen, mag es für den anderen die Nutzung eines Lernprogramms sein. In der Methode SOL wechseln daher unterschiedliche Lernformen in der so genannten „Sandwichstruktur“ miteinander ab und es sollen verschiedenartige Medien zur Stoffvermittlung zum Einsatz kommen.

1.4 Lernforschung

Die Ergebnisse der Lernforschung können wie folgt zusammengefasst werden [10]:

- Organisieren Sie den Lernprozess so, dass sich Ihre Lerner viele Erfolgserlebnisse verschaffen können. Schaffen Sie zu Beginn des Lehr-Lernprozesses unterschiedliche positive Motivationen.
- Bringen Sie Ihre Lerner in eine handelnde Auseinandersetzung mit dem Lernstoff.
- Gliedern Sie den Lernstoff in Lernschritte.
- Knüpfen Sie immer an bereits bekannte Informationen an.
- Visualisieren Sie Lernstoffe durch Bilder und Grafiken.
- Sprechen Sie beim Lernen möglichst viele Sinne an!



- Im Unterricht sollten kurze Intervalle intensiver Informationsvermittlung mit Übungen und kurzen Pausen wechseln.

Diese Ergebnisse der Lernforschung sind ebenfalls entscheidende Gründe, SOL als Unterrichtsmethode einzuführen, und sie sollten auch bei der Durchführung von SOL beachtet werden.

2 Selbstorganisiertes Lernen (SOL)

Nach Galileo Galilei kann man einem Menschen nichts lehren, man kann ihm nur helfen, es in sich selbst zu

entdecken. Auf Grund der in heutiger Zeit üblichen „Massenausbildung“ an unseren Hochschulen, deren bekannte Problemfelder von überfüllten Räumen bis zu erhöhten Abbrecherquoten reichen können, scheint es gerechtfertigt zu sein, dieses „helfen, es in sich selbst zu entdecken“ bewusster als bislang anzugehen, zumal hinsichtlich der Stoffvermittlung die Fragestellungen immer komplexer und interdisziplinärer werden. Mit SOL wird angestrebt, dass die Strukturierung des Lernprozesses während der Unterrichtszeit durch die Lernenden selbst im Mittelpunkt steht.

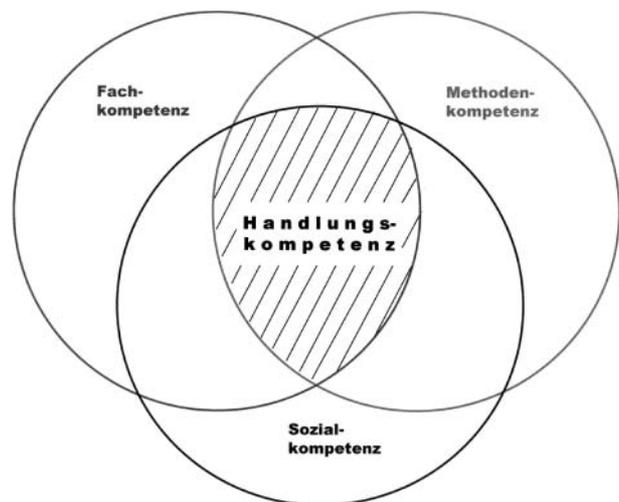


Abb. 2: Entstehen von Handlungskompetenz als Schnittmenge

Wie in der Abb. 2 dargestellt, soll es mit der Unterrichtsmethode selbstorganisierten Lernens auch in der Hochschulausbildung gezielter als bislang gelingen, Fach-, Methoden- und Sozialkompetenz zur Handlungskompetenz unserer Absolventen zu verbinden. Mit SOL sollen Ausbildung und Qualifizierung den Gegebenheiten so angepasst werden, dass die Lernenden mit den spezifischen Anforderungen und Veränderungen der Berufswelt umzugehen lernen und die notwendigen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden vermittelt bekommen, die sie befähigen, Aufgaben und Probleme ihres späteren beruflichen Handlungsfeldes zielgerichtet, eigenverantwortlich und kompetent zu lösen. Die Zielsetzung von SOL ist somit, verstärkt die Handlungskompetenz der Lernenden (in unserem Fall: der Studierenden) zu entwickeln.

2.1 Was ist SOL?

SOL bezieht sich ausschließlich auf den Lernprozess und will neben den fachlichen Inhalten, auch Methoden zur Entwicklung der Selbstlern- und Handlungskompetenz vermitteln. Die Gesamtverantwortung für das Unterrichtsarrangement liegt nach wie vor beim Dozenten, der entsprechend der Döringschen „Kompetenzwanne“ [11], bestehend aus sozialer Kompetenz und Führung sowie organisatorischer, fachlicher, didaktischer und personaler Kompetenz, seine Potenziale in die Vorbereitung und Durchführung einbringt.

Aus Sicht von SOL verliert der Lehrende aber die traditionelle Rolle des Wissensmonopolisten, der linear strukturiertes Wissen auf Vorrat zur Verfügung stellt – er wird



Lernberater, der die Lernenden als Lerntypen fördert und unterstützt, den kooperativen Lernprozess mit Materialien entsprechend dem gültigen Curriculum vorbereitet und begleitet. Die Lernenden arbeiten abwechselnd individuell und in Teams. Jedes Teammitglied ist für die effektive Arbeit der Gruppe und für die Qualität des Gruppenergebnisses verantwortlich. Spezielle Verantwortungen können in der Gruppe von den Lernenden vereinbart werden. Die Teamleitung beispielsweise moderiert in der gesamten Arbeitsphase, ist für die Arbeitsfähigkeit der Gruppe und für die Dokumentation in Form eines Prozessberichts verantwortlich. Stoffvermittlung, Unterrichtsdurchführung und Lernen werden zum Prozess, der Erkenntnisse der Lernforschung und Teamentwicklung berücksichtigen sollte und die Dozenten nicht aus der Verantwortung lässt.

Nach Herold und Landherr [12] wird das Ideal des selbstbestimmten Lernens im Rahmen der Unterrichtsmethode SOL nicht angestrebt. Vielmehr werden die Lernenden konkret begrenzt, da sie weder die Lerninhalte noch das Lerntempo gänzlich frei bestimmen können und Lehrende nur zu bestimmten Zeiten zur Verfügung stehen, Lernmittel begrenzt sind, räumliche Engpässe das Bedürfnis nach Ruhe und Konzentration einschränken und klare Vorgaben vom Dozenten als Regeln zu beachten sind. Ein eLearning-System könnte natürlich diese Lücke zwischen selbstorganisiertem und selbstbestimmtem Lernen zu einem gewissen Teil schließen helfen.

2.2 Wie geht SOL?

Im Rahmen der Unterrichtsmethode SOL wird nach Herold und Landherr der Lernprozess bewusst als Wechsel zwischen individuellen und kollektiven Lernphasen methodisch geübt und organisatorisch berücksichtigt. Dieser für ein gutes Lernergebnis erforderliche Wechsel wird als „Sandwicharchitektur“ [13] bezeichnet; die eigentliche Wissensvermittlung wird durch das „Gruppenpuzzle“ [14] (engl.: jigsaw) organisiert. Die Vorbereitung für diese Form des Lehrens und Lernens, insbesondere unter Berücksichtigung der verschiedenen Lerntypen, unterscheidet sich wesentlich von der einer traditionellen Vorlesung, selbst in ihrer seminaristischen Variante. Da weder Lehrende noch Lernende anfangs mit den erforderlichen Methoden vertraut sind, müssen diese erst sukzessive erworben werden. Es handelt sich somit um einen kontinuierlichen Prozess, sowohl methodisch als auch inhaltlich. Erste Schritte in Richtung SOL erfordern konsequente Hilfestellung in vielerlei Hinsicht:

- klare und überschaubare Organisationsstrukturen;
- gute Lernmaterialien und Medien sowie detaillierte Arbeitsaufträge, die Ziele und Inhalte transparent machen;
- weitere Unterstützung durch die/den Lehrende(n) hinsichtlich der Methoden für kooperatives Lernen und der Gruppenprozesse.

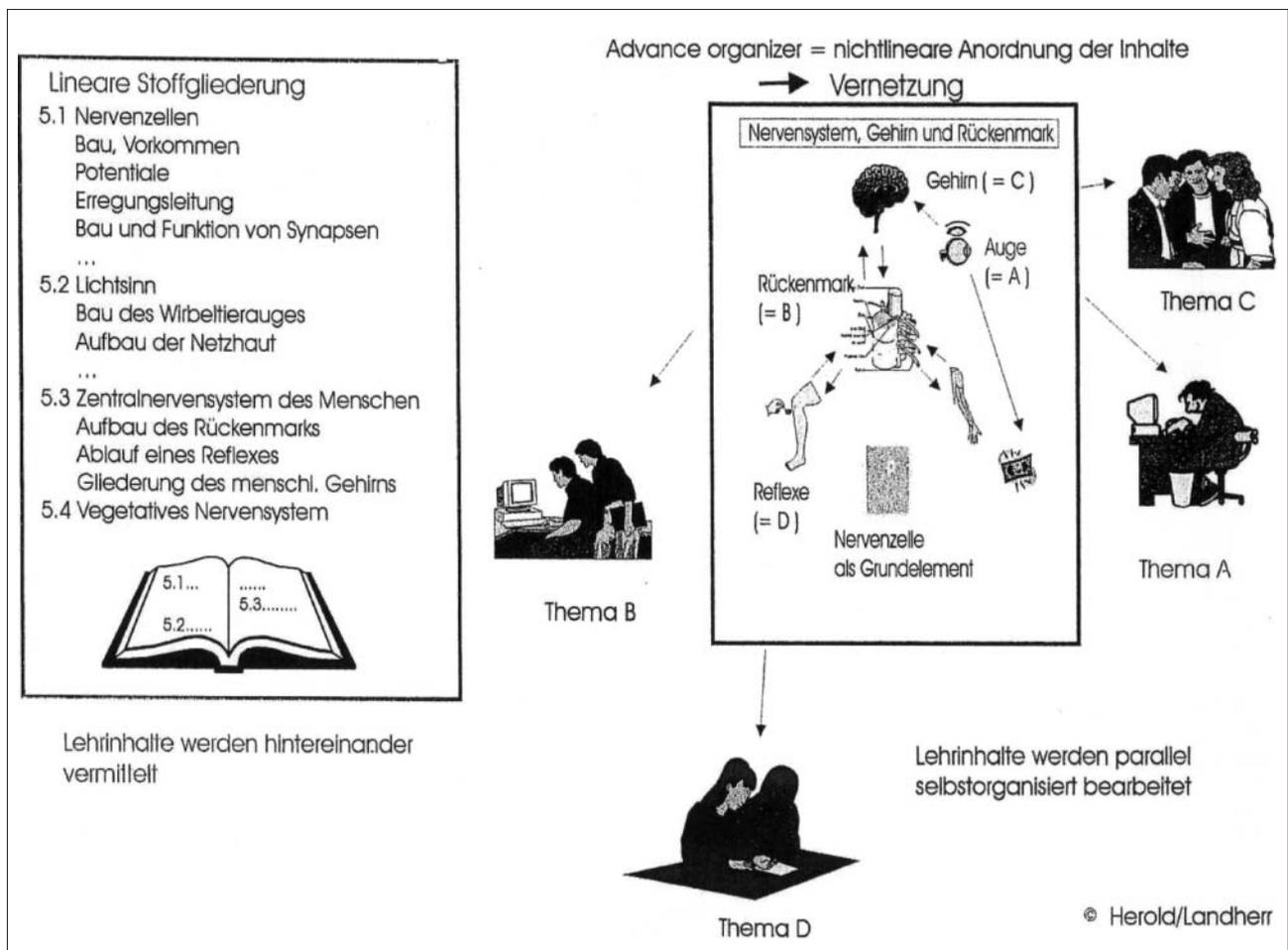


Abb. 3: Advance Organizer (aus Herold und Landherr, a.a.O.)

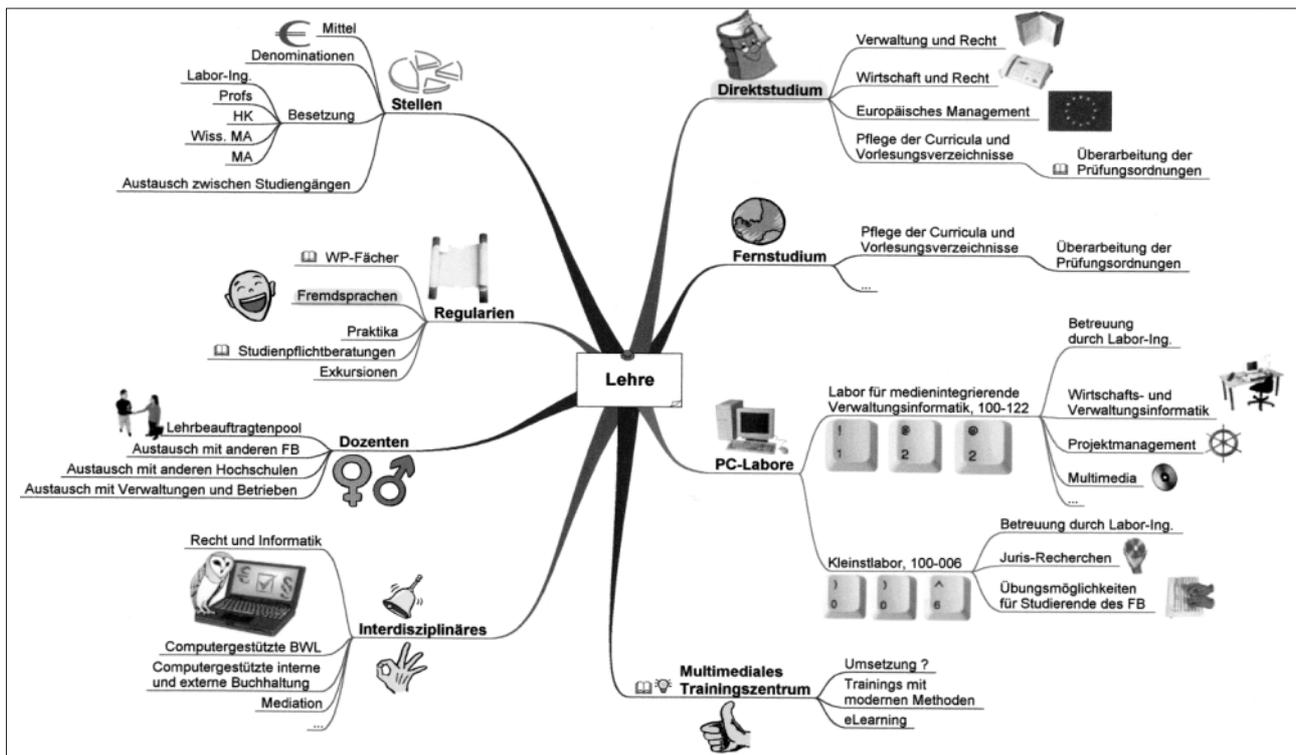


Abb. 4: Aspekte der Lehre am FB WVR als elektronische Mindmap.

2.2.1 Landkarten im Gehirn und Advanced Organizer (Themenlandkarten)

Die grundlegende Frage ist, wie Wissen gespeichert wird. Rinke [15] führt aus, dass die beiden Neurochirurgen Penfield und Boldrey bereits im Jahr 1937 unser Gedächtnis als Landkarte beschrieben, auf der all unser Wissen abgebildet ist. Ebenso wie es im Gehirn eine Karte für den Körper, also den Tastsinn gibt, existieren modulartig weitere Karten im Gehirn: visuelle Karten zur Abbildung von Bildern, Farben, Bewegung, olfaktorische Karten für den Geruchssinn, gustatorische Karten für den Geschmack, akustische Karten für Geräusche, Laute, Frequenzen bis hin zu semantischen Karten, die Bedeutungen abbilden. Umgesetzt in SOL bedeutet es die Entwicklung eines „Advance Organizers“ zu jedem übergreifenden Thema: Statt einer linearen, buchmäßigen Behandlung des Themas (siehe Abb. 3, links) wird eine inhaltliche Lernlandkarte nicht-linear mit Ankerplätzen zu Vorwissen dargestellt (siehe Abb. 3, rechts), die mit Gestaltungselementen unsere Sinne anspricht, Zusammenhänge und Verbindungen darstellt und Assoziationen aufzeigen soll. Auch Döring [16] spricht von der Notwendigkeit der Fixierung gesuchter Ankerbegriffe und ihrer visuellen Darstellung in einer „Fachlandkarte“, aus der Zusammenhänge und Schwerpunkte sofort erkennbar sind. Als Lernen folgt eine ins Einzelne gehende Zerlegung dieser Ankerbegriffe (Detaillierung), die er „Inselbildung“ nennt, und schließlich sei die Bildung von Prototypen für das Lernen entscheidend, zwingende Beispiele also, die die festgelegten Ankerbegriffe enthalten und an denen man den ganzen Sachverhalt beispielhaft erklären kann.

Die Lernlandkarte entsteht praktisch durch Sammlung aller wichtigen Stichworte, Begriffe, Formeln und Daten, die in Cluster strukturiert werden. Sie sollte während der ganzen Lernsequenz den Lernenden präsent und ergänz-

bar sein. Wie Herold und Landherr ausführen, erleichtern Advance Organizer das Lernen aus folgenden Gründen:

- Die Lernlandkarte führt zu einer gezielteren Aufmerksamkeit, indem sie hilft, die relevanten Informationen auszuwählen;
- sie führt zu einem besseren Verstehen, indem sie den Lernenden in ihrer einzigartigen gedanklichen Struktur hilft, Verbindungen zwischen den neuen Fachthemen und den schon vorhandenen individuellen Wissensstrukturen herzustellen;
- sie hilft den Lernenden, Sachverhalte so aufzufassen, wie sie gemeint sind, und Verwechslungen zu vermeiden, weil sie eine allgemeine gedankliche Struktur bereitstellt.

Darüber hinaus gibt es positive Forschungsergebnisse [17] zu den Wirkungen von Advance Organizer hinsichtlich der Steigerung der Lernleistung in gleicher Lernzeit um 10 bis 18 %, ebenso eine Verbesserung des langfristigen Behaltens durch das stabile, kohärente gedankliche Gerüst und einer Steigerung der Transferleistung zu neuen Gebieten um durchschnittlich 10 bis 50 % (je nach Untersuchung). Es bleibt noch zu erwähnen, dass die Reduzierung des Lernstoffs als bekanntes Problem aller Lehrenden durch die Erstellung von solchen Themenlandkarten gelöst werden kann.

Die Autorin regt an, elektronische Mindmaps als Themenlandkarten zu erstellen bzw. zu nutzen, und kann aus Erfahrung auf eine große Akzeptanz verweisen [18]. Diese „eMaps“ basieren auf der Kreativmethode des Mindmappings. Beim Mindmapping als eine bekannte Methode zum visuellen Skizzieren von Gedanken in Vernetzungsform steht im Zentrum das zu behandelnde Thema, dessen zentrale Aspekte in Form von Linien (so genannten Hauptästen), die von diesem Zentrum ausgehen, festgehalten werden. Die zentralen Aspekte werden



grafisch weiter untergliedert, indem Neben- bzw. Unteräste gezeichnet und entsprechend beschriftet werden, so dass die gesamte Map wie eine von oben betrachtete Baumkrone wirkt (s. Abb. 4 bzw. Abb. 9), wobei die grafischen Elemente angepasst werden können.

Mindmaps werden beginnend bei Zeigerstellung 12 Uhr im Uhrzeigersinn gelesen; innerhalb eines Hauptzweiges linear von oben nach unten. Die Vorteile der elektronischen Map liegen in der für alle Beteiligten sichtbar schnellen Gedankenvisualisierung, damit Förderung der Kreativität, die vor allem über die enthaltene „Drag- und Drop-Funktionalität“ problemlos veränderbar ist. Der Überblick über das gesamte Vorhaben des Brainstorming- und Strukturierungsprozesses bleibt jederzeit erhalten [19]. Die eingebrachten Ideen können schnell und gezielt systematisiert, mit konkreten Zielstellungen textlich untersetzt und mit verschiedenen grafischen Formen kombiniert werden. Auch können die dargestellten Daten medienbruchfrei am PC weiterverarbeitet und in andere Softwareprodukte und Darstellungsformen überführt werden. Als eLearning-Tool kann es eingesetzt werden, indem erklärende Multimediaprodukte mit den Ästen der Mindmap verlinkt werden. Durch weitere Verlinkungen, seien es Dokumente, Webseiten oder E-Mail-Adressen, kann die elektronische Mindmap als Kommunikationszentrum im Intranet oder Internet dienen.

2.2.2 Gruppenpuzzle (jigsaw-Gruppen)

Während die Sandwicharchitektur den für gute Lernergebnisse erforderlichen Wechsel zwischen unterschiedlichen Lernformen sicherstellt, wird die eigentliche Wissensvermittlung durch das „Gruppenpuzzle“ [20] (engl.: jigsaw) organisiert. Die Gruppenpuzzle-Methode wurde seit den 70er Jahren vielfach erprobt und weiterentwickelt. Sie kann sowohl in der Schule als auch in der Erwachsenenbildung eingesetzt werden und ist vor allem dann geeignet, wenn umfangreiche Informationen vermittelt werden sollen. Entscheidend dabei ist, dass sich das zu behandelnde Wissensgebiet in gleichwertige Teilgebiete oder Teilfragen aufteilen lässt, die gemeinsam das Gesamtthema erschließen. Minimum ist die Aufteilung in drei Teile, das Maximum dürfte bei sechs Teilen liegen.

Die Unterrichtsmethode SOL wird von der Autorin, wie bereits erwähnt, am FB WVR seit dem WS 2002/2003 punktuell eingesetzt. Vor allem liegen Erfahrungen im Fach Informations- und Kommunikationssysteme (IKS) vor, das im Studiengang WR im 4. Semester, im Studiengang VR im 6. Semester abgehalten wird und 4 SWS umfasst. Mit SOL wurden hier die Themen „Sicherheitsmanagement“ und „Elektronischer Zahlungsverkehr“ vertieft. Die jeweilige Seminargruppengröße beträgt ca. 40 Teilnehmer/innen. Die Autorin ist allerdings der Ansicht, dass eine themenbezogene Unterrichtsvielfalt entwickelt werden sollte, d. h., SOL mit Gruppenpuzzle stellt nur eine Möglichkeit dar. Konkret wurde in der IT-Ausbildung nicht nur die hier beschriebene Unterrichtsmethode SOL angewendet. Neben Themen, die im seminaristischen Vorlesungsstil behandelt wurden, und klassischen PC-Übungen wurden auch

- Referate mit computergestützter Präsentation zum Themenkomplex eGovernment nach dem Online-

- Handbuch des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) [21] eingesetzt;
- Gruppenarbeiten zum Thema Internet durchgeführt, die anhand von zehn Beispielszenarien die Infrastruktur und die Dienste zum Gegenstand hatten;
- Partnergruppen zu vier Fallbeispielen zum Thema Vertragsschluss im Internet eingesetzt, wobei die Lernkontrolle auch über so genannte „Partnerinterviews“ erfolgen kann – hier sollen die Partner im Wechsel pro Frage eine bis zwei Minuten antworten;
- ein Stationenlernen (Lernzirkelprinzip) zum Thema Internetrecherche durchgeführt, das unterteilt war in die drei Bereiche Normen/Standards, Datenrecherche (von Suchmaschinen bis Newsgroups) und eCommerce (Shopsysteme und Online-Auktionen). Beim Stationenlernen wird das Themengebiet in Teilbereiche (=Stationen) gegliedert und zu jeder Station werden Informationen zusammengestellt und mehrere Aufgaben formuliert. Jeder Teilnehmer erhält einen „Laufzettel“, auf dem die Stationen verzeichnet sind, die abgearbeitet werden sollen. Einige Stationen müssen als Pflicht bearbeitet werden, andere sind freiwillig. Zum Abschluss wird im Plenum über den Lernfortschritt und die Erkenntnisse diskutiert.

Bei der Gruppenpuzzle-Methode können grob vier Phasen unterschieden werden, die im Folgenden anhand der Abbildungen 5 bis 8 kurz dargestellt und beschrieben werden.

2.2.2.1 Phase 1: Einteilung

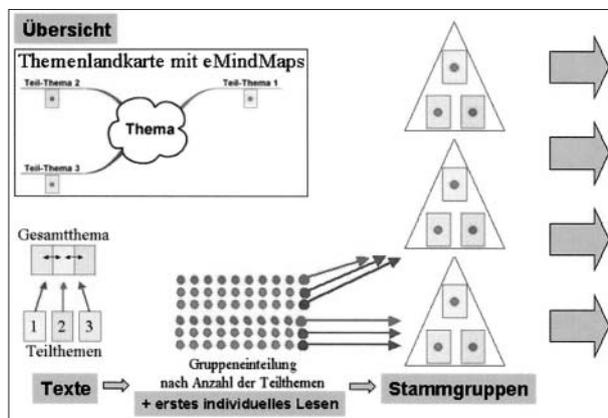


Abb. 5: SOL Phase 1: Schritte zur Stammgruppe

Die Lehrperson (Hochschuldozent) hat das Lernmaterial vorbereitet. Dazu wird der zu vermittelnde Lernstoff (das Wissensgebiet) in mindestens drei (A, B, C) bzw. maximal sechs Teilgebiete zerlegt, die alphabetisch oder nummeriert gekennzeichnet werden. Für jeden dieser Teilbereiche wird Selbststudienmaterial in Form von Texten oder anderen Medien in vergleichbarem Umfang zusammengestellt. Der Unterricht beginnt mit einem Plenum und der Einteilung in Basis- oder Stammgruppen: Die Einteilung kann durch Abzählung oder durch eigene Zuordnung erfolgen. Jedes Gruppenmitglied erhält eine eindeutige Kennung (A, B, C etc.). Jedes Gruppenmitglied erhält nur die Arbeitsmaterialien für das seiner Kennung entsprechende Teilgebiet. Die Lehrperson kann die Verteilung auch mit einem Kurzvortrag beginnen. Der Bezug zum Advance Organizer sollte dargestellt werden, zum

Beispiel in Form von Mindmap-Übersichten. Nach der Verteilung der Texte bzw. Materialien schließt sich eine kurze individuelle Lernphase (Einzelarbeit, Stillphase) an, in der jeder Teilnehmer seinen Text sieht.

Zum Gruppenpuzzle mit Expertenlernen wurde konkret das Thema „Sicherheitsmanagement“ von der Autorin anhand eines Lehrbuches in drei Textteile (A, B, C) zu jeweils vier Seiten mit den Schwerpunkten

A: Grundlagen (Grundbedrohungen, Kryptologie, Kryptoanalyse),

B: Chiffriersysteme (symmetrisch, public-key, hybrid),

C: Sicherheitsmaßnahmen (Isolation, Integritätsprüfung, digitale Signatur, digitale Zertifikate, Authentisierung) aufgeteilt. Insgesamt waren für diese erste Phase mindestens 40 Minuten notwendig.

2.2.2.2 Phase 2: Expertenlernen

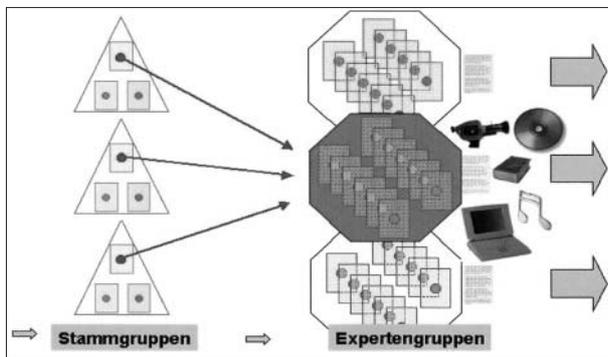


Abb. 6: SOL Phase 2: Schritte zur Expertengruppe

Die eigentliche Wissenserarbeitung wird im anschließenden Expertenlernen organisiert. Dazu diente im Vorfeld die Phase der Einzelarbeit, in der die Studierenden ihr Thema mit dem übergebenen Arbeitsmaterial individuell erarbeiteten. Kleinere Fragen und Tests zur Selbstkontrolle wären möglich und könnten zeigen, ob die Studierenden ihr Thema nach der Individualarbeit schon beherrschen. Es erfolgt nach dieser Phase des Selbststudiums die so genannte Expertenrunde. Mitglieder aus den verschiedenen Stammgruppen, die dasselbe Teilthema bearbeiten, treffen sich in den so genannten Expertengruppen (AAA, BBB, CCC), um sich für die Vermittlung des Lernstoffes vorzubereiten (s. Abb. 6). Die gemeinsame Erarbeitung des Lernstoffes kann auch durch Recherchen im World Wide Web oder in der Bibliothek ergänzt werden. Ebenso kann die Lehrperson auch ergänzendes Material wie Videos den Expertengruppen zur Verfügung stellen. Die Expertengruppe kann und soll Infoblätter zu Text, Visualisierungen und/oder Literaturhinweisen als Vermittlungshilfen erstellen. In der „Expertenrunde“ vertiefen und sichern die Studierenden das Gelernte. Sie besprechen also das zuvor individuell Gelernte und beantworten sich gegenseitig noch offene Fragen. Sie unterstützen sich somit auf dem Weg zum Experten für das entsprechende Teilgebiet. Über das Fachthema hinaus geht es um die Vermittlung des Gelernten, im Sinne eines „Lernen durch Lehren“. Die Experten bereiten die Vermittlung ihres Teilgebiets (A, B etc.) beispielhaft sprachlich, didaktisch und anschaulich vor. Diese Phase dauerte insgesamt anderthalb bis zwei Stunden. Am Ende kann eine von der Lehrperson vorgegebene Lernkontrolle stattfinden.

2.2.2.3 Phase 3: Stammgruppenvermittlung

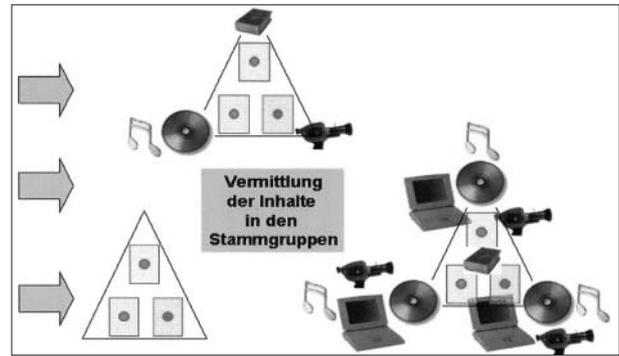


Abb. 7: SOL Phase 3: Stammgruppenvermittlung

In der nachfolgenden dritten Phase geht es um die Vermittlung des Lernstoffes in den Stammgruppen (auch Basisgruppen genannt). In jeder Stammgruppe sind die verschiedenen Teilbereiche des Lernstoffes durch einen Experten vertreten (s. Abb. 7). Reihum unterrichtet jedes Gruppenmitglied als Experte und Lehrperson sein vorbereitetes Thema, während die anderen Gruppenmitglieder jeweils die Lernenden sind. So findet in allen Basisgruppen parallel der gleiche Unterricht statt – bei insgesamt 40 Teilnehmer sollten hierzu größere bzw. mehrere Seminarräume genutzt werden können. Inhaltlich obliegt es jedem einzelnen Stammgruppenmitglied, sein Thema in sinnvoller Art und Weise den anderen Stammgruppenmitgliedern zu vermitteln – dies kann durch unterschiedliche Nutzung vorhandener Materialien durchaus verschieden erfolgen. Insgesamt jedoch haben sich die Studierenden das Thema in strukturierter Weise selbstorganisiert angeeignet. Die Vermittlung des komplexen Lernstoffes „Sicherheitsmanagement“ in den Stammgruppen dauerte maximal eine Stunde; auch hier wurden unterschiedliche Orte genutzt und die Autorin besuchte alle Gruppen reihum.

2.2.2.4 Phase 4: Evaluation

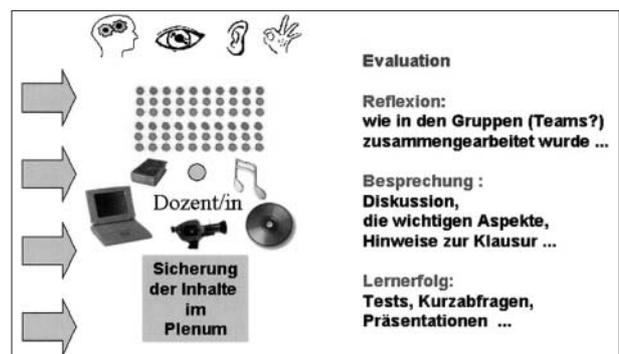


Abb. 8: SOL Phase 4: Plenum

Die in Abb. 8 dargestellte vierte Phase wird von der Lehrperson im Plenum abgehalten. Es erfolgt eine Reflexion, wie in den Gruppen zusammengearbeitet wurde, und eine Diskussion zum Thema, die die wesentlichen Erkenntnisse zusammenfasst. Darüber hinaus standen Flash-Filme zur Verschlüsselung und digitalen Signatur zur Verfügung. Der zusammenfassende Einsatz vielfältiger Medien zum Thema ist sinnvoll, da wir wissen, dass die Lernkurve eines Menschen durch kontinuierliches



Wiederholen der Vergessensdynamik unseres Gehirns angepasst werden muss: Gelerntes wird zuerst schnell und nach Wiederholung immer langsamer vergessen. Am Ende dieser Phase kann der Lernerfolg durch Tests oder Kurzpräsentationen kontrolliert/evaluiert werden. Es kann ebenso auf eine anstehende Klausur verwiesen werden. Je nach Ausprägung werden eine halbe bis eine Stunde für die Durchführung dieser abschließenden Phase benötigt.

3 Erkenntnisse

3.1 Fazit aus SOL

Das Ausbildungsziel für die Zukunft muss Handlungskompetenz im neuen, nachhaltigen Sinn sichern. Sie baut auch weiterhin auf Fachkompetenz auf, bezieht aber die fachübergreifenden Qualifikationen der Sozial- und Methodenkompetenz integrierend ein. Der handlungsorientierte Unterricht basiert auf der die Lernenden ins Zentrum stellenden Unterrichtsmethode SOL mit abgestimmten Wechseln von Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit und Arbeit in selbstorganisierten Teams. Für die Unterrichtsmethode SOL ist von Bedeutung, mit kleinen Schritten anzufangen. Die Lehrenden können nicht von Anfang an alle Themen so aufbereitet zur Verfügung stellen, dass SOL über das gesamte Semester gesehen umfassend praktiziert werden kann. Es ist auch die Frage, ob es dies überhaupt sollte. SOL darf nicht fehlen und muss ausgebaut werden, doch braucht es nicht alles zu ersetzen. Wichtig ist bei der Lehr- und Lernmethode SOL, das Ziel der Selbstständigkeit der Lernenden nicht aus den Augen zu verlieren – hier ist die Selbstständigkeit das Ziel der Unterrichtsmethode, nicht die Voraussetzung! Gleichzeitig liegt eine fraktale Unterrichtsorganisation zu Grunde: Erstens enthält das Organisationsprinzip einfache Grundmuster und eine klare Zielorientierung, Selbstorganisation und Selbstoptimierung sowie eine zugelassene Dynamik. Zweitens werden als didaktische Prinzipien eine Nichtlinearität, Regeln statt direkter Steuerung, Sandwichprinzip, Arbeitsaufträge mit Kompetenzanalyse und Feedback eingeführt. Drittens sind Voraussetzungen sicherzustellen, die Vertrauen schaffen, wie Offenheit aller Maßnahmen und Planungen, klare eigene Ziele, Berechenbarkeit, hohe Akzeptanz der Persönlichkeit der Lernenden. Lernkontrollen sind sowohl zwischen den einzelnen Phasen als auch am Ende möglich.

Die konkrete Erfahrungen aus SOL mit den Lernenden waren folgende:

- Das Prinzip des Gruppenpuzzles wurde schnell verstanden, doch musste die konkrete, verantwortliche Ausführung erst gelernt werden. Etliche Studierende haben die Textfassungen anfangs als zu schwierig empfunden, ein Textverständnis musste erst erworben werden. Hier wird offensichtlich, dass der Einführung ins Thema tatsächlich eine große Bedeutung zukommt und stärker über einen Advance Organizer, z. B. in Form einer elektronischen Mindmap, erfolgen sollte.
- Begriffe und Abkürzungen wurden zu Beginn nicht eigenständig recherchiert und blieben nicht selten bis zur Klärung durch die beratende Dozentin unklar. Auch konnten die wichtigsten Aspekte der Texte anfangs nicht eigenständig selektiert werden (alles schien gleich wichtig zu sein) und es wurde kaum Methodenvielfalt in der Vermittlung durch die Studierenden sichtbar. Teilweise war während des Expertenlernens eine gewisse Abwehrhaltung gegenüber dieser Unterrichtsmethode vorhanden, nicht zuletzt deshalb, weil sie als zu anstrengend empfunden wurde.
- Schwierig ist bei dieser Unterrichtsmethode die Raumsituation, im Wintersemester kritischer als im Sommersemester. Ebenso müssen Recherchemöglichkeiten wie Internetzugang und Bibliothek in unmittelbarer Nähe vorhanden sein. Nur vereinzelt wurden eigenständige Materialien zur Vermittlung in den Stammgruppen selbstständig von den Studierenden entwickelt – Lernen durch Lehren muss den Studierenden noch näher gebracht werden, ihre Referatserfahrung reicht dazu nicht aus.
- Alle vier Phasen von SOL müssen an der Hochschule erfolgen, eine Auslagerung der Individualarbeit (Stillphase) nach Hause ist nicht empfehlenswert. Auch die Erfahrungen der FH München zeigen, dass die Ergebnisse eines Alleinlernens der Studierenden mit einem vorgegebenen Lerntext wenig zufriedenstellend waren, weil offensichtlich bei vielen Studenten die Motivation und Selbstdisziplin nicht ausreichten, den Lernstoff außerhalb der Hochschule durchzuarbeiten [22].
- Bei vier SWS erfolgt auf jeden Fall eine Unterbrechung der Lernphase, die zudem sinnvoll gelegt werden muss, während bei Blockunterricht von 6 bis 8 SWS die Themeneinheit komplett abgeschlossen werden kann und hinsichtlich der Gruppendynamik gewisse Vorteile bietet. SOL scheint daher besonders bei Blockunterricht geeignet zu sein.
- Prinzipiell könnte die Unterrichtsmethode SOL jedoch über mehrere Wochen geführt werden, wie es Schulergebnisse zeigen, doch haben Hochschulen kein Anwesenheitszwang, so dass vor allem für die Stammgruppen Probleme in der Vermittlungsphase resultieren können, wenn diese beispielsweise nicht mehr anteilig besetzt oder besetzbar sind, so dass Textteile fehlen würden. In solchen Fällen wurden aber problemlos eine neue Aufteilung vorgenommen und Stammgruppen zusammengefasst.
- Als schwierig hat die Autorin die Situation empfunden, wenn Studierende nicht pünktlich zum Unterricht erscheinen, es stört in diesem Falle noch mehr als während einer klassischen Vorlesung.
- Während beim Expertenlernen durchaus Missmut über die hohe Eigeninitiative laut wurde, gab es vor allem in der Stammgruppenvermittlungs- und in der Evaluationsphase viele sehr aktive Teilnehmer/innen mit einem deutlichen Gesamtverständnis für den Inhalt aller Teile, so dass eine überwiegend zufriedene Grundstimmung der Teilnehmer herrschte und das letztendliche Feedback positiv war. Ebenso wurden die entsprechenden Aufgaben in der Klausur überwiegend korrekt beantwortet. Eine statistische Auswertung konnte allerdings nicht erfolgen – dazu



wäre ein wissenschaftliches (und finanziertes) Projekt mit vergleichenden Gruppen notwendig gewesen. Die Erfahrung deckt sich aber in gewisser Weise mit der aus Heilbronn, wo sich ein bestimmtes selbst gesteuertes Lernen als sehr erfolgreich erwiesen habe [23], das zwar auf Alleinlernen der Studenten beruht, jedoch durch Teamarbeit und ein Teamgespräch mit dem Professor begleitet wird und von den Studenten zur Nachahmung empfohlen wurde, obwohl ihre notwendige Lernaktivität deutlich verstärkt werden musste.

- SOL dauert im Vergleich zur Vorlesung mindestens doppelt so lange, bedarf einer intensiven Vorarbeit und auch hinsichtlich des Prozessablaufs während der Unterrichtszeit ist vor allem bei komplexen Themenstellungen eine intensive Beratung notwendig. Die Aktivierung vieler Studierenden fiel jedoch so positiv auf, dass es für Themenschwerpunkte zu empfehlen ist. Auch dieses Ergebnis entspricht dem aus Heilbronn und der Empfehlung des Kollegen Geupel, in einem Lehrfach drei bis vier Vorlesungen durch ein gesteuertes Lernen zu ersetzen, um den Studenten Gelegenheit zu geben, sich zu einem Team zu formen und Teamfähigkeit zu entwickeln.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Unterrichtsmethode SOL dem Anspruch der Lehrenden, „Problem stellen,

- Literatur/Medien bearbeiten und bewerten,
- Lösungen und Grenzen erarbeiten,
- Ergebnisse frei präsentieren und kritisch würdigen“ eher als andere Vermittlungs- und Übungsformen gerecht wird. Es wird letztlich eine erhöhte Handlungskompetenz unserer Absolventen erreicht, die sich aus Fach-, Sozial- und Methodenkompetenz zusammensetzt. Die Gruppenpuzzle-Methodik erzielt ihre Wirkung nach bisherigen Kenntnissen allerdings nur, wenn der/die Hochschuldozent/in sämtliche Elemente gründlich ausarbeitet und methodisch exakt umsetzt. Diese Methode ist kein entdeckendes Lernen (obwohl dies auch nicht gänzlich ausgeschlossen ist), bei dem die Studierenden ihr Themengebiet selbst finden sollen, sondern dann geeignet, wenn Effektivität in der Informationsvermittlung eine Rolle spielt. SOL als Unterrichtsmethode bedeutet allerdings vermehrte Anstrengung von beiden Seiten, Lehrenden und Lernenden.

3.2 Fragen zu SOL

Beide Seiten, die Lernenden und die Lehrenden, müssen sich auf eine solche neue Unterrichtssituation erst einstellen, die vielfach auch verunsichernd wirkt. Sowohl die Vorbereitung als auch die Durchführung unterscheiden sich entscheidend von der traditionellen Lehre und bedeuten erst einmal Mehrarbeit für die Dozenten. Die Lehrenden haben eine intensive Vorbereitungsphase mit der Erarbeitung der (Text-)Materialien, die unter inhaltlichen, didaktischen und motivierenden Gesichtspunkten zu entwickeln sind. Vor allem ist es nicht einfach, die Teilgebiete so abzugrenzen, dass einerseits das Gesamtthema umfassend behandelt wird und andererseits die Teilgebetsmaterialien in Gewichtung und Ausführung in

etwa gleich sind. In der Durchführungsphase verändert sich mit diesem Konzept die traditionelle Rolle der Lehrenden und sie stehen zur Förderung und Beratung der „Lerntteams“ oder auch der Individuen verbindlich zur Verfügung; diese Hilfestellung müsste aber nicht zwingend genutzt werden. Es stellt sich natürlich die Frage, warum Lehrende diesen Mehraufwand in Kauf nehmen sollten? Nun, eine positive Beantwortung wird wohl durch Motivation und höhere Zielerreichung begründet; von einem veränderten Lehrdeputat wird man wohl nicht ausgehen können.

Die traditionelle Rolle der Lernenden verändert sich weg vom Konsumenten und hin zum aktiv Entscheidenden, der selbst Verantwortung für das eigene Lernen und teilweise auch für das der Mitlernenden übernimmt, selbst organisiert, die Initiative ergreift und eng mit anderen zusammenarbeiten muss. Mit dieser neuen Rolle sind höhere Anforderungen verbunden als beim angeleiteten Lernen in der klassischen frontalen Vorlesung oder im Seminar. Auch hieraus resultiert Mehrarbeit – in diesem Falle für die Studierenden. Wie kann sich der erhöhte Anspruch an aktiv Studierende in der Notengebung wiederfinden? So oder ähnlich fragen die Studierenden, die den hohen Aufwand der SOL-Einheiten und ihre Aktivität belohnt sehen möchten. Gleichzeitig werden unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe zwischen Lehrenden und Lernenden über die erbrachte Leistung offensichtlich. Lernende schätzen ihr erhöhtes Engagement oft schon als Erfolgsfaktor ein, der neben dem Klausurergebnis berücksichtigt werden soll. Und wenn wir die verschiedenen Lerntypen als Faktum ernst nehmen, stellt sich noch eine ganz andere Frage, nämlich, ob für alle Studierenden die gleichen Prüfungsaufgaben gestellt werden sollen.

Meist wird im Zusammenhang mit der Diskussion um SOL von Kollegen die Frage gestellt, ob dies denn alles unsere Aufgabe sei. Schließlich seien die Studierenden selbstverantwortlich für ihr Studium und wenn ihnen das nicht gelänge, müssten sie die Hochschule eben verlassen. So verständlich diese Argumentation von Kollegen ist, so sehr ignoriert sie zwei entscheidende Aspekte: Zum einen weist Deutschland im internationalen Vergleich von der Anzahl der Studierenden her gesehen deutliche Defizite auf: Wir haben schlicht zu wenig Studierende, um als Wissensgesellschaft und Industrienation nachhaltig bestehen zu können. Und zum anderen legt die klassische Vorlesung die Denkstruktur des Lehrenden als das prägende Element des Lernens zu Grunde. Unterschiedliche Lerntypen haben aber nachweisbar unterschiedliche Denkstrukturen – nur Lernende mit gleichen oder ähnlichen Denkstrukturen wie der Lehrende kommen durch, Lernende mit anderen Denkstrukturen werden als schlecht und Versager definiert. Ist diese Selektion tatsächlich korrekt? Im selbst organisierten Lernprozess gehen mit SOL verschiedene Denkstrukturen ein!

3.3 Ausblick auf SOL und eLearning

Themenspezifisch unterschiedlich eingesetzte Unterrichtsmethoden sollen in den nächsten Semestern

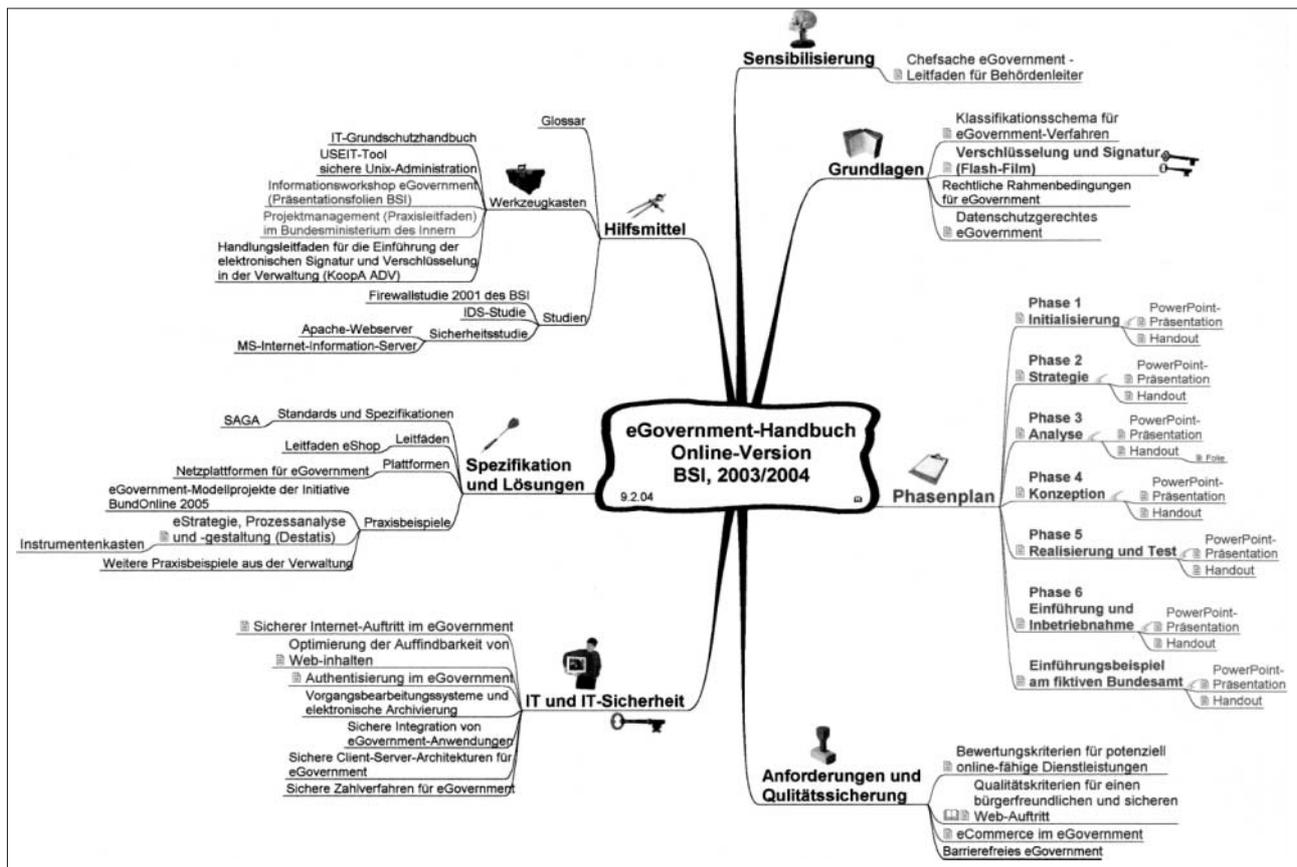


Abb. 9: Darstellung der Gliederung des Online-Handbuchs eGovernment des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) in Form einer Mindmap und Hinterlegung der einzelnen Äste mit erklärenden Produkten wie Handouts, Tabellen, Flash-Filme, Präsentationen oder Webseiten (siehe auch http://www.tfhw-wildau.de/web_wvr/scholl).

weiter unter dem Gesichtspunkt SOL konsolidiert werden. Eine besondere Weiterentwicklung sieht die Autorin in der Nutzung von elektronischen Mindmaps, insbesondere deren Einsatz in der Entwicklung von Advance Organizers für die Einstiegsphasen der zu behandelnden Themen – und zwar unabhängig von der konkret benutzten Unterrichtsmethode. Die praktischen Erfahrungen der Autorin in der Entwicklung und der Nutzung solcher Mindmaps sowohl innerhalb der Hochschule und Lehre als auch im Rahmen von betrieblichen Projektmanagementschulungen und während Beratungen in der öffentlichen Verwaltung zeigen eine allgemein große Akzeptanz bei überaus einfacher Handhabung der benutzten Software, gute Übersichtlichkeit und große Zeitersparnis im Brainstormingprozess. Abbildung 9 zeigt eine solche eMap nicht als spontanes Resultat von Gedankenaustauschen, sondern sie wurde von der Autorin aus der Gliederung des Online-Handbuchs des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) entwickelt, um das umfangreiche Thema eGovernment in seiner ganzen Komplexität übersichtlicher darzustellen. Diese eMap wurde im Rahmen des Faches Verwaltungsinformatik eingesetzt. Behandelte Themen sind farblich gekennzeichnete Äste, verlinkt mit Materialien wie Handouts, Tabellen, Flash-Filme, Präsentationen oder Webseiten, die von Studierenden erstellt wurden.

Werden die Mindmaps inhaltlich sehr umfangreich, wie in Abbildung 9 zu erkennen, so ist der Aufbau von Multimap zu empfehlen, die die (lineare) Untergliederung

der einzelnen Hauptpunkte in eigenständigen grafischen eMaps zusammenfasst, die selbst über Verlinkung aufrufbar sind. Darüber hinaus könnte für das obige Beispiel auf Basis einer weiterentwickelten „Multimap eGovernment“ eine Verzahnung rechtlicher, betriebswirtschaftlicher und technischer Aspekte dokumentiert werden: Didaktisch aufbereitete Lehrmodule aus verschiedenen Fachdisziplinen, die anfänglich mit Studierenden entwickelt und erprobt wurden, werden in das Thema integriert. Später könnte diese Multimap auch für Weiterbildungen innerhalb der Verwaltungen und Betriebe als Coaching-Modul genutzt werden (zum Beispiel auch im Rahmen des Netzwerkes NAFÖD des Landes Brandenburg, dessen Mitglied die TFHW ist).

Sinnvoll wäre es, wenn die Unterrichtsmethode SOL auch von anderen Dozenten in anderen Fächern sukzessive aufgebaut und praktiziert werden würde. Es würde den Studierenden zunehmend einfacher fallen, selbstorganisiert Verantwortung für den eigenen Lernprozess zu übernehmen, und bliebe nicht eine einmalige Angelegenheit eines bestimmten Faches. In der IT-Ausbildung sollen zur Konsolidierung der bisherigen Erfahrungen auch Schulungserfahrungen aus Videokonferenzen einbezogen werden [24]. In Kooperation mit Kollegen anderer Fachbereiche soll eine an der TFHW entwickelte eLearning-Plattform praktisch unter SOL-Gesichtspunkten genutzt werden. Außerdem werden zurzeit in den PC-Trainings elektronische IT-Wissenstests zur Lernkontrolle eingesetzt und es wird geprüft werden, wie sie später in ein Gesamtkonzept zu integrieren sind.



Aus den bisherigen Erfahrungen mit SOL und unter dem Blickwinkel einer Integration von SOL und eLearning lassen sich derzeit folgende Aspekte für eLearning-Systeme ableiten:

- eLearning sollte über klare Guidelines Hilfestellung geben, damit die richtigen Dinge getan werden können. Ein benutzerfreundliches Glossar unterschiedlicher Schwierigkeitsstufen oder leichte Recherche und Suche sind ebenfalls notwendig.
- Ein verbindlicher, klar strukturierter Rahmen für die Austauschprozesse ist in Verbindung mit den Guidelines zu setzen: eLearning-Tutoren sind notwendig, reichen aber für einen nachhaltigen Lernprozess nicht aus.
- Für die Nachhaltigkeit im Lernen ist ein Wechsel von kollektiven und individuellen Lernphasen notwendig: diese Sandwich-Struktur wäre den Lernenden als Lernpfad zu empfehlen und als Guideline im eLearning-System zu definieren.
- Eine Lernplattform muss somit vielfältige Dienste/Medien unterstützen können und dem Lernenden im Sinne von SOL einen Lernpfad zur Nutzung dieser Dienste anbieten.
- SOL kann gelernt werden, wenn klare und überschaubare Strukturen erkennbar sind. Der Lernstoff muss in Lernschritte gegliedert sein, problemorientiert und personalisiert mit Gesamtüberblick.
- Der aktuelle Lernstoff sollte jederzeit in einer übergeordneten Themenlandkarte zu erkennen sein; als Visualisierungshilfe kann das elektronische Mindmapping empfohlen werden.
- Es sollte arbeitsbezogene Selektionshilfen geben, denn nicht alles ist gleich wichtig. Eine modulartige Zusammenstellung dessen, was zur Lösung eines Problems notwendig ist, wäre sinnvoll.
- eLearning muss die verschiedenen Lerntypen berücksichtigen: Der Inhalt (Content) ist von zentraler Bedeutung und für viele Sinne sowie in unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen aufzubereiten.

Die zukünftige Aufgabe wird sein, moderne Unterrichtsmethoden wie SOL in eLearning-Systeme zu integrieren. Dieser Entwicklungsprozess aus Theorie und Praxis sowie einer kontinuierlichen Evaluation wird allerdings über Jahre gehen und sollte sich auch bei der Förderung von Forschungsvorhaben umsetzen: Es geht letztlich nicht um Technik, sondern um gute Inhalte und nachhaltige Lernstrategien für unterschiedliche Lerntypen.

Anmerkungen/Literatur

- [1] Martin Herold, Birgit Landherr: Selbstorganisiertes Lernen (Fortbildungsmanuskript). Inzwischen auch als Buch erschienen, Schneider Verlag, 2003, Hohengehren, ISBN 3896766562
- [2] Thomas Schildhauer u. a.: E-Government B2G – Anforderungen der Deutschen Wirtschaft, Institute of Electronic Business e. V., Berlin, 2002, S. 57.
- [3] Umfrage des High Text Verlags, nach Achim Borns, Ernüchterung, Report E-Learning, iX 5/2002.
- [4] Umfrage der D21-Initiative, nach Achim Borns, Ernüchterung, Report E-Learning, iX 5/2002.

- [5] KPMG-Studie (gemeinsam mit MMB Michel Medienforschung und Psephos), nach Achim Borns Ernüchterung, Report E-Learning, iX 5/2002, S. 120.
- [6] Helmut Geupel: Selbst gesteuertes Lernen. Eine – das Lernen aktivierende – Alternative zur Vorlesung, in: hlb die neue Hochschule, 1/2003, S. 16.
- [7] Der Tagesspiegel vom 09.12.2001: Was Unternehmen bei Schulabsolventen vermissen, Grafik Tsp/Rita Böttcher.
- [8] siehe z. B. Klaus Wolf Döring: Weiterbildung im System. Zur Professionalisierung d. quart. Bildungssektors, Deutscher Studien Verlag, Weinheim 1988.
- [9] Transfer GmbH: Lernen mit neuen Medien – ein Lern- und Informationssystem auf CD-ROM, 2001.
- [10] Jutta Rothenburg, Peter Müller-Schaefer: Train the Trainer, Trainingsprogramm für Mitarbeiter des Statistischen Landesamtes Berlin, 1994.
- [11] Klaus Wolf Döring, Bettina Ritter-Mamczek: Lehren und Trainieren in der Weiterbildung, Deutscher Studien Verlag, Weinheim, 7. Auflage, 1999.
- [12] Herold, Landherr, a. a. O.
- [13] siehe z. B. Christoph Gerbig, Irene Gerbig-Calcagni: Moderne Didaktik für EDV-Schulungen, Beltz Verlag, Weinheim und Basel, 1998.
- [14] z. B. Paul Innerhofer, Sigrid Roterding-Steinberg: Lernen in Schülergruppen, 1988, zit. nach Herold, Landherr, a. a. O.
- [15] Michael Rinke: Der IT-Trainer, Addison-Wesley Verlag, München, 2000.
- [16] Döring, Ritter-Mamczek, a. a. O.
- [17] D. Wahl: Lehrveranstaltungen lerngerecht gestalten, Pädagogische Hochschule Weingarten, 1996.
- [18] Margit Scholl, Gerhard Mewes: Kompetenzen und Präsentation des FB WVR – softwaregestütztes Brainstorming im Fachbereich, TFH-Info 6/2003.
- [19] Margit Scholl: eLearning klein, aber fein. Effizienzsteigerung von Brainstormingprozessen in Beratungen durch computergestütztes MindMapping, Splitter 1/2004; siehe auch http://www.tfh-wildau.de/web_wvr/scholl.
- [20] z. B. Innerhofer, Roterding-Steinberg: Lernen in Schülergruppen, 1988, nach Herold, Landherr, a. a. O.
- [21] <http://www.bsi.de>
- [22] Geupel, H., a. a. O.
- [23] Geupel, H., a. a. O.
- [24] Margit Scholl, Sabine Schröter: Customer Support for Job Learning on Demand, in: Wissenschaftliche Beiträge der TFH Wildau, 2004, S. 48 ff.

Autorin

Prof. Dr. rer. nat. Margit Scholl
 Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Wirtschaft, Verwaltung und Recht
 Tel. +49 3375 508-917
 E-Mail: mscholl@wvr.tfh-wildau.de

Customer Support for Job Learning on Demand

Darstellung von Projektergebnissen der Beratungshotline MamBHo und des Aufbaus von CuSS

Margit Scholl, Sabine Schröter

Zusammenfassung

Der Erfolg einer Qualifizierungsmaßnahme hängt stark vom nachfolgenden Transfer des Gelernten in den Berufsalltag ab. Ziel muss es daher sein, dem richtigen Mitarbeiter zur richtigen Zeit die richtige „eBeratung“ zur Qualifizierungssicherung anzubieten. Im Projekt „Customer Support for Job Learning on Demand“ wurde mit dem Aufbau einer maßgeschneiderten multifunktionalen Beratungshotline (MamBHo) das Ziel verfolgt, über eBeratung und eSchulung eine passgenaue berufliche IT-Qualifizierung zu sichern. Die Ergebnisse des Projektes sind ein Beitrag zur praxisorientierten Verbesserung der Qualität von Schulungen in Richtung maßgeschneiderter Qualifizierung und fokussieren das lebenslange Lernen über eine aktive Einbeziehung der Nutzer mit ihren Arbeitsqualifikationen in diesen Prozess des eLearnings, in dem kein Lernen auf Vorrat nötig ist, sondern zeitnah erfolgen kann. Nachgewiesen wurde die Machbarkeit von passgenauen Schulungen am Arbeitsplatz, schneller Hilfestellung bei Problemen, sofortiger Reaktion auf aktuelle Fragestellungen mit intensiven Kontakten zu Teilnehmern durch das Videokonferenz-System, so dass der Wissenstransfer als gelungen angesehen werden kann. Mit dem nun an der TFH Wildau existierenden „Customer Support Studio“ (CuSS) ist gleichzeitig die Möglichkeit eines modernen Ausbaus der Rolle unserer Hochschule im Aus- und Weiterbildungssektor geschaffen, die auch der Steigerung der Drittmittelfähigkeit des Fachbereichs Wirtschaft, Verwaltung und Recht dient.

1 Hintergrund

In der heutigen Zeit gibt es aufgrund verschiedener technischer und ökonomischer Entwicklungen sowie nationaler und internationaler Bedingungen der Wettbewerbsfähigkeit und Leistungssteigerung eine dringende Notwendigkeit für Unternehmen, Institutionen und öffentliche Verwaltungen, alternative Lernwege und öffentliche Verwaltungen, alternative Lernwege in der Aus- und Fortbildung der Mitarbeiter, der Auszubildenden oder der Studierenden zu beschreiten. Denn alternative Lernwege helfen, individuellen Schulungs- und Beratungsbedarf zeitnah abzudecken und darüber die Qualität der Qualifizierung zu verbessern.

Die Qualität der Qualifizierung hängt eng mit der Fähigkeit der Beteiligten zusammen, eine passgenaue Qualifizierung entsprechend den beruflichen Veränderungsprozessen durch die Internationalisierung wirt-

schaftlichen Handelns und den raschen technischen Fortschritt einerseits einzufordern und andererseits bereitzustellen. Diese Veränderungsprozesse sind immer mit Lernprozessen verbunden, die zunehmend zum lebensbegleitenden Lernen werden müssen und sowohl einzelne Beschäftigte oder Gruppen von Beschäftigten als auch ganze Organisationseinheiten betreffen. Es muss dabei flexibler als bisher auf die Veränderungsprozesse reagiert werden können. Qualifizierung, Lernen und vor allem die Umsetzung des Gelernten innerhalb der Alltagssituationen des Berufslebens bekommen zunehmend eine erheblich größere Bedeutung, als ihnen bislang gemeinhin zuerkannt wird.

Will man eine wirkliche Effektivitäts- und Effizienzsteigerung der Qualifizierungsmaßnahmen erreichen, so wird das Lernen verstärkt an den Arbeitsplätzen mit konkreten Fragestellungen stattfinden müssen. Das setzt nicht nur Mitarbeiter voraus, die unter größeren Handlungsspielräumen und mit größerer Verantwortung zum ständigen Lernen und Sammeln von Erfahrungen bereit sind. Vielmehr sind innerhalb der Organisationseinheiten auch die Bedingungen zu schaffen, tatsächlich am Arbeitsplatz lernen zu können, d. h. das Umfeld muss entsprechend für eLearning ausgerichtet werden. Der hochschulseitige Aufbau der maßgeschneiderten, multimedialen BeratungsHotline und des Customer Support Studios, kurz „MamBHo“ und „CuSS“ genannt, setzt auch bei den Partnern aus Wirtschaft und Verwaltung arbeitsplatzbezogene Ausstattungen voraus, die im Projekt bewusst auf „alltäglichem Niveau“ gehalten werden sollten.

Das Projekt „Customer Support for Job Learning on Demand“ wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller



Abb. 1: Website des MamBHo-Projekts; http://www.tfh-wildau.de/web_wvr/scholl/mambho/



Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Rahmen des Programms des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Förderung der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen (aFuE) als Ergebnis der Förderrunde 2002 mit der 18-monatiger Laufzeit für den Zeitraum vom 01.09.2002 bis 29.02.2004 gefördert. Eine eigens für das Projekt entwickelte Website informiert über das Vorhaben (siehe Abb. 1).

2 Durchführung

Neben der Projektleiterin Prof. Dr. Margit Scholl bestand das Projektteam aus zwei weiteren, über das Drittmittelprojekt finanzierte Kollegen. Herr Dipl.-Ing. Klaus Brade war als wissenschaftlicher Mitarbeiter (halbe Stelle) und Frau Dipl.-Ök. Sabine Schröter als Administratorin (Viertelstelle Aufstockung) tätig. Es zeigte sich im Verlauf des Projektes, dass dies sowohl seitens der Laufzeit als auch hinsichtlich der personellen Ausstattung infolge notwendiger inhaltlicher und technischer Abstimmungen „knapp bemessen“ war. Das CuSS konnte an der TFH Wildau im Haus 100 eingerichtet werden (siehe Abb. 2) mit einer räumlichen Aufteilung in Tafel-, Diskussions- und PC-Bereich. Die multimediale Ausstattung wird durch ein komplexes Videokonferenzsystem, ein interaktives digitales Wall-Display sowie diverse Kameras, Mikrofone, Lautsprecher und Moderationsmaterial erreicht.

Als Teilnehmer von MamBHo wurden Mitarbeiter von Behörden und Unternehmen anvisiert, zu denen über verschiedene Arbeitszusammenhänge bereits Kontakte bestanden. Insgesamt konnten wir auf Kontakte zu 16 Institutionen und 21 Mitarbeitern zurückgreifen, mit einem Schulungspotenzial von insgesamt 100 Teilnehmern. Zum Teil hatten Mitarbeiter bereits an maßgeschneiderten Präsenzs Schulungen der Projektleiterin zu diversen Softwareprodukten an der TFH Wildau teilgenommen, die seit Sommer 2001 als Dienstleistung am Fachbereich Wirtschaft, Verwaltung und Recht angeboten werden, so dass auch zuvor Gelerntes unter Arbeitsplatzgesichtspunkten überprüft werden sollte. Leider zogen einige Partner insbesondere aus Unternehmen ihre Beteiligung am Projekt aufgrund der eigenen anhaltend negativen Wirtschaftssituation zurück.

Bei der Klärung der technischen Durchführbarkeit haben sich im Verwaltungsbereich komplexere Problemstellungen ergeben als zuvor vermutet. Sobald eine Firewall im System vorhanden ist und die Teilnehmer in einem administrierten Netzwerk eingebunden sind, kann die notwendige Einbeziehung des Netzwerkadministrators zum „Flaschenhals“ der Projektdurchführung werden, denn die Freischaltung von bestimmten Ports auf der Firewall ist zur Durchführung einer Videokonferenz notwendig und es muss für gemeinsames eLearning administrativer Zugriff auf dem jeweiligen PC gewährleistet sein. Diese Voraussetzungen sind in öffentlichen Verwaltungen mit strengen Datenschutz- und Datensicherheitsregeln nur schwer zu erzielen und bedürfen längerer Abstimmungen. Gerade hinsichtlich der im Landesverwaltungsnetz tätigen Teilnehmer gab es daher intensiven Austausch mit dem Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik des Landes Brandenburg, um eine generelle Lösung über den Aufbau eines Gatekeepers zu erzielen. Leider musste auch der Landesbetrieb diese Projektaktivitäten aufgrund anderer wirtschaftlicher Notwendigkeiten beenden. Eine engagierte Lösung des Problems wurde im Landkreis Dahme-Spreewald für das Hauptamt Lübben verfolgt, die wir weiter unten erläutern werden und für die wir uns an dieser Stelle nochmals herzlichst bedanken möchten.

Demgegenüber ist die Videokonferenz über Internet problemlos möglich, wenn auf beiden Seiten keine Firewall vorhanden ist. Daher wurden in das Projekt auch private und andere Akteure einbezogen wie das Gemeindeamt Wildau, das Landesinstitut für Schule und Medien Brandenburg sowie die T-Systems Nova GmbH Berlin und unser Projektteam. Natürlich ist eLearning über Videokonferenz innerhalb eines unternehmensweiten Intranets ebenfalls interessant und stellt dann auch für öffentliche Verwaltungen kein Problem mehr dar, weshalb wir unsere eigene Hochschule ebenso in die Projektdurchführung einbezogen haben. Genereller Referenzpartner im Projekt war die vidofon GmbH Hamburg.

Für die Teilnahme an MamBHo mussten die Teilnehmer mindestens verfügen über: einen zeitgemäßen Standard-PC, eine Web-Kamera, eine Audioeinrichtung (Headset oder Lautsprecher und Mikrofon), einen freien Internetzugang (z. B. ISDN, TDSL, Netzwerk mit Internetzugang) und eine geeignete Videokonferenz-Softwa-



Abb. 2: Customer Support Studio (CuSS) an der TFH Wildau



re. Um den technischen und finanziellen Aufwand bei den Teilnehmern gering zu halten, hatten wir uns für Microsoft Windows NetMeeting als gemeinsame Basis entschieden. Microsoft Windows NetMeeting aktiviert Echtzeit-Audio- und Echtzeit-Videofunktionalität sowie Datenübertragung über das Internet. MS NetMeeting unterstützt den H.323-Audio- und Videokonferenzstandard sowie den T.120-Datenkonferenzstandard. MS NetMeeting kann zum Anrufen und Empfangen von Produkten verwendet werden, die H.323- und T.120-kompatibel sind. Mit dieser hinreichenden Ausstattung und den entsprechenden Diensten von Drittanbietern kann MS NetMeeting unter Verwendung eines H.323-Gateways anrufen. MS NetMeeting kann darüber hinaus H.323-MCUs (Multipoint Control Units) anrufen und an Multipoint-Audio-/Videokonferenzen teilnehmen.

Um unsere Beratungshotline aktiv nutzen zu können, mussten die Teilnehmer die genannten Hardware-Komponenten anschließen und einbinden sowie MS NetMeeting installieren. Die Installation dieser Komponenten setzt Administratorrechte des Nutzers auf dem entsprechenden PC voraus. Ist der PC direkt mit dem Internet verbunden, kann sogleich eine Videokonferenz gestartet werden. MS NetMeeting kann eine Audio-Video-Verbindung nur mit einem Partner realisieren [1], deshalb wurden unser Videokonferenzsystem für audiovisuelle Verbindungen (auch Multipoint-Verbindungen) und ein zweiter PC als Daten-PC für die Datenübertragung parallel eingesetzt. Es hat sich mit unserer technischen Ausstattung folgende Variante des Verbindungsaufbaus als optimal erwiesen:

- Der Teilnehmer wählt aus dem MS NetMeeting-Fenster zuerst unser Videokonferenzsystem an (Eingabe der festen IP-Adresse). Über diese Anwahl wird die Audio- und Videoverbindung hergestellt. [2]
- Danach erfolgt ebenfalls in MS NetMeeting der Verbindungsaufbau zu unserem Daten-PC (Eingabe der festen IP-Adresse). Diese Verbindung ermöglicht nachfolgend den Datenaustausch über T.120, d. h. die Nutzung von Chat, Whiteboard, Dateiübertragung.

Nach erfolgreichem Verbindungsaufbau sind somit folgende Videokonferenz-Szenarien ausführbar: Der audiovisuelle Kontakt zwischen Teilnehmer und Dozenten wird durch die Verbindung über das Videokonferenzsystem realisiert. Die Partner können sich sehen und hören, es entsteht das Gefühl eines realen persönlichen individuellen Kontaktes im virtuellen Raum. Mit der reinen Datenverbindung über einen zweiten PC können beliebige Programme gemeinsam mit abwechselnder Freigabe genutzt werden. Ebenso können Dateien übertragen und der in MS NetMeeting enthaltene schriftliche Chat sowie das Whiteboard genutzt werden.

Im Verlauf des Projektes wurden mit dieser Art des Verbindungsaufbaus verschiedenartige eLearning-Szenarien inhaltlich entwickelt und getestet. Darüber hinaus mussten sich die Teilnehmer gemeinsam sowohl mit den technischen Gegebenheiten vertraut machen, als auch Hardware- und Software-, Video- und Tonprobleme analysieren und Schritt für Schritt lösen. Dabei wurden viele Varianten einer Videokonferenz ausprobiert, Erfahrungen ausgetauscht und Kenntnisse zusammengetragen. Scheinbar einfache Gegebenheiten gewinnen an

Bedeutung: Beispielsweise sollten bei Multipoint-Verbindungen nicht alle Partner gleichzeitig reden, sondern nacheinander; dies ist anfangs zu verabreden. Außerdem müssen die Teilnehmer sicherstellen, dass alle jeweils notwendigen Ports freigeschaltet sind.

Im Laufe des Projektes kam es u. a. zu erfolgreichen Durchführungen einer Beratungshotline mit dem Hauptamt Lübben des Landkreises Dahme-Spreewald, also einer kommunalen Verwaltung mit erheblichen Datenschutz- und Datensicherheitsvorkehrungen. Der Internetzugang der PC der Anwender im Hauptamt Lübben ist über eine mehrstufige Firewall geschützt und der Datentransfer vom und zum Internet passiert generell einen entsprechenden Proxyserver. Dieser Proxyserver überprüft und vergibt Zugriffsrechte des Users. Eine Umgehung des Proxyservers sowie ein Routing von Datenpaketen in das Internet und zurück ist aus Sicherheitsgründen nicht vorgesehen. Im Ergebnis einer Lösungsfindung im Hauptamt Lübben kam es zur Erweiterung der Proxyserver um einen Server, der Videokonferenzprotokolle in der Weise unterstützt, dass Videokonferenzen zwischen Anwendern im lokalen Netz und Nutzern des Internets ermöglicht werden. Das Routing wurde aus Sicherheitsgründen nicht berücksichtigt. Der Server wurde mit einer Open-Source-Software realisiert; diese Software ist eine Kombination von Gatekeeper und Proxyserver mit der Bezeichnung „gnugk-2.0.6“ (www.gnugk.org). Mit dieser Lösung wurde die Möglichkeit geschaffen, Videoverbindungen ohne Sicherheitsrisiko zu registrierten Teilnehmern im hausinternen Netz des Hauptamtes herzustellen. Diese Lösung war allerdings nur durch das hohe Engagement des Netzwerkadministrators des Hauptamtes Lübben möglich. Sie zeigt, dass eine solche Lösungsvariante nach netzwerkspezifischen Anpassungen auch in anderen gesicherten Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung denkbar wäre.

Es wurden prinzipiell vier Schulungsszenarios über Videokonferenz definiert:

- Szenario 1: Ein Teilnehmer z. B. einer ehemaligen Präsenzschiung hat Softwareprobleme am Arbeitsplatz, wählt sich wie beschrieben ein und fragt bei der Dozentin anhand seines konkreten Produkts und Beispiels nach. Gleiche Softwareversionen sind sinnvoll. Gegenseitig wird auf das Dokument zugegriffen, Dateien werden zusätzlich transferiert, zur weiteren Erläuterung setzt die Dozentin auch die Dokumentenkamera und das Wall-Display ein.
- Szenario 2: Analog zum ersten Szenario, allerdings mit drei Teilnehmern. Es werden alle Funktionen von MS Netmeeting genutzt.
- Szenario 3: Eine Gruppe von Experten sitzt im CuSS am Tisch mit einem Tischmikrofon und diskutiert eine Fragestellung. Die Experten zeigen verschiedene Aspekte des Themas mit unterschiedlichen Medien (Tafel, Flipchart, Bild etc.), die über verschiedene Kameras aufgenommen und den zugeschalteten Teilnehmern gezeigt werden.
- Szenario 4: Eine Problemlösung oder Schulung wird entweder mit Videokamera oder über die eBeam-Funktion des Wall-Displays aufgezeichnet, um sie später weiteren Teilnehmern zeigen zu können.



Im Ergebnis der beispielhaften Zusammenarbeit mit dem Hauptamt Lübben kam es zum Test und Nachweis sämtlicher Funktionen der von uns konzipierten Videokonferenzen für eine multifunktionale Beratungshotline. Die Durchführung von Beratungen mit je zwei externen Teilnehmern entsprechend dem Projektkonzept ist wie folgt zu beschreiben und zu bewerten: Zwischen den externen Schulungsteilnehmern, die sich mit MS NetMeeting anhand unserer festen IP-Adressen „einwählten“, sowie der Dozentin und Administrator/in im CuSS-Labor wurden zu Beginn der Schulung Absprachen getroffen. Schulungsgegenstand war beispielsweise MS Excel. Der Schulungsteilnehmer im Hauptamt Lübben startete dieses Programm und übergab danach die Steuerung an die Dozentin, die als Beantwortung seiner Fragen entsprechende Lösungen in der Excel-Datei zeigte. Im weiteren Verlauf der Schulung kam es so zu wechselseitiger Übernahme der Steuerung und Aktionsausführungen in der Datei des Schulungspartners. Dozentin und Schulungspartner standen dabei in audiovisuellem Kontakt, so dass Erklärungen und Rückfragen problemlos möglich waren. Die Nutzung der Hauptkamera und später der Objektkamera (für handschriftliche Ausführungen) durch die Dozentin ermöglichte es, abwechslungsreich verschiedene Materialien in die Schulung einfließen zu lassen. Ebenso wurden die weiteren Funktionen von MS NetMeeting erfolgreich genutzt, d.h. in diesem Fall vor allem die Möglichkeit des Dateitransfers.

Technische Unterbrechungen, zum Beispiel bedingt durch eine nicht konstante Datenübertragungsrate im Internet, konnten meistens schnell wieder behoben werden und beeinträchtigten die Durchführung der Schulung nach Aussage der Teilnehmer wenig. Das Betreiben der Beratungshotline mit möglichst reibungsfreier Störungsbehebung einerseits und technischer Hilfestellung für die Teilnehmer andererseits erfordert die Anwesenheit eines Administrators neben dem Dozenten, so dass in entsprechender Arbeitsteilung der eine die technische Absicherung im Blick behält und der andere sich ganz auf die individuell ausgerichtete Schulung konzentrieren kann. Dies ist auch deshalb wichtig, da die Dozenten ad hoc auf konkrete inhaltliche Fragestellungen sehr flexibel reagieren sollen und der nicht vordefinierte Schulungsablauf die Dozenten durchaus verunsichern kann. D. h. eine solche arbeitsplatzbezogene, maßgeschneiderte und elektronisch basierte Qualifizierungsmaßnahme des Lernenden setzt auch Lehrende mit großer Schulungserfahrung voraus.

Einschätzungen zu den durchgeführten eSchulungen und eBeratungen wurden anhand eines von uns entwickelten Fragebogens schriftlich festgehalten. Wir erhielten den Auswertungsbogen zum Beurteilen der durchgeführten Qualifizierung über Videokonferenz vom teilnehmenden Partner am Ende der Schulung ausgefüllt zurück. An dieser Stelle möchten wir uns folgende Zitate daraus erlauben: „Ich sehe diese neue Alternative der Schulung sehr positiv, da zum einen die Anfahrten zum Schulungsort, sprich Fahrtkosten, entfallen, und zeitlich unabhängig, i. d. R. am eigenen Arbeitsplatz geschult werden kann. Trotzdem ist ein visueller Kontakt mit dem Dozenten und daher ein aktuelles Feedback möglich.“ Herr Schaaf



Abb. 3: Einbeziehung des Wall-Displays in die Videokonferenz

(Hauptamt Lübben) urteilte weiterhin: „Insbesondere durch die gleichzeitige Bearbeitung von Dateien durch die Dozentin und den Lernenden mit entsprechender Anleitung ist ein anschauliches und nachhaltiges Lernen gegeben“.

Über diese Art der individuellen Schulung am Arbeitsplatz hinaus haben wir Fälle aufgenommen und erprobt, die weitere Einsatzmöglichkeiten eines Videokonferenzsystems zum Beispiel für Inhouse-Schulungen in Unternehmen und Verwaltungen simulierten (siehe Abb. 3). In Abweichung vom eigentlichen Projektgedanken, der eine Schulung direkt vom Arbeitsplatz vorsieht, sind im Fall von internen Videokonferenzen andere Eckpunkte zu berücksichtigen. Durch Errichten einer Videokonferenz-Umgebung im Labor „Medienintegrierende Verwaltungsinformatik“ der TFH Wildau wurde die notwendige Ausstattung mit MS NetMeeting, Web-Kamera, Audioanlage sowie Projektionsbeamer umgesetzt. Die Durchführung von Inhouse-Schulungen wurden mit Hilfe von aktuell laufenden Lehrveranstaltungen, seien es IT-Vorlesungen, PC-Übungen oder Klausurvorbereitungen, in diesem PC-Labor simuliert. Auch dieser Einsatz der Videokonferenz vermittelte uns hilfreiche Erkenntnisse zum eLearning.

Der Einsatz von Videokonferenztechnik wurde in drei Seminargruppen des ersten Semesters getestet. Die Dozentin befand sich im CuSS, die Studenten im PC-Labor. Über eine Web-Kamera wurde ein Raumbild des Labors an die Dozentin übermittelt. Die Dozentin konnte die Reaktionen der Studenten visuell und akustisch wahrnehmen und darauf jederzeit reagieren. Unter Einsatz der Software eBeam entwickelte die Dozentin Tafelbilder für die Studenten am Wall-Display. Den Studenten wurde das Bild der Dozentin oder das entsprechende Programm mit der Dateiübertragungsfunktion von MS NetMeeting übertragen und mit einem Projektionsbeamer auf einer Großleinwand gezeigt. Über die Audioanlage des PC-Labors war die Dozentin zu hören. Per eBeam entwickelte Tafelbilder konnten live verfolgt werden. Da diese Tafelbilder elektronisch abgespeichert werden können, sind sie jederzeit, auch später abrufbar. Über ein Mikrofon am Dozenten-PC des Labors war eine Audiorückmeldung möglich. Den Studenten stand allerdings nur dieses eine



Mikrofon zur Verfügung. Die Studenten wurden im Anschluss an den Unterricht gebeten, den Schulungsfragebogen sinngemäß auszufüllen.

Nach der Sichtung der Auswertebögen ergaben sich folgende Einschätzungen der Studierenden: Die Möglichkeit der Wissensvermittlung per Videokonferenz wurde als interessant und abwechslungsreich beschrieben. Sie wurde als gute Alternative und Auflockerung des herkömmlichen Unterrichts gesehen, sollte jedoch sparsam und nur in kleinen Gruppen eingesetzt werden. Insgesamt wurde sehr positiv auf den Einsatz dieser Kommunikationstechnik reagiert. Die Studenten wurden mit der Technik und den Möglichkeiten dieses Verfahrens vertraut gemacht und standen diesem bejahend gegenüber. Gleichzeitig kamen von den Studierenden gute Anregungen zur weiteren Verbesserung und zum Ausbau der Videokonferenz. Den Auswertebögen war ebenfalls zu entnehmen, dass, obwohl die Bild- und Tonqualität nicht zu jeder Zeit gut war, die positive Grundstimmung der Studierenden trotzdem überwog. Die schriftlichen Kommentare zeigten noch deutlicher, dass dem audiovisuellen Kontakt meist große Bedeutung zugerechnet werden muss. Kann eine gute Ton- und Bildqualität sichergestellt werden, so ist eine deutliche Akzeptanz von PC-Schulungen über Videokonferenz anzunehmen. Kann die Ton- und Bildqualität nicht dauerhaft sichergestellt werden, fallen gar Bild oder Ton aus, so ist der Nutzen der Schulung stark eingeschränkt und sie wird von den Lernenden je nach Lerntyp als zu anstrengend empfunden. Die meisten Studierenden wollten zudem die Dozentin nicht nur hören, sondern auch sehen.

Das Videokonferenzsystem bietet die Möglichkeit, Teilnehmergruppen in verschiedenen Räumen parallel zu schulen. Diese Art des Einsatzes wurde von unseren Studierenden aktiv diskutiert und vor allem deshalb positiv eingeschätzt, da unsere Studienkurse wegen der hohen Anzahl von ungefähr 40 Teilnehmern für den praktischen am PC stattfindenden Informatikunterricht geteilt werden müssen und eine der beiden parallel arbeitenden Gruppen vom jeweiligen Dozenten daher nicht direkt betreut werden kann. Die Studierenden erhoffen sich demgegenüber mit Hilfe der Video-Audio-Übertragung eine höhere Betreuungsdichte.

Es sollten in Zukunft Videokonferenzen aber auch deshalb verstärkt in der Lehre eingesetzt werden, damit die Studierenden später ihre Kenntnisse mit in die Praxis nehmen und Videokonferenzen aktiv nutzen können. MamBHo ermöglicht somit für die Nicht-Informatikbereiche wie Recht und Verwaltungslehre oder Wirtschaftswissenschaften einen endogenen Wissenstransfer zur gezielten Nutzung neuer Medien. Darüber hinaus eröffnet MamBHo insbesondere für die existierenden Fernstudiengänge die Möglichkeit einer über die Präsenzzeiten hinausgehende Beratung und Unterstützung, wodurch deren Attraktivität weiter erhöht werden kann. Dieser Aspekt der eBeratung als eine Modernisierung der Betreuungsmöglichkeiten der Fernstudierenden würde bezogen auf das vielfältige und bedarfsgerechte Fernstudienangebot generell die Entwicklung der TFH

Wildau zur größten „Fernfachhochschule“ der Region Berlin-Brandenburg festigen. In diesem Sinne stellt MamBHo als ein sogenannter „Net-Workshop“ anders als Online-Kurse ein stark interaktives und kooperatives Beratungsangebot dar. Dieses Angebot könnte auf festen Start- und Endterminen der eBeratung sowie geschlossenen Benutzergruppen beruhen. Die Kommunikation könnte per Videokonferenz multimedial, aber auch per Mailing oder in Diskussionsforen erfolgen. Im Sommersemester 2004 wird erstmals auch ein Teil der Sprechstunde als eBeratung für die Studierenden angeboten (siehe Abb. 4).

Zusammenfassend wurde mit Hilfe der internen und externen Konferenzen eine funktionsfähige und multifunktionale Beratungshotline aufgebaut und erprobt. Sie ist umfassend einsetzbar, bedarf aber neben dem Dozenten auch einer administrativen Betreuung, um Störungen und technische Probleme schnell beheben zu können. Nachgewiesen wurde nicht nur die Machbarkeit von Schulungen am Arbeitsplatz, sondern auch eine große Akzeptanz solcher Qualifizierungsmaßnahmen in Personenkreisen, die Informationstechnik keineswegs als Hauptaufgabe eigenen Handelns begreifen. Eine schnelle Hilfestellung bei Problemen, die zielgerichtete Reaktion auf aktuelle berufliche Erfordernisse sowie Veränderungen in neuen Programmversionen konnten sichergestellt werden. Ebenso diente das Videokonferenzsystem einem intensiven Kontakt und guter Kommunikation zu den Schulungsteilnehmern, so dass ein Wissenstransfer tatsächlich nachhaltig möglich wird.

Der hauptsächliche Nutzen ist

- eine passgenaue und aktuelle Qualifikation am Arbeitsplatz,
- ein Weiterlernen am Arbeitsplatz mit individueller Beratung,
- ein Coaching auch unter Berücksichtigung des Lerntyps mit angepasster Stoffvermittlung durch Nutzung unterschiedlicher Medien,
- kein Lernen auf Vorrat, sondern praxis- und problemorientiert mit besserem Behalten und individuellem Tempo nach eigenem Terminkalender sowie
- Einsparung von Reisekosten.



Abb. 4: Angebotsdarstellung im World Wide Web: http://www.tfhwildau.de/web_wvr/schollprojekte/

MamBHo stellt also mit Blick auf den Arbeitsprozess der Beteiligten einen ersten „Customer Support for Job Learning on Demand“ dar. MamBHo ermöglicht eine kompetente, beratende Wissensweitergabe zur rechten Zeit



am rechten Ort zwecks passgenauer Mitarbeiterqualifizierung beteiligter Behörden und Unternehmungen. Sie setzt Lehrende voraus, deren Erfahrungshorizont die verunsichernd wirkende ad hoc-Beratung meistern lässt, und Lernende mit einer gewissen Offenheit gegenüber technischen Neuerungen. Außerdem ist eine begleitende administrative Hilfestellung durchaus notwendig. Wie das Beispiel des Landkreises Dahme-Spreewald zeigt, lassen sich auch für öffentliche Verwaltungen mit erheblichen Datenschutz- und Datensicherheitsvorkehrungen eBeratungen und eSchulungen über das Internet zielgerichtet durchführen. Eine mögliche Erweiterung der ursprünglichen Projektidee ist der Einsatz von Videokonferenzen für Schulungen im internen Netzwerk eines Unternehmens bzw. einer öffentlichen Verwaltung (Intranet), wodurch die angesprochene Firewall-Problematik umgangen werden kann.

Das eingerichtete CuSS-Labor kann von anderen Fachbereichen der TFH Wildau genutzt und könnte auch an Behörden, Institutionen oder Unternehmungen vermietet werden – eine inhaltliche Vermittlung von Themen ist nicht auf den PC-Bereich beschränkt, da Tafelbilder jeglicher Art am Wall-Display entwickelt und über dessen eBeam-Funktion elektronisch übertragen oder gespeichert werden können. Um MamBHo im CuSS als Dauereinrichtung einer passgenauen Qualifizierungsmaßnahme für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Unternehmen und öffentlichen Verwaltungen zukünftig betreiben zu können, ist die Entwicklung eines ökonomischen Betreibermodells notwendig.

Anmerkungen/Literatur

- [1] MS NetMeeting 3 – Info-Datei
- [2] Bedienungsanleitung Sony Multimedia Terminal PCS-6000P, 2000 Sony Corporation

Autoren

Prof. Dr. rer. nat. Margit Scholl

Technischen Fachhochschule Wildau
Fachbereich Wirtschaft, Verwaltung und Recht
Tel. +49 3375 508-917
E-Mail: mscholl@wvr.tfh-wildau.de

Dipl.-Ök. Sabine Schröter

Technischen Fachhochschule Wildau
Fachbereich Wirtschaft, Verwaltung und Recht
Tel. +49 3375 508-921
E-Mail: sschroet@wi-bw.tfh-wildau.de

Wirtschaftsförderung bei rückläufigen Finanzbudgets – Überlegungen zur leistungsorientierten Maßnahmenanpassung

Klaus-Peter Schulze

1 Die Handlungsspielräume der öffentlichen Wirtschaftsförderung werden enger

Wir alle wissen: Der Staat wird immer ärmer. Steuermindereinnahmen, steigende Zinslast, zunehmende Kosten drücken die Verantwortlichen im öffentlichen Bereich und schränken ihren Handlungsspielraum zunehmend ein. Öffentliche Haushaltsdebatten werden zum Verteilungskampf um einen immer kleiner werdenden Kuchen. Heute heißt es mehr denn je, Prioritäten zu setzen, staatliche Leistungen auf die notwendigen Kernaufgaben zu reduzieren.

Dies gilt auch für den Bereich der Wirtschaftsförderung als ein Aufgabenbereich staatlichen Handelns. Immer wieder werden Fälle unangemessenen Mitteleinsatzes für einzelne Wirtschaftsförderaufgaben publik. Die Hoffnung auf den vermeintlich „großen Wurf“ oder einfach das unüberlegte „weiter wie bisher“ sind risikoreich und können vor allem Chancen in anderen mehr Erfolg versprechenden Bereichen verbauen. Wirtschaftsförderung heute kann sich keine finanziellen Abenteuer mehr leisten. Mehr denn je geht es darum, die knappen öffentlichen Kapazitäten so aufzuteilen, dass sie die größten Erfolge für die künftige Wirtschaftsentwicklung erwarten lassen. Drei miteinander verknüpfte Aktionsfelder sind dabei auszumachen:

- Prioritätensetzung durch inhaltliche Konzentration auf zukunftssträchtige Wirtschaftsförderbereiche,
- Anpassung des Instrumenteneinsatzes bei rückläufigen Finanzbudgets,
- Erhöhung der Selbstfinanzierungskraft im Wirtschaftsförderbereich.

Hinsichtlich der inhaltlichen Profilierung wird auf die vom Verfasser an anderer Stelle vorgestellten Überlegungen verwiesen [1]. Beiträge zur Bereinigung des Instrumenteneinsatzes werden in den nachfolgenden Erörterungen entwickelt. Maßnahmen zur Erhöhung der Selbstfinanzierungskraft müssen späteren Ausführungen überlassen bleiben.

Grundsätzlich gilt: Bei abnehmenden Haushaltsvolumina sind die knappen Wirtschaftsfördermittel auf die Instrumente zu konzentrieren, die den größten Wirtschaftsfördererfolg erwarten lassen. Hierzu bedarf es abwägender Kosten-Nutzen-Überlegungen in Bezug auf die einzusetzenden Wirtschaftsförderinstrumente.

2 Die Instrumente staatlicher Wirtschaftsförderung und deren Erfolgsmaßstäbe

Zukunftsorientierte Wirtschaftsförderung leistet einen Beitrag, die Wettbewerbsfähigkeit der regionalen Wirtschaft zu erhöhen. Aufgrund der strategischen Bedeutung der Innovationskraft für die regionale Wirtschaftsentwicklung gilt ein innovatives Wirtschaftsklima als zentraler Standortfaktor. Zu seiner Entwicklung greifen Ansiedlungsbemühungen, Unternehmensentwicklung und Existenzgründungsunterstützung ineinander. Alle drei Wirtschaftsförderfelder bilden zusammen den integrierten Ansatz einer ganzheitlichen Wirtschaftsförderung.

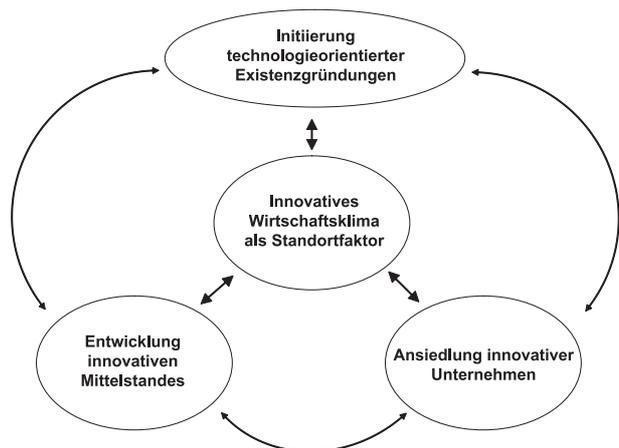


Abb. 1: Regelkreis zukunftsorientierter Wirtschaftsförderung

Jedem Wirtschaftsförderfeld kann eine spezifische Gruppe von wirtschaftsfördernden Instrumentenbündeln zugeordnet werden. Jedes Instrumentenbündel lässt sich in eine Vielzahl weiterer Handlungsmaßnahmen aufgliedern, die sich problem- und zielgruppenspezifisch unterscheiden. Organisatorisch sind die einzelnen Instrumentenbündel in aller Regel eigenständigen Rechtsformen zugeordnet. Nur in zwei deutschen Bundesländern sind sie zurzeit organisatorisch zusammengefasst: in Bremen und in Brandenburg.

Unabhängig von der Organisationsform ist es aus der übergeordneten Sicht staatlicher Wirtschaftsförderung notwendig, den einzelnen Instrumentenbündeln und damit ihren Trägern Finanzausstattungen zuzuordnen. Den Eingangsüberlegungen folgend spielt bei der Bemessung der Finanzausstattung der aus dem Instrumenteneinsatz erwartete Nutzen die entscheidende Rolle. Während der Input staatlicher Wirtschaftsförderung als Ausgaben bzw.



Kosten eindeutig quantifizierbar ist, gibt es zur Messung des Outputs unterschiedliche Ansätze.

Im Wirtschaftsförderfeld „Ansiedlung“ ist als Erfolgsmaßstab die Anzahl der durch die Maßnahmen neu geschaffenen bzw. erhaltenen Arbeitsplätze gebräuchlich. Auch im Bereich der Existenzgründung findet dieser Maßstab gelegentlich Anwendung. Im Bereich der innovativen Unternehmensentwicklung findet man häufig Kriterien wie Patentanmeldung, FuE-Aufwendungen bezogen auf den Umsatz oder FuE-Personal bezogen auf das Gesamtpersonal.

Der Vorteil der Arbeitsplatzzählung als Erfolgsindikator liegt sicher in seiner einfachen Verständlichkeit, der politischen Vermittelbarkeit und der quantifizierbaren Verwendbarkeit. Bei näherem Hinsehen werden die Schwächen dieses Outputindikators jedoch rasch deutlich. Undifferenzierte Arbeitsplatzzählungen

- klammern Strukturentwicklungseffekte aus,
- berücksichtigen keine einzelwirtschaftlichen Wertschöpfungsprozesse,
- können als Zielgrößen Wirtschaftsförderprozesse in die falsche Richtung steuern.

Eine undifferenzierte Arbeitsplatzzählung suggeriert: Arbeitsplatz ist gleich Arbeitsplatz. Mit dieser einfachen Logik werden neu geschaffene High-Tech-Arbeitsplätze mit einfachen Dienstleistungsarbeitsplätzen gleichgesetzt. Angesichts des weltweiten Strukturwandels zur Wissensgesellschaft ist diese Vorgehensweise ein höchst fragwürdiges Unterfangen.

Arbeitsplätze sind einzelwirtschaftliche Kostenfaktoren. Kosten reduzieren die Wertschöpfung – vor allem in Ländern relativ hoher Arbeitskosten wie Deutschland. Eine geringe Wertschöpfung macht Unternehmen konjunkturanfällig und beeinträchtigt ihre internationale Konkurrenzfähigkeit. Bevorzugt die Wirtschaftsförderung arbeitsplatzintensive Unternehmen, besteht die Gefahr, dass sie Strukturen stützt, deren Konkurrenzfähigkeit auf Dauer nicht gegeben ist.

Arbeitsplatzschaffung als alleinige Zielgröße wirtschaftsfördernder Aktivitäten beinhaltet damit die Gefahr der Fehlallokation der Ressourcen. Auf der Jagd nach hohen Arbeitsplatzzahlen werden notwendige Umstrukturierungsprozesse nicht angegangen, die Unterstützung einzelbetrieblicher Wertschöpfungsprozesse wird vernachlässigt, die Aufmerksamkeit wird von nicht zukunftsbezogenen Wirtschaftsbereichen abgelenkt.

Auch für das Stabilitäts- und Wachstumsgesetz (StWG), das wirtschaftsförderndes Handeln bundesweit legitimiert, ist die Beschäftigungsförderung nur eines von drei Zielkriterien.

Angesichts dieser Probleme werden zunehmend Stimmen laut, die auf eine Umorientierung bei der Erfolgsmessung im Wirtschaftsförderbereich drängen. Vorgeschlagen werden u. a. mehrdimensionale Kennzahlensysteme, die in die Erfassung der Brutto-

wertschöpfung je Einwohner münden, oder Kriterien, die einzelwirtschaftliche Umsatzsteigerungen berücksichtigen bzw. nominal erzielte strukturwirtschaftliche Effekte in den Regionen einbeziehen [2]. Eine auf Überwindung struktureller Nachteile gerichtete Wirtschaftsförderung kann daher auf die Einbeziehung struktureller Effekte bei der Bewertung des Wirtschaftsfördererfolges nicht verzichten.

3 Die Berücksichtigung struktureller Effekte bei der Ermittlung des Wirtschaftsfördererfolges

Bei der Ermittlung der internationalen Konkurrenzfähigkeit einer Volkswirtschaft spielt deren innovatives Potenzial eine immer wichtigere Rolle. In jährlich wiederkehrenden Analysen legt das Bundesministerium für Bildung und Forschung seinen Bericht zur Technologischen Leistungsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland vor [3]. Grundlage der Analyse ist die Strukturierung der Wirtschaftsbereiche in die Kategorien „Spitzentechnologie“, „Hochwertige Technologie“ und „Wissensintensive Dienstleistung“ [4]. Ein struktureller Vergleich mit den Volkswirtschaften anderer Staaten macht so Stärken und Schwächen der einheimischen Wirtschaft deutlich. Die aktuellen Zahlen für Deutschland zeigen insgesamt gegenüber den Vorjahren in vielen Bereichen eine rückläufige Tendenz.

Die in der genannten Weise für Gesamtdeutschland zugrunde gelegte Metrik des Strukturvergleiches lässt sich auch auf Bundesländerebene herunterbrechen und als Grundlage für die Messung des regionenbezogenen Wirtschaftsfördererfolges verwenden. Durch Gewichtung der Erfolgsindikatoren (z. B. geschaffene und erhaltene Arbeitsplätze) nach Maßgabe ihres Innovationsgehaltes lassen sich Struktureffekte abbilden. So wird etwa die Schaffung eines einfachen Arbeitsplatzes in einem Call-Center geringer gewichtet als ein hoch spezialisierter Arbeitsplatz in der Branche Luftfahrttechnik. Bei der Zuordnung kann auf die einschlägige Einteilung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zurückgegriffen werden, die die jeweilige Branche der amtlichen Wirtschaftsplansystematik nach ihrem jeweiligen Technologie- und Wissensgehalt gliedert [5].

Einer besonderen Sorgfalt bedarf die Bestimmung der Gewichtungsfaktoren. Anhaltspunkte für deren Bemessung liefern u. a. die fiskalischen Effekte geschaffener Arbeitsplätze. Nach Berechnungen der Prognos AG bringt ein durchschnittlicher neuer Arbeitsplatz im Bundesland Berlin ca. 3.900 Euro an Steuermehreinnahmen, ein hoch qualifizierter, überdurchschnittlicher Arbeitsplatz hingegen über 4.800 Euro – jeweils vor Länderfinanzausgleich [6]. Damit wäre eine um ca. 23 % höhere Gewichtung von Hightech-Arbeitsplätzen ableitbar. Weitere Gesichtspunkte, wie technologiestrukturelle Entwicklungsprognosen oder wirtschaftspolitische Schwerpunktsetzungen, können in die letztendliche Gewichtungsentscheidung einbezogen werden.



Im Ergebnis ermöglicht der aufgezeigte Weg die Einbeziehung struktureller Effekte bei der Ermittlung des Wirtschaftsfördererfolges. Damit können wesentliche Voraussetzungen für eine leistungsbezogene Erfassung von Wirtschaftsfördermaßnahmen und deren Optimierung geschaffen werden.

4 Die ABC-Analyse als Modell leistungsbezogener Maßnahmenanpassung im Wirtschaftsförderbereich

Angesichts der knapper werdenden Haushaltsmittel sind Entscheidungshilfen zur effizienten Mittelzuordnung auf die einzelnen Wirtschaftsförderinstrumente gefordert. In der unternehmerischen Managementpraxis hat sich als Planungsmodell zur kostenorientierten Zusammenstellung eines Leistungs- oder Nachfragemix die ABC-Analyse etabliert. Durch sie kann in anschaulicher Weise die Bedeutung verschiedener Leistungs- oder Beschaffungsprodukte für den unternehmerischen Erfolg erfasst werden. Gleichzeitig wird damit eine Grundlage für die Optimierung des Leistungs- oder Beschaffungsportfolios gelegt [7].

Mit dem Grundmodell der ABC-Analyse lassen sich auch die Auswirkungen der Ressourcenzuordnung auf die einzelnen Wirtschaftsförderfelder in Bezug auf deren Wirtschaftsfördererfolg darstellen und in Grenzen optimieren. Zur Veranschaulichung dient Abb. 2.

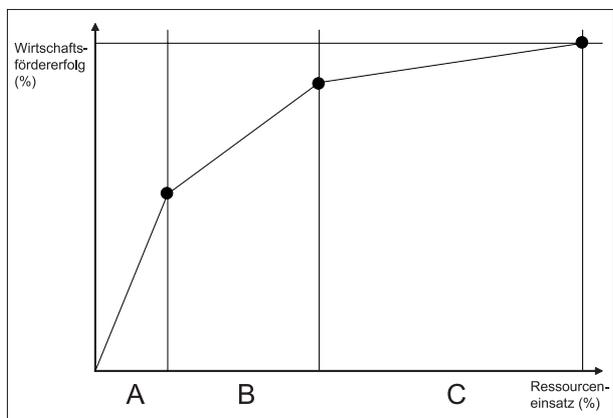


Abb. 2: ABC-Modell zur optimierten Wirtschaftsförderung

Auf der horizontalen Achse sind die Ressourceneinsätze (z. B. um eingeworbene Drittmittel reduzierte Finanzbudgets) für die einzelnen Wirtschaftsförderinstrumente (A, B, C) normiert auf 100 % eingetragen. Auf der senkrechten Achse werden die den einzelnen Wirtschaftsförderinstrumenten zugeordneten Erfolgsgrößen ebenfalls auf 100 % normiert erfasst. Die Reihenfolge des Eintrages der Wirtschaftsförderinstrumente auf der horizontalen Achse richtet sich nach dem abnehmenden Beitrag zum Wirtschaftsfördererfolg.

Das Verhältnis von instrumentenbezogenem Wirtschaftsfördererfolg (Nutzen) zu den dafür notwendigen Ausgaben (um eingeworbene Drittmittel reduziertes Finanzbudget) kann man als Grenznutzen oder Wirtschaftsförderproduktivität bezeichnen. In unserem Beispiel ist

die Wirtschaftsförderproduktivität des Instrumentes A größer als B, diese wiederum größer als C.

Anhand des Modells lassen sich nunmehr verschiedene Budgetszenarien durchspielen: Bei einer Verschiebung der Budgetanteile, z. B. zu Lasten von A und zu Gunsten von C, würde der Gesamtwirtschaftsfördererfolg (ceteris paribus) sinken. Der Grund dafür ist, dass Budgetanteile von einem Instrument höherer Wirtschaftsförderproduktivität zu einem Instrument geringerer Wirtschaftsförderproduktivität verschoben wurden. Auch der Fall einer Verringerung des Gesamtbudgets lässt sich modellmäßig durchspielen. Die Reduzierung des Wirtschaftsfördererfolges kann dann in Grenzen gehalten werden, wenn zunächst die Maßnahmen mit der geringsten Wirtschaftsförderproduktivität eingeschränkt werden.

Die modellmäßige Betrachtung macht deutlich, dass eine erfolgsbezogene Optimierung des Instrumentenmix im Wirtschaftsförderbereich stets auch die Berücksichtigung des jeweils notwendigen Budgeteinsatzes erfordert. Erst eine Betrachtung der Wirtschaftsförderproduktivitäten macht eine strukturierte Analyse möglich.

5 Notwendigkeit und Grenzen praktischer Anwendung

Enger werdende Haushaltsbudgets verlangen auch eindeutigere Prioritätensetzung bei der Wirtschaftsförderung. Die vorangegangenen Überlegungen zeigen, wie man auch bei knapper werdenden Budgets den Rückgang des Wirtschaftsfördererfolges in Grenzen halten kann. Durch die Orientierung an Produktivitätsüberlegungen der einzelnen Wirtschaftsförderinstrumente lässt sich die Effizienz des öffentlichen Mitteleinsatzes steigern. Hierzu kann das Instrument der ABC-Analyse geeignete Anhaltspunkte liefern. Es leistet insoweit auch einen Beitrag zur notwendigen Budgetoptimierung.

In seiner praktischen Anwendung erfordert das Modell zunächst einmal die getrennte Erfassung der Kosten/Ausgaben für die einzelnen Instrumentenbündel der Wirtschaftsförderung, etwa für die Bereiche Existenzgründung, Unternehmensentwicklung und Ansiedlung. Sodann sind die Zielbeiträge je Instrumentenbündel zu ermitteln, um die Produktivitäten der Instrumente berechnen und sie anschließend in eine Rangfolge bringen zu können. Die Maßstäbe der Messung des Wirtschaftsförder-Outputs können dabei sehr unterschiedlich sein. Auf die Problematik der eindimensionalen Orientierung an geschaffenen oder erhaltenen Arbeitsplätzen wurde hingewiesen und Erweiterungsmöglichkeiten entwickelt.

Allerdings findet der budgetbezogene Optimierungsprozess dort seine Grenzen, wo durch wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Instrumentenbündeln Einflüsse auf deren Wirksamkeit auftreten. Beispiele könnten sein, wenn durch verringerte Bestandspflege die Attraktivität eines Standortes für Ansiedlungen nachlässt oder durch übermäßige Vernachlässigung von



Ansiedlungen Möglichkeiten des Aufbaus regionaler Zulieferketten zur Unternehmensentwicklung verloren gehen. Daher sind neben einer rein quantitativen Modellbetrachtung qualitative Gesichtspunkte möglicher Interdependenzen zwischen den Maßnahmenbündeln zu berücksichtigen.

Empirische Erhebungen zur Anpassung von Wirtschaftsförderaktivitäten sind selten. Einen Anhaltspunkt liefert die regelmäßig von der Firma ExperConsult durchgeführte Befragung zum Thema „Wo steht die Wirtschaftsförderung in Deutschland“ – zuletzt für das Jahr 2002 [8]. Dort ist u. a. erkennbar, dass gemessen an den geschaffenen Arbeitsplätzen in 2002 die Gewichtung des Aufgabenschwerpunktes Bestandspflege mit durchschnittlich 64 % (1999: 58 %) gegenüber dem Aufgabenschwerpunkt Neuansiedlung mit durchschnittlich 36 % (1999: 42 %) deutlich zugenommen hat [9]. Dabei gewinnt das Instrument Netzwerk- und Clusterbildung zunehmende Bedeutung.

Auch bei der staatlichen Wirtschaftsförderung kann es kein „weiter wie bisher“ geben. Dazu haben sich die Rahmenbedingungen zu sehr verändert – sowohl bei den strukturellen Anforderungen als auch bei den haushaltswirtschaftlichen Möglichkeiten. Mehr denn je sind Effizienzbetrachtungen bei den Wirtschaftsförderinstrumenten notwendig, mit denen Kosten und Nutzen einander gegenüber gestellt werden können. Dieser Beitrag soll die Diskussion anregen und mögliche Denkrichtungen aufzeigen.

Anmerkungen/Literatur

- [1] Schulze, Klaus-P.: Wirtschaft im Wandel – Anforderungen an eine zukunftsorientierte Wirtschaftsförderung, in: TFH Wildau (Hrsg.); Wissenschaftliche Beiträge, Heft 2002, S. 71 ff.
- [2] McKinsey & Company: Deutschland übermorgen – Verstärkung der regionalen wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und Schaffung neuer Arbeitsplätze, Vortragsunterlagen
- [3] Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF (Hrsg.): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2002, Bonn 2003
- [4] BMBF (Hrsg.): a.a.O., S. 5
- [5] BMBF (Hrsg.): a.a.O., S. 173 ff.
- [6] Steden, P. in Prognos (Hrsg.): trendletter 1/2003, S. 10
- [7] Heinen, Edmund: Industriebetriebslehre – Entscheidungen im Industriebetrieb, 9. Aufl., Wiesbaden 1991, S. 500 ff.
- [8] ExperConsult, Wirtschaftsförderung und Investitionen GmbH & Co. KG, „Wo steht die Wirtschaftsförderung in Deutschland? – Befragung 2002“, Dortmund 2002
- [9] ExperConsult, a.a.O., S. 14

Autor

Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Peter Schulze
Geschäftsführer
ZukunftsAgentur Brandenburg GmbH
Steinstraße 104-106, 14480 Potsdam
Tel. +49 331 660-3833
E-Mail: klaus-peter.schulze@zab-brandenburg.de



Der Einsatz von Neuen Informations- und Kommunikations-Technologien zur Wissensvernetzung

Maximilian Senges

*“We are drowning in information,
but starving for knowledge”*

John Naisbitt

Abstract

The following article highlights the main points of the diploma thesis “The utilization of New Information and Communication Technologies for Knowledge Networking” („Der Einsatz von Neuen Informations- und Kommunikations-Technologien zur Wissensvernetzung“) which can be accessed at http://turku.wi-bw.tfh-wildau.de/~drmue/Diplomarbeiten/Senges_Max.pdf.

The Thesis researches and discusses the planning and launch of a community of practice at the United Nations Office for Project Services (UNOPS). The objective of this paper is to lay out a practical framework for “knowledge networking” by bringing together strategic, technological and procedural aspects and by illustrating the implementation of the framework with a empirical study at UNOPS. The work focuses on describing the right organisational and technological environment to share knowledge and expertise through New Information and Communication Technologies (NICT) in a global context. Further more it deals with computer mediated communication as a primary task of the modern knowledge worker and as prerequisite of effective “knowledge networking”.

The case study at UNOPS describes the successful launch and practices of a international and intercultural knowledge network. Here the paper will not elaborate on technological aspects, because of the fast change of the performance and functionality, but will try to show the strategic and organisational implications. The case study displays the collective empowerment of practitioner groups to initialize and optimize their practices and working-tools. The results of this research indicate that the introduced collaborative network enables democratisation and transparency in corporate governance.

The paper suggests that being “networked” is a quality of successful organisations and that “knowledge networking” can play a substantive role in tackling the new challenges of globalized competition.

Der vorliegende Beitrag stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Diplomarbeit „Der Einsatz von Neuen Informations- und Kommunikations-Technologien zur Wissensvernetzung“ dar. Die Arbeit kann unter http://turku.wi-bw.tfh-wildau.de/~drmue/Diplomarbeiten/Senges_Max.pdf eingesehen werden.

Die Arbeit untersucht und diskutiert die Planung und Einführung einer Community of Practice in dem Büro für Projektservicedienstleistungen der Vereinten Nationen

(UNOPS). Das Ziel der Arbeit ist es, durch das Zusammenführen strategischer, technologischer und prozessorientierter Grundlagen einen anwendungsorientierten Gestaltungsrahmen für „Wissensvernetzung“ vorzulegen, der anhand einer praxisorientierten Fallstudie illustriert wird. Der Fokus der Arbeit konzentriert sich besonders auf die Schaffung der Rahmenbedingungen, um Wissen und Expertise durch Neue Informations- und Kommunikations-Technologien (NIKT) in einem globalen Kontext verfügbar zu machen. Außerdem beschäftigt sie sich mit den Prozessen computervermittelter Kommunikation als eine primäre Arbeitsaufgabe des modernen Wissensarbeiters und als Voraussetzung einer effektiver „Wissensvernetzung“.

In der Fallstudie bei UNOPS wird die erfolgreiche Einführung und Arbeitsweise eines internationalen, interkulturellen Wissensnetzes beschrieben. Dabei geht es nicht darum, die technologischen Grundlagen der NIKT-Werkzeuge zu erläutern, da der strategisch orientierte Horizont nicht mit den kurzen Entwicklungsschritten der technologischen Werkzeuge vermengt werden soll. Die Fallstudie soll die Möglichkeit der kollektiven Einflussnahme der vernetzten Mitarbeiter eines Fachbereichs, auf ihre Arbeitsweisen und Arbeitsmittel darstellen. Die Ergebnisse der Arbeit legen nahe, dass diese neuen kollaborativen Handlungsfelder der Mitarbeiter zu einer Demokratisierung und Transparenz innerhalb der Organisation führen.

In der Arbeit soll gezeigt werden, dass die interne Vernetzung zu einer wichtigen Qualitätsbeschreibung erfolgreicher Organisationen wird und dass „Wissensvernetzung“ einen entscheidenden Beitrag zur Bewältigung neuer Wettbewerbsanforderungen leistet.

1 Einleitung

Menschen arbeiten in Gruppen und schaffen durch kollegiale Zusammenarbeit eine Gemeinschaft, in der sich Talente ergänzen und Schwächen ausgleichen lassen. Durch die Globalisierung wurden diese Arbeitsgemeinschaften räumlich verteilt und der einzelne Mitarbeiter von seinen Kollegen isoliert. Die Arbeit beschreibt einen Ansatz, bei dem Neue Informations- und Kommunikations-Technologien (NIKT) eingesetzt werden, um moderne Arbeitsgemeinschaften in Form von kollaborativen „Wissensnetzen“ zu schaffen. Diese ermöglichen den Mitarbeiter Probleme als Team zu lösen.

Die Arbeit beschäftigt sich praxisorientiert mit dem Thema organisationsinterner Vernetzung von Wissen und bezieht sich dabei auf Wissensmanagement, organisatorische Informationsverbreitung und -bereitstellung



sowie computerunterstützte Gruppenarbeit. Es geht um die Einführung so genannter Communities of Practice (CoP), die Mitarbeiter des gleichen Arbeitsbereichs mit Hilfe von Neuen Informations- und Kommunikations-Technologien (NIKT) zusammenbringen. In den CoP übernehmen die Wissensarbeiter als Gruppe Verantwortung für Aktivitäten und Entwicklungen in ihrem Arbeitsbereich, wobei ein besonderer Stellenwert der Aufgabe zukommt, gemeinsames Wissen zu vernetzen. Aber was genau ist Wissensvernetzung?

2 Wissensvernetzung

Der Begriff Wissensvernetzung ist bisher weder in Forschung noch in der Praxis besonders etabliert. Wissensnetze waren aber z. B. das zentrale Thema des am Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen abgehaltenen Workshops „Strategische Wissensnetze: Wie Unternehmen die Ressource Wissen nutzen“ [1]. Er wurde gewählt, da er die Interdependenz der Teilnehmer verdeutlicht und durch den aktiven, prozesshaften Charakter der Vernetzung die Notwendigkeit der Interaktivität der Teilnehmer beschreibt.

Menschen arbeiten und leben seit jeher vernetzt und tauschen Wissen aus. Zwei Aspekte verschaffen der Wissensvernetzung jedoch eine neue Bedeutung: Erstens, durch die wachsende Bedeutung der Ressource Wissen bzw. ihrer gespeicherten externalisierten Form Information steigt der Bedarf an bewusst gesteuerten Abläufen. Das in jeder Organisation exponentielle Wachstum der digital gespeicherten Datenmenge ist jedoch nicht gleichbedeutend mit höherem Informationsbestand oder gar Wissen. Die NIKT bieten zwar eine große Chancen für die Entwicklung zu einer besser informierten und mehr wissenden Organisation, doch lässt sich diese nicht auf die technische Beschaffenheit der NIKT reduzieren, sondern stellt vor allem neue Anforderungen an die organisatorischen Rahmenbedingungen und die Arbeitsweise des einzelnen Mitarbeiters. Andreas Boes schreibt dazu in der Frankfurter Rundschau vom 21. März 1997 (S. 22, Spalte 1): „Das Entstehen der Informationstechnik muss als materialisierter Ausdruck einer historischen Entwicklung der ‚Informatisierung der Arbeit‘ gesehen werden, deren Beginn viel weiter als der Einsatz der ersten Computer zurückliegt. Menschliche Arbeitsprozesse sind dieser Überlieferung zufolge niemals nur stoffliche Tätigkeiten, sie sind immer zugleich auch wissensverarbeitende Prozesse“, die im Laufe der Geschichte immer komplexer geworden sind. Der momentan von den Industrienationen vollzogene Übergang zur so genannten Informationsgesellschaft beinhaltet nach Boes „die Entstehung einer qualitativ neuartigen Informationsebene der Produktionsprozesse, und wird [seiner Meinung nach] einen tiefgreifenden Umbruch der Arbeit mit sich bringen.“

Zweitens ermöglichen NIKT idealerweise den Zugriff auf das den gesamten Informationsbestand der Organisation umfassende Enterprise Content Management (ECM)-System von jedem Arbeitsplatz. Der digitale Informationsraum, der durch NIKT und speziell durch ECM-Systeme

entstanden ist, wird als Informations-Sphäre bezeichnet. Sie besteht aus – meist in Datenbanken gespeicherter – semantisch und logisch miteinander verbundener Information. Jeder Mitarbeiter kann sich aktiv an der Entwicklung dieser organisatorischen Wissensbasis, dem „Organisational Memory“, beteiligen und ist somit Teil der „Organisational Intelligence“, indem er Inhalte, Kommentare, Fragen und Antworten organisationsweit veröffentlicht [2].

3 Neue Werkzeuge erfordern neue Arbeitsweise

Neue Informations- und Kommunikations-Technologien (NIKT) werden als Werkzeuge eingesetzt, um innerhalb der informationsorganisatorischen Strukturen und der organisationskulturellen Rahmenbedingungen die produktive und effektive (Zusammen-)Arbeit zwischen Wissensarbeitern zu ermöglichen. In der Diplomarbeit stehen der Sinn und der Einsatz der Werkzeuge, nicht aber deren Entwicklung im Mittelpunkt der Betrachtungen.

Die Aufgabe speziell der Informations-Manager (aber auch der Wissensmanager) ist es, eine hohe Qualität, eine hohe Verfügbarkeit und Zugänglichkeit der Informationen zu sichern. Diese Aufgabe wird heutzutage vom Informations- und Kommunikations-Management beforscht und durch Bereitstellung einer Informationsinfrastruktur und einer Informationsarchitektur angegangen.

Infolge dieser Demokratisierung im Bezug auf Informationszugriff und Informationsverbreitung, also des Zugangs zu Medien, Inhalten, Ressourcen und Funktionen, ist Wissensvernetzung eine Aufgabe für jeden Mitarbeiter. Informationen und Wissen effizient auszutauschen erfordert neue Fähigkeiten im Bezug auf die Nutzung der NIKT die im Kapitel 4 der Diplomarbeit unter „Computer unterstützte Gruppenarbeit“ dargestellt werden. Dieser Artikel wird in den nächsten Absätzen die Veränderungen der Arbeitsumwelt und der Organisationsform beschreiben.

4 Höhere Interdependenz der Mitarbeiter

Die durch die Industrielle Revolution geschaffene technologische Entwicklung speziell in den Bereichen Informations- und Kommunikations-Technologien und Logistik haben durch extrem gesunkene Transaktions-, Kommunikations- und Transportkosten die Wirtschaftsräume der Welt zusammenwachsen lassen. Dies führt erstens dazu, dass Organisationen ihren Aufbau und ihre Arbeitsweise den veränderten Verhältnissen anpassen müssen. Dies und die Entwicklung einer immer größeren und komplexeren Organisation hat neue Organisationsformen nötig gemacht, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden. Diese moderne Organisationsformen schaffen eine Interdependenz (Vernetzung) der Aktivitäten der über den ganzen Globus verteilten Mitarbeiter, die jedoch nur durch effektive Steuerung der Kommunikation und Kooperation ausreichend realisiert werden kann.



5 Verschiebungen in der Organisationsstruktur

Wissen ist neben den Produktionsfaktoren Boden, Kapital und Arbeitskraft zu einer kritischen Ressource geworden, deren Aufstieg oft unbemerkt zu enormen Verschiebungen in der Organisationsstruktur führt. Da die Neuen Informations- und Kommunikations-Technologien die traditionellen, starren Berichtswege umgehen und den Austausch zwischen den Mitarbeitern fördern, entsteht eine Kommunikations-Matrix, die bewusst eingesetzt zu höherer Transparenz und Koordination bei Entscheidungen führt. Der erhöhte Bedarf an Kommunikation und Koordinierung führte unter anderem zu dem Trend hin zu einer Matrix Organisationsform, bei der neben den vertikalen funktionalen Einheiten horizontale thematische bzw. projektbezogene Bindungen entstehen.

Eine Matrixorganisation kann durch die Ausbildung mehrerer Partialzentren ein integriertes Netzwerk mit verteilten, aber interdependenten und spezialisierten Kernkompetenzen zur Überwindung des Dilemmas von zentraler versus dezentraler Steuerung bzw. Integration versus Differenzierung beitragen (Perlitz 2000). Durch den Einsatz von NIKT können die Partialzentren ihre Aktivitäten auch direkt untereinander koordinieren und Aufgaben jeweils an die Einheit verlagern, die die besten Kompetenzen dafür besitzt. Die Stärke dieser Struktur beruht nach Perlitz insbesondere auf folgenden Charakteristika:

- differenzierte Beiträge der dezentralen Einheiten zu integrierten und weltweiten Aktivitäten,
- weltweit verstreute, interdependente und spezialisierte Werte und Fähigkeiten sowie
- gemeinsam entwickeltes Wissen zur weltweiten Nutzung durch alle Unternehmenseinheiten.

Durch das Zusammenspiel von Muttergesellschaft und dezentralisierten Büros entsteht eine polyzentrische Struktur, in der Netzwerkmitglieder in Abhängigkeit von den Kriterien „strategische Bedeutung der lokalen Einheiten“ und „Niveau der lokalen Ressourcen und Kompetenzen“ unterschiedliche Rollen einnehmen können. Die wichtigste Funktion haben die Einheiten in der Rolle des „strategischen Führers“. Sie übernehmen für ein bestimmtes Teilgebiet die strategische Gesamtverantwortung und koordinieren die Aktivitäten der anderen Einheiten [3]. Diese Form der polyzentrischen Struktur als Ausprägung der Matrixorganisation bildet allerdings viele Machzentren aus, die um einen Führungsanspruch in bestimmten Bereichen wetteifern. Daher muss die Machtverteilung immer wieder neu verhandelt werden. Macht und Verhandlung besitzen im Bereich der Politik eine lange Forschungstradition, deren Ergebnisse im Bereich Führung sich auch auf andere Organisationen übertragen lassen.

Nach diesen wissenschaftlich theoretischen Ausführungen seien im Folgenden der Ablauf und die Ergebnisse der Fallstudie beschrieben.

6 Fallstudie bei UNOPS

Die besprochene Arbeit beschreibt die Einführung einer Community of Practice im Arbeitsbereich Beschaffung des United Nations Office for Project Services (UNOPS) und betrachtet dabei vor allem die produktive Nutzung der NIKT für den Austausch und die Zusammenarbeit räumlich getrennter Gruppenmitglieder.

Durch die Verteilung von Spezialisten auf Büros in der ganzen Welt und die damit einhergehende räumliche und zeitliche Trennung der Mitarbeiter sind der Informationsaustausch und die Koordination zwischen den Beschaffungsexperten nicht ausreichend. Die mangelnde Abstimmung und das Nichtvorhandensein unternehmensweiter Arbeitsweisen (Practices) führen zu einer Intransparenz und Inkongruenz im Ablauf der einzelnen Beschaffungsprozesse für Mitarbeiter und Kunden. Diese Situation im Arbeitsfeld Beschaffung, das mit rund 500 Millionen Dollar Umsatz im Jahr ein wichtiges Standbein von UNOPS ist, sollte durch die Einführung einer Community of Practice (CoP) verbessert werden.

Das Pilot-Projekt dauerte sechs Monate, wobei davon ca. vier Monate auf Analyse und Planung verwendet wurden. Dies ergibt eine Aktivität der Gruppe von zwei Monaten. Da innerhalb dieser zwei Monate bereits mehrere konkrete Resultate der Zusammenarbeit vorlagen und da alle Teilnehmer sich positiv über die Möglichkeiten, die die Community ihnen bot, äußerten, wurde beschlossen, die Community als dauerhafte Institution in die UNOPS-Arbeitswelt zu integrieren. Im Folgenden seien die wichtigsten Erfahrungen vorgestellt:

7 Lessons Learned

7.1 WM-Aufklärungsarbeit & Integration in Arbeitsumwelt

Communities of Practice sind eine hervorragende Ergänzung der Organisationsstruktur und können bei zahlreichen konkreten Problemen einen Input bzw. Lösungsvorschläge der Betroffenen selbst hervorbringen. Da das Konzept bzw. die Arbeitsweise einer CoP für die meisten Mitarbeiter neu ist, muss speziell bei der Einführung viel Aufklärungsarbeit geleistet werden.

Die Integration der CoP in die Arbeitsroutine der Mitarbeiter dauert mehrere Monate, während dieser Zeit ist der Einsatz eines Coaches bzw. eine hohe Aktivität des Moderators äußerst wichtig, um den Diskussionsfluss im Gang zu halten und zu qualitativ relevanten Ergebnissen zu kommen.

Wie in jeder Gruppe gab es auch in dieser CoP einige Teilnehmer, die sich und ihre (Macht-)Position durch die neue Form der verteilten und kollektiven Steuerung von Prozessen und Entscheidungen bedroht sahen. Der Umgang mit diesen destruktiven und extrem kritischen Teilnehmern ist sehr schwierig und erfordert Erfahrung und Standfestigkeit. Es hat sich bewährt, solche Themen im Projektteam zu besprechen und auf Kritik und Attacken mit einer argumentativ fundierten Nachricht des gesamten Teams zu antworten, die Beantwortung der Kritik durch andere Teilnehmer (oder u. U. Außen-



stehende) anzuregen oder in extremen Fällen die Kritik einfach zu ignorieren. Macht und politisch motivierte Opposition zu Wissensnetzen sind eine von den Moderatoren explizit geäußerte Herausforderung bei der Einführung der neuen Konzepte.

Als extrem wichtig wurde außerdem die Unterstützung des Direktors wahrgenommen, ohne die die Motivation der Teilnehmer, Zeit und Energie in den Prozess zu investieren, mit Sicherheit nicht so hoch gewesen wäre.

7.2 Einfache NIKT und Projektcontrolling

Sehr wichtig scheint, dass die Wissensvernetzung so eng wie irgend möglich mit den bestehenden Arbeitsweisen (Practice) verbunden wird. Die Zeit, die in die Wissensvernetzung investiert werden muss, ist für den Mitarbeiter meist schon schwer genug zu finden. Wenn dazu noch neue (womöglich komplexe) Abläufe erlernt werden müssen, strecken die meisten Mitarbeiter die Waffen. Dies gilt speziell bei der Wahl der NIKT-Werkzeuge.

Die Entwicklung der Intranet-Funktionalitäten gestaltete sich äußerst schwierig, da der verantwortliche Programmierer in New York, auf Grund unkoordinierter Entwicklungsaufträge von mehreren Abteilungen, extrem belastet war. Auch nachdem die Projektleiter mit der IT-Abteilung gesprochen hatte und die Mitarbeiter-Profile für den Programmierer Priorität hatten, wurde die Entwicklung nicht stringent bearbeitet. Es scheint daher für vergleichbare Aufgaben unvermeidbar, ein Projektcontrolling einzurichten.

7.3 Besprechungen sind Produktivitätskiller

Die Fallstudie hat gezeigt, dass die wenigsten Besprechungen nach den in Kapitel 3 und 4 beschriebenen Schemata vorbereitet, durchgeführt und nachbereitet werden. Es scheint enorm wichtig für die Wissensvernetzung und die Produktivitätssteigerung allgemein, offizielle Richtlinien und Standards bei der Durchführung von Besprechungen (egal über welches Medium oder Face-to-face) einzuführen.

Des Weiteren sollte versucht werden, so oft wie möglich soziale Kontakte (die die Vertrauensbasis heben) zwischen den Mitarbeitern zu ermöglichen. Hierzu sind Relax-Zonen, in denen sich die Wissensarbeiter in den nötigen Pausen treffen und kennen lernen können, sehr geeignet.

8 Fazit

Der Begriff Wissensmanagement taucht in letzter Zeit in immer mehr Unternehmensberichten auf und viele Unternehmensberater-Gutachten nennen Wissensmanagement als eine Schlüsselaktivität, um konkurrenzfähig zu bleiben. Meist bleibt es jedoch bei Lippenbekenntnissen, da unklar ist, wie die entsprechende Organisationskultur, organisatorisch-technologischen Rahmenbedingungen und die Arbeitsweise (siehe Abbildung 1) implementiert werden können, und da es sehr schwer ist, für Bemühungen um die Ressource Wissen ein Return on Investment nachzuweisen.

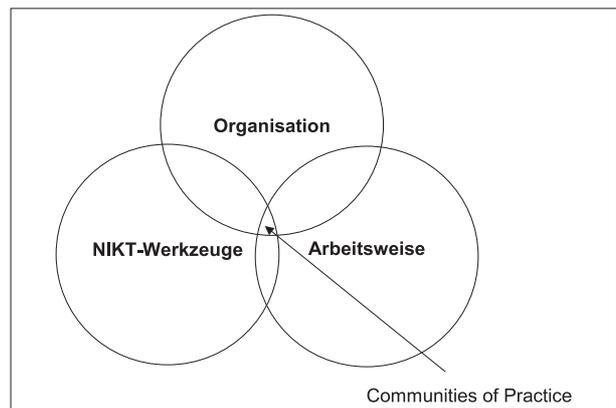


Abb. 1: Drei Komponenten der Wissensvernetzung

Die durch die Fallstudie gewonnene Erkenntnis ist, dass das Management von Wissen nur einen Teil der Herausforderung, Wissen in einer Organisation nutzbar zu machen, darstellt. Für den ganzheitlichen Ansatz „Wissen und Informationen besser zu verwerten“ wurde in dieser Arbeit der Begriff Wissensvernetzung gewählt. Wissensvernetzung besteht aus drei Teilen, die zwar eng miteinander verbunden sind, aber doch eigenständige Erfordernisse haben.

- 1. Organisation: der soziologisch-organisatorische Aspekt**
Wissensnetze sind Gemeinschaften von Kollegen, die sich gegenseitig helfen und NIKT als Trägermedium zum Austausch von Ideen und Wissen in der Noosphäre (siehe Einleitung) nutzen. Dieser Bereich versteht Wissensmanagement als einen sozialen und organisatorischen Prozess, der zwischen Menschen abläuft und nur innerhalb bestimmter organisatorischer Rahmenbedingungen und einer offenen und „familiären“ (vertrauensvollen) Organisationskultur funktionieren kann. Ziel des Wissensmanagements ist somit, den Mitarbeitern die Bedeutung von Wissensaustausch bewusst zu machen und Wissensnetze als Institution und Funktion in die Arbeitsweise der Organisation zu integrieren.
- 2. NIKT-Werkzeuge: das Management und die Pflege der Prozesse und Strukturen der Informations-Sphäre**
Die beiden Aufgaben, das Schaffen eines (1.) technologischen Informationssystems zum Kommunikation expliziten Wissens sowie das Bereitstellen der (2.) NIKT als Medium für impliziten Wissensaustausch (Sozialisation), schaffen die technologischen Rahmenbedingungen (Mittel). Diese Aufgaben werden im Informations- und Kommunikations-Management zusammengefasst. Kommunikations-Management beschäftigt sich mit der technologischen Infrastruktur sowie dem Anbieten von Kommunikationskanälen (Medien), die den zielgruppengenauen Austausch von Nachrichten ermöglichen. Das Informationsmanagement hat die Bereitstellung eines Systems, das die Informationen einer Organisation in einer Datenbank katalogisiert, archiviert, verwaltet und den Mitarbeitern zugänglich macht, zum Ziel. Bei beiden Aufgaben haben eine möglichst hohe Benutzerfreundlichkeit und eine Integration in den Arbeitsalltag der Wissensarbeiter Priorität.



3. *Arbeitsweisen:*

Da NIKT in beiden Bereichen eine entscheidende Rolle spielen und von den Mitarbeiter neue Arbeitsweisen (Practice) und Arbeitsformen der Gruppenarbeit verlangen, ist es sehr sinnvoll, die Einführung eines Wissensvernetzungsprogramms durch Konzepte und Schulungsmaßnahmen im Bereich Computerunterstützte Gruppenarbeit zu untermauern. Dieser nur scheinbar banale Punkt wird in der Praxis besonders oft missachtet und führt zum Scheitern. Dies sei im Folgenden weiter erläutert.

Sehr viele NIKT-Lösungen im Bereich Wissensmanagement scheitern an der Ablehnung der Menschen, die sie benutzen sollen. Dies liegt einerseits an schwierig zu bedienender Software und deren mangelhafter Qualität, und andererseits an der Tatsache, dass sehr viele Mitarbeiter keine ausreichenden Fähigkeiten im Einsatz der NIKT haben. Einzig E-Mail und das Internet werden in einer 1998 veröffentlichten Studie, die die Effektivität und Nützlichkeit von Software für das Wissensmanagement untersucht [4], als nützliches und integriertes Mittel zum Austausch von Wissen bewertet.

Wissensarbeiter haben meist eine sehr differenzierte Ausbildung in ihrem Fachbereich erhalten und beherrschen die Werkzeuge dieser Disziplin. In global agierenden und dezentralen Organisationen kommen aber, neben den arbeitsbereichspezifischen Werkzeugen, die NIKT-basierte Kooperation und Kommunikation hinzu, für die die wenigsten Wissensarbeiter eine spezielle Schulung erhalten haben. Bemühungen wie der, während dem Pilotprojekt eingeführte, internationale Computer-Führerschein (International Computer Driving Licence – ICDL) schulen eben nicht die computerunterstützte Zusammenarbeit oder computervermittelte Kommunikation, sondern Grundlagen in MS Word und Excel. Dies zeigt ganz eindeutig, dass die meisten heutigen Wissensarbeiter nicht in der Lage sind, die relativ komplexen informationstechnologischen aber auch koordinatorischen Arbeitsabläufe beim gemeinsamen virtuellen Arbeiten zu meistern. Hinzu kommt, dass viele Mitarbeiter sich in einer global verteilten Community, die hauptsächlich virtuell arbeitet, nur schwer integrieren und „zu Hause“ fühlen können. Auch hierfür ist es sinnvoll, zumindest den Moderatoren und Projektleitern ein CSCW-Training mit Fokus auf virtueller Teambildung zu ermöglichen.

Arbeitsteilung zwischen Wissensmanagement und IKM

In der Praxis überschneiden sich die Aufgaben der Wissensmanager und der Informations- und Kommunikationsmanager in vielen Bereichen. Eine klar definierte Arbeits- und damit Verantwortungsverteilung ist aber elementar für die Kreation und Pflege qualitativ hochwertiger Wissensnetze. Die in der Diplomarbeit vertretene Arbeitsteilung gliedert die Aufgaben wie folgt:

Wissensmanager sind meist im Personalwesen verortet und erfüllen die Rolle des Projektmanagers bei der Einführung von Wissensvernetzung. Sie sind für die vorbereitenden Gespräche mit dem Senior Management verantwortlich und kümmern sich um die

Institutionalisierung der Communities. Wissensmanager übernehmen außerdem die Moderatorenrolle für die Community der CoP-Moderatoren und sind für das Coaching und die Koordinierung der Aktivitäten der Communities verantwortlich. Dabei sollte besonders auf die Erzeugung von Synergieeffekten zwischen den Communities geachtet werden. Wissensmanager leiten als Projekt- bzw. Arbeitsbereichsmanager Feedback und Anfragen der Teilnehmer bezüglich der NIKT-Werkzeuge an den Informationsmanager weiter und planen mit diesem die Weiterentwicklung der Systeme.

Informationsmanager sind am sinnvollsten innerhalb der IT-Abteilung beschäftigt. Sie sind Entwickler und Administratoren der Informations- und Kommunikationswerkzeuge und kümmern sich um die Anpassung der Funktionalität nach dem Feedback der Nutzer. Bei der Entwicklung des Kategorisierungssystems (Taxonomie) arbeiten die Informationsmanager eng mit den Wissensmanagern zusammen.

Um möglichst benutzerfreundliche und harmonische Arbeitsprozessabläufe für die Kommunikation und Kollaboration und Speicherung im Bereich Wissensvernetzung zu erreichen, sollten die Wissens- und Informationsmanager sehr eng zusammenarbeiten. Innerhalb eines Pilotprojekts können erste Erfahrungen, im Sinne von „Best Practice“, gesammelt werden. Auf dieser Grundlage lassen sich allgemeine Abläufe definieren, die aber für den Einsatz in unterschiedlichen Arbeitsbereichen flexibel auf die jeweiligen Arbeitsbedingungen der Teilnehmer angepasst werden müssen. Wichtig ist hierbei vor allem, dass jeder einzelne Arbeitsablauf genau dokumentiert und für alle Mitarbeiter zugänglich und vorzugsweise im Intranet zum Nachschlagen bereitgestellt wird. Die Erstellung des Trainingsmaterials und die Durchführung der Schulung im Bereich CSCW sollte von professionellen externen Fachkräften und/oder in Zusammenarbeit von Wissens- und Informationsmanagern umgesetzt werden.

Anmerkungen/Literatur

- [1] Rory Chase; Creating a Knowledge Business Strategy, Management Trends International; 1998
- [2] Claus Hoffmann: Das Intranet: Ein Medium der Mitarbeiterkommunikation. UVK Medien Verlagsgesellschaft, 2001, S.107
- [3] Institut für Arbeit und Technik im Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, Strategische Wissensnetze: Wie Unternehmen die Ressource Wissen nutzen, Schneider 1999
- [4] Manfred Perlit: Internationales Management, 4. Auflage, UTB 2000, S 634

Autor

Dipl. Wirtschaftsinformatiker (FH) Maximilian Senges
Technische Fachhochschule Wildau
Tel. +49 6221 866723
E-Mail: maxsenges@web.de



Extrakt aus roten Weintrauben Gewinnung und Einsatz in „Functional Foods“

Georg Tomaschewski, Lothar Ebner

1 Einleitung

Über Jahrtausende hat sich der Wein bis in unsere Zeit als Teil der Sinnenfreude des Menschen erhalten. Der Weinanbau und die Weingewinnung gehören zum ältesten menschlichen Kulturgut. Im klassischen Griechenland entwickelten sich die Herstellung und der Genuss des Weines zu einem Kult. Aus Dionysos, dem Gott der Pflanzen wurde der Gott des Weines.

Viele Dichter und Komponisten haben dem Wein Gedichte und Lieder gewidmet. William Shakespeare schrieb: „Wein macht das Gehirn sinnig, schnell und erfinderisch, voll von lebenden, feurigen und ergötzlichen Gedanken.“

Von Hippokrates (460 – 377 v. Chr.) wurde der Wein therapeutisch als Beruhigungs- und Schlafmittel, bei Herz-Kreislauf-Störungen und selbst bei Augenerkrankungen verwendet. Seit der Antike werden dem Wein besondere belebende Eigenschaften zugesprochen.

In den letzten Jahrzehnten haben sich Chemiker, Biochemiker, Pharmakologen und Mediziner der besonderen Wirkung des Weines zugewandt und mit modernen Methoden der jeweiligen Wissenschaft viele neue Erkenntnisse zusammengetragen. Auslöser für die aktuellen Untersuchungen durch die Chemie, Biochemie, Pharmakologie und die Medizin waren epidemiologische Studien.

Um die ersten widersprüchlichen Studien über die Wirkung von Rotwein auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen vergleichbar zu machen, hat in den 80er Jahren die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in vielen Ländern der Erde ein wissenschaftliches Untersuchungsprogramm durchgeführt. Im MONICA-Projekt (World Health Organisation Multinational Monitoring of Trends and Determinants of Cardiovascular Disease) wurden die Ernährungsgewohnheiten und die HK-Mortalität (Herz-Kreislauf Mortalität) in verschiedenen Ländern der Welt verglichen. Die HK-Mortalität nimmt in Europa von Nord nach Süd ab. Als Maß für die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung wurde der tägliche Verbrauch an Milchfett in Kalorien verglichen und der HK-Mortalität gegenübergestellt. Zu den Ergebnissen wurden von französischen Forschern differenzierte Aussagen getroffen. [1] Aus diesen epidemiologischen Untersuchungen ergibt sich, dass die Häufigkeit der Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Europa und selbst innerhalb Frankreichs von Norden nach Süden abnimmt. Auf Grund des täglichen Verzehrs von Milchfett in Frankreich, vergleichbar mit dem in Deutschland, müssten die Franzosen auch die gleiche Häufigkeit an Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben. Das ist aber nicht der Fall, die Sterblichkeitsrate ist in Deutschland etwa

doppelt so hoch. Allgemein wird das Phänomen von Medizinern und Ernährungsphysiologen als „French Paradoxon“ bezeichnet. Der Nord-Süd-Abfall bei den Herz-Kreislauf-Erkrankungen wird auf den höheren Verzehr von Obst und Gemüse und auf den Genuss von Wein in den südlichen Ländern Europas zurückgeführt.

In der Abbildung 1 wird der direkte Zusammenhang zwischen Milchfett-Verzehr und der Sterblichkeit an Herz-Kreislauf-Erkrankungen hergestellt und es wird impliziert, wie eine gesunde Ernährung und der Wein-genuss die Menschen vor dem Herzinfarkt schützt.

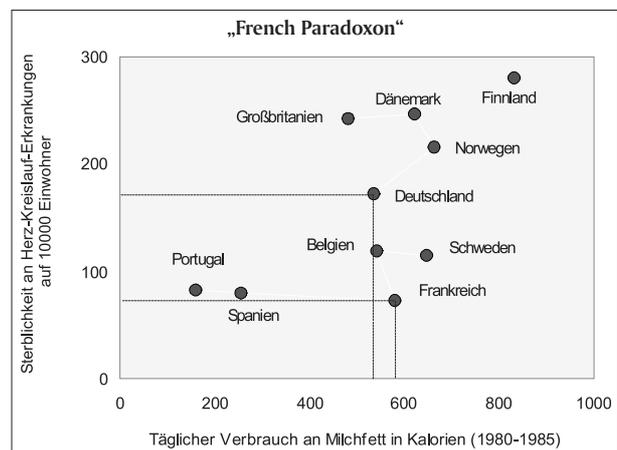


Abb. 1: Epidemiologische Studie über den Zusammenhang von Herz-Kreislauf-Mortalität und Verzehr von Milchfett in Europa

2 Inhaltsstoffe in Rebensorten, chemische Strukturen

Unter den verschiedensten Aspekten wurde weltweit in den letzten Jahren eine große Anzahl von Weinen auf ihre Inhaltsstoffe untersucht. Verständlicherweise standen dabei die Rotweine im Vordergrund.

Die wichtigsten Stoffe finden die Autoren im mg/l-Bereich, es sind Gallussäure, Kaffeesäure, Catechin, Epicatechin, Rutin, Myricetin, Quercetin, Cyanidin, Malvidin, als Minorkomponente das Resveratrol im $\mu\text{g/l}$ -Bereich.

Aus dem Jahr 1992 stammt eine Untersuchung von spanischen Autoren über die Inhaltsstoffe einer roten Rebensorte aus dem Raum Madrid. [2] Vom gleichen Standort haben die Wissenschaftler über drei Wachstumsperioden die Inhaltsstoffe der Weinbeeren bestimmt. Dabei wurden die Schalen vom Fruchtfleisch getrennt. Die Schalen wurden extrahiert und die Inhaltsstoffe mit Hilfe der HPLC analytisch bestimmt. Interessant an dieser Arbeit ist auch, dass die Konzentrationsänderung der Inhaltsstoffe innerhalb der letzten 30 Tage vor dem Erntetermin der Trauben untersucht wurde.

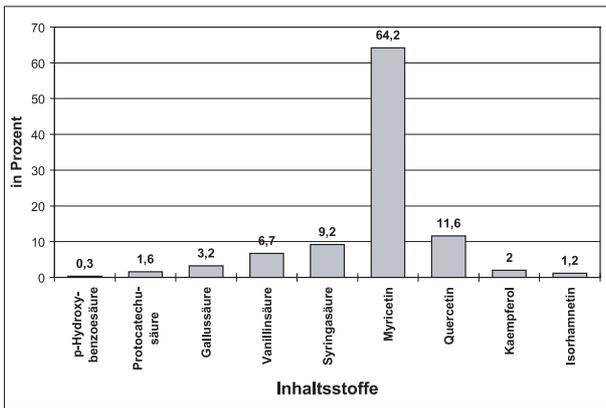
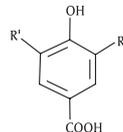


Abb. 2: Inhaltsstoffe in den Schalen der Rebsorte Cencibel

In Abbildung 2 sind Hauptbestandteile in ihrer prozentuellen Zusammensetzung dargestellt. Das Flavonol Myricetin ist mit mehr als 60 % der Hauptbestandteil.

Welche chemischen Strukturen sind den Inhaltsstoffen der roten und weißen Weintrauben zuzuordnen?

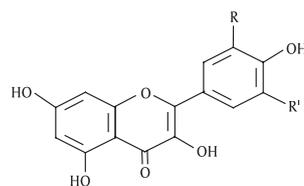
Gerbsäuren/Phenolcarbonsäuren sind ein nicht unerheblicher Bestandteil der Weintrauben und der Inhaltsstoffe im Rotwein.



Säure	4-Stellung	3-Stellung (R)	5-Stellung (R')
p-Hydroxybenzoesäure	OH	H	H
Protocatechusäure	OH	OH	H
Gallussäure	OH	OH	OH
Vanillinsäure	OH	OCH ₃	H
Syringasäure	OH	OCH ₃	OCH ₃

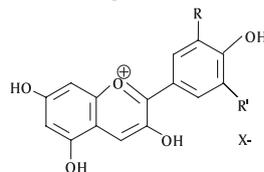
Zu den charakteristischen Inhaltsstoffen in roten Weintrauben zählen die **Flavonole**, in hohem Anteil sind dabei Quercetin und Myricetin vertreten.

Flavonol	R	R'
Myricetin	OH	OH
Quercetin	OH	H
Kämpferol	H	H
Isorhamnetin	OCH ₃	H

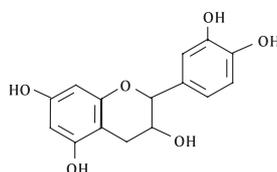


Anthocyane sind natürliche Farbstoffe, die in ihrer chemischen Struktur den Flavonolen sehr ähnlich sind. In den roten Weintrauben finden wir in hoher Konzentration Cyanidin, aber auch Pelargonidin und Delphinidin.

Anthocyane	R	R'
Pelargonidin	H	H
Cyanidin	OH	H
Delphinidin	OH	OH

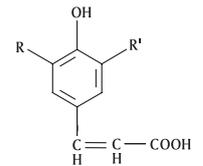


Catechin ist ein weit verbreiteter sekundärer Pflanzenstoff. Auch diese Verbindung ist in den roten Weintrauben enthalten. Von seiner Struktur ist es dem Flavonol Quercetin ähnlich, sozusagen sein Reduktionsprodukt.



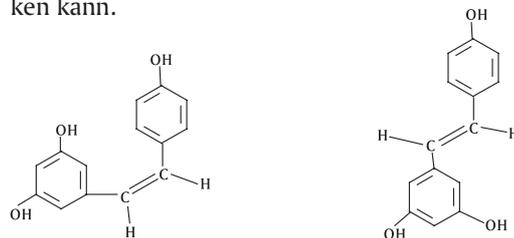
Weitere Inhaltsstoffe der roten Weintrauben gehören zu den Hydroxyzimtsäuren.

	R	R'
Kaffeesäure	H	OH
Ferulasäure	H	OH
Sinapinsäure	OH	OCH ₃



Seit einigen Jahren ist eine Minor Komponente der roten Weintrauben von besonderem Interesse. Es ist **Resveratrol**, ein Stilbenderivat. Eine Forschergruppe in den USA fand, dass Resveratrol die Entwicklung von Krebszellen hemmt. [3]

Resveratrol wird in sehr unterschiedlichen Mengen in den Weintrauben gebildet. Die Verbindung selbst ist ein Abwehrstoff der Weinrebe gegen den Pilzbefall. Von einer kanadischen Gruppe wurden weltweit Rebsorten auf ihren Resveratrolgehalt untersucht. [5,6] Es zeigte sich, dass der Gehalt innerhalb einer Zehnerpotenz schwanken kann.



Resveratrol: cis-Form

Resveratrol: trans-Form

Aus unseren eigenen Untersuchungen geht hervor, dass der Gehalt von Resveratrol in der Weinbeere gerade von den Vegetationsbedingungen kurz vor der Reife abhängig ist. Regnerische, feuchte Tage vor der Ernte lassen den Resveratrolgehalt ansteigen.

3. Gesundheitsfördernde, pharmakologische Wirkungen der Bioflavonoide

Die sekundären Pflanzenstoffen, zu den die Bioflavonoide der roten Weintrauben gehören, interessieren die biochemische, medizinische Forschung in den letzten Jahrzehnten zunehmend und die Ernährungswissenschaften ordnen diesen Stoffen immer größere Bedeutung zu. Die Untersuchungen konzentrieren sich dabei besonders auf den antioxidativen Charakter und die Radikalfänger-Eigenschaften der Bioflavonoide.

In unserem Körper entstehen bei vielen Lebensprozessen so genannte Radikale, das sind Verbindungen/Stoffe, die besonders reaktionsfähig sind. Von ihrer chemischen Struktur enthalten diese Radikale ein ungepaartes Elektronenpaar. Dazu gehören der Singulett-Sauerstoff, Superoxidradikalanionen, Hydroxylradikale und Peroxide. Die biochemischen Wirkungen der Radikale führen bei Reaktionen mit Lipiden und Proteinen zu Zellschäden, beim Angriff an Nucleinsäuren zu Mutationen und sind wesentliche Faktoren für die Entstehung von malignen Tumoren. Die Radikale sind auch die Ursache für degenerative Erkrankungen (Arthereosklerose) und fördern die Alterung.

Zur Abwehr dieser Radikale hat der Körper so genannte Radikalfänger entwickelt. Das sind eigene Enzyme wie



Gluthathionperoxidasen (Se) und Superperoxididismutasen (Cu, Zn). In gleichem Maße wirken einige Vitamine als lipophile Substanzen: Tocopherole (Vitamin E), Carotine (Vitamin A) und hydrophile Vertreter wie Ascorbinsäure (Vitamin C) und eine große Anzahl von Bioflavonoiden.

Bioflavonoide und Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Ein ungewöhnliches Tierexperiment wurde vor fast zwanzig Jahren von amerikanischen Forschern durchgeführt. Sie fütterten 48 männliche Kaninchen mit typisch amerikanischer Kost, teilten die Tiere in sechs Gruppen und gaben an die Tiere außerdem Wasser, Bier, Whisky, Ethanol, Weiß- und Rotwein zur Ernährung hinzu. Nach drei Monaten wurden die Kaninchen geschlachtet und die Arterien genauer untersucht. Im Vergleich zu Wasser (= 100 %) und den anderen alkoholischen Getränken erwies sich, dass die Wein trinkenden Kaninchen die geringsten Schädigungen/Ablagerungen (40 – 67 %) an den Gefäßwänden hatten. [6]

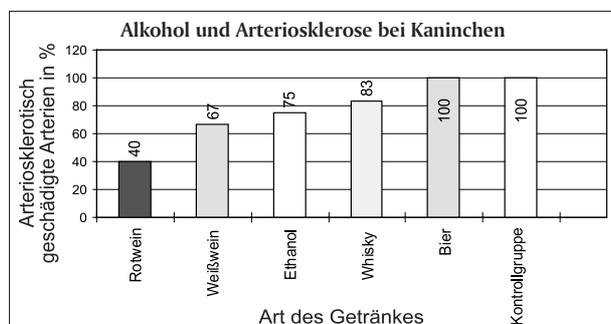


Abb. 3: Schädigung der Arterien bei Kaninchen durch alkoholische Getränke

Wie ist aus heutiger Sicht die vorbeugende Wirkung des Weines gegenüber Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu begründen? Nach dem heutigen Stand der medizinischen Wissenschaft sind diese Erkrankungen nicht auf eine generell hohe Serumcholesterin-Konzentration zurückzuführen, sondern es ist zu unterscheiden zwischen dem Anteil von LDL (Low-Density-Lipoprotein) und HDL (High-Density-Lipoprotein) im Blutserum. Für die Schädigungen des Gefäßsystems und die Begünstigung des Herzinfarktes ist das LDL, das gefährliche/„schlechte“ Cholesterin, verantwortlich. Es unterliegt leicht der Oxidation und die Oxidationsprodukte werden an den Gefäßwänden abgelagert. Das LDL schädigt auf diese Weise die Zellwände.

Wissenschaftler der University of California haben die Wirkung von Inhaltsstoffen des Weines auf die für die Auslösung des Herzinfarktes so gefährliche LDL-Oxidation untersucht. Anfangs wurde von diesen Forschern die summarische Wirkung von Weinen auf die Unterdrückung der LDL-Oxidation geprüft. [7]

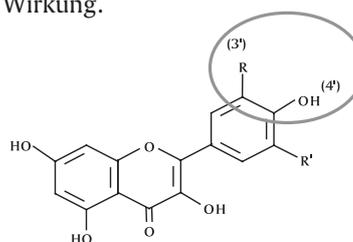
Vor einigen Jahren gelang es dieser Gruppe die differenzierte Wirkung der einzelnen Inhaltsstoffe des Rot- und Weißweins auf die Verhinderung/Inhibierung der LDL-Oxidation zu bestimmen. [8] Sie konnten so zeigen, dass die meisten Komponenten, insbesondere des Rotweins, in ihrer Wirkung zur Verhinderung der LDL-Oxidation, wesentlich effektiver sind als die natürlichen Antioxidantien Vitamin E oder Vitamin C. Daraus ergibt sich, dass

die Zellwände durch die Bioflavonoide des Weins noch besser geschützt werden als durch Vitamin E oder Vitamin C (s. Tabelle 1).

Phenolische Verbindungen	Durchschnittlicher Gehalt in mg pro Liter		Inhibierung in %		
	Rotwein	Weißwein	5 μ M (GAE)	10 μ M (GAE)	20 μ M (GAE)
Catechin	191,3	34,9	74,9 \pm 0,3	74,9 \pm 1,1	98,9 \pm 0,2
Myricetin	8,5	--	68,1 \pm 8,7	97,4 \pm 1,3	97,6 \pm 0,9
Epicatechin	82,0	21,2	67,6 \pm 7,6	96,4 \pm 1,5	nicht bestimmt
Rutin	9,1	--	67,6 \pm 15	98,2 \pm 0,2	99,1 \pm 0,1
Quercetin	7,7	--	61,4 \pm 1,4	97,7 \pm 0,4	98,7 \pm 0,1
Gallussäure	95,0	6,8	63,3 \pm 3,4	71,8 \pm 3,0	97,8 \pm 3,0
Kaffeesäure	7,1	2,8	58,5 \pm 12	98,1 \pm 0,1	98,5 \pm 0,5
Sinapinsäure	1,8	0,1	35,1 \pm 0,9	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Cyanidin	2,8	--	27,0 \pm 4,6	54,6 \pm 7,1	89,4 \pm 4,2
α -Tocopherol	--	--	32,6 \pm 1,8	54,7 \pm 7,1	73,8 \pm 3,7

Tab. 1: Inhibierung der LDL-Oxidation durch Rot- und Weißwein sowie durch Inhaltsstoffe des Rotweins

Die natürlichen Antioxidantien Vitamin E und C wurden von englischen Forschern einem wissenschaftlichen Vergleich mit den Bioflavonoiden der Weintrauben unterzogen. [9] Mehrere Inhaltsstoffe des Extraktes der Weintrauben sind dem Vitamin E und C um den Faktor 2 bis 4 überlegen. Die Bioflavonoide sind also vierfach bis doppelt wirksamer in ihrer antioxidativen Kraft als die Vitamine E und C. Cyanidin, der Farbstoff der roten Weintrauben, verfügt über 4,2 mal so starke antioxidative Kraft wie das Vitamin E oder Vitamin C (s. Tabelle 2). Dabei zeigte sich ein interessanter struktureller Zusammenhang zwischen der Größe der antioxidativen Kapazität und der Stellung der OH-Gruppen im Ring B der Flavonole. Die 3',4'-Dihydroxy-Verbindungen verfügen über eine besonders hohe Wirkung.



Verbindung	Stellung der freien OH-Gruppen	TEAC (Trolox-Äquivalent der antioxidativen Kapazität)	Stoffklasse
Quercetin	3,5,7,3',4'	4,7 \pm 0,1	Flavonol
Cyanidin	3,5,7,3',4'	4,2 \pm 0,12	Anthocyanidin
Myricetin	3,5,7,3',4',5'	3,1 \pm 0,30	Flavonol
Catechin	3,5,7,3',4'	2,2 \pm 0,05	Flavanol
Rutin	5,7,3'4'	2,42 \pm 0,06	Flavonol
Malvidin	3,5,7,4' (3',5'-MeO)	2,06 \pm 0,1	Anthocyanidin
Kämpferol	3,5,7,4'	1,34 \pm 0,07	Flavonol
α -Tocopherol		0,97 \pm 0,01	
Ascorbinsäuresalze		0,99 \pm 0,04	
Guthathion		0,90 \pm 0,03	
Bilirubin		1,5 \pm 0,12	
Albumin		0,69 \pm 0,02	

Tab. 2: Vergleich der antioxidativen Kapazität einer Reihe von Inhaltsstoffen des Rotweins mit Vitamin C und E und anderen natürlichen Antioxidantien



Erst kürzlich berichteten amerikanische Forscher über ihre Untersuchungen zur Herausbildung von Arteriosklerose bei Hamstern. [10] Sie fanden heraus, dass ein Extrakt aus roten Weintrauben, also die Inhaltsstoffe der roten Weintrauben **ohne den Alkohol**, eine eben solche Wirkung zur Vorbeugung gegen Arteriosklerose zeigt wie der Rotwein mit dem Alkohol.

Vor einem Jahr stellten britische Forscher aus London Untersuchungsergebnisse zur Herz-Kreislauf-Wirkung der Inhaltsstoffe der roten Weintrauben ohne Alkohol vor. [11] Extrakte aus roten Weintrauben hemmen in Zellkulturen die Produktion des Stoffes „Endothelin-1“. Dieser Stoff wirkt stark verengend auf Gefäße und hat großen Einfluss auf die Entstehung von Gefäßkrankheiten. Die Inhaltsstoffe der roten Weintrauben wirken also der Entstehung von Gefäßkrankheiten entgegen. Es zeigte sich, dass der Polyphenolgehalt des Extraktes aus roten Weintrauben für die Wirkung maßgeblich ist.

Von einer Gruppe aus dem Universitätsklinikum Köln wurden 1998 Untersuchungen zur Relaxation von menschlichen Herzerterien und Rattenaortas unter dem Einfluss von Rot- und Weißwein sowie Inhaltsstoffen des Rotweins (Gerbsäuren und Flavonolen) veröffentlicht. [12]

Die Gewebeschnitte wurden durch Phenylephedrin kontrahiert, durch die Einwirkung verschiedener Rot- und Weißweine, Gerbsäuren sowie Quercetin, trat eine Vasorelaxation ein, die gemessen wurde. Viele europäische und deutsche Weine wurden daraufhin untersucht, inwiefern die Mengen (Konzentration) Einfluss auf die Vasorelaxation haben. Die Abbildung 4 zeigt die Konzentrationsabhängigkeit des Quercetins, eines Hauptbestandteil des Rotweines, auf die Relaxation der Rattenaorta.

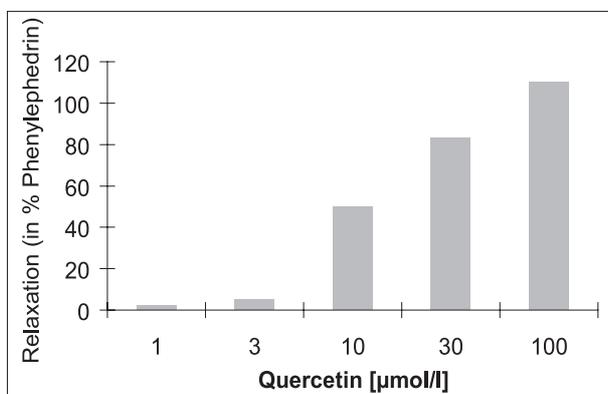


Abb. 4: Konzentrationsabhängigkeit der Vasorelaxation durch Quercetin bei der Rattenaorta

Seit kurzem gibt es eine klinische Studie aus dem Universitätsklinikum Mainz zur Wirkung des Weins auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen und auch hinsichtlich der antithrombotischen Wirkung. [13] Unter der Leitung von Prof. Klaus Jung wurden 85 Männer im Alter von 45 bis 60 Jahre untersucht. Es wurden drei Gruppen gebildet. Den gleichartig ernährten Probanden wurden über acht Wochen zum Abendbrot als Getränk Wasser, Weißwein (0,375 l) und Rotwein (0,375 l) verabreicht. Bei den Probanden wurde über diese Zeit eine Reihe von Parametern des Lipidstoffwechsels bestimmt, die für Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Thrombosen charakteristisch sind. Die Ergebnisse zeigen, mäßiger Rotwein- und auch Weißweingenuss verringern das Risiko einer koronaren

Erkrankung durch günstige Beeinflussung protektiver Parameter. Durch diese klinische Studie wurden die bisher vorliegenden biochemischen Untersuchungen weitgehend bestätigt.

Ungeklärt und häufig strittig diskutiert war bisher die Problematik der Bioverfügbarkeit von Flavonolen. Als sekundäre Pflanzenstoffe sind die Flavonole in Obst und Gemüse an Kohlenhydrate gebunden, man bezeichnet das allgemein, dass die Flavonole glycosidisch verknüpft sind. Die Kohlenhydrate, die mit den Aglykonen verbunden sind, können sehr unterschiedlich sein, häufig sind es Verknüpfungen mit der Glucose, aber auch andere Zucker wie Rhamnose spielen dabei eine Rolle. So besteht das Rutin aus dem Aglykon Quercetin und einem glycosidischen Disaccharid (Rhamnose und Glucose).

In vielen biochemischen Arbeiten wurden die Versuche häufig mit dem Aglykon des jeweiligen Flavonols durchgeführt und nicht mit den entsprechenden Glycosiden. Das führte zu widersprüchlichen Interpretationen der Ergebnisse.

Von niederländischen Autoren wurde 1999 eine Arbeit veröffentlicht, in der dieses Problem untersucht wurde. [14] An neun Probanden wurde die Aufnahme von Quercetin, Quercetinglucosid und Rutin im Serum untersucht. Sie stellten fest, dass Glucosid zwanzigmal schneller im Serum aufgenommen wurde als das Aglykon Quercetin. Bei Rutin fällt die Geschwindigkeit der Aufnahme im Serum auf 20 % im Vergleich zu Glucosid.

Diese Ergebnisse stützen unseren eigenen Ansatz, dass wir unseren Extrakt aus roten Weintrauben schonend herstellen, um ihn weitgehend naturbelassen zu halten. Wir gehen davon aus, dass der naturbelassene Extrakt effektiver vom Körper aufgenommen wird als möglicherweise die Flavonole als Aglykone.

Anticancerogene Wirkungen von Bioflavonoiden

Ein ganz neuer Aspekt der Wirkung des Weins wurde erst in den letzten Jahren bekannt. Von japanischen und US-amerikanischen Forschern wurden sekundäre Pflanzenstoffe des Rot- und Weißweins, des Orangen- und Grapefruitjuice, der Hibiskus- und der Cameliablüte sowie vom roten Reis auf ihre Wirkung gegenüber Krebs untersucht. Die ersten Ergebnisse in Tierversuchen und an Krebszellen zeigen, dass Flavonoide allgemein und auch die des Weines eine hemmende Wirkung gegenüber Krebszellen aufweisen. Die Ursache führen diese Wissenschaftler auf die antioxidativen und so genannten Radikalfänger-Eigenschaften der Flavonoide zurück.

Japanische Autoren führten Untersuchungen an Mäusen durch, die mit Tumorzellen geimpft wurden. [15] Die vier Versuchsgruppen bestanden aus jeweils 18 bis 21 Versuchstieren. Die Tiere wurden mit einer bestimmten Diät ernährt und je eine Gruppe erhielt zusätzlich Flavonoide (200 bis 500 mg pro Maus und Tag). Die Untersuchungen zeigten, dass die drei Gruppen der mit Flavonoiden/Anthocyanen aus Hibiskus- und Cameliablüten und aus rotem Reis gefütterten Tiere wesentlich höhere Überlebensraten erreichen. In derselben Arbeit wurde auch die Wirkung von Keracyanin und Chalcon auf die Tumorphemmung bei Mäusen untersucht. Diese Verbindungen sind mögliche Metaboliten beim Abbau



der Flavonoide. Bei der gleichen Versuchsführung unter Gaben von Chalcon und Keracyanin zeigen sich bei den Mäusen ebenfalls höhere Überlebensraten, die jedoch deutlich schwächer sind als bei den natürlichen Extrakten von Hibiskus- und Camelioblüten sowie dem Extrakt von Flavonoiden aus rotem Reis.

Die gleichen Autoren untersuchten die Wirkung von Extrakten aus roten und weißen Weintrauben auf Tumorzellen. [16] Die Zellen wurden mit den drei verschiedenen Extrakten kultiviert. Bei dem Anthocyan-Extrakt (Farbstoffe der Weine) wurde die höchste Hemmung der Krebszellen beobachtet, auch die Extrakte der roten und weißen Weintrauben zeigten eine hohe Inhibierung der Krebszellen. Der wässrige Extrakt, vorrangig Glucose und Fructose enthaltend, führte zu keiner Hemmung der Krebszellen.

Von US-Forschern wurden bestimmte transgene Mäuse hinsichtlich der Tumorentwicklung im Vergleich mit einer speziellen Aminosäurediät und Gaben der Inhaltsstoffe von Rotwein untersucht. [17] Für die Gewinnung der Inhaltsstoffe des kalifornischen Rotweins wurden der Alkohol und das Wasser unter Schutzgas abdestilliert und dann der Rückstand lyophilisiert. Von diesem Rückstand des Rotweins wurde mit Hilfe der HPLC-Analyse der Gehalt an den einzelnen Komponenten bestimmt. Es zeigte sich, dass bei Gaben mit Inhaltsstoffen des Rotweins eine höhere Überlebensrate zu beobachten ist.

In einer Veröffentlichung zur anticancerogenen Wirkung wurde ein Inhaltsstoff des Rotweins, das Resveratrol, untersucht. Resveratrol erwies sich als hemmend gegenüber Krebszellen und an Tierversuchen bei Mäusen gegenüber Leukämie, Brustkrebs und Hautkrebs. [3]

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es eine Reihe von Tierversuchen und ebenso Versuche an humanen Krebszellen gibt, die eindeutig belegen, dass die Inhaltsstoffe der roten Weintrauben, insbesondere die Anthocyane, die Flavonole und das Resveratrol, krebshemmende Wirkung zeigen. Die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Untersuchungen lassen sich so interpretieren, dass die Inhaltsstoffe der roten Weintrauben eine präventive Wirkung gegen Krebs zeigen.

4 Analytik der Polyphenole, der Bioflavonoide

Charakteristisch für die Inhaltsstoffe der roten Weintrauben sind die phenolischen Gruppen in den Verbindungen. Ihre antioxidative Wirkung wird oft über den integrativen Wert des Polyphenolgehaltes definiert.

Von FOLIN-CIOCALTEU wurde eine Methode zur quantitativen Erfassung der phenolischen Gruppen in organischen Molekülen entwickelt, wobei auf Gallussäure normiert wird. [18] Dieses analytische Verfahren stammt aus der klinischen Chemie und diente zur Bestimmung des Tyrosins. Önologen benutzen das Verfahren nach FOLIN-CIOCALTEU seit Jahrzehnten zur Bestimmung des Polyphenolgehaltes von Weinen und Weintraubenprodukten.

Eine andere Methode zur Bestimmung des antioxidativen Potenzials von Stoffen ist das TEAC-Verfahren. Es hat sich erst in den letzten Jahren durchgesetzt und wird

vorzugsweise von Lebensmittelchemikern benutzt. Aus unserer Sicht bietet es keinen Vorteil zur Bestimmung des Polyphenolgehaltes von Obst- und Wildfruchtprodukten. Jedoch ist es deutlich kostenintensiver.

Ein Vergleich von beiden analytischen Methoden zur Bestimmung des antioxidativen Potenzials von Stoffen zeigt, dass sie eigentlich gleichwertig sind. Für den Vergleich konnten wir uns auf Untersuchungen aus der Literatur stützen. Italienische Autoren haben in Weinen [19] den Polyphenolgehalt sowohl nach der FOLIN-CIOCALTEU-Methode als auch nach dem TEAC-Verfahren bestimmt. Abbildung 5 zeigt, dass diese Methoden sich lediglich durch Korrelationsfaktoren unterscheiden.

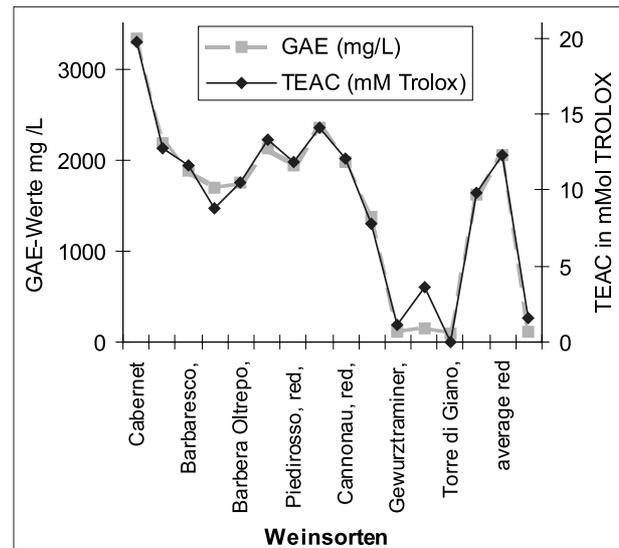


Abb. 5: Vergleich des Polyphenolgehaltes in Weinen nach der TEAC-Methode (TROLOX) und der Methode nach FOLIN-CIOCALTEU (Gallussäure-Einheiten)

Eine Untersuchung an Heidelbeeren von R. L. Prior et al. [20] bestätigt ebenfalls, dass nur Korrelationsfaktoren beide Methoden unterscheiden. Die Abbildung 6 zeigt das deutlich.

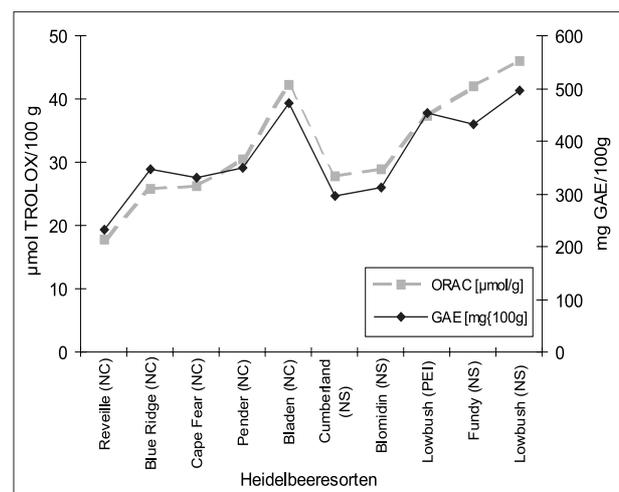


Abb. 6: Vergleich des Polyphenolgehaltes bei Heidelbeeren nach der TEAC-Methode (TROLOX) und dem FOLIN-CIOCALTEU-Verfahren (Gallussäure-Einheiten) bezogen auf 100 g Frischgewicht

Die einzelnen Verbindungen der Inhaltsstoffe lassen sich nur mit Hilfe der HPLC unter Verwendung eines DA-Detektors bestimmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Untersuchungen der einzelnen Stoffe doch recht kompli-



ziert sind. In Extrakten von roten Weintrauben sind die Stoffe in der Regel noch an Kohlenhydrate gebunden, sie liegen als Glycoside vor.

Die Auftrennung eines glykosidischen Extraktes ist mit Hilfe der HPLC außerordentlich schwierig. Aus diesem Grund werden für die analytische HPLC-Bestimmung der einzelnen Komponenten die so genannte Aglykone herangezogen. Durch geeignete Methoden werden die Kohlenhydratreste von den einzelnen Komponenten abgespalten.

5 Gewinnung von Extrakten aus roten Weintrauben

Um einen Extrakt aus roten Weintrauben mit einem hohen Gehalt an Bioflavonoiden zu gewinnen, sind drei Aspekte von besonderer Bedeutung. Einmal ist die Rebsorte auszuwählen, die einen hohen Gehalt an Bioflavonoiden hat. Zweitens hängen die Gehalte an Bioflavonoiden von den Standorten der Rebsorte ab. Schließlich ist ein Extraktionsverfahren zu entwickeln, damit das Maximum an Bioflavonoiden aus dem Pflanzenmaterial isoliert werden kann.

Um die geeignete rote Rebsorte aus deutschen Anbaugebieten zu ermitteln, haben wir eine größere Anzahl deutscher Rotweine verschiedener Rebsorten von unterschiedlichen Standorten auf ihren Polyphenolgehalt untersucht. Auf Grund dieser Ergebnisse haben wir uns auf die Extraktion von gekelterten Spätburgundertrauben und den Standort Baden-Württemberg konzentriert. Mit diesen gekelterten roten Weintrauben haben wir umfangreiche Extraktionsversuche durchgeführt, um eine Maximum an Bioflavonoiden zu gewinnen. Die Extraktion sollte schonend erfolgen, um die Inhaltsstoffe nicht durch die thermische Belastung zu zerstören.

Ausführlich wurden die Einflüsse der Extraktionstemperatur, der Extraktionsdauer und des Extraktionsmittels auf

die Ausbeute an Bioflavonoiden untersucht. Schließlich wurde ein Percolationsverfahren mit einem geeigneten Extraktionsmittel favorisiert.

Der Firma PROTEKUM ist es nach mehrjähriger Forschungs- und Entwicklungsarbeit gelungen, ein schonendes Verfahren zur Gewinnung eines naturbelassenen Extraktes aus roten Weintrauben zu entwickeln.

Unser Extrakt enthält:

- **Anthocyane** (Cyanidin, Delphinidin, Pelargonidin),
- **Flavonoide** (Myricetin, Quercetin, Kämpferol und Catechin),
- **Phenolcarbonsäuren** (Gallussäure, Protocatechusäure, p-Hydroxybenzoesäure, Vanillinsäure, Kaffeesäure, Syringasäure, Ferulasäure),
- als Minor Komponente **Resveratrol**.

Die Inhaltsstoffe liegen, wie in der Weinrebe, weitgehend als Glycoside vor. Für alle diese Stoffe ist charakteristisch, dass sie phenolische Gruppen enthalten. Den Gehalt an Polyphenolen in unserem Extrakt bestimmen wir nach FOLIN-CIOCALTEU. Diese Gallussäureeinheiten (GAE) geben auch das antioxidative Potenzial des Extraktes wieder.

Durch das von uns entwickelte spezielle Extraktionsverfahren enthält unser Extrakt darüber hinaus noch

- 7,5 % Weinkernöl mit hohem Anteil (40 %) von cis 18:2,
- 216,2 mg/100 g α -Tocopherol,
- 2,7 mg/100 g β -Tocopherol,
- 351,4 mg/100 g α -Tocopherol-acetat.

Die nachstehende tabellarische Übersicht zeigt, dass unser Extrakt durch und durch ein Naturprodukt ist und die größte Übereinstimmung mit den Inhaltsstoffen der roten Weintrauben aufweist. Gegenüber den Weintrauben kann man es als einen Vorzug ansehen, dass unser Extrakt keinen Zucker in nennenswerter Menge enthält.

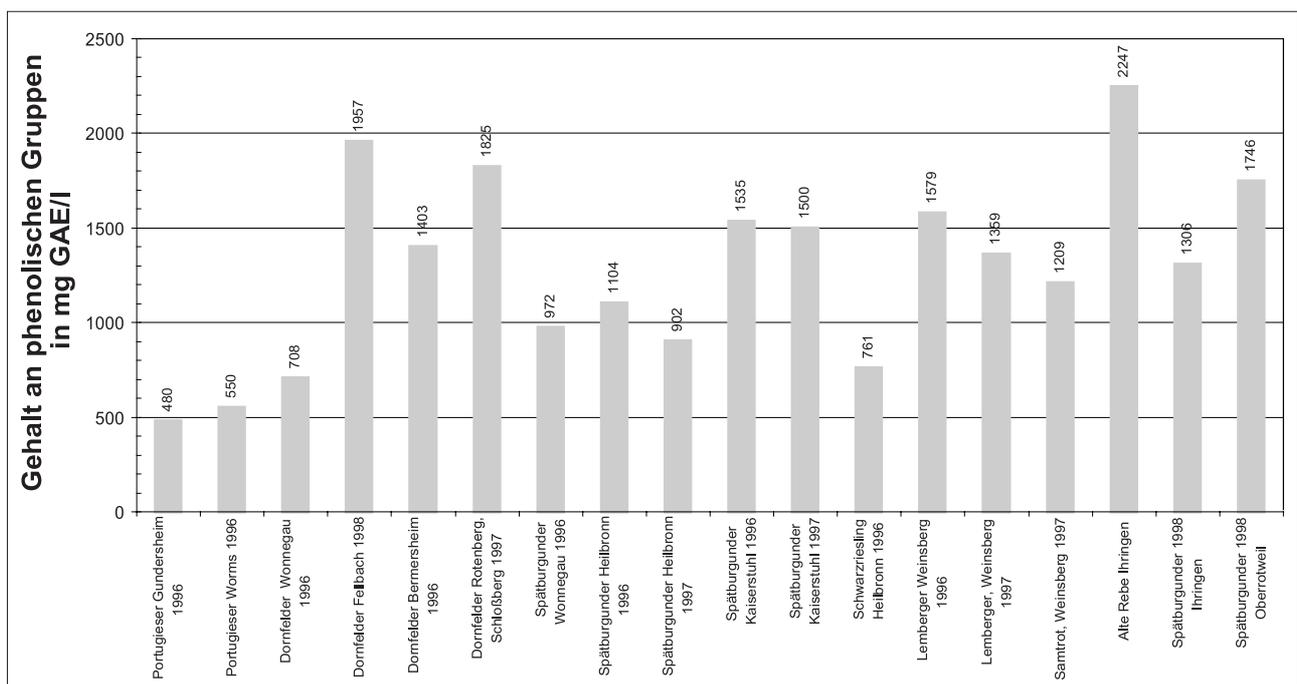


Abb. 7: Gehalt an phenolischen Gruppen in verschiedenen deutschen Rotweinen bestimmt nach FOLIN-CIOCALTEU in Gallussäure-Einheiten (GAE) in mg GAE/l



Produkte	Inhaltsstoffe					
	Flavonoide	Gerbsäuren	Anthocyane	Weinkernöl Vitamin E	Zucker/Kohlenhydrate	Ballaststoffe
rote Weintrauben	+	+	+	+	+	+
Most von roten Weintrauben	(+)	(+)	(+)	-	+	-
Rotwein	+	+	+	-	-	-
natürlicher Extrakt roter Weintrauben (PROTEKUM)	+	+	+	+	-	-

Tab. 3: Übersicht über die wichtigsten Inhaltsstoffe in roten Weintrauben und Produkten

Unsere Extrakte werden auch auf mögliche gesundheitsgefährdende Stoffe, die aus Agrarchemikalien stammen könnten, sorgfältig analytisch untersucht. Im Ergebnis können wir feststellen, dass von unserem Extrakt hinsichtlich der Schwermetalle, der anderen Metalle und Pestizide keine gesundheitlichen Gefährdungen ausgehen.

6 Entwicklung von „Functional Foods“ mit dem Extrakt aus roten Weintrauben

Der Verzehr von Obst und Gemüse gilt heute als Selbstverständlichkeit für eine gesunde Ernährung. Mit dem Obst und Gemüse nehmen wir neben Kohlenhydraten, Fetten und Eiweiß lebenswichtige Vitamine, Ballaststoffe, Mineralstoffe sowie eine Reihe von sekundären Pflanzenstoffen zu uns. Zu wichtigen Vertretern der sekundären Pflanzenstoffe gehören die so genannten Bioflavonoide. Dazu zählen Pflanzenfarbstoffe, die Anthocyane, und Flavonoide, die im Obst und Gemüse weit verbreitet sind. Aus ernährungsphysiologischer Sicht zählen die Bioflavonoide zu den Antioxidantien und sind Radikalfänger.

Um sich gesund zu ernähren, müsste eine Person täglich etwa 500 bis 1000 g Obst/Gemüse zu sich nehmen. Das ist in der Regel nicht der Fall. Niederländische Wissenschaftler empfehlen, auf der Grundlage von epidemiologischen Untersuchungen, einen täglichen Verzehr von Flavonoiden von ca. 30 mg. Aus statistischen Angaben wurde abgeleitet, dass in Deutschland durchschnittlich ca. 12 mg Flavonoide verzehrt werden. Das vorhandene Defizit an diesen sekundären Pflanzenstoffen lässt sich gezielt durch Nahrungsergänzungsmittel in „Functional Foods“ ausgleichen. Der Markt von Functional Foods entwickelt sich in den USA und Japan sehr rasch und sicherlich werden diese Produkte auch in Deutschland zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Aus vielfältigen Versuchen biochemischer Natur und zunehmend auch klinischen Untersuchungen geht hervor, dass die Bioflavonoide der roten Weintrauben protektive Wirkungen gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufweisen. Aus ersten Tierversuchen und Untersuchungen an humanen Krebszellen wird deutlich, dass die Inhaltsstoffe der roten Weintrauben präventive Wirkungen gegenüber Krebserkrankungen haben.

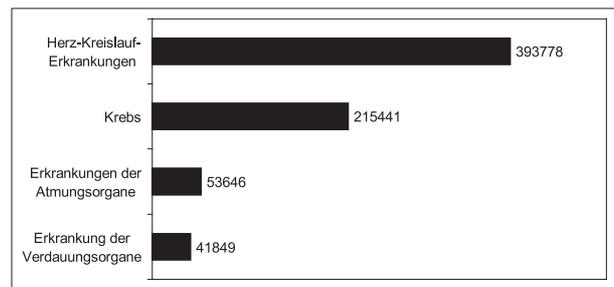


Abb. 8: Bedeutendste Ursachen für die Sterblichkeit (841 646) in Deutschland im Jahr 2002

Die vorbeugende Wirkung der Inhaltsstoffe des Rotweins gewinnt besondere Bedeutung vor dem Hintergrund der Statistik über die Todesursachen in Deutschland. Allein 2002 starben 47 % der Deutschen an Herz-Kreislauf-Erkrankungen. [21] Offensichtlich nehmen wir in Deutschland zu geringe Mengen an Antioxidantien, an Bioflavonoiden, zu uns.

PROTEKUM bietet heute verschiedenen Branchen der Nahrungsmittelindustrie den Extrakt aus roten Weintrauben als Nahrungsergänzungsmittel mit besonderem gesundheitlichen Nutzen an.

Verschiedene Betriebe der Nahrungs- und Genussmittelindustrie haben Produkte mit unserem Extrakt entwickelt. So liegen Entwicklungen zu Bonbons mit dem Extrakt aus roten Weintrauben vor. In Backwaren, z. B. in Brot, werden Produkte mit dem Extrakt aus roten Weintrauben angeboten. Produkte der Getränkeindustrie befinden sich in der Entwicklung.

7 Zusammenfassung

Erkenntnisse der Biochemie, der Ernährungswissenschaften und der klinischen Medizin zeigen, dass den Inhaltsstoffen der roten Weintrauben als Antioxidantien und Radikalfängern eine beachtliche Bedeutung bei der Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen zukommt. Aus den roten Weintrauben haben wir durch eine schonende Technologie einen naturbelassenen Extrakt gewonnen. Die Inhaltsstoffe konnten durch HPLC charakterisiert und der Polyphenolgehalt mit Hilfe der Methode von FOLIN-CIOCALTEU in Gallussäureeinheiten (GAE) bestimmt werden. Der Extrakt aus roten Weintrauben soll als Nahrungsergänzungsmittel in der Lebens- und Genussmittelindustrie eingesetzt werden. Erste Produkte mit dem Extrakt aus roten Weintrauben sind Bonbons, Brausetabletten und Brot. In diesen Lebensmitteln sind bestimmte Gehalte an Polyphenolen enthalten und standardisiert.



Literatur

- [1] S. Renaud, M. De Lorgeril: Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease; *Lancet*, 339 (1992), 1523-1525.
- [2] B. F. de Simon; T. Hernandez, I. Estrella: Relationship between chemical structure and biosynthesis and accumulation of certain phenolic compounds in grape wine during ripening; *Z. Lebensm.-Unters.Forsch.* 195 (1992), 124-8.
- [3] M. Jang, L. Cai, G. O. Udeani, K. L. Slowing, C. F. Thomas, C. W. W. Beecher, H. H. S. Fong, N. R. Farnsworth, A. D. Kinghorn, R. G. Mehta, R. C. Moon, J. M. Pezzuto: Cancer Chemopreventive Activity of Resveratrol, a Natural Product Derived from Grapes; *Science*, 275 (1998), 218-220.
- [4] D. M. Goldberg, J. Yan, E. NG, E. P. Diamanidis, A. Karumanchiri, G. Loleas, A. L. Waterhouse: A Global Survey of Trans-Resveratrol Concentration in Commercial Wines; *Am.J.Enol.Vitic*, 46 (1995), 159-165.
- [5] D. M. Goldberg, E. NG, A. Karumanchiri, G. J. Solea, E. P. Diamanidis: Regional Differences in Resveratrol Isomer Concentration of Wines from Various Cultivars; *J. of Wine Research*, 7 (1996), 13-24.
- [6] D. M. Klurfeld, D. Kritschewsky: Differential effects of alcoholic beverages on experimental atherosclerosis in rabbits; *Exp.Mol.Pathol.* 34 (1981), 62-71.
- [7] E. N. Frankel, A. L. Waterhouse, P. L. Teissedre: Principal Phenolic Phytochemicals in Selected California Wines and Their Antioxidant Activity in Inhibiting Oxidation of Human Low-Density Lipoproteins; *J.Agric.Food Chem.* 43 (1995), 890-894.
- [8] P. L. Teissedre, E. N. Frankel, A. L. Waterhouse, H. Peleg, J. B. German: Inhibition of in vitro Human LDL Oxidation by Phenolic Antioxidants from Grapes and Wines; *J.Sci.Food Agric.* 70 (1996), 55-61.
- [9] A. C. Rice-Evans, N. J. Miller, P. G. Bolwell, P. M. Barmley, J. B. Bridham: The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids; *Free Radic.Res.* 221 (1995), 375-383.
- [10] J. A. Vinson, K. Teufel, N. Wu: Red wine, dealcoholized red wine, an especially grape juice, inhibit atherosclerosis in a hamster model; *Artherosclerosis* 156 (2001), 67-72.
- [11] R. Corder, J. A. Douthwaite, D. M. Lees, N. Q. Khan, A. C. V. dos Santos, E. G. Wood, M. J. Carrier: Endothelin-1 synthesis reduced by red wine; *Nature* 414 (2001), 863-864.
- [12] M. Flesch, A. Schwarz, M. Böhm: Effects of red and white Wine on endothelial-dependent vasorelaxation of rat aorta and human coronary arteries; *Am.J.Physiol.* 183 (1998), 183-190.
- [13] E. Lachtermann, L. Turhanova, M. Rodiczewicz, C. Steinhilber, K.-H. Schicketanz, D. Nagel, H. Franz, K. Jung: Veränderungen des KHK-Risikoprofils durch moderaten Rotwein – im Vergleich zu Weißweinkonsum; *Herz/Kreisl.* 31 (1999), 25-31.
- [14] P. C. H. Hollman, M. N. C. P. Bijman, Y. van Gameren, E. P. J. Cnossen, J. H. M. de Vries, M. B. Katan: The sugar moiety is a major determinant of the absorption of dietary flavonoid glycosides in man; *Free Radic.Res.* 31 (1999), 569-573.
- [15] H. Kamei, T. Koide, T. Kojima, M. Hasegawa, K. Terabe, T. Umeda, Y. Hashimoto: Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals 11 (1996), 193-196.
- [16] H. Kamei, Y. Hashimoto, T. Koide, T. Kojima, M. Hasegawa: Anti-tumor effect of methanol extracts from red and white wines; *Cancer Biother. Radiopharm.* 13(6):447-452, 1998 Dec.
- [17] A. J. Clifford, S. E. Ebeler, J. D. Ebeler, N. D. Bills, S. H. Hinrichs, P.-L. Teissedre, A. L. Waterhouse: Delayed tumor onset in transgenic mice fed an amino acid-based diet supplemented with red wine solids; *Am.J.Clin.Nutr.* 64(1996), 748-756.
- [18] V. L. Singleton, J. A. Rossi jr.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents; *Am.J.Enol.Vitic* 16 (1965), 144-158.
- [19] P. Simonetti, P. Pietta, G. Testolin: Polyphenol Content and Total Antioxidant Potential of Selected Italian Wines; *J.Agric.Food Chem.* 45 (1997), 1152-1155.
- [20] R. L. Prior, G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. Mc Ewen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, C. M. Mainland: Antioxidant Capacity As Influenced by Total Phenolic and Anthocyanin Content, Maturity and Variety of Vaccinium Species; *J.Agric.Food Chem.* 46(1998), 2686 - 2693.
- [21] Deutsches Bundesamt für Statistik.

Autoren

Prof. Dr. rer. nat. habil. Georg Tomaschewski

PROTEKUM Umweltinstitut GmbH
Lehnitzstr. 73, 16515 Oranienburg
Tel. +49 3301 698100
Fax +49 3301 698210
E-Mail: protekum@t-online.de

Prof. Dr. rer. nat. Lothar Ebner

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Tel. +49 3375 508-226
E-Mail: protekum@t-online.de
(Bemerkung: Herr Prof. Ebner ist Hochschullehrer an der Fachhochschule Wildau und gleichzeitig Geschäftsführer der Firma PROTEKUM.)

Entwicklung eines Gatewaysystems für telematikbasiertes Gerätemonitoring

Ralf Vandenhouten, Thomas Behrens, Bettina Schnor

1 Einleitung

1.1 Motivation

In den vergangenen Jahren waren Bestrebungen der marktführenden Hersteller im Bereich der Automatisierungstechnik (z. B. Siemens, ABB, Jetter) zu beobachten, ihre Systeme für einen transparenten, vertikalen Informationstransport von der Feldbus- bis zur Leit-, Planungs- oder Managementebene aufzurüsten und nach außen entsprechende Internetschnittstellen zur Verfügung zu stellen. All diese Bemühungen verfolgen jedoch homogene, proprietäre Lösungen, zugeschnitten auf die spezielle Hardware des jeweiligen Herstellers, mit dem Ziel, die jeweils neueste Generation dieser Hardwarekomponenten auf dem zunehmend auf die Informationstechnik ausgerichteten Markt positionieren zu können. Der Nachteil dieser Lösungen ist, dass sie

- vorhandene Automatisierungstechnik nicht unterstützen und
- keine inhomogenen Systeme mit Komponenten verschiedener Hersteller erlauben.

Eine große Zahl laufender Anlagen ließe sich also nur durch den vollständigen Ersatz der Software und Hardware an die moderne Informationstechnik anschließen, was mit enormen Kosten verbunden wäre, die insbesondere viele mittelständische Unternehmen nicht tragen können. Was beim derzeitigen Stand der Technik fehlt, ist eine Lösung, die einerseits Schnittstellen für die vorhandene Automatisierungstechnologie zur Verfügung stellt, andererseits offene Schnittstellen für die Integration zukünftiger Komponenten beliebiger Hersteller bietet und darüber hinaus einen komfortablen, ortsunabhängigen Zugriff über das WWW (World Wide Web) und WAP (Wireless Application Protocol) erlaubt. Die Entwicklung eines solch innovativen Produktes war Gegenstand eines GeWiPlan-Projektes, das gemeinsam mit einem brandenburgischen KMU durchgeführt wurde. Der Prototyp des Systems entstand im Rahmen einer Diplomarbeit am Lehrstuhl Telematik der TFH Wildau in Zusammenarbeit mit dem Institut für Informatik der Universität Potsdam.

1.2 Aufgabe

Der Kerngedanke war die Entwicklung eines neuartigen, WWW- und WAP-basierten Telematik-Systems zur Unterstützung der Fernüberwachung und -steuerung von vernetzten Geräten. Das System sollte in der Lage sein, vorhandene IT-Infrastrukturen in Produktionsbetrieben zu integrieren, Betriebsdaten (z. B. Ist-Zustände von Maschinen, Werkstoffen, Mitarbeitern, Patienten) aus-

zuwerten und transparent externen Abfragern ortsunabhängig und zu jedem Zeitpunkt über Internetsdienste (WWW) sowie im Falle mobiler Einheiten über das WAP zur Verfügung zu stellen. Dabei ist sowohl die (passive) Überwachung von Ressourcen, Produktionsparametern und Qualitätsmerkmalen möglich, als auch die Fernmanipulation von Einflussgrößen der Planungs-, Leit-, Automatisierungs- und Feldebene.

1.3 Schichtenmodell

Zunächst wurde eine Software-Architektur für das System konzipiert, die aus einem Schichtenmodell mit fünf Schichten besteht (Abb. 1), um flexibel unterschiedlichste Endgeräte einbinden zu können.

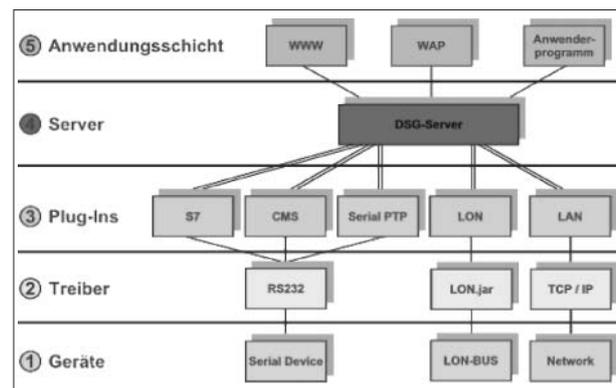


Abb. 1: Schichtenmodell des Gatewaysystems

Zu den *Geräten* gehören solche, die eine Verbindung zu einem Computer haben und deren Daten ausgewertet und/oder entfernt visualisiert werden sollen, zum Beispiel Patientenmonitore in der Medizin oder Automatisierungs- und Produktionssysteme.

Die *Treiber* sind für die Anbindung der Geräte an die Software über eine Hardwareschnittstelle verantwortlich, zum Beispiel RS232 oder TCP/IP.

Um Daten aus den Geräten zu lesen, werden (in der Regel proprietäre) Protokolle verwendet. Diese Protokolle sind für jedes Gerät anders, da jedes Gerät andere Daten in anderen Zeitabständen liefert. Die *Plug-Ins* kommunizieren mit den Geräten über deren Protokolle und konvertieren die Daten in allgemeine Datenstrukturen, die der Server verarbeiten kann. Für die unterschiedlichen Geräte werden demzufolge verschiedene Plug-Ins benötigt. Die Plug-In-Schicht macht die spezifischen Eigenheiten einzelner Geräte für den Server transparent.

Der *Server* ist das Kernstück des Systems. Dieser verwaltet die Daten der Geräte und stellt die Benutzerschnittstellen bereit, über die die Daten geschrieben und gelesen werden können.



In der *Anwendungsschicht* werden die Daten visualisiert. Das kann das Darstellen von Messdaten, Zeitreihen oder mehrdimensionalen Messdaten sein. Die bevorzugten Benutzerschnittstellen sind das WWW und WAP.

1.4 Anforderungen

Für die Kommunikation zwischen dem Server und den Plug-Ins wird eine offene Schnittstelle benötigt. Den Herstellern von Automatisierungs- und Produktionssystemen muss die Möglichkeit gegeben werden, eigene Komponenten zu entwickeln und anzubieten, die mit dem Server zusammenarbeiten. Die Common Object Request Broker Architecture (CORBA) bietet für solch eine Schnittstelle eine geeignete und flexible Plattform.

Für den Zugriff über die WWW- und WAP-Schnittstellen können HTML-/JavaScript-Dokumente/Formulare für den statischen Zugriff über HTTP und WML-Dokumente für den Zugriff über WAP entwickelt werden. Darüber hinaus sollten Java-Applets für den interaktiven Zugriff der zur Verfügung gestellten Daten und Geräte entwickelt werden.

Mit einem Konfigurationsprogramm wird der Server konfiguriert. Der Server kann so an die Gegebenheiten eines konkreten Telemetrievorhabens (z. B. in einem Produktionsunternehmen) angepasst werden. Um die Konfiguration komfortabel, robust und effizient zu machen, wird ein grafisch unterstütztes Konfigurationsprogramm benötigt.

Um den Server auf jeder Plattform (z. B. Windows, Linux) ohne weiteren Programmieraufwand einsetzen zu können, sollte der Server in der plattformunabhängigen Programmiersprache Java entwickelt werden.

2 Gateway

Der Gatewayserver ist das Kernstück des Projektes. Er hat die Aufgabe, die Daten der Geräte zu verwalten und über die Schnittstellen WWW und WAP zur Verfügung zu stellen. In diesem Abschnitt werden der Aufbau und die Implementierung beschrieben.

2.1 Verwendbare Technologien

Das Gatewaysystem sollte auf einem eigenen Rechner/Server installiert werden. Das ist notwendig, um die Sicherheit für die Daten und die Stabilität des Programms gewährleisten zu können. Dieser Rechner/Server muss außerdem auch an das Internet/Intranet angeschlossen sein. Nur dann können die Daten von den Geräten zum Gatewaysystem übertragen und über die Schnittstellen der Anwendungsschicht im Internet angeboten werden.

Für den Aufbau des Gatewaysystems werden verschiedene Technologien eingesetzt. Dazu gehören der Applikationsserver, Servlets, JSP (Java Server Pages) [1] und EJB (Enterprise Java Beans) [5]. Applikationsserver stellen Benutzern in einem Netzwerk Anwendungsprogramme über verschiedene Schnittstellen zur Verfügung. Die Anwendungsprogramme dafür müssen in der Programmiersprache Java als Servlet, JSP und/oder EJB geschrieben werden.

2.2 Systemarchitektur

Die wichtigste Anforderung an das System ist, dass die Schnittstellen CORBA und WWW/WAP unterstützt werden. Daraus ergeben sich folgende Möglichkeiten für den Aufbau:

1. Für jede Schnittstelle wird ein eigenständiges System/eigenständiger Server selbst entwickelt (Abb. 2).

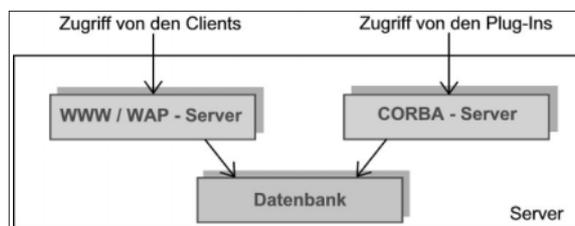


Abb. 2: Aufbaumöglichkeit 1

Diese erste Möglichkeit hat den Vorteil, dass man alles selbst unter Kontrolle hat, Fehler schnell beheben kann, das System sehr kompakt ist und die beiden Schnittstellen unabhängig voneinander funktionieren. Der Nachteil hierbei ist, dass das System fehleranfällig und der Zeitaufwand bei der Entwicklung und Pflege sehr hoch ist.

Die Fehleranfälligkeit des Systems wird erst nach sehr vielen Tests und Bewährungsproben in der Praxis sinken. Nach der Entwicklung und verschiedenen Tests werden, basierend auf Erfahrungswerten, nicht alle Fehler gefunden, da diese nur unter bestimmten und teilweise komplexen Konstellationen auftreten.

2. Die beiden Schnittstellen werden von einem selbst entwickelten System/Server zur Verfügung gestellt (Abb. 3).

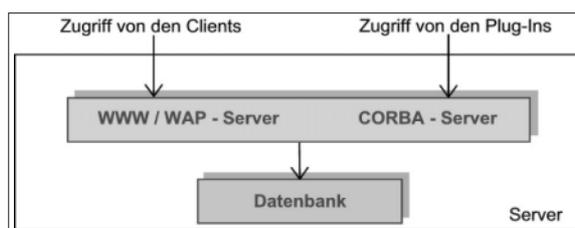


Abb. 3: Aufbaumöglichkeit 2

Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass man alles selbst unter Kontrolle hat, die Fehler besser beheben und das System seinen Anforderungen perfekt anpassen kann. Auch dieses System ist sehr kompakt. Nachteile sind hier auch die Fehleranfälligkeit, der Zeitaufwand bei der Entwicklung und Pflege und die Abhängigkeit der Schnittstellen voneinander, da sie alle in einem System integriert sind.

3. Die WWW/WAP-Schnittstelle wird von einem bereits entwickelten Applikationsserver unterstützt. Der Programmcode wird als Servlet oder JSP in den Applikationsserver eingebunden. Die CORBA-Schnittstelle wäre ein selbstentwickeltes Programm und damit eigenständig (Abb. 4).

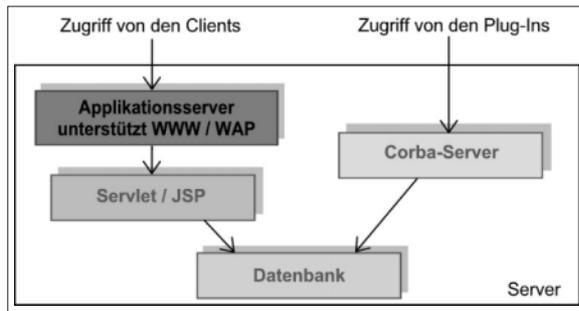


Abb. 4: Aufbaumöglichkeit 3

Der Vorteil bei dieser Möglichkeit ist, dass die Kommunikation über das Netzwerk vom Applikationsserver übernommen wird. Außerdem ist ein ausgereifter Applikationsserver weniger fehleranfällig. Die Entwicklungs- und Pflegezeit reduziert sich, da der zu programmierende Code geringer wird und damit übersichtlicher zu gestalten ist. Zusätzlich ist eine Benutzerverwaltung im Applikationsserver integriert, die das Entwickeln des Systems vereinfacht. Die Nachteile liegen in der Planungszeit. Diese vergrößert sich, da der für dieses Projekt richtige Applikationsserver in aufwendigen Testverfahren gefunden werden muss. Hinzu kommt noch die Einarbeitungszeit, die man benötigt, um den Applikationsserver zu administrieren und einzusetzen. Auch benötigt ein Applikationsserver mehr Ressourcen als ein selbstentwickeltes System. Ein weiterer Nachteil sind bei diesem Aufbau die beiden unterschiedlichen Systeme (Applikationsserver und eigenständiger Server).

4. Beide Schnittstellen werden von einem bereits entwickelten Applikationsserver unterstützt. Der Programmcode kann als Servlet, JSP und/oder EJB in den Applikationsserver eingebunden werden (Abb. 5).

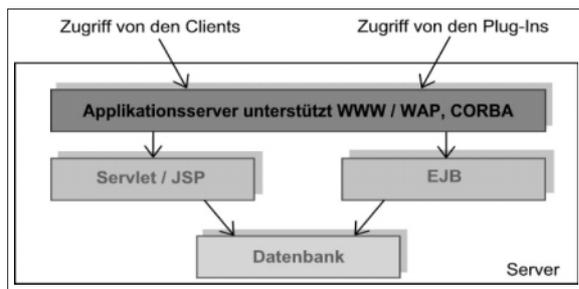


Abb. 5: Aufbaumöglichkeit 4

Die Vorteile entsprechen zum großem Teil denen der dritten Möglichkeit. Die Kommunikation über das Netzwerk wird vom Applikationsserver übernommen. Die Fehleranfälligkeit bei einem ausgereiften Applikationsserver ist nicht mehr so groß, da hier die auch nur unter bestimmten Konstellationen auftretenden Fehler zum Großteil gefunden und beseitigt wurden. Wie bei Alternative 3 reduziert sich die Entwicklungs- und Pflegezeit und ist eine Benutzerverwaltung im Applikationsserver integriert. Ein weiterer Vorteil ist, dass alle drei Schnittstellen in einem System integriert sind und kein zweites System zusätzlich entwickelt werden muss. Die Nachteile liegen auch hier wieder in der Planungszeit, die sich durch die Auswahlmöglich-

lichkeiten der Applikationsserver vergrößert (einmaliger Aufwand). Auch die Einarbeitungszeit in den Applikationsserver ist nicht zu unterschätzen sowie die zusätzlich benötigten Ressourcen (CPU-Leistung, Speicher).

Das Projekt wurde entsprechend der vierten Aufbauvariante realisiert, da hier die Vorteile (insbesondere Skalierbarkeit und langfristig geringer Entwicklungsaufwand) gegenüber den anderen Alternativen überwiegen. Als Applikationsserver wurde der Sun ONE Application Server [11] gewählt, da dieser die beiden Schnittstellen unterstützt und in seiner einfachsten Version kostenlos im Internet zur Verfügung steht. Außerdem existiert eine hohe Kompatibilität zwischen dem Applikationsserver und der Programmiersprache Java (Servlet, JSP, EJB), da beide von der Firma Sun entwickelt wurden. Der Sun ONE Application Server ist auch auf verschiedenen Betriebssystemen lauffähig und damit so gut wie plattformunabhängig.

3 Anwendungsfälle

Die wichtigsten Aufgaben des zu entwickelnden Servers sind Daten zu speichern und diese Daten im HTML- oder WML-Format zur Verfügung zu stellen. Um die Daten übersichtlich darstellen zu können, müssen diese noch konfiguriert werden können. Für dieses System werden drei Rollen definiert, die verschiedene Rechte haben, um die erforderlichen Aufgaben erledigen zu können:

- Nutzer,
- Nutzer mit Konfigurationsrechten,
- Plug-In.

Die Rolle *Nutzer* stellt den „einfachen“ Nutzer/Mitarbeiter dar. Er kann die Daten über das WWW bzw. WAP lesen. Ein Administrator oder ein Mitarbeiter mit besonderen Rechten wird durch die Rolle *Nutzer mit Konfigurationsrechten* bezeichnet. Ein solcher kann sich, wie die einfachen Nutzer, die Daten über das WWW und WAP anschauen, aber auch die Daten und Geräte für die Ansicht im WWW bzw. WAP konfigurieren. Die dritte Rolle *Plug-In* bezeichnet in diesem Fall keine Person, sondern das System, welches die Daten vom Gerät erhält und zum Server übermittelt. Diese Rolle hat nur die Aufgabe, Daten an den Server zu senden und zu schreiben. Dieser Sachverhalt wird auch im Anwendungsfalldiagramm in Abbildung 6 dargestellt.

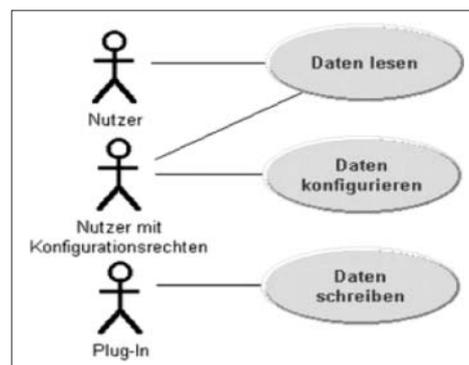


Abb. 6: Anwendungsfälle



Der interessanteste Anwendungsfall ist *Daten schreiben*. Dieser wird im nächsten Abschnitt näher beschrieben.

3.1 Daten schreiben

Dieser Anwendungsfall beinhaltet das Senden und Speichern der von einem Gerät erhaltenen Daten. Dies wird durch das Plug-In initiiert. Das physische Speichern übernimmt der Server. Aus diesem Grund sind die folgenden Aktivitäten dem Plug-In bzw. dem Server zugeordnet:

Plug-In:

- Verbindung aufbauen
- Gerätenamen senden
- Signale senden
- Kanäle senden
- Daten senden
- Verbindung trennen

Server:

- Gerätenamen in der DB speichern
- Signale in der DB speichern
- Kanäle in der DB speichern
- Daten in der DB speichern

Im Aktivitätsdiagramm der Abbildung 7 ist der Arbeitsablauf eines Plug-Ins dargestellt.

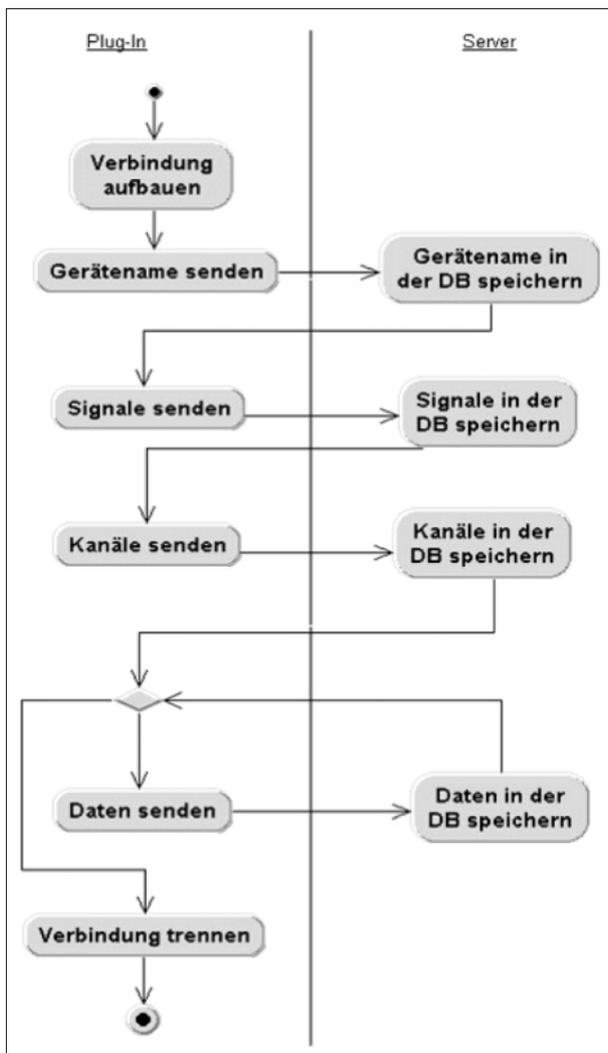


Abb. 7: Arbeitsabläufe des Anwendungsfalls „Daten schreiben“

4 Klassenarchitektur

In diesem Abschnitt werden die entwickelten Java-Klassen und deren Zusammenhänge vorgestellt. Dabei handelt es sich um das logische Architekturmodell. Hier werden nur die wichtigsten Methoden und Attribute der einzelnen Klassen beschrieben. Das technische Architekturmodell stellt alle Klassen mit ihren Methoden und Attributen dar.

Die Struktur von Paketen, denen Klassen zugeordnet sind, orientiert sich an den Anwendungsfällen, wobei die Namen der Pakete hierbei den technischen Anforderungen und nicht den der Anwendungsfälle entsprechen. Für jeden Fall wurde ein Paket erstellt. Außerdem wurde ein Paket für die Anwendungsschicht erstellt. Der Anwendungsfall *Daten lesen* findet sich in den Paketen *web* und *applet* wieder. *web* stellt dabei die textliche und *applet* die grafische Variante dar. Das Paket *config* repräsentiert den Anwendungsfall *Daten konfigurieren*. Für *Daten schreiben* wird das Paket *plugin* erstellt. Die Anwendungsschicht wird mit Hilfe der Enterprise Java-Beans erstellt. Diese werden dem Paket *ejb* zugeordnet. In den nächsten Abschnitten werden die Pakete *ejb* und *plugin* näher beschrieben, die auch die Schnittstellen für die Kommunikation zwischen Server und Plug-In zur Verfügung stellen.

4.1 Paket ejb

Dieses Paket repräsentiert die Anwendungsschicht. Ihm sind alle Enterprise Java-Beans-Klassen zugeordnet. In Abbildung 8 ist das Klassenmodell dieses Paketes dargestellt.

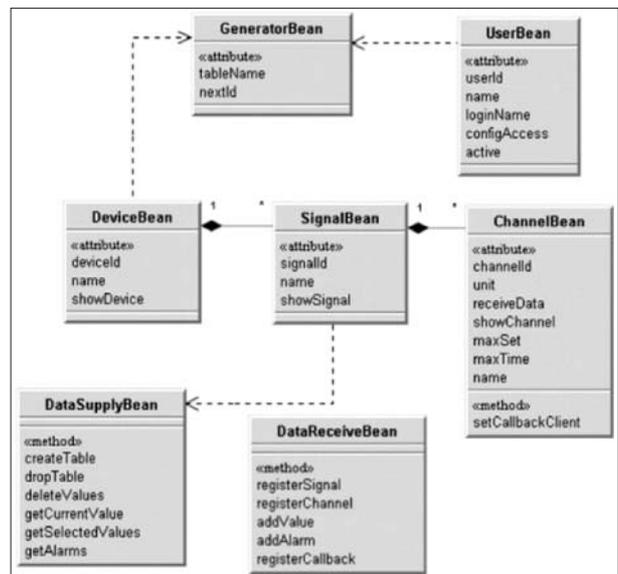


Abb. 8: Klassendiagramm des EJB-Paketes

Hauptbestandteil dieses Paketes sind die Klassen *DeviceBean*, *SignalBean* und *ChannelBean*. Sie repräsentieren die entsprechenden Tabellen in der Datenbank. Mittels dieser Klassen werden die Geräte-, Signal- und Kanaldaten in die Datenbank gespeichert. Die *GeneratorBean* und die *UserBean* repräsentieren ebenfalls die entsprechenden Tabellen in der Datenbank. Über die Klasse *Generator-*



Bean lassen sich die Klassen *DeviceBean*, *SignalBean*, *ChannelBean* und *UserBean* beim Erstellen eines neuen Datensatzes die nächste Identifikationsnummer geben. Der Aufwand des Erstellens der nächsthöheren Identifikationsnummer ist so geringer, als wenn die Klassen selbst die letzte eingefügte ID über komplexe Datenbankabfragen ermitteln müssten. Die Klasse *UserBean* speichert die Nutzerdaten in der Datenbank. *DataReceiveBean* und *DataSupplyBean* stellen Schnittstellen zum Speichern und Lesen der Wertedaten zur Verfügung. Die *DataReceiveBean* kann dabei über das Remote-Interface von den Plug-Ins und die *DataSupplyBean* nur über das Local-Interface angesprochen werden. Für jedes Plug-In wird dabei eine Instanz der Klasse *DataReceiveBean* erstellt, die erst durch den Garbage Collector vernichtet wird, wenn die Verbindung zu dem Plug-In nicht mehr existiert. Die Klasse *DataReceiveBean* wird von der *SignalBean* auch verwendet, um die Datentabellen zu erstellen oder zu löschen.

4.2 Paket plugin

Das Paket *plugin* stellt für die Entwicklung von Plug-Ins eine allgemeine Schnittstelle zur Verfügung. Das Paket kann dabei als Bibliothek in die Plug-Ins eingebunden werden. Das Paket *plugin* übernimmt auch die Kommunikation mit dem Server und das Umwandeln der eindeutigen Identifikationsnummer der Signale und Kanäle des Gerätes und der ID der Signale und Kanäle der Datenbank, mit denen sie auch über mehrere Geräte identifiziert werden können. In Abbildung 9 ist das Klassendiagramm dargestellt.

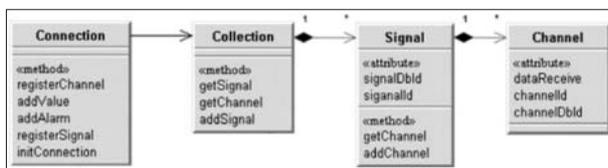


Abb. 9: Klassendiagramm des Plug-In-Paketes

Die Klasse *Connection* stellt die allgemeine Schnittstelle für die Plug-Ins zur Verfügung. Weiterhin stellt sie die Verbindung zum Server her und kommuniziert mit diesem. Die Klasse *Collection* verwaltet alle Signale, die das Gerät liefert. In der Klasse *Signal* werden die Daten für das Mapping zwischen Gerät und Server für ein Signal gehalten. Außerdem enthält diese auch eine Referenz auf alle zu dem Signal gehörenden Kanäle. Die Klasse *Channel* verwaltet Daten zum Mapping zwischen Gerät und Server sowie verschiedene Eigenschaften zum Senden von Wertedaten dieses Kanals (z. B. ob Werte gesendet werden sollen).

5 Realisierung

Auf der Seite des Applikationsservers werden die entsprechenden EJB-Interfaces öffentlich gemacht, auf die die Plug-Ins zugreifen können. Dafür werden zwei Deployment-Deskriptor-Dateien benötigt. Die Datei *ejb-jar.xml* enthält Informationen (Name, Typ usw.) zu den EJB. Mit diesen Informationen kann der Applikationsserver die

Bean instanziiieren und verwalten. Damit die Plug-Ins auf dieses Interface bzw. diese Bean zugreifen können, muss diese bei dem Namens- und Verzeichnisdienst von Java (JNDI = Java Name and Directory Interface) registriert werden. Dafür wird ein Name (JNDI-Name) benötigt. Über diesen Namen kann das Plug-In auf die Bean zugreifen und die Methoden auf dem Server benutzen. Der JNDI-Name wird beim Sun ONE Application Server in der Datei *sun-ejb-jar.xml* der Bean zugewiesen.

Beispiel *ejb-jar.xml*:

```

<ejb-jar>
  <enterprise-beans>
    <session>
      <display-name>DataReceiveEJB</display-name>
      <ejb-name>DataReceiveBean</ejb-name>
      <home>dsg.server.ejb.data.DataReceiveRemoteHome</home>
      <remote>dsg.server.ejb.data.DataReceiveRemote</remote>
      <ejb-class>dsg.server.ejb.data.DataReceiveBean</ejb-class>
      <session-type>Stateful</session-type>
      <transaction-type>Bean</transaction-type>
    </session>
  </enterprise-beans>
</ejb-jar>
  
```

Beispiel *sun-ejb-jar.xml*:

```

<sun-ejb-jar>
  <enterprise-beans>
    <ejb>
      <ejb-name>DataReceiveBean</ejb-name>
      <jndi-name>data_receive</jndi-name>
    </ejb>
  </enterprise-beans>
</sun-ejb-jar>
  
```

Um auf die vom Applikationsserver veröffentlichten Schnittstellen zugreifen zu können, muss das Plug-In in der Programmiersprache Java folgenden Code implementieren:

```

Properties env = new Properties();
env.put(„java.naming.factory.initial“,
„com.sun.jndi.cosnaming.CNCTXFactory“);
env.put(„java.naming.provider.url“,
„iiop://192.168.111.1:3700“);
  
```

```

Context initial = new InitialContext(env);
Object objref = initial.lookup(„data_receive“);
  
```

```

DataReceiveRemoteHome home =
(DataReceiveRemoteHome)PortableRemoteObject.narrow(
objref, DataReceiveRemoteHome.class);
  
```

```

DataReceiveRemote dataBean = home.create();
  
```

6 Performancetests

Für das Projekt wurden Performancetests für die Kommunikation zwischen einem Plug-In und dem Server durchgeführt. Diese zeigen, wie viele Werte bzw. Datensätze pro Sekunde vom Plug-In zum Server übertragen werden können. Es wurden verschiedene Schnittstellen und Aufgaben auf dem Server sowie die Verwendung von mehreren Geräten bzw. Plug-Ins, die Daten zum Server senden, getestet. Die Testrechner hatten folgende Konfiguration:



Hardware:

Prozessor Intel Pentium III mit 1 GHz
 PCI Bus 64 bit/66 MHz
 Speicher 1 GB, 133 MHz SDRAM
 Netzwerkkarte EtherExpress PRO/100+
 Festplatte U160-SCSI-Harddisc 17 GB

Software:

Betriebssystem Server: RedHat 7.3,
 Clients: SuSE Linux 8.1
 Programmiersprache Java JDK 1.4.1
 Datenbank MySql 4.0.14-64

Zum Testen der Performance wurde ein Test-Plug-In entwickelt, welches 10000 Daten über eine vorher gewählte Schnittstelle zum Server sendet und die Daten dort je nach Test speichert. Vor und nach dem Senden aller Daten wurde der Zeitstempel des Systems ermittelt, um die gesamte Kommunikationszeit zu berechnen. Die Tests wurden mit den gleichen Schnittstellen und Anforderungen mehrmals wiederholt, um die Stabilität der Ergebnisse zu überprüfen. Im Folgenden sind die einzelnen Tests und deren Testergebnisse beschrieben.

Der erste Test zeigt, mit welchen Datentypen bzw. Klassen einzelne Werte über das IIOP (Internet Inter-ORB Protocol) am schnellsten übermittelt werden können. Das Diagramm in Abbildung 10 stellt die Ergebnisse dieses Tests dar.

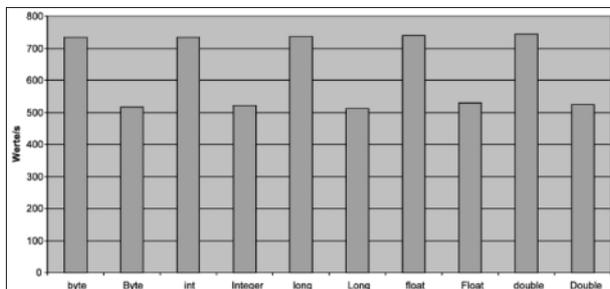


Abb. 10: Übertragungsgeschwindigkeit eines Wertes

Die Typen mit den großen Anfangsbuchstaben sind Klassen und die kleingeschriebenen Typen sind die primitiven Datentypen von Java. In dem Diagramm sieht man, dass alle Schnittstellen, bei denen primitive Datentypen übermittelt wurden, deutlich schneller sind und damit auch deutlich mehr Daten in einer Sekunde übertragen können. Dabei ist auffallend, dass alle Klassen bei ca. 525 Werten pro Sekunde und alle primitiven Datentypen bei 725 Werten pro Sekunde liegen. Für eine schnelle Übermittlung der Daten vom Plug-In zum Server sollten primitive Datentypen eingesetzt werden.

Da beim Übertragen von Daten nicht nur ein Wert, sondern ein Datensatz bestehend aus Wert und Kanalnummer oder aus Wert, Kanalnummer und Zeit übertragen werden muss, sollte der zweite Test Aufschluss darüber geben, welche Schnittstelle für die Übertragung am günstigsten ist. Es wurden die Schnittstellen „(channelId long, value double, timestamp long)“, „(channelId long, value double)“ und „(channelId long, value double, timestampDiff byte)“ getestet. Das Ergebnis zeigt die Abbildung 11.

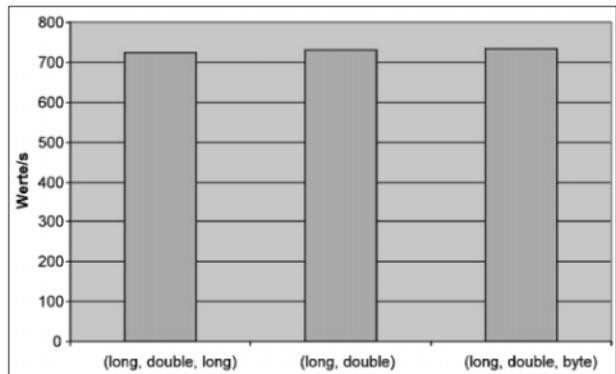


Abb. 11: Übertragungsgeschwindigkeit von verschiedenen Schnittstellen

Der Test ergibt, dass bei allen drei Schnittstellen ca. 725 Werte pro Sekunde übertragen werden können. Somit ist es nicht relevant, welche Schnittstelle beim Übertragen von Daten vom Plug-In zum Server benutzt wird.

In beiden vorherigen Tests wurde ermittelt, wie viele Daten zum Server gesendet werden können. Dabei hat der Server die Daten nur empfangen. Er hat sie weder gespeichert, noch hat er irgendwelche anderen Aufgaben erledigt. Der dritte Test soll zeigen, wie viel Daten übermittelt werden können, wenn der Server die Daten speichert und andere Aufgaben bezüglich der Daten erledigt. Für das Senden der Daten wird die Schnittstelle „(channelId long, value double, timestamp long)“ verwendet, da diese auch für die Kommunikation zwischen Plug-In und Server benutzt wird. Das Diagramm der Abbildung 12 zeigt das Ergebnis.

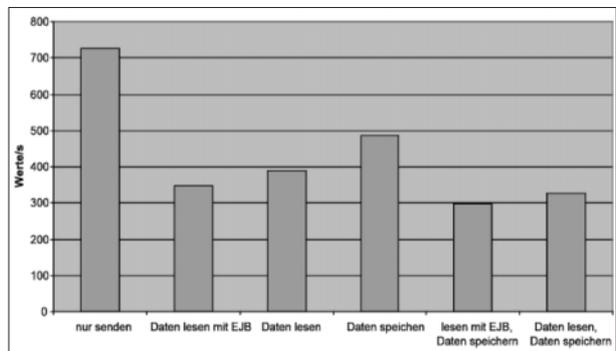


Abb. 12: Übertragungsgeschwindigkeit mit zusätzlichen Arbeitsaufgaben

Der erste Balken „nur senden“ wurde aus den Ergebnissen der vorherigen Tests zum Vergleich übernommen. Der zweite Balken „Daten lesen mit EJB“ zeigt das Ergebnis, wenn nach dem Übermitteln der Daten der Server über die EJB-Daten aus der Datenbank lädt, um z. B. zu überprüfen, ob Daten des Kanals gespeichert werden dürfen. Bei Balken Nummer drei („Daten lesen“) wurde das Gleiche getestet wie beim zweiten Balken, mit dem Unterschied, dass keine zusätzlichen EJB zum Lesen der Daten aus der Datenbank benutzt wurden, sondern der Zugriff auf die Datenbank direkt ausgeführt wurde. Das Schreiben in die Datenbank zeigt der Balken Nummer vier „Daten speichern“. Die Balken fünf und sechs geben die Ergebnisse der Kombinationen der beiden Möglichkeiten des Lesens und des Schreiben an.

Das Ergebnis ist nicht überraschend. Das Schreiben der gesendeten Daten in die Datenbank verlängert die Kommunikationsdauer, so dass nur knapp 500 Werte pro

Sekunde übermittelt werden können. Werden zusätzlich noch Daten aus der Datenbank geladen, um z. B. zu überprüfen, ob die übermittelten Daten gespeichert werden können, können nur noch 330 Werte pro Sekunde übermittelt werden, wobei die Benutzung weiterer EJB die Kommunikationsgeschwindigkeit auf nur noch knapp 300 Werte pro Sekunde weiter senkt.

Der letzte Test simuliert eine variierende Anzahl von Geräten bzw. Plug-Ins. Es wurde auf bis zu 14 Rechnern ein Plug-In gestartet. Mittels einer Broadcastnachricht fingen alle zur gleichen Zeit an, Daten über die Schnittstelle „(channelId long, value double, timestamp long)“ dem Server zu senden und in einer Datenbank zu speichern. Das entspricht dem Balken „Daten speichern“ aus dem vorherigen Test. Das Ergebnis dieses Tests stellt das Diagramm der Abbildung 13 dar.

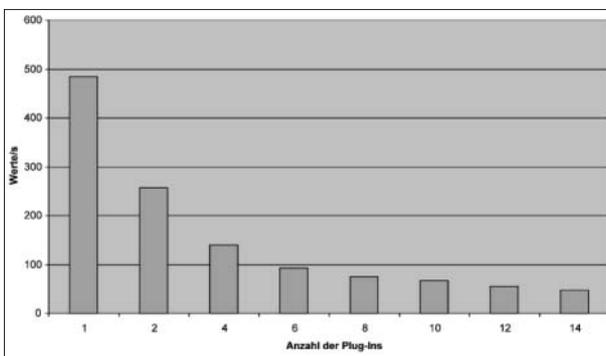


Abb. 13: Mittlere Übertragungsgeschwindigkeit der Plug-Ins

Der Test zeigt, dass je mehr Rechner dem Server Daten übermitteln, desto weniger Werte können pro Plug-In übermittelt werden. Bei genauer Betrachtungsweise der Ergebnisse ist erkennbar, dass es sich um eine umgekehrte Proportionalität handelt. Der Server kann immer nur 500 Werte pro Sekunde empfangen und speichern, egal wie viele Plug-Ins Daten übermitteln.

Bei allen Tests war der Prozessor des Servers, während die Plug-Ins Daten zum Server sendeten, ausgelastet. Daraus folgt, dass der Applikationsserver beim Empfang von Daten bzw. speziell wenn die Plug-Ins Methoden auf dem Server aufrufen, so viel Systemleistung in Anspruch nimmt, dass die Kommunikationsgeschwindigkeit darunter leidet.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein Telematik-System entwickelt, das die Fernüberwachung und -steuerung von vernetzten Geräten unterstützt. Dabei wurden bewährte (z. B. CORBA) sowie jüngere Technologien (z. B. Enterprise Java-Beans) eingesetzt.

Vor der Entwicklung musste zuerst eine Architektur für das System gefunden werden. Es wurden vier mögliche Systemarchitekturen untersucht und verglichen, von denen die vierte gewählt wurde, die einen Applikationsservers benutzt, der WWW/WAP und CORBA unterstützt. Die vielen Vorteile und die wenigen Nachteile bei der Verwendung dieser Architektur haben den Ausschlag gegeben. Als Applikationsserver wird der Sun ONE Application

Server in der einfachsten Version, der *Plattform Edition*, benutzt. Diese unterliegt zwar einigen Beschränkungen, die aber für dieses System nicht relevant sind.

Für die Entwicklung wurden die Anwendungsfälle „Daten lesen“, „Daten schreiben“ und „Daten konfigurieren“ definiert.

Anhand der Anwendungsfälle wurden Pakete definiert. Für den Anwendungsfall „Daten lesen“ wurden die Pakete *web* und *applet* konzipiert. *web* ist für die textliche, *applet* für die grafische Darstellung verantwortlich. „Daten schreiben“ übernimmt das Paket *plugin* und „Daten konfigurieren“ das Paket *config*. Zusätzlich werden Klassen dem Paket *ejb* zugeordnet. Dieses Paket stellt die Anwendungsschicht dar.

In einem durchgeführten Performancetest für den Server wurden verschiedene Schnittstellen auf die Übertragungsgeschwindigkeit, sowie verschiedene Arbeitsaufgaben auf dem Server getestet. Dabei wurde festgestellt, dass der Applikationsserver bei den angegebenen Rechnerkonfigurationen ca. 500 Werte/s von Plug-Ins empfangen und in der Datenbank speichern kann. Die Integration der Komponenten verlief ebenso erfolgreich wie das Testen dieser im Einzelnen und im Gesamten.

Für eine schnellere Übertragungsgeschwindigkeit, wie sie z. B. für hochabgetastete Wave-Daten benötigt wird, ist eine Variante des Systems ohne Applikationsserver in Betracht zu ziehen, z. B. nach dem Modell 2 (siehe Abb. 3). Die Übertragungsgeschwindigkeit kann dadurch, das zeigen einige Testversuche, mehr als verdoppelt werden und ist dann nicht so stark von der Anzahl der Plug-Ins abhängig.

In der Zukunft können ohne großen Aufwand noch allgemeine Funktionen für die Interaktion mit den Geräten implementiert werden. So kann das System beispielsweise auch für Fernbedienung und -steuerung in industriellen und privaten Anwendungsszenarien eingesetzt werden.

Literatur

- [1] Christian Ullenboom: Java ist auch eine Insel. Galileo Press, 2003.
- [2] Mark Wutka: J2EE Developer's Guide. Markt + Technik, 2002.
- [3] Cay S. Horstmann, Gary Cornell: Core Java 2; Band 2 Expertenwissen. Markt + Technik, 2002.
- [4] Martin Fowler, Kendall Scott: UML Konzentriert. Addison-Wesley, 2000.
- [5] Stefan Denninger, Ingo Peters: Enterprise JavaBeans 2.0; 2. Auflage Addison-Wesley, 2002.
- [6] Andreas Eberhart, Stefan Fischer: Java-Bausteine für E-Commerce-Anwendungen; 2., aktualisierte und erweiterte Auflage, Hanser, 2001.
- [7] Sun Microsystems. The Java Tutorial: RMI. <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/rmi/index.html>.
- [8] Sun Microsystems. The Java API: RMI. <http://java.sun.com/j2se/1.4/docs/api>
- [9] Sun Microsystems. The Java Tutorial: IDL. <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/idl/index.html>



- [10] Sun Microsystems. The Java API: IDL.
<http://java.sun.com/j2se/1.4/docs/api>
- [11] Sun Microsystems. Sun ONE Application Server.
<http://www.sun.com/software/products/appsrvr/home/appsrvr.html>
- [12] Thomas Behrens: Entwicklung eines Gatewaysystems für WWW- und WAP-basiertes Gerätemonitoring. Diplomarbeit TFH Wildau/Universität Potsdam, 2003.

Autoren

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Vandenhouten

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Lehrstuhl für Telematik
Tel. +49 3375 508-359
E-Mail: rvandenh@igw.tfh-wildau.de

Dipl.-Inform. Thomas Behrens

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Lehrstuhl für Telematik
Tel. +49 3375 508-616
E-Mail: tbehrens@igw.tfh-wildau.de

Prof. Dr. Bettina Schnor

Universität Potsdam
Institut für Informatik
August-Bebel-Straße 89, 14482 Potsdam
Tel. +49 331 977-3120
E-Mail: schnor@cs.uni-potsdam.de



Prototyp eines mobilen Warenausgangs- und Liefersystems

Ralf Vandenhouten, Miriam Selz

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielstellung

Der zu erwartende Wandel des gesamten Marktes in den nächsten Jahren – insbesondere durch den Einsatz von eCommerce und mCommerce – macht auch eine Anpassung der Unternehmen und ihrer Logistik erforderlich. Der Einsatz moderner Informationstechnologie (IT) erlaubt die Optimierung von Prozessen und einen verbesserten Kundenservice, wie z. B. die Verfolgung von Paketen, die heute bei kleinen und mittleren Speditionen noch nicht zum Standard gehört. Durch den Einsatz von Warenwirtschaftssystemen mit Barcodeintegration wird in Großhandelsunternehmen mit eigenem Fuhrpark eine Paketverfolgung nur bis zur Laderampe, also „Inhouse“, gesichert. Die weiterführende Verfolgung der Sendungen fehlt jedoch. In größeren Logistikunternehmen ist, durch Ausstattung der Nutzfahrzeuge mit relativ aufwändiger Bordelektronik, das Tracking und Tracing der Versandeinheiten zwar weitestgehend gesichert. Verbesserungspotential liegt hier aber unter anderem in der Disposition und im Tracking der Transporthilfsmittel (Gitterboxen, Paletten), die zurzeit in der Regel noch nicht systematisch erfasst und verfolgt werden.

Ziel des hier vorgestellten Vorhabens war die Entwicklung eines mobilen Warenausgangs- und Liefersystems, das durch den konkreten Bedarf eines Unternehmens im Elektrogroßhandel (im Folgenden als „Pilotunternehmen“ bezeichnet) motiviert wurde. Damit sollte, in Ergänzung zum bestehenden Warenwirtschaftssystem, eine Sendungsverfolgung über die Laderampe hinaus sowie ein Tracking der Transporthilfsmittel ermöglicht werden. Um die Kosten-Nutzen-Relation einer solchen Implementierung zu rechtfertigen, sollte das System keine Komponenten beinhalten, die nicht benötigt werden. Auf dem Markt erhältliche mobile Systeme wurden zum

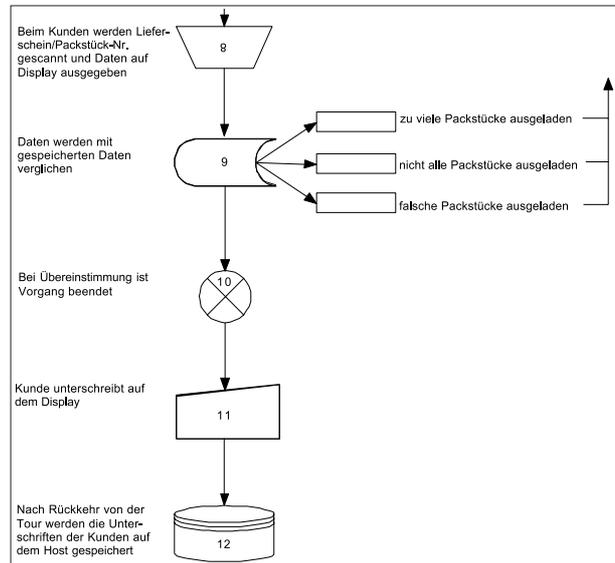


Abb. 1b: Auszug der Geschäftsprozessanalyse, Belieferung

einen einzelnen Anforderungen des Unternehmens nicht gerecht und waren zum anderen zu komplex (und damit zu kostenintensiv) für die gegebene Aufgabenstellung, so dass sich das Unternehmen für eine individuelle Realisierung entschied.

Eine Geschäftsprozessanalyse verdeutlichte, welche Prozesse bei der Gestaltung des Konzeptes betrachtet werden mussten. Im Vordergrund standen dabei die logistischen Vorgänge innerhalb des Warenausgangs und der Lieferung. Die Abbildungen 1a und 1b stellen einen Auszug der zu optimierenden Prozesse dar.

Das zu entwickelnde System sollte einerseits die Abläufe im Warenausgang (Warenausgangskontrolle, Versandabwicklung, Auslieferung) optimieren. Innerhalb der Dispositionsvorgänge wurde eine Optimierung des Dokumentenhandlings angestrebt. So sollten das manuelle Papierhandling und die manuelle Archivierung der Lieferdokumente möglichst entfallen. Ziel war deshalb die Erhöhung des beleglosen Geschäftsverkehrs durch Digitalisierung der Dokumente (Lieferschein, Retourenschein, Rechnung der Scheck- bzw. Barzahler) und der Kundenunterschrift. Der Beladungs- und Entladungsvorgang schließlich sollte durch die Einführung mobiler Barcode-Scan-Technologie sicherer, schneller und komfortabler werden.

1.2 Ausgangssituation

Bei dem Pilotunternehmen handelt es sich um einen Großhändler in der Elektronikbranche, der in Deutschland über mehrere Standorte verfügt.

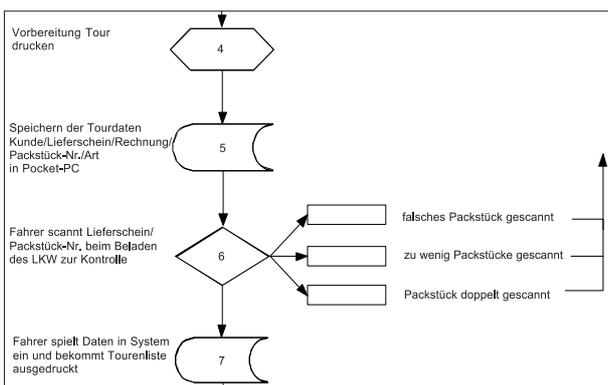


Abb. 1a: Auszug der Geschäftsprozessanalyse, Beladung



Der Prototyp wurde am Standort Ludwigsfelde (Logistikzentrum mit Lager) realisiert. Mit dem firmeneigenen Fuhrpark, bestehend aus 28 Lkws (1 bis 2 Fahrer je Lkw), werden täglich bis zu 750 Kunden und 22 Filialen angefahren.

Das gesamte Lager besteht aus vier Lagerteilen:

- manueller Bereich: Kapazität 1600 Paletten
- Trommellager (Freifläche): Kapazität: 1300 Kabel-Trommeln
- Hochregallager: Kapazität: 5261 Paletten; Bewegung: ca. 10 %
- Automatisches Kleinteillager: Kapazität: 36187 Behälter; Bewegung ca. 80 %

Die Kommissionierung erfolgt halbautomatisch. Das bedeutet, dass die Warenentnahme teils manuell durch das Lagerpersonal und zum Teil durch Regalbediengeräte durchgeführt wird. Das Hochregallager sowie das Kleinteillager sind weitestgehend durch automatische Regalbediengeräte, welche die entsprechenden Lagerplätze mit Hilfe der computergestützten Lagerverwaltung automatisch auf optimierter Linearfahrt ansteuern, und durch kabelgebundene Scannertechnik (inkl. Barcode-System) automatisiert.

Nach Auftragseingang (Telefon, Fax, Internet) und der Kommissionierung erfolgt die Vorbereitung der Tour. Dieses Szenario wird wie folgt gehandhabt: Die Dokumente (Lieferscheine, Rechnungen, Retourenscheine) werden für alle Fahrer ausgedruckt. Anhand der Postleitzahlen auf den Dokumenten sortiert jeder Fahrer seine Tour. Danach scannt der Disponent die sortierten Lieferscheine ein, so dass auch das Warenwirtschaftssystem die Tourenpläne der Fahrer erhält und der Disponent bei Anfrage eine ungefähre Aussage über die Lieferzeit geben kann. Danach belädt der Fahrer den Lkw an der zugewiesenen Laderampe mit der auf den Lieferscheinen befindlichen Ware und fährt seine Tour ab. Nach der Tour werden die unterschriebenen Lieferscheinkopien vom Fahrer abgeliefert und in Ordnern archiviert.

1.3 Probleme und Anforderungen

Besonders leidet das Unternehmen an den Folgen des manuellen Dokumentenhandlings (Ausdruck, Kopien abheften). Es besteht ein riesiges Archivierungslager mit hohen Lohn- und Lagerkosten. Damit die Zentrale Einsicht in die Tourenpläne hat, muss der Disponent alle vom Fahrer sortierten Lieferscheine (bis zu 50 pro Tour) einscannen.

Die Liefereinheiten verschwinden ab der Laderampe aus dem Kontrollmechanismus. An der Laderampe kommt es häufig zur Falschbeladung des Fahrzeuges, da u. a. die Waren manuell zusammengestellt werden.

Die Verfolgung der Verpackung (Paletten, Gitterboxen, Plastikboxen) ist ausschließlich durch die Angabe der Verpackungsart auf dem Lieferschein gegeben. Der Verbleib der Verpackung bleibt außen vor (Kosten durch Verlust: je Palette ca. 10 bis 30 Euro).

Mit der Einführung des rechnergestützten, mobilen Warenangangs- und Liefersystems waren einige qualitative

Nutzenserwartungen verbunden. Es sollte ein mobiles Terminal zum Einsatz kommen. Klein und leicht sollten die Geräte sein, das Touchdisplay und der Scanner gut bedienbar und robust für den Einsatz in Zustellfahrzeugen. Der Scannvorgang sollte schnell abgewickelt werden können und die Fahrer sollten beim Tragen der Pakete nicht behindert werden. Die mit einem Barcode versehenen Liefereinheiten und Lieferdokumente (Lieferscheine, Rechnungen der Bar-/Scheckzahler) sollten eingescannt werden können. Die Lösung sollte es dem Fahrer ermöglichen, mobil auf die Lieferinformationen seiner Tour zugreifen zu können. Es sollte auch die Möglichkeit bestehen, eine digitalisierte, sichere Bestätigung der Auslieferung vom Kunden abspeichern zu können, d. h. die belieferten Kunden sollten auf dem mobilen Gerät unterschreiben können. Die Kundenunterschrift und die Lieferscheindaten sollten in der Datenbank archiviert werden können und jederzeit wieder abrufbar sein.

Zudem sollte die Tourenplanerstellung optimiert bzw. erleichtert werden, ohne in den üblichen Sortiervorgang einzugreifen.

1.4 Kriterien und Planungsgrundlagen

Voraussetzung für die Planung waren folgende Anforderungskriterien:

- Anwenderfreundliche Oberfläche des mobilen Gerätes (Bedienung weitgehend mit dem Finger).
- Jedes mobile Gerät hat eine Tagestour gespeichert. Die Tour wird anhand der elektronischen Lieferscheine auf dem jeweiligen Endgerät angezeigt.
- Soll-Ist-Abgleich: Durch Scannfunktion des mobilen Gerätes und entsprechender Applikation, die den Barcode lesen kann, soll möglichst eine durchgängige Kontrolle der Liefereinheiten vom Lager (Laderampe) bis zur Auslieferung beim Kunden erreicht werden.
- Erfassung von Retouren (manuelle Bestätigung ohne Scanner).
- Verfolgung von Paletten und Boxen (Verpackungsarten) durch manuelle Eingabe.
- GUI für das Depotpersonal für die Datenübertragung (einsetzbar in jeder Filiale).
- Digitale Übermittlung der Tourendaten (Lieferschein) aus der Datenbank auf das mobile Endgerät.
- Der Zugriff auf die Daten soll über einen Arbeitsplatzrechner möglich sein.
- Übermittlung der Rücklaufdaten, inklusive der digitalen Bestätigung des Kunden, zur Archivierung in die Datenbank.

2 Planung und Entwicklung des Systems

Das System sollte durch die Scannvorgänge und die zusätzlichen manuellen Eingabemöglichkeiten am mobilen Gerät einer verbesserten Waren- und Verpackungsverfolgung dienen. Zudem sollte es den Prozess der Tourenplanung erleichtern, die Beladung des Lkws an der Laderampe sicherer abhandeln, eine (auftragnehmerseitig) beleglose Lieferung ermöglichen und die digitalen und unterschriebenen Lieferdokumente archivieren.

2.1 System-Voraussetzungen/ Hardware- und Softwarebasis

- 30 PDAs der Firma Symbol:
 - mit LCD-Display (Touchscreen)
 - integrierter Barcode-Scanner mit Laser-Rotations-spiegel-Technik
 - Betriebssystem: Microsoft Windows mobile 2003 for PocketPCs, JVM (Java Virtual Machine) inkl. Scannertreiber für die PDAs
 - Kommunikation: WLAN (Wireless Lokal Area Network), Standard IEEE802.11b
- notwendige Hardware-Komponenten zur Datenübertragung: Access-Points für WLAN-Netz
- Web- und Applikationsserver (Betriebssystem SuSE Linux 9.0)
- browserfähige Workstations (Windows 2000/XP oder Linux)

Das System basiert auf einer Client-Server-Architektur. Die Server-Komponente läuft auf einem Linux-Rechner, die PC-Client-Komponente auf gängigen browserfähigen Windows-Arbeitsplatzrechnern. Die mobile Komponente des PDA ist unter dem PDA-Betriebssystem Microsoft Windows mobile 2003 und einer JVM (Java Virtual Machine) ablauffähig.

Die Datenhaltung erfolgt in der firmeneigenen Datenbank auf einem Mainframe-Rechner (IBM AS/400). Über LAN (TCP/IP) erfolgt der Zugriff vom Applikationsserver auf die Daten in der Firmendatenbank.

Die Kommunikation zwischen Applikationsserver und den mobilen Endgeräten erfolgt über WLAN.

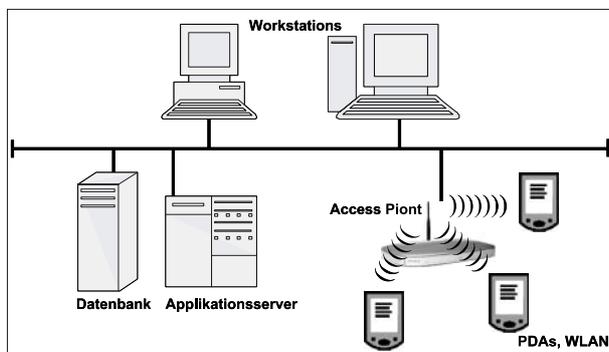


Abb. 2: Netzwerkstruktur

2.2 Architektur

2.2.1 Clients

Über das Internet (Webserver) haben die Workstations (Client-PCs) des Systems von überall Zugriff auf die Synchronisationsapplikation. Die Applikationslogik wird auf dem Web-Server ausgeführt (Servlets und Java Server Pages). Lokal auf den Client-Rechnern wird nur ein gewöhnlicher Internet-Browser (z. B. Mozilla oder Internet-Explorer) benötigt. Die PDA-Clients werden ins interne WLAN eingebunden.

2.2.2 Applikationsserver

Die Architektur des Applikationsservers verwendet ein Drei-Schicht-Modell (Webapplikationsschicht, Schicht für die Fachlogik und Datenbankzugriffsschicht). Ein Kom-

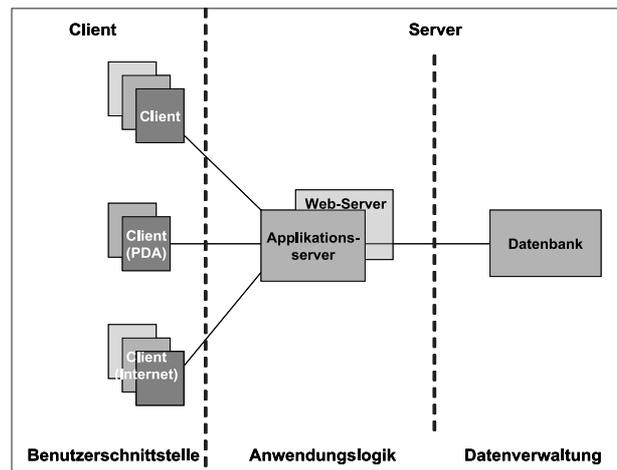


Abb. 3: Software-Architektur des Systems

munikations-Softwaremodul regelt die Kommunikation zwischen dem Server und dem DB-System und die Kommunikation zwischen den Web-Clients und dem System. Java Servlets kommunizieren über eine definierte Schnittstelle mit dem Server. Mit Hilfe des JDBC-API (Java Database Connectivity) wird der Zugang der Fachlogikmodule zur lokalen SQL-Datenbank des Applikationsservers ermöglicht.

2.2.3 Software

Bei der Softwareentwicklung wurden konsequent modulare Konzepte umgesetzt. Die zum größten Teil in Java entwickelten Softwarekomponenten ermöglichen die Wiederverwendung von Teilen der Software und steigern dadurch die Effizienz im Entwicklungsprozess. Weitere Vorteile sind die Flexibilität des Systems durch Adaptierbarkeit, Skalierbarkeit und klar definierte Schnittstellen sowie die Wartbarkeit des Systems.

Die Softwaremodule für den Zugriff auf die unternehmensinterne Infrastruktur sind als Middleware eingebunden. Zu den Aufgaben gehört die automatische Datenkonvertierung als auch die Abwicklung des Datenflusses bzw. die Bereitstellung entsprechender Schnittstellen.

Synchronisationssoftware

Die Software für die Disposition konnte auf dem Applikationsserver implementiert werden. Dies macht eine eigene Intelligenz der PC-Clients überflüssig. Diese Anwendung sollte in der Lage sein, die Funktion des Ein- und Auslesens (neuer) Daten zum bzw. vom PDA auszulösen und den aktuellen Status der PDAs auf dem Client-PC zu visualisieren.

Die Synchronisationssoftware verwendet das XML-Format (eXtensible Markup Language) für den Austausch von Daten, das sich inzwischen als Standard etabliert hat. XML ist eine textbasierte Meta-Auszeichnungssprache, wurde vom W3C (World Wide Web Consortium) entwickelt und 1998 als offener Standard veröffentlicht. XML ermöglicht es, Daten bzw. Dokumente so zu beschreiben und zu strukturieren, dass sie zwischen einer Vielzahl von Anwendungen ausgetauscht und weiterverarbeitet werden können, insbesondere über das Internet. Abbildung 4 zeigt, welche Zustände in der Synchronisationssoftware durch Auswertung der übertragenen Steuerbefehle angenommen werden können.

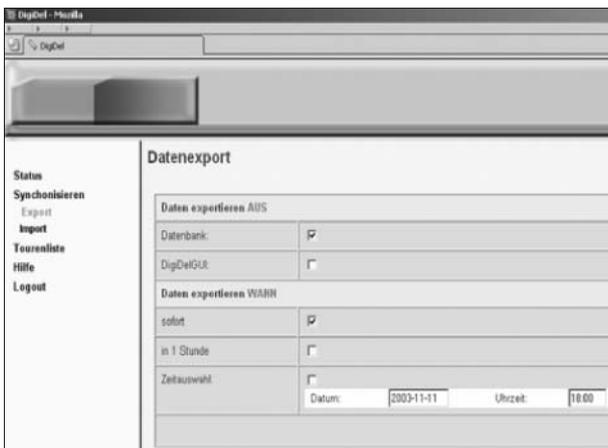


Dialog: Datenimport/Datenexport



Bevor dieses Fenster erscheint, hat der Nutzer die Möglichkeit, zu entscheiden, ob er Daten exportieren oder importieren möchte. Hier wird die Funktion *Datenexport* aufgerufen. Nun kann eingestellt werden, welche Daten exportiert werden sollen.

Dialog: Update Datenbank



Ein blauer Balken zeigt den Fortschritt des Updates an. Ist der Synchronisationsvorgang abgeschlossen, so befinden sich die Daten, je nach Auswahl, entweder in der Datenbank zur weiteren Archivierung oder auf dem PDA.

2.3.2 PDA Software

- Mit diesem Modul sollte der Anwender in der Lage sein,
- Pakete und Dokumente zu scannen,
 - manuelle Eingaben zu tätigen,
 - sich jederzeit Informationen (Tour, Lieferung etc.) auf dem Mobilgerät anzeigen zu lassen,
 - Daten, wie z.B. Kundendetails oder die Unterschrift, hinzufügen zu können.

Der Entwicklung der Software in der objektorientierten Sprache Java gingen folgende vorbereitenden Techniken voraus: Es wurde mit der Erstellung eines allgemeinen OOA-Klassendiagrammes (OOA: Objektorientierte Analyse) in UML-Notation (UML: Unified Modeling Language) begonnen. Ziele der Analyse sind die Ermittlung und Beschreibung der Wünsche und Anforderungen des Auftraggebers an das Softwaresystem und die Erstellung eines Modells des Fachkonzepts, das konsistent, vollständig, redundanzfrei und realisierbar ist (siehe Abb. 8).

In der OOA wurde das Problem analysiert und so aufbereitet, dass es nun im OOD-Modell (Objektorientiertes Design) für die Hard- und Softwareplattformen weiter verfeinert werden konnte. Der Vorgang umfasste das Design einer Benutzeroberflächen-, einer Verarbeitungs- und einer Datenmanagementkomponente. Letztere ist in Abb. 9 zu sehen.

Die Screenshots in Abb. 10 zeigen exemplarisch die grafische Benutzeroberfläche des PDA. Bei der Entwicklung wurde besonders darauf geachtet, dass überwiegend eine Bedienung mit dem Finger möglich ist. Farbige Anzeigen geben eine schnelle Auskunft über getätigte Vorgänge (z.B. Fehler beim Scannen: rotes Feld leuchtet auf).



Abb. 10 a: Hauptmenü

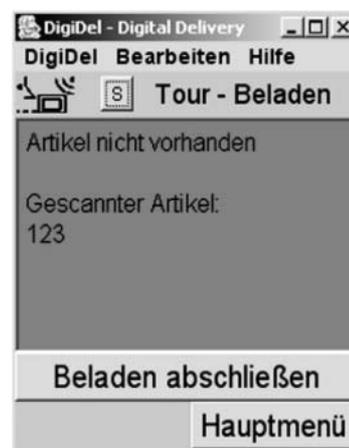


Abb. 10 b: Fehler beim Scannen, rotes Feld



Abb. 10 c: Unterschrifterfassungsfeld

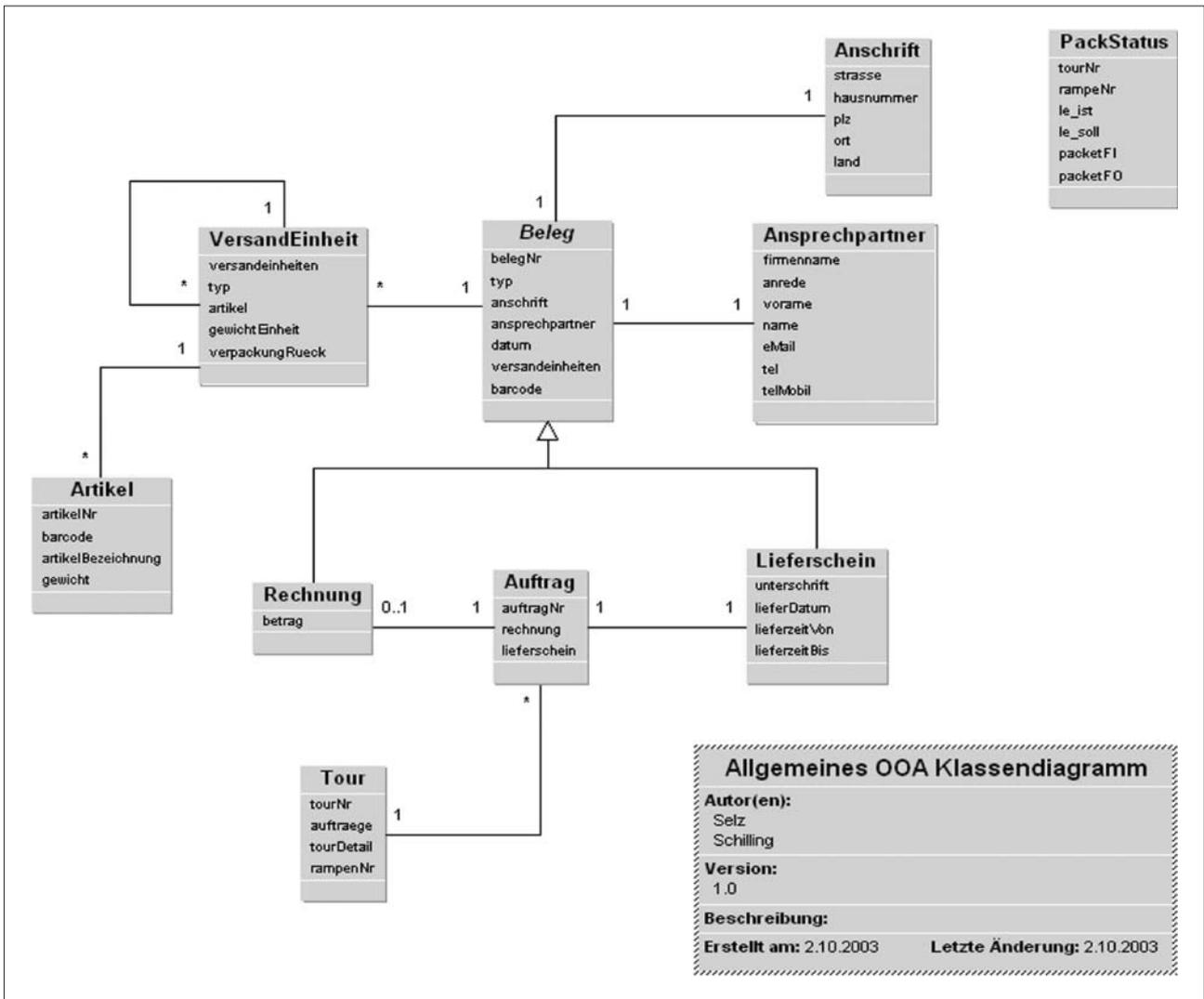


Abb. 8: OOA-Modell für die Datenhaltung im PDA

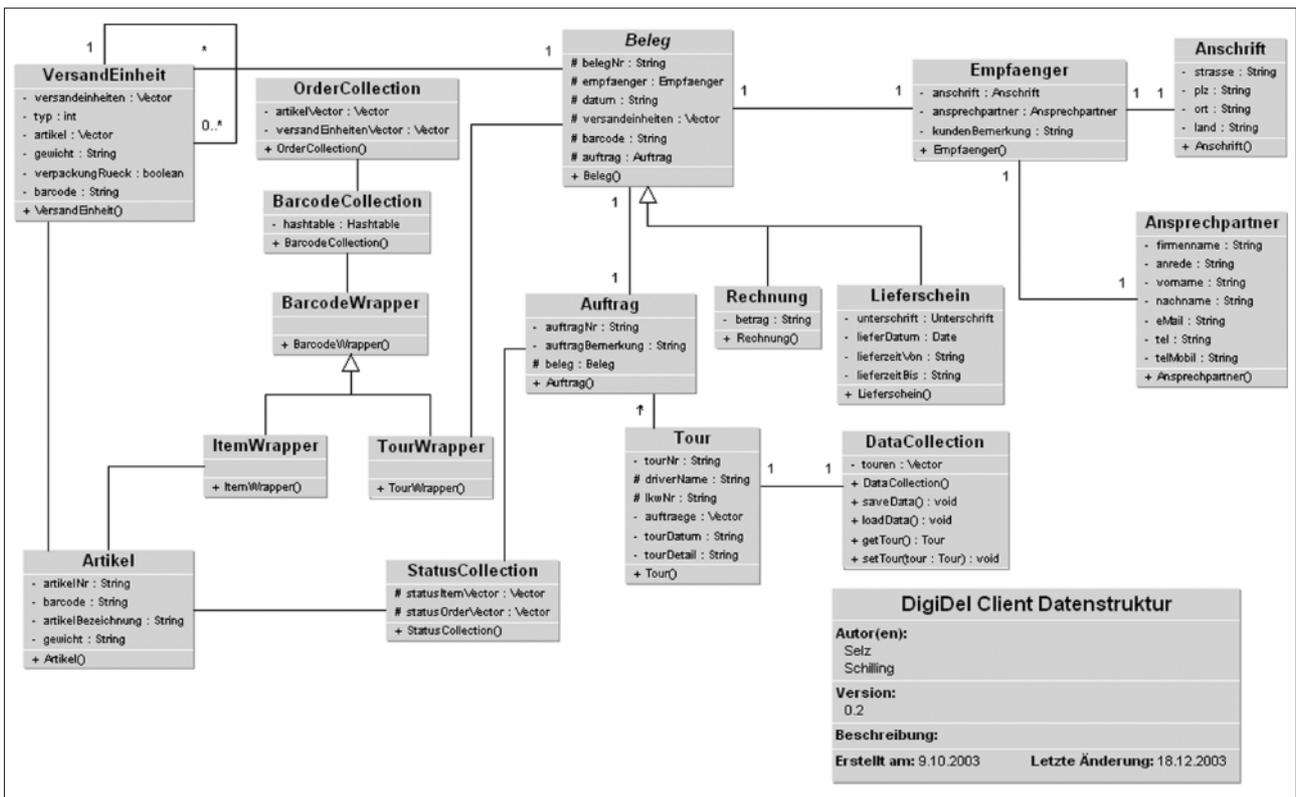


Abb. 9: OOD-Modell des Datenmanagements auf dem PDA



3 Technologietransfer

Das im Rahmen einer Bachelorabschlussarbeit spezifizierte und auf der CeBit 2003 erstmalig demonstrierte Projekt wurde inzwischen im Rahmen eines Drittmittelprojektes von einem mittelständischen Unternehmen angenommen und kann als Beispiel für die erfolgreiche Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft dienen. Die vollständige Implementierung soll bis Dezember 2004 abgeschlossen sein.

Literatur

Helmut Balzert: Lehrbuch der Software-Technik, 2 Bde., 1) Software Management, 2) Software-Entwicklung, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 2000.

Henning Behme, Stefan Mintert: XML in der Praxis, Addison-Wesley Verlag, München 2000.

Rüdiger Hossner (Hrsg.): Logistik Jahrbuch 2003, Verlagsgruppe Handelsblatt Fachverlag, Düsseldorf 2003.

Hans-Christian Pfohl: Logistikmanagement. Funktionen und Instrumente (Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungen), Springer Verlag, Berlin u. a. 1994.

Westy Rockwell: XML, XSLT, Java und JSP. Professionelle Web-Applikationen entwickeln, Galileo Computing/Galileo Press GmbH, Bonn 2000.

<http://www.w3.org/>

<http://www.jsp-develop.de/>

<http://www.symbol.com>

<http://www.logistik-heute.de/>

<http://www.verband-lb.de/>

<http://www.dvz.de/>

Autoren

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Vandenhouten

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Lehrstuhl für Telematik
Tel. +49 3375 508-359
E-Mail: rvandenh@igw.tfh-wildau.de

Miriam Selz, B.Eng.

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
Lehrstuhl für Telematik
Tel. +49 3375 508-616
E-Mail: mselez@tfh-wildau.de



BioHyTec: Biohybride Technologien in der Hauptstadtregion – Kompetenzbildung und Aufbau einer regionalen Wertschöpfungskette

Christian Vogt, Fred Lisdat

1 InnoRegio

1.1 Der InnoRegio-Wettbewerb

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) startete 1999 mit dem InnoRegio-Wettbewerb eine neuartige Förderinitiative unter der Leitidee „Innovative Impulse in den Neuen Ländern“. In zahlreichen Regionen wurden Aktivitäten in Gang gesetzt, um neue Formen der Zusammenarbeit von Menschen aus den unterschiedlichsten Bereichen zu entwickeln und damit die Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit in den ostdeutschen Regionen zu erhöhen. An dieser Ausschreibung nahmen in der Anfangsphase 444 Bewerberregionen teil. Nach der ersten Jury-Sitzung im Oktober 1999 wurden 50 InnoRegios ausgewählt, in einer Entwicklungsphase ihre Kernkompetenzen herauszufiltern und tragfähige Innovationskonzepte zu erarbeiten. Mit der zweiten Jury-Sitzung im Herbst 2000 fiel der Startschuss zur Umsetzungsphase. Zur Zeit werden vom BMBF 23 InnoRegios in den Neuen Ländern gefördert.

1.2 Das InnoRegio-Konzept von BioHyTec

Zu diesen erfolgreichen InnoRegios gehört das Netzwerk BioHyTec mit seinem Konzept „Biohybrid-Technologien in der Region Potsdam-Luckenwalde“. Gemeint sind Technologien, die biologische Systeme und technische Bauelemente zu neuen Funktionseinheiten, wie z. B. Biochips oder künstlichen Organen, zusammenführen. Schwerpunkte der BioHyTec-Initiative sind dabei analytische Systeme zum Stoffnachweis. Basierend auf dem in der Region bestehenden Potenzial an Forschungseinrichtungen und einer Vielzahl von Unternehmen sieht das Konzept den Aufbau einer Wertschöpfungskette mit einer Fokussierung auf die Marktsegmente medizinische Diagnostik und Lebensmittelanalytik vor. Auf der Basis der Markteinschätzungen von 1999 [1] wurde das Technologiefeld Biochips zu den Zukunftsmärkten mit dem höchsten Wachstumspotenzial gezählt. Das Segment der high-density DNA-Chips für die Genom- und Pharmaforschung wurde von US-Firmen wie Affymetrix bereits besetzt und nicht als ein Zielmarkt identifiziert.

In der Umsetzungsstrategie wurden fünf Stoßrichtungen formuliert, die auf die Entwicklung einer Wertschöpfungskette in der Region zielen:

- Forschung und Entwicklung in Verbundprojekten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (regionale Biotech- und Diagnostikfirmen in Kooperation mit Forschungseinrichtungen) mit einer klaren Produktorientierung;

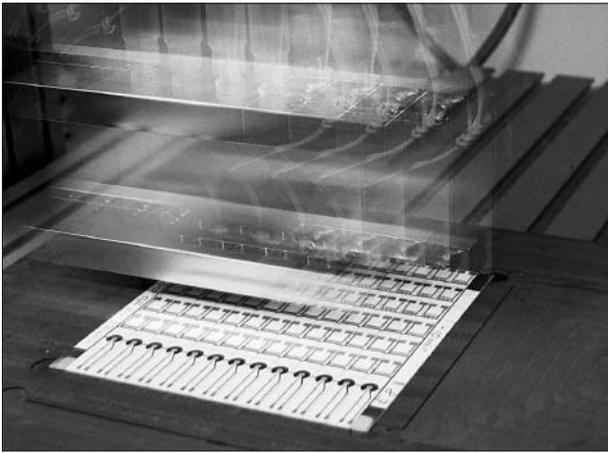
- Entwicklung einer breiten Produktpalette zum Teil kompatibler Biochips auf einer begrenzten Geräteplattform durch die konsequente Nutzung und Umsetzung des bei den Firmen und Forschungseinrichtungen vorhandenen biotechnischen Know-hows;
- Aufbau und Betrieb eines gemeinsamen Biochip-Centers (BCC) als Inkubator und zentrale technologische Schnittstelle beim Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik in Bergholz-Rehbrücke (IBMT) für eine beschleunigte Vorlaufforschung; das BCC soll personell und apparativ so ausgestattet sein, dass es im „Rapid prototyping“-Verfahren Entwicklungsaufträge der Partner realisieren kann;
- regionale Ausbildungsoffensive mit einer Ausbildung zum „Biologielaboranten“ sowie ergänzend dazu einem dualen Studiengang „Biosystemtechnik/Bioinformatik“;
- organisatorische Strukturen in Form eines „Vereins für Bioanalytik und Biohybrid-Technologien, BioHyTec e. V.“, der alle Akteure zusammenführt, einer Netzwerkkoordination mit einem Steuerungsgremium und einer Geschäftsstelle sowie einem Kuratorium (Aufsichtsrat) für das Controlling der Projekte.

BioHyTec steht im Rahmen des InnoRegio-Programms bis 2006 ein individuelles Budget von 8,2 Mio. € zur Verfügung. Dies ist deutlich weniger als in der ursprünglichen Konzeption geplant und steckt den Rahmen, innerhalb dessen selbstverantwortlich Projekte in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Bildung sowie Öffentlichkeitsarbeit und Netzwerkmanagement entwickelt werden können.

2 Status der InnoRegio-Initiative BioHyTec

2.1 Phase I

Nach dem offiziellen Start der Umsetzungsphase wurden zügig die organisatorischen Strukturen geschaffen bzw. angepasst, um das InnoRegio-Projekt in die Arbeitsphase zu überführen. So erhielt das erste Verbundprojekt bereits ein halbes Jahr später den Zuwendungsbescheid und nahm seine Arbeit auf. Vorausgegangen war eine intensive Evaluation durch das Kuratorium, das insbesondere die Innovation sowie die wirtschaftlichen Perspektiven der Projekte einzuschätzen hat und die Einbindung der beantragten Projekte in das Konzept der Region prüft. In dieser Phase I ab 2001 wurden insgesamt sechs Projekte gestartet, die im Zuge der InnoRegio-Konzeptentwicklung bereits einen fortgeschrittenen Planungsstand erreicht hatten.



FILT-Präparation von Dickschichtelektroden für Messungen im Atemkondensat
(FILT GmbH) Foto: Harald Hirsch

Das Projekt „Mykotoxinchip“ mit 4 Verbundpartnern unter Projektleitung der BioTeZ Berlin-Buch GmbH zielt auf die Entwicklung eines Schnelltestes auf der Basis eines Biochips für die Detektion verschiedener Schimmelpilzgifte in Nahrungsmitteln. Das Marktpotenzial ist aufgrund des verschärften Haftungsrechtes der Lebensmittelhersteller weltweit gewachsen.

„Nichtinvasive Diagnostik“, ein Verbundprojekt unter Leitung der FILT GmbH mit fünf Partnern, verfolgt das Ziel, auf der Basis eines patentierten Atemkondensatsammlers spezifische Lungenerkrankungen zeitnah, ohne einen Eingriff in den Patienten und nach Möglichkeit vor Ort beim Facharzt nachzuweisen. Das System wird mit der derzeit verfügbaren Analytik bisher v. a. in Europa verkauft. Mit einer Ausweitung der diagnostischen Möglichkeiten steigen die weiteren Chancen für die Erschließung neuer Märkte.

Die Entwicklung eines „Sensorchips für den Nachweis der antioxidativen Kapazität“ wird unter Projektleitung der IGV GmbH in einem Verbundprojekt mit fünf Partnern verfolgt. Kosmetikhersteller sind EU-weit dazu verpflichtet, das beworbene antioxidative Schutzpotenzial ihrer Produkte nachzuweisen. Dieser Nachweis muss im Endprodukt, also der Creme oder Lotion, und nicht nur in den einzelnen Komponenten geführt werden. Die Verhandlungen mit führenden Kosmetikherstellern wurden bereits in der Phase der Projektentwicklung begonnen.

Ein Schnellnachweissystem für die Früherkennung von Geflügelkrankheiten auf der Basis eines DNS-Biochips wird im Projekt „Poultrychip“ unter Projektleitung der CONGEN Biotechnologie GmbH mit dem Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik (FhG-IBMT) entwickelt. Wichtige Viruserkrankungen von Geflügel sollen in einem – möglichst vor Ort einsetzbaren – preiswerten und schnellen Testsystem diagnostiziert werden können, um die Tiergesundheit zu erhalten und Massenschlachtungen vorbeugen zu können.

In Ergänzung zu diesen FuE-Verbundprojekten wurde bereits zum Wintersemester 2001 der „Duale Studiengang Biosystemtechnik/Bioinformatik“ an der Technischen Fachhochschule Wildau aufgebaut, der zunächst in einem dreijährigen Studium zum international anerkannten

Abschluss als Bachelor führt. Zielstellungen dieses Bildungsprojektes sind die enge Verzahnung von Ausbildung und Wirtschaft, die Bereitstellung von qualifiziertem Fachpersonal für die Unternehmen der Region und die Schaffung von Zukunftsperspektiven in der Region für junge Menschen. Durch mehrwöchige Praktika pro Semester in den Unternehmen und Forschungseinrichtungen des Verbundes, durch die Zusammenarbeit mit den Unternehmen bei der Gestaltung der Studienpläne und durch die Vergabe von Abschlussarbeiten, die auf die Problemstellungen in den Unternehmen abgestellt sind, wurde der Studiengang bisher sowohl von den Studenten als auch von den Unternehmen als erfolgversprechend bewertet. Im diesem Sommer können die ersten Bachelor-Absolventen in der Region ihre Berufstätigkeit aufnehmen. Durch die Ausrichtung des Studiums auf Bioinformatik und Biosystemtechnik kann ein flexibler Einsatz auf einem sehr bewegten Markt gewährleistet werden.

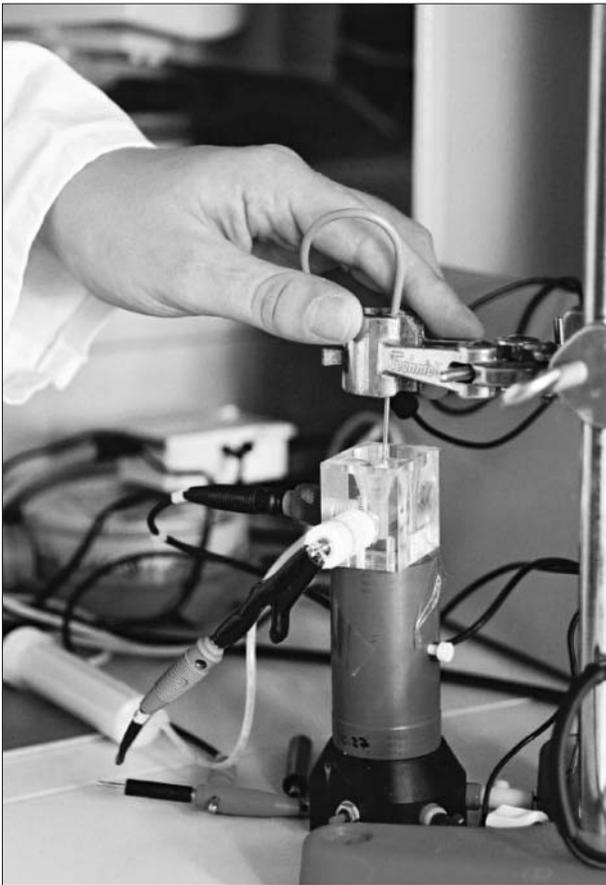
Die InnoRegio-Geschäftsstelle übernahm beim Knotenpunkt des Netzwerkes, dem Verein BioHyTec e. V., das Projektmanagement und -controlling, die Außendarstellung auch auf Messen und organisierte den wissenschaftlichen Informationsaustausch in zahlreichen Workshops und auf Symposien.

2.2 Phase II

In der Phase II wurden ab Sommer 2002 neue Projekte generiert, die weitere Ansätze für die Integration von Nachweisverfahren auf einer Sensoroberfläche bieten



Ein Vorteil des Einsatzes von Biosensoren und Biochips besteht in der Messung einer großen Anzahl von Proben und geringen Probenvolumina (CONGEN GmbH). Foto: Harald Hirsch



Sensormesszelle an der Universität Potsdam

Foto: Harald Hirsch

und das Know-how in der Region verbreitern. Die Projektlaufzeit liegt wiederum bei ca. drei Jahren, so dass diese Projekte im Jahr 2006 enden werden.

Das Verbundprojekt „Amplifikations- und Detektionssystem“ unter der Projektleitung der AGOWA GmbH mit drei Verbundpartnern verfolgt die Zielstellung einer technologischen Weiterentwicklung von Biochips in Richtung „Lab-on-the-chip“. Erreicht werden soll dies durch die Integration von Probenvorbereitung, Amplifikation und Detektion. Neben dem technologischen Fortschritt soll damit ein deutlicher Wettbewerbsvorteil erzielt werden.

Unter Leitung der CellTrend GmbH aus Luckenwalde wird mit drei Verbundpartnern ein „Telomerasechip“ entwickelt. In diesem Verbundprojekt wird ein medizinisch-diagnostischer Biochip entwickelt, der die Untersuchung von Tumorbiopsien auf erhöhte Telomeraseaktivität ermöglicht. Diagnostisch ist dieser Parameter für die genaue Charakterisierung des Entwicklungsstadiums von Krebszellen wichtig. Die derzeit mit einem hohen zeitlichen, personellen und technischen Aufwand betriebenen Untersuchungen sollen so massiv vereinfacht und auch für Krankenkassen bezahlbar gemacht werden.

Das junge Unternehmen AptaRes AG, ebenfalls aus Luckenwalde, entwickelt mit vier Verbundpartnern einen neuartigen „Diabeteschip“. Das Projekt eröffnet neue Perspektiven für die Untersuchung und Verlaufskontrolle einer diabetischen Stoffwechselsituation. Anhand eines einzelnen Markers kann nicht nur wie bisher die aktuelle Blutzuckerkonzentration des Patienten festgestellt werden, sondern der Spiegel für die

vergangenen zwei bis drei Wochen, was eine präzisere medikamentöse Einstellung des Patienten mit weniger Risiken und Nebenwirkungen erlaubt. Auf dem weltweit stark umkämpften Markt kann mit diesem Projekt für die beteiligten Unternehmen ein Wettbewerbsvorteil erarbeitet werden.

Die Firma peptides & elephants GmbH, eine Ausgründung aus dem Deutschen Institut für Ernährungsforschung, entwickelt gemeinsam mit dem FhG-IBMT einen „Peptidchip“. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Diagnostik-Chips für den Nachweis von Virusantikörpern im Serum. Damit wird die Produktpalette des Unternehmens um die Herstellung von in-vitro-Diagnostika erweitert.

Seit 2003 ist die InnoRegio-Geschäftsstelle mit dem gleichen Aufgabenbereich beim Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik angesiedelt. Höhepunkt der organisatorischen Arbeiten war die Ausrichtung des dritten Deutschen Biosensorsymposiums Ende März 2003 in Potsdam. Diese nationale Tagung mit internationalen Gästen widmet sich aktuellen Entwicklungstendenzen der Bioanalytik mit dem Fokus Biosensorik/Biochips und findet alle zwei Jahre statt.

Für den weiteren Verlauf der InnoRegio-Initiative ist geplant, die BioHyTec-Aktivitäten mit anderen regionalen Initiativen auf dem Gebiet der Biotechnologie enger zu verknüpfen. So soll die Geschäftsstelle ab Juli 2004 mit BioTOP, dem Aktionszentrum für Biotechnologie der beiden Bundesländer Berlin und Brandenburg zusammengeführt werden, um die Vernetzungseffekte in der Region zu optimieren.

2.3 Ergänzende Aktivitäten

Mit den genannten Verbundprojekten konnten der regionalen Entwicklung wichtige Impulse gegeben werden. Es sind jedoch aufgrund des Umfangs der Projekte weitere Aktivitäten notwendig, um die angestoßene Kompetenzbildung auf bioanalytischem Gebiet in der Region zu verstetigen.

So wurden im Netzwerk weitere Projekte für die Region eingeworben, die das InnoRegio-Konzept unterstützen. Das ursprünglich als Teil der Ausbildungsinitiative entwickelte Projekt einer Ausbildung zum Biologischen Assis-



Produktionsanlage zur Gewinnung von Wirksubstanzen aus Algen; die Charakterisierung der Wirksamkeit erfolgt mit Biosensorchips (IGV GmbH).

Foto: Harald Hirsch



Spotter zur Beschichtung von Biochips auf der Basis von Glasträgern (FhG-IBMT) Foto: Harald Hirsch

tenten wurde im Biotechnologiepark Luckenwalde mit EU-Fördermitteln realisiert, um Facharbeiter für die Unternehmen in der Region zu qualifizieren. Damit konnte eine Lücke in der Ausbildungskette geschlossen werden, die mit InnoRegio-Mitteln nicht realisierbar war.

Entsprechend der langfristigen Ausbildungsplanung laufen seit Mitte 2003 verstärkte Anstrengungen der Technischen Fachhochschule Wildau, den Bachelor-Studiengang durch einen Master-Studiengang zu komplettieren. Dieser aufbauende Masterstudiengang soll ab September 2004 den besten Bachelor-Absolventen die Möglichkeit bieten, einen dem Universitätsdiplom vergleichbaren, ebenfalls international anerkannten akademischen Abschluss zu erhalten und damit auch verhindern, dass die Absolventen die Region dauerhaft verlassen.

Das Ausbildungsprogramm, das sich die InnoRegio-Initiative vorgenommen hatte, ist damit umgesetzt. Für alle Ausbildungsebenen wurden regionale Angebote geschaffen, die angenommen und genutzt werden. Durch die enge Vernetzung von Ausbildung und Praxis wurde ein Angebot geschaffen, das auch in der Wirtschaft eine hohe Akzeptanz findet und die Berufseinstiegschancen der Absolventen wesentlich erhöht. Besonderer Wert wurde auf die heute zunehmend geforderten Schnittstellenkompetenzen gelegt. Biosystemtechnik arbeitet an den Überlappungsflächen von Biologie, Physik und Chemie, erfordert mathematisches Wissen und technologisches Verständnis. Bioinformatisches Wissen wird heute in vielen biotechnologischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen vorausgesetzt und in Zukunft zu einer Schlüsselkompetenz werden.

Als zentraler technologischer Kristallisationspunkt und Kompetenzzentrum wurde am Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik in Bergholz-Rehbrücke das BiochipZentrum BCC etabliert. Erste Investitionen für die Vorbereitung der Kleinserienproduktion von Biochips wurden durch das BMBF-Programm Innovations- und Gründerlabore maßgeblich unterstützt. Das BCC ist damit apparativ und personell so ausgestattet, dass es Entwicklungsaufträge – vom Biochip-Prototypen bis zur kompletten Anwenderlösung – erfüllen kann. Die Keimzelle für eine Serienproduktion ist damit geschaffen.

Neben dieser anwendungsbezogenen Forschung wurde im Netzwerk auch Vorlauftforschung betrieben. Schwerpunkte dieser Arbeit, v. a. an der Universität Potsdam, waren Markierungsstrategien von Antikörpern, Proteinelektroden sowie die Nutzung von DNS für die Bioanalytik. Die Forschungen wurden zum Teil durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg gefördert.

Durch die Kooperation mit anderen Netzwerken der Region sind Synergieeffekte entstanden. Weitere FuE-Projekte im Biochip-Format werden z. B. im Nutrigenomik-Netzwerk aus der BMBF-Ausschreibung BioProfile gefördert. Dort ist ein Allergen-Chip in Arbeit. Für einen Adipositas-Biochip (Nachweis der genetischen Veranlagung für Fettleibigkeit) und einen SNP-Chip (Nachweis von Punktmutationen in bestimmten Genabschnitten) haben die Projektarbeiten begonnen. Ein Infektions-Chip wird am FhG-IBMT mit dem Robert-Koch-Institut in Berlin entwickelt, ein Tuberkulose-Biochip, ein Hormon-Biochip sowie ein Drogen-Biochip befinden sich in der Entwicklung.

Generelle Zielstellung ist die Erhöhung der Anwendungsbreite von chipbasierten Nachweissystemen. Damit sollen sowohl die technologischen Basisplattformen gestärkt als auch das technologische Know-how in der Region insgesamt erweitert werden. Nicht zuletzt bedeutet dies für die Firmen eine Verbreiterung der Produktpalette.

3 Aussichten

Mit diesen Aktivitäten hat die Region ein breites Portfolio an Biochipentwicklungen angelegt. Im Rahmen der staatlichen Unterstützung können jedoch nur vorwettbewerbliche Entwicklungen gefördert werden. Das bedeutet, dass nach dem Abschluss der Projekte noch keine fertigen Produkte verfügbar sind und sein dürfen – von einer Serien- oder gar Massenproduktion ganz abgesehen. In der Region hat sich aber eine Kompetenz aufgebaut, die sich in einer Produktpipeline für vielfältige Anwendungen zeigt, deren wirtschaftliche Auswirkungen sukzessive ab 2005/6 spürbar werden dürften.

Bis zu einer erfolgreichen Vermarktung der Produkte ist es noch ein weites Stück Weg. Eine Reihe von Faktoren werden einen großen Einfluss darauf haben, ob, wie, wo und wann die Produkte vermarktet werden können. Die entscheidende Einflussgröße sind die Markterfordernisse. Im Forschungsbereich, v. a. in der Genom- und



Proteomforschung, hat sich die Biochip-Technologie etabliert. Dieses Marktsegment, das derzeit ca. 90 % des Gesamtmarktes ausmacht, wird von wenigen Unternehmen, insbesondere den Biochip-Pionieren aus den Vereinigten Staaten, dominiert. Ausgefeilte und breit angelegte Patentstrategien des Marktführers Affymetrix machen diesen Markt für neue Mitbewerber unattraktiv.

Anwendungen für Biochips außerhalb dieses Bereiches sind ebenfalls erfolversprechend. Im Netzwerk BioHyTec werden in erster Linie Anwendungen für Analytik und Diagnostik entwickelt. Dieser Markt hat sich entgegen den Prognosen von Analysten und Marktforschern noch nicht mit der erwarteten Dynamik entwickelt. Eine ganze Palette von Faktoren erschwert hier die Entfaltung des Marktes. Analytik und Diagnostik, insbesondere die medizinische Diagnostik, sind ein stark regulierter Markt, der von gesetzlichen Vorgaben abhängig ist. Was muss, was kann getestet werden, welche Grenzwerte werden festgelegt? Das sind Fragen, die in der Öffentlichkeit erörtert, auf politischer Ebene diskutiert, in Gesetze gegossen und in Durchführungsbestimmungen detailliert klargelegt werden müssen. Welche Höchstmengen an Acrylamid sind für den Menschen noch akzeptabel? Auf welche Schimmelpilzgifte müssen Nahrungsmittel getestet werden? Welche Aussagen zur Förderung der Gesundheit sind auf Lebensmitteln oder Kosmetika zugelassen und wie müssen sie getestet werden? Aber vor allem auch, inwieweit Krankenkassen die Kosten für diagnostische Tests übernehmen bzw. ob Patienten die Kosten für die eigene Prävention zu zahlen bereit sind, sind Rahmenbedingungen, die sich nur langsam verschieben lassen. Gesetzliche Regelungen werden der Etablierung dieser Technologie entscheidend Vorschub leisten.

Die Biochip-Technologie hat ihre Vorteile gegenüber den herkömmlichen Testverfahren in der Miniaturisierung und Parallelisierung. Nur bei einer hohen Menge an parallelen Tests bzw. verschiedener zu testender Parameter sind diese Vorzüge auszuspielen. Dann wird die Biochip-Technologie den herkömmlichen Methoden und Verfahren der Analytik gleichwertig sein und an ihre Seite treten können. Ein Traum, an dessen Umsetzung intensiv gearbeitet wird, sind Rundum-Biochips, das heißt Multi-Chips, die möglichst viele Allergene erfassen oder möglichst viele Krebsarten in einem frühen Stadium diagnostizieren. Damit wären die Vorteile dieser Technologie auch für den Anwender sehr augenscheinlich. Daneben wird es viele einfache Tests auf „festen Trägern“ geben, deren Anwendungsbreite sich heute kaum abschätzen lässt.

Ein wichtiger Schritt auf dem Weg der Technologieetablierung wird eine Standardisierung der Biochips und der Auswertegeräte sein. Für einen Test die Chips und das Auswertesystem zu kaufen, ist nicht für alle Anwender attraktiv. Technologische Plattformen, die eine breite Palette von Anwendungen für einen spezifischen Markt anbieten können, werden langfristig erfolgreich sein.

Neben der Marktentwicklung und der Ausreifung der Technologie sind auch Standortfaktoren entscheidend, ob sich das Netzwerk BioHyTec langfristig und nachhal-

tig als Kompetenz-Cluster national und international etablieren kann. Das wissenschaftliche Potenzial in der Region ist vorhanden. Die Hauptstadtregion gehört zu den führenden Biotech-Standorten in Deutschland und liegt hinsichtlich der Anzahl der Unternehmen und Forschungseinrichtungen sogar an erster Stelle. Diese wissenschaftliche Exzellenz ist ein wichtiger Standortfaktor, der auch für internationale Investoren eine Sogwirkung hat. Dafür müssen die Anstrengungen einer offensiven Vermarktung intensiviert werden. Besonders interessant und wichtig für Investoren ist aber die enge Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft, z. T. auch über die Fachgrenzen hinweg. Hier leisten die Technologiefeld-Netzwerke wie BioHyTec, Nutrigenomik, Tissue Engineering, aber vor allem BioTOP als Aktionszentrum für Biotechnologie der Länder Berlin und Brandenburg einen Beitrag. Dieser Pluspunkt der Region muss weiter gestärkt und vermarktet werden. Mit dem neuen Biotop-Aktionsprogramm und einem Marketingkonzept für die Biotechnologie sind Instrumente erarbeitet worden, die nun in enger Abstimmung mit den Akteuren der Region und der Politik umgesetzt werden müssen.

Zu den Schwerpunktfeldern der Region in der Biotechnologie gehören auch die biohybriden Technologien, die hier eine längere Tradition haben. Der europaweit erste Biosensor für die Blutzuckerdiagnostik wurde hier zur Marktreife entwickelt und die ersten Geräte kamen bereits 1982 auf den Markt. Dieser Spitzenplatz konnte bis heute gehalten werden. Im Rahmen einer weltweiten Evaluation des World Technology Evaluation Center im Auftrag US-amerikanischer Regierungsbehörden [2] wurde das Netzwerk BioHyTec mit dem InnoRegio-Konzept unter den 20 weltweit führenden Arbeitsgruppen in Bioanalytik, Biosensorik und Molekularbiologie gelistet.

Mit den Forschungs- und Entwicklungsprojekten des InnoRegio-Verbundes und einer ganzen Bandbreite weiterer Projekte sind biohybride Technologien bzw. Systeme entwickelt worden, die nun aus der Phase der vorwettbewerblichen Entwicklung in die Serienproduktion überführt werden müssen. Zugleich besteht die Herausforderung, weitere Produkte zu entwickeln, um in der Region eine breite Produktpipeline aufzubauen und mittelfristig bis 2006 eine kritische Masse anzureichern, die eine Eigendynamik entwickelt. Wie wird das Netzwerk BioHyTec diese Aufgaben lösen?



In erster Linie wird der Schwerpunkt in der Etablierung neuer Verbünde gesehen, die unter der Leitung von regionalen Firmen an produktorientierten Systemen arbeiten. So plant BioHyTec im Rahmen der letzten Phase der InnoRegio-Förderung ein weiteres Entwicklungsprojekt „Immunchip“ unter Leitung eines brandenburgischen



Unternehmens, das über das zugesagte Förderbudget hinaus ein Biochip-System entwickeln wird, das eine schnelle Analytik von Autoimmunerkrankungen des menschlichen Körpers zulässt.

Als eine neue Etappe wird eine Bewerbung im BMBF-Förderprogramm „Innovative regionale Wachstumskerne“ vorbereitet. Aufsetzend auf den Ergebnissen und Erfahrungen aus InnoRegio steht eine Ausrichtung der Entwicklungsarbeiten auf wirtschaftliche Erfordernisse diesmal noch stärker im Vordergrund. Ziele sind die Erweiterung der Produktpalette in der Region, die Entwicklung einer kritischen Masse an biohybriden Systemen sowie die Vorbereitung einer wirtschaftlichen Umsetzung.

Die Vorstellungen über ein Produktionsunternehmen für Biochips haben sich im Projektverlauf mehrfach geändert, aber die Konturen werden langsam schärfer. Innerhalb des Netzwerkes hat sich ein Konsortium gebildet, das auf der Basis eines Makrochips arbeitet und nach Ablauf der FuE-Projekte im Sommer 2004 eine Überführung in die Serienproduktion plant. Hier werden neue Projekte akquiriert, die auf dieser Makrochip-Plattform arbeiten werden, um ab 2006 eine Serienproduktion – voraussichtlich in einem neuen Unternehmen, das im Land Brandenburg angesiedelt sein wird – aufzunehmen.

Parallel wird eine Mikrochip-Technologie entwickelt, die als Plattform den Projektpartnern zur Verfügung steht und für die ebenfalls ergänzende Projekte akquiriert werden. Eine Kleinserienproduktion ist derzeit am BCC bereits möglich. Bei einer tragfähigen Auslastung ist eine Ausgründung angestrebt.

Durch die Einbindung von größeren Unternehmen wie der BRAHMS AG aus Hennigsdorf und der Scienion AG aus Berlin-Adlershof, einer Ausgründung aus dem MPI für Molekulare Genetik, werden Partner in das Netzwerk einsteigen, die über eigene Technologien und Vertriebskanäle verfügen. Ob und inwieweit diese größeren Anbieter Produktionsaufgaben der forschenden KMUs bzw. auch die Vermarktung übernehmen, bleibt abzuwarten. Die Unternehmen des Netzwerkes, die einen Forschungsfokus haben, werden sich in den kommenden Jahren entscheiden müssen, ob und wie weit sie selbst den Aufbau einer eigenen Produktion und eines eigenen Vertriebs vorantreiben können oder wollen und welche Kooperationen sie eingehen.

Wie es in drei bis vier Jahren auch aussehen mag, die Chancen stehen gut, dass biohybride Technologien in der Region zu einem Wirtschaftsfaktor geworden sind.

Anmerkungen/Literatur

- [1] NEXUS-Report 1998, BioInsights 1999, Frost & Sullivan 1999
- [2] World Technology Evaluation Center im Auftrag von National Institutes of Health, National Science Foundation, National Aeronautics and Space Administration, US Department of Agriculture, US Army Research Office 2004

Autoren

Christian Vogt M.A.

BioHyTec e. V.

Verein für Bioanalytik und Biohybridtechnologien

c/o Universität Potsdam

Karl-Liebknecht-Str. 24-25

14476 Golm

Tel. +49 33200 88587

E-Mail: vogt@biohytec.de

Prof. Dr. Fred Lisdat

Technische Fachhochschule Wildau

Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen

BioHyTec e. V.

Tel. +49 3375 508-456, +49 331 977-5127

E-Mail: flisdat@igw.tfh-wildau.de



Regionale Wirksamkeit von Hochschulen – ein Konzept zur Analyse und Bewertung

Rainer Voß

1 Einführung

Der Wettbewerb zwischen Regionen bezogen auf Wirtschaftskraft, Beschäftigung und Lebensqualität wird zunehmend intensiver und die Wettbewerbsfähigkeit einer Region sowie der dort angesiedelten Unternehmen sind untrennbar miteinander verbunden. Regionen mit einem Hochschulstandort verfügen über einen strategischen Wettbewerbsvorteil. Akteure aus Wirtschaft, Verwaltung und Politik einer Region, die nicht die vielfältigen Potenziale und Kompetenzen der hier ansässigen Hochschule nutzen, verschenken einen wesentlichen Standortvorteil. Andererseits unterschätzen Hochschulen eigene Entwicklungs- und Wettbewerbschancen, wenn sie die regionalen Potenziale nicht für die Umsetzung ihrer Leistungsspektren in Lehre, Forschung und Know-how-Transfer optimal nutzen.

Die Frage ist, wie sowohl die jeweilige Hochschule als auch die Region (Unternehmen, Verwaltungen, Verbände usw.) ihre Potenziale einsetzen und verknüpfen, um diesen Vorteil dauerhaft und entwicklungsfähig wirksam werden zu lassen. Die Art und Weise der Umsetzung dieses Vorteils – erfolgreiche Strategien, Maßnahmen und Motivationen – durch einzelne Hochschulen in ihren jeweiligen Regionen stellt eine kommunizierbare Basis für Lernprozesse dar.

In Deutschland wird die Rolle von Hochschulen für regionale Entwicklungsprozesse politisch seit Jahrzehnten betont und bewusst gefördert. In den 60er und 70er Jahren wurde in den alten Bundesländern ein flächendeckendes System von Hochschulstandorten entwickelt, das bewusst auch dezentral orientiert war, um die Entwicklung peripherer und ländlicher Regionen zu unterstützen. (Ganser, 1980, S. 405 f.) Bereits 1980 wurde gefordert, den wirtschaftlichen und technischen Fachhochschulen dabei eine Sonderrolle zuzuweisen und sie mit besonderen Mitteln für ihre Unterstützungsaktivitäten bezogen auf die regionale Wirtschaft auszustatten. (Ewers/Wettmann, 1980, S. 396)

Mit der Bildung der neuen Bundesländer nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurden auch unter räumlichen und regionalen Gesichtspunkten Hochschulstandorte um- und neu profiliert bzw. neu errichtet und dabei ebenfalls mit dezentralen Standorten die o. g. Zielstellung verfolgt.

Die Regionalforschung in Deutschland hat sich empirisch dem Thema Hochschule und Region erstmalig vor ca. 25 Jahren und konzentriert ab Mitte der 90er Jahre

zugewandt (vgl. Übersicht 1). Zum einen fällt dabei auf, dass die bisherigen Analysen im Schwerpunkt auf regionalwirtschaftliche Effekte, Wirkungen und Bedeutung abzielen, auch oft thematisiert unter „Hochschulen als Wirtschaftsfaktor“, und zum anderen, dass fast ausschließlich Universitäten einbezogen und nur in knapp 17 Prozent der Fallanalysen (Münster, Berlin und Hamburg) auch Fachhochschulen berücksichtigt wurden.

Diese hier festzustellende mangelnde Repräsentanz der Fachhochschulen verwundert zumindest insofern, als der spezifische Auftrag des Gesetzgebers – durch die Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis berufs- und anwendungsorientiert und damit besonders praxisnah auszubilden – ihre wichtige Rolle für die Wirtschaft sowie die kommunalen und sozialen Bereiche in den sie umgebenden Regionen unterstreicht. (GEW, 1996, S. 2 f.)

Nr.	Hochschule	Jahr	Autor [1]
1.	Universität und 2 Fachhochschulen sowie 2 Hochschulen in Münster	1979	Willauschus
2.	Universität Gießen	1982	Giese, u. a.
3.	Universität Passau	1990	Kleinheinz
4.	Universität Augsburg	1990	Pfaff, u. a.
5.	Universität St. Gallen	1990	Fischer/Nef
6.	Universität Freiburg	1995	Drude
7.	Universität Konstanz	1995	Oser/Schröder
8.	Universität Rostock	1996	Knödler/Tivig
9.	Universität Bielefeldt	1996	Niermann
10.	Technische Universität Ilmenau	1996	Voigt
11.	Universität München	1997	Bauer
12.	Universität Trier	1997	Benson
13.	Berliner Hochschulen (4 Universitäten, 4 Fachhochschulen)	1997	Geppert/Vesper
14.	Universität Regensburg	1997	Möller/Oberhofer
15.	Hamburger Hochschulen (3 Universitäten, 3 Hochschulen, 1 Fachhochschule)	1997	Pfähler, W. u. a.
15.	Universität Greifswald	1998	Hecht
16.	Universität Potsdam	1999	Gloede, u. a.
17.	Universität Gesamthochschule-Kassel	2000	Blume/Fromm
18.	Universität Halle-Wittenberg	2001	Schultz

Übersicht 1: Fallanalysen zu Wirkungen von Hochschulen auf ihre Region (nach Franz u. a. 2002; eigene Darstellung)

Viele Fachhochschulen haben sich gerade in den zurückliegenden 10 bis 15 Jahren als immer mehr an



Bedeutung gewinnender Entwicklungsfaktor für ihre Regionen erwiesen, wobei ihre regionalen Wirkungen sich bei weitem nicht nur auf wirtschaftliche Aspekte beschränken. Dabei haben sie es angesichts ihrer im Vergleich zu Universitäten z. B.

- geringeren Ausstattung mit Personal,
- fehlenden wissenschaftlichen Mittelbaus,
- geringeren Mittelausstattung für Laborausrüstungen,
- wesentlich höheren Belastung der Professoren durch die Lehre und
- erschwerten Zugangs zu staatlichen Forschungsfördermitteln

einerseits nicht gerade leicht, die Aufgabenfelder Lehre in der Aus- und Weiterbildung, anwendungsorientierte Forschung sowie Dienstleistung (u. a. Technologietransfer, Beratung) auf ständig höherem Niveau zu vereinbaren und zu entwickeln. (vgl. Holtkamp, 1995) Andererseits besteht aber für jede Fachhochschule entsprechend ihres Leistungsprofils und der spezifischen Anforderungen und Entwicklungsbedingungen der Region ein breites Spektrum an Differenzierungs- und Spezialisierungsmöglichkeiten, um eine hohe regionale Wirkung in Breite und Tiefe in der Verbindung der o. g. Aufgabenfelder zu entwickeln.

Hinzu kommen neben der regionalen Dimension selbstverständlich auch nationale bzw. internationale Effekte aus den genannten Handlungsfeldern, die ihrerseits wiederum Auswirkungen auf Attraktivität und Image der Region sowie deren Hochschulen haben.

2 Wissenstransfer als Kernprozess regionaler Wirksamkeit von Hochschulen

Der effiziente und zugleich effektive Transfer „fremd erzeugten“ und „selbst erzeugten“ naturwissenschaftlichen, ingenieurtechnischen, wirtschaftswissenschaftlichen, sozialwissenschaftlichen u. a. Wissens in die verschiedenen Tätigkeits- und Lebensbereiche einer Region durch eine Hochschule und deren Umsetzung in technische, wirtschaftliche und soziale Innovationen (neue bzw. verbesserte Produkte, Verfahren, Dienstleistungen, Organisationslösungen) bilden die eigentliche Basis für deren regionale Wirksamkeit (vgl. Abb. 1).

	Vorhandenes Wissen	Neu erzeugtes Wissen
Bildung	Transfer zu Studenten, Lehrgangsteilnehmern	Transfer eigener FuE-Ergebnisse zu Studenten
FuE	—	Transfer eigener Ergebnisse zu Unternehmen, Verwaltungen, Politik u. a.
Beratung	Transfer zu Unternehmen, Verwaltungen Politik u. a.	Transfer eigener und „fremder“ FuE-Ergebnisse zu Unternehmen, Verwaltungen, Politik u. a.
explizit knowledge und/oder tacit knowledge		

Abb. 1: Dimensionen des Wissenstransfers aus Hochschulen

Die Adressaten des Wissenstransfers sind neben den aus- und weiterzubildenden Personen auch regionale Akteure (Organisationen und Personen) aus unterschied-

lichsten gesellschaftlichen Bereichen der Region. Dabei bezieht sich Wissenstransfer immer auf zwei Wissenskategorien:

- bereits vorhandenes, so genanntes gesichertes Wissen und
- neu erzeugtes, bisher nicht vorhandenes Wissen (Wissensgenerierung).

Der Wissenstransfer aus Hochschulen erfolgt über die Bildung (i. e. S. Lehre), eigene FuE und Technologietransfer sowie die Beratungstätigkeit. Schließlich kann Wissenstransfer eine Wissenstransformation von explizitem, dokumentiertem (bekanntem oder neuem) Wissen (explizit knowledge) in implizites an eine Person oder ein Team gebundenes Erfahrungswissen (tacit knowledge) und umgekehrt einschließen. Deshalb ist Wissenstransfer oft an „face to face-Kontakte“ oder sogar an Personaltransfer (Wissensträger) gebunden.

Die regionale Wirksamkeit von Hochschulen basiert demnach auf einem System des Wissensmanagement, das Wissensgenerierung, Wissenstransformation und Wissenstransfer in seiner wechselseitigen Bedingtheit und Durchdringung umfasst. Hier geht es bei weitem nicht nur um Technologietransfer oder Know-how, sondern die Akteure der Hochschule müssen in vernetztem Zusammenwirken mit regionalen Akteuren, z. B. aus Unternehmen, anderen Wissenschaftseinrichtungen, Technologie- und Gründerzentren sowie Verwaltungen, diesen komplexen Zusammenhang aufeinander bezogen aktiv gestalten (vgl. Abb. 2).

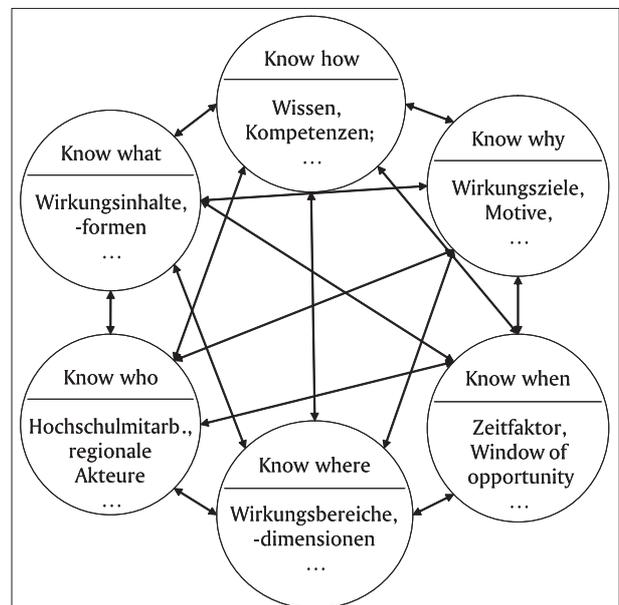


Abb. 2: Wissensmanagement für die regionale Wirksamkeit der Hochschulen

Beispielsweise gibt es entsprechend der Akzentuierung ihres gesellschaftlichen Auftrags sowohl Unterschiede hinsichtlich des „Know why“ zwischen Universitäten und Fachhochschulen als auch zwischen den jeweiligen Hochschulen und ihren regionalen Partnern in Wirtschaft, Verwaltung und Politik. Dies hat sicher auch Konsequenzen für Erwartungen und Angebote bezogen auf das „Know how“ und „Know what“ aber auch des „Know who“ für die an der Leistungserbringung bzw.



der Schaffung der dafür erforderlichen regionalen Voraussetzungen zu beteiligenden Akteure innerhalb und außerhalb der Hochschule. Schließlich ist auch Konsens über Anspruch und Machbarkeit bezogen auf das „Know where“ zwischen den Beteiligten zu erzielen und das „Know when“ nicht zu unterschätzen. Es können auch gut gemeinte Wirkungsabsichten von Hochschulen auf die Region zu früh oder zu spät initiiert werden bzw. für bestimmte Wirkungsbereiche gibt es ein „window of opportunity“. Vor zehn Jahren beispielsweise wurde ein solches „Fenster“ gerade geöffnet, als die Stadt Luckenwalde und der Landkreis Teltow-Fläming begannen, mit Unterstützung der Universität Potsdam, der Technischen Universität Berlin und der Technischen Fachhochschule Wildau, den heute erfolgreichen Biotechnologiepark in Luckenwalde „auf der grünen Wiese“ aufzubauen. (Große u. a., 1998) Vergleichsweise Ähnliches in diesem Technologie- und Wirtschaftsbereich wäre heute aus verschiedenen Gründen nicht mehr machbar, dieses Fenster hat sich geschlossen.

Zum damaligen Zeitpunkt hätte die Technische Fachhochschule Wildau aber auch keinen regionalen Wirkungsbereich „Luft- und Raumfahrttechnik“ anzielen und mitgestalten können, weder vom Entwicklungsstand der Region, noch von den Interessen der Akteure in Politik und Wirtschaft oder den Kompetenzen und der Leistungskraft der Fachhochschule her betrachtet. Dieses „Fenster“ wird gerade von den interessierten Akteuren weiter „aufgestoßen“. Beide „Fenster“ müssen damals wie heute beständig „geölt“ und auch bei „Gegenwind offen gehalten und weiter aufgedrückt“ werden, womit man wieder beim geeigneten „Know who“, „Know what“ usw., also dem vernetzten Wissensmanagement für die Entwicklung und Erschließung der regionalen Wirkungspotenziale von Hochschulen, angelangt ist.

3 Regionale Wirkungsräume von Hochschulen

1.1 Der generelle Wirkungsraum

Dieses Verständnis von Wissenstransfer und Wissensmanagement eröffnet den Zugang zu unterschiedlich inhaltlich orientierten und dimensionierten regionalen Wirkungsräumen einer Hochschule.

Die Beantwortung der Fragen

1. Welche Funktionen kann eine Hochschule erfüllen, was sind ihre Leistungsangebote? (x-Achse)
2. Wie, mit welchen Methoden kann sie diese hervorbringen? (y-Achse)
3. Wer benötigt, nutzt solche Funktionen und Leistungsangebote? (z-Achse)

führt dadurch, dass auf jede Frage mehrere alternative Antworten möglich sind, zu einem generellen idealtypischen Handlungs- und Wirkungsraum für Hochschulen (vgl. Abb. 3). In diesen Raum kann man nun verschiedene Schnitte legen und durch Kombination ausgewählter Parameter Teilräume bilden, die unterschiedliche Schwer-

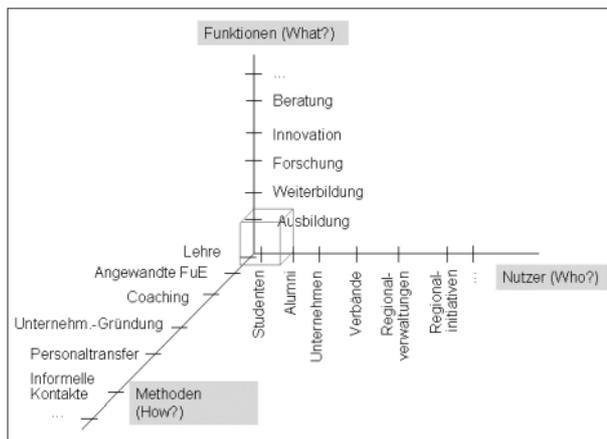


Abb. 3: Genereller regionaler Wirkungsraum von Hochschulen

punkte einzelner Hochschulen beschreiben. Der Teilraum „Bildung durch Lehre“ wird sicher als Minimum von jeder Hochschule ausgefüllt.

3.2 Regionaler Wirkungsraum „Bildung“

Innerhalb des Teilraums „Bildung“ sind verschiedene Spezialisierungs- und Differenzierungsmuster möglich (vgl. Abb. 4). Eine Hochschule bietet vielleicht nur das Direktstudium an, eine andere auch die Möglichkeit des Fernstudiums, eine weitere Hochschule hat duale Studiengänge, eine andere nicht. Die eine Hochschule hat z. B. neben Studiengängen der Wirtschaft und Wirtschaftsinformatik auch mehrere ingenieurtechnische Studiengänge und damit auch den Status einer Technischen Universität oder Technischen Fachhochschule, eine andere nicht usw.

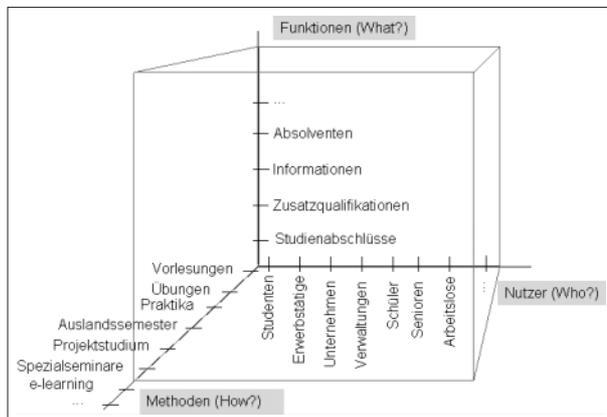


Abb. 4: Regionaler Wirkungsraum „Bildung“ von Hochschulen

Im Folgenden sollen nun immer wieder die Erfahrungen der Technischen Fachhochschule Wildau (TFHW) eingefügt werden, um das Konzept der Analyse und Bewertung der regionalen Wirksamkeit von (Fach-)Hochschulen zu illustrieren. [2]

Die TFHW zählt unter den fünf Fachhochschulen des Landes Brandenburg mit 3.200 Studierenden im Jahre 2003 zu den zwei größten. Sie wurde im Jahre 1991 gegründet, ist gewissermaßen aus der traditionsreichen Ingenieurschule für Maschinenbau Wildau hervorgegangen und liegt unmittelbar an der südlichen Stadtgrenze der Metropole Berlin, noch im Bereich



des Schnellbahnnetzes der Hauptstadt. Mit ihren drei Fachbereichen „Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen“, „Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik“ und „Wirtschaft, Verwaltung und Recht“, die 14 Direktstudiengänge und sechs Fernstudiengänge anbieten und dabei alle in der Abbildung 3 aufgeführten Lehrformen und Bildungsmaßnahmen anwenden, deckt die TFHW den dargestellten Wirkungsraum „Bildung“ ab. Spezialseminare für unterschiedliche Zielgruppen aus Wirtschaft und Verwaltung oder für Senioren sind üblich.

Standortgunst und moderne Studienangebote tragen zur Attraktivität der TFH Wildau bei, die wie von einer Fachhochschule zu erwarten, hinsichtlich der Herkunft ihrer Studierenden stark regional verortet ist. So kommen etwa 71 Prozent aus der Region (50 Prozent aus dem Land Brandenburg und 21 Prozent aus Berlin), 13 Prozent aus weiteren neuen und zehn Prozent aus den alten Bundesländern sowie sechs Prozent aus dem Ausland (von Polen über die Niederlande bis Guatemala). Studentenaustausch besteht mit vielen Ländern, neben mittel- und osteuropäischen Staaten z. B. auch mit Dänemark, Finnland, den Niederlanden und Irland.

Ausdruck der Attraktivität der TFH Wildau ist auch die ungebrochen hohe und teilweise wachsende Nachfrage nach Studienplätzen. So kamen beispielsweise im Immatrikulationsjahr 2003/04 auf einen Studienplatz in der Betriebswirtschaftslehre etwa sechs Bewerber, bei den Wirtschaftsingenieuren fünf und in der Logistik, Wirtschaftsinformatik, Wirtschaft und Recht, Verwaltung und Recht mehr als vier. Selbst in den technischen Studiengängen bewarben sich drei Studienberechtigte auf einen Platz. Hier war es noch im Jahr 1998/99 nur ein Bewerber pro Studienplatz. Die Folge dieser hohen Nachfrage ist, dass die TFH Wildau als einzige Fachhochschule im Land Brandenburg auf alle 14 Direktstudiengänge den numerus clausus als Zugangsbeschränkung hat. Dies wirkt sich wiederum positiv auf die Quote von „Studienabbrechern“ und auf die Zahl und Qualität der Absolventen aus. Von der wachsenden Zahl der Absolventen finden etwa 50 Prozent eine Beschäftigung in der Region (21 Prozent im Land Brandenburg und 29 Prozent in Berlin), sieben Prozent in den anderen neuen und 34 Prozent in den alten Bundesländern, während etwa sechs Prozent eine Beschäftigung im Ausland aufnehmen. [3] Auch diese Zahlen sind Ausdruck der regionalen Wirksamkeit der TFH Wildau und ihres überregional guten Images.

Woanders oder zukünftig wird es vermutlich je nach Nachfrage und Angebot in verschiedenen Regionen noch weitere Wirkungsmöglichkeiten im Handlungsraum „Bildung“ für Hochschulen geben.

3.3 Regionaler Wirkungsraum „Forschung und Entwicklung“

Ein weiterer für den Wissenstransfer wichtiger Wirkungsraum ergibt sich aus den Aktivitäten einer Hochschule in der angewandten Forschung und Entwicklung (vgl. Abb. 5).

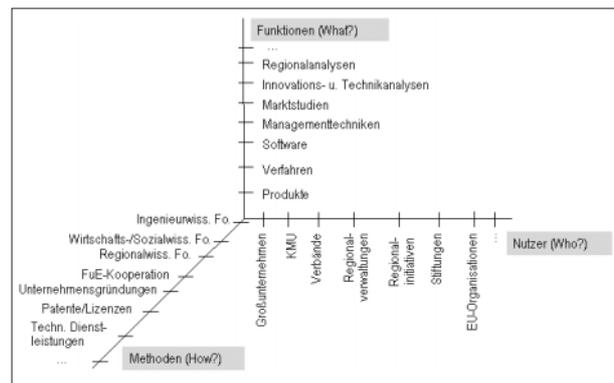


Abb. 5: Regionaler Wirkungsraum „Forschung und Entwicklung“ von Hochschulen

Hier wird auch die inhaltliche Verknüpfung unterschiedlicher Dimensionen möglicher regionaler Wirkungen deutlich. So kann z. B. eine Hochschule nur dann technisch-technologisches Wissen in die Unternehmen der Region transferieren und dabei Forschungsk Kooperationen realisieren, wenn sie in ihrer Grundfunktion „Bildung“ ingenieurtechnische Studiengänge anbietet und über entsprechende Fachleute verfügt. Universitäten sind in ihren Forschungsprojekten mehr auf die Grundlagenforschung orientiert, während Fachhochschulen stärker anwendungsbezogenen FuE betreiben.

Es verwundert sicher nicht, dass die TFH Wildau bei ihren diversifizierten Studienangeboten diese Synergien nutzt und auch über entsprechende Potenziale angewandter Forschung und Entwicklung von ingenieurtechnischen Disziplinen bis hin zu sozial- und kommunalwissenschaftlicher Forschung verfügt und damit den dargestellten Wirkungsraum komplett bedient. Sie zählt unter den ca. 150 Fachhochschulen in Deutschland mit zu den führenden in der Einwerbung von Drittmitteln durch angewandte Forschung und Projekte für öffentliche Auftraggeber bzw. die Wirtschaft.

Die TFH Wildau hat ca. 170 Beschäftigte plus etwa 60 zusätzliche Drittmittelbeschäftigte. Damit gleicht sie einen Hauptnachteil von Fachhochschulen – das Fehlen eines Haushalt finanzierten wissenschaftlichen Mittelbaus – teilweise zu Gunsten verstärkter Wirksamkeit aus Forschung und Entwicklung aus. Die TFH Wildau konnte ihre Einnahmen aus Drittmitteln in den zurückliegenden fünf Jahren mehr als verdoppeln auf eine Summe von 3,3 Mio. € im Jahre 2003. Das bedeutet, bezogen auf die Summe des Haushaltes der Hochschule im Jahre 2003 von etwa 9 Mio. €, zusätzlich 33 Prozent an Finanzmitteln, die für die Wirksamkeit der Fachhochschule eingesetzt werden konnten. Diese Leistung gewinnt noch an Gewicht, wenn man berücksichtigt, dass in den alten Bundesländern von allen Hochschulen (einschließlich der Universitäten) bezogen auf ihre Haushaltsmittelsumme zusätzlich 11 Prozent Drittmittel eingeworben werden und für alle neuen Bundesländer dieser Anteil etwa sieben Prozent ausmacht. (Franz u. a. 2001, S. 33 f.)

Die Hinzuziehung eines weiteren Indikators macht spätestens an dieser Stelle deutlich, dass regionale Wirkungen von Hochschulen auch von den jeweiligen regionalen



Entwicklungsbedingungen, den Wirtschaftsstrukturen, von der Nachfrage nach bestimmten Leistungsangeboten, vom Vorhandensein und der Leistungsfähigkeit potenzieller Anwender abhängen. Betrachtet man den Anteil an den Drittmitteln aus der gewerblichen Wirtschaft, dann machte dieser im Jahre 1999 für die alten Bundesländer mehr als 30 Prozent, für die neuen Länder ca. 24 Prozent und für das Land Brandenburg 25 Prozent aus. (Rosenfeld/Heimpold 2001, S. 398, eigene Berechnungen)

Der Anteil von Drittmitteln aus der Wirtschaft der TFH Wildau insgesamt betrug im Jahre 2003 „erst“ 16 Prozent. Dies verweist sowohl auf Reserven der Hochschule in der Akquise als auch auf die Nachfrageschwäche der überwiegend kleinen Unternehmen in der Region, was darin zum Ausdruck kommt, dass nur 41 Prozent der wirtschaftsbezogenen Drittmittelsumme aus Unternehmen des Landes Brandenburg stammen. Es fehlen Großunternehmen in der Region, die in dieser Beziehung eine „Leuchtturmfunktion“ übernehmen könnten. Hinzu kommt, dass es in den neuen Bundesländern, verglichen mit den alten, bezogen auf die Einwohnerzahl immer noch 100 000 Unternehmen zu wenig gibt. (Heimpold 2003, S. 330) Diese Situation spiegelte sich auch schon bei den o. g. Einsatzregionen der Absolventen wieder, indem mehr als die Hälfte von ihnen außerhalb der Region Berlin/Brandenburg beruflich tätig sind.

Eine bemerkenswerte Erfahrung der TFH Wildau besteht darin, dass es inzwischen stabil gelingt, jährlich 10 bis 12 Prozent der Drittmittel mit Projekten aus dem Fachbereich Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik einzuwerben. Dadurch wird das regionale Wirkungsspektrum sowohl inhaltlich als auch hinsichtlich der regionalen Akteure als Nutzer wesentlich verbreitert. Die TFH Wildau forscht inzwischen auf mehr als 20 Gebieten. Mindestens sechs davon sind wirtschafts-, sozial- und regionalwissenschaftliche Forschungsschwerpunkte (vgl. Übersicht 2).

CAD/CAM-Lösungen, Fertigung	Marketing
Computergestützte Organisation	Materialforschung
Energieverfahrenstechnik/ Erneuerbare Energien	Mess- und Sensortechnik
Facility-Management	Oberflächentechnik
Gründungsforschung	Qualitätsmanagement
Kreislaufwirtschaft/Recycling	Regionale Innovationsforschung
Kunststofftechnik	Technikfolgenabschätzung
Laser- und Plasmatechnik	Telekommunikation
Logistik	Umwelttechnologien
Managementtechniken	Verfahrenstechnik/ Abwasseraufbereitung

Übersicht 2: Schwerpunkte in der angewandten Forschung und Entwicklung an der Technischen Fachhochschule Wildau

Eine zunehmend an Bedeutung gewinnende Plattform zur Hervorbringung und Umsetzung neuen Wissens ist die Gründung von Unternehmen durch oder unter Beteiligung von Studenten und Mitarbeitern der Hochschulen. Die TFH Wildau ist hinsichtlich des Gründungsklimas für solche spin offs, ausgedrückt in der Zahl entwickelter

Businesspläne je Student und der tatsächlich gegründeten Unternehmen, führend in der Region und wurde in den letzten Jahren zweifacher Träger der Auszeichnung „Beste Ideenschmiede des Landes Brandenburg“.

3.4 Regionaler Wirkungsraum „Beratung“

Schließlich ergibt sich neben der Bildung und der angewandten Forschung und Entwicklung noch ein dritter regionaler Wirkungsraum für den Wissenstransfer in die Praxis, der sich beständig ausweitet und umstrukturiert (vgl. Abb. 6).

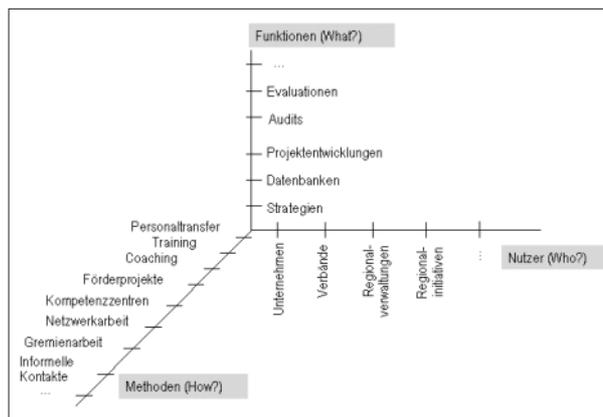


Abb. 6: Regionaler Wirkungsraum „Beratung“ von Hochschulen

Auch hier werden Hochschulen nach ihren Profilen und Potenzialen unterschiedliche Teilräume auswählen und verschiedene Nutzergruppen erreichen. Die Schnittflächen dieses Wirkungsraums bezogen auf Stärken und Schwächen einer Hochschule in den beiden zuvor betrachteten Wirkungsräumen sind kaum zu überschätzen. Breite und differenzierte Leistungsangebote in Lehre und Forschung ermöglichen die vielfältigsten Wirkungen durch beratende Tätigkeiten mit unterschiedlichsten Methoden für verschiedene regionale Akteursgruppen. An diesem Wirkungsraum wird deutlich, dass es auch für die regionalen Wirkungen so genannte „harte“ (direkt messbare) und „weiche“ (indirekt messbare, vom persönlichen Kontakt und Engagement getragene) Wirkungsbereiche und -formen gibt. Die regionale Wirksamkeit von Hochschulen reduziert sich bei weitem nicht auf die regionalwirtschaftlichen Effekte. Es ist ähnlich wie bei der Rolle von harten oder weichen Standortfaktoren für Unternehmen oder für die Attraktivität einer Stadt. Man kann sie nicht gegeneinander aufwiegen, sie stehen in nur schwer durchdringbaren Verknüpfungen und Wechselwirkungen.

Das, was in und über diesen Raum an regionalen Wirkungen erzielt werden kann, wird bei guter Ausprägung und Qualität entsprechender Aktivitäten meist von allen Beteiligten innerhalb und außerhalb der Hochschule als die eigentlich dauerhafte Basis, als Voraussetzung und Umsetzungsgrundlage vieler anderer regionaler Wirkungen hochgeschätzt und entsprechend „gepflegt“.

Wachsende Bedeutung kommt hier der Mitwirkung der Hochschule an sowie der wissenschaftlichen Begleitung bzw. Evaluation von Strategieentwicklungsprozessen



bei Unternehmen, Verbänden und Regionalverwaltungen zu. Fachleute der TFH Wildau sind in dieser Beziehung in viele Projekte und Aktivitäten involviert: Dies insbesondere über die Mitarbeit in verschiedenen Gremien wie Strategiekreise, Arbeitsgruppen (z. B. zur Erarbeitung regionaler Entwicklungskonzepte) und über die Netzwerkarbeit. Die Fachhochschule ist an mehreren Innovations- und Bildungsnetzwerken beteiligt bzw. hat solche selbst initiiert. Sie entwickelt mehrere naturwissenschaftlich-technische Kompetenzzentren (z. B. Lasertechnologie, Luft- und Raumfahrt, Logistik, Telematik) aber auch wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Kompetenzknoten (Innovations- und Regionalmanagement, Gründungsmanagement) unter Beteiligung von und mit Orientierung auf die in der Abbildung 6 genannten regionalen Nutzergruppen.

4 Wechselwirkung von Hochschule und Region

Es muss immer wieder betont werden, dass eine breite und spürbar positive regionale Wirksamkeit neben der Kompetenz und Motivation der Professoren, der Hochschulleitung und aller Mitarbeiter wie auch der Studenten bestimmte regionale Bedingungen zur Voraussetzung hat. Wenn eine Region solche Effekte aus den Tätigkeitsbereichen ihrer Hochschule haben und nutzen will, müssen auch dafür erforderliche regionale Voraussetzungen gegeben sein bzw. entwickelt werden.

Die Leistungsfähigkeit einer Hochschule, ihre Wirkungen und die regionalen Entwicklungsbedingungen hängen wechselseitig zusammen. Der Grundzusammenhang ist in Abbildung 7 dargestellt.

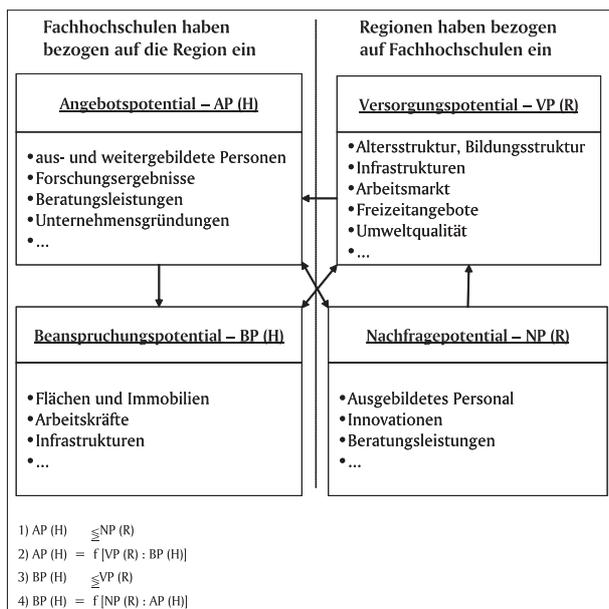


Abb. 7: Grundzusammenhang von Hochschulen (H) und Region (R)

Das Angebotspotenzial einer Hochschule und das auf ihr Leistungsspektrum bezogene und aus den Entwicklungszielen und -erfordernissen abgeleitete Nachfragepotenzial der Region können sich auf einem höheren, wettbewerbsfähigen oder auf einem niedrigeren, entwicklungsbedürf-

tigen Niveau entsprechen oder aus der Sicht regionaler Wirkungen im Sinne von größer oder kleiner voneinander abweichen (vgl. Beziehung 1 in Abb. 7).

Wenn die Hochschule durch Wissenstransfer fördernd zur Regionalentwicklung beitragen, also ihr Angebotspotenzial wirksam machen soll, muss sie in der Region entsprechende Bedingungen vorfinden. Die Region muss den Anspruch, den Hochschulen an regionale Bedingungen stellen, durch eine entsprechende Versorgungsleistung befriedigen (vgl. Beziehung 2 in Abb. 7). Dabei können sich das Beanspruchungspotenzial der Hochschule und das Versorgungspotenzial auf einem mehr oder weniger wünschenswerten Niveau entsprechen oder aber voneinander in verschiedener Richtung abweichen (vgl. Beziehung 3 in Abb. 7). Schließlich ist das Beanspruchungspotenzial einer Hochschule nach Inhalt und Intensität immer abhängig davon, auf welchem Niveau sich das Verhältnis von Nachfragepotenzial der Region und Angebotspotenzial der Hochschule bewegt (vgl. Beziehung 4 in Abb. 7). Aus solchen Wechselbeziehungen ergeben sich Spannungsfelder, die sich stets auf neuem Niveau reproduzieren – bedingt durch die Entwicklungen in der Hochschule und der Region. Solche Spannungsfelder lassen sich mit der Portfolioanalyse beschreiben, aus der bestimmte Handlungsstrategien der Hochschule wie auch der Region abgeleitet werden können, die dann zu einer auf hohem Niveau abgestimmten Entwicklung ihrer jeweiligen Potenziale führen (vgl. Abb. 8).

Nachfragepotenzial Region	hoch	Region muss ihr Versorgungspotenzial für H stärken, H muss sich profilieren	Beide Seiten sind Gewinner ●
	niedrig	Beide Seiten müssen sich stärker wahrnehmen und einbinden	Region muss Angebotspotenzial der H besser nutzen
		niedrig	hoch
		Angebotspotenzial Hochschule	

● = TFH Wildau

Abb. 8: Portfolio – Regionale Wirksamkeit von Hochschulen (H)

Wenn beide – Region und Hochschule – beständig um höhere Wettbewerbsfähigkeit bemüht sind und sich aufeinander bezogen und miteinander entwickeln, sollte sich das Spektrum der regionalen Wirkungen der Hochschule in den zuvor diskutierten Handlungsräumen zunehmend verbreitern und vertiefen.

Der Versuch, die TFH Wildau in einem solchen Portfolio zu positionieren, lässt vielleicht nach den vorausgehend angeführten Beispielen für die bisherigen regionalen Wirkungen die dargestellte Verortung begründet erscheinen. Die verschiedenen regionalen Akteursgruppen nutzen die Leistungen der TFH Wildau jedoch noch nicht im möglichen Maße. Die Angebote der Technischen Fachhochschule werden sich immer wieder an zu erwarteten Nachfrageentwicklungen der Region profilieren müssen.



Regionale Wirkungen von Hochschulen (Beispiele)	Regionale Entwicklungsbedingungen	Voraussetzungen für Hochschulen (Beispiele)
Zuwanderung junger Menschen zum Studium	demographische Struktur	ausreichende Zahl junger Menschen
Hochschule als wichtiges Element der Bildungsinfrastruktur	Bildungsinfrastruktur	Schulen mit Abschlüssen der Hochschulreife
Hochschule als Schlüsselakteur in Regionalen Innovationssystemen	Forschungsinfrastruktur	Vorhandensein von kooperierenden Forschungseinrichtungen
Zusammenarbeit mit Unternehmen; Unternehmensgründungen aus der Hochschule	Wirtschaftsstruktur	Vorhandensein moderner Branchen, großer und mittelständischer Unternehmen
Bereitstellung qualifizierter Absolventen; Wissenstransfer in Unternehmen	Wirtschaftskraft	entwicklungsfähige, technologie-orientierte Unternehmen verschiedener Branchen
Schaffung von Arbeitsplätzen in Hochschulen; Weiterbildung von Arbeitslosen	Arbeitsmarkt	qualifiziertes technisches und kaufmännisches Personal
technisch-technologische Beiträge zur Modernisierung der Infrastruktur	technische Infrastruktur	Leistungsfähige Ver- und Entsorgungssysteme
Hochschule unterstützt Umwelt- und Naturschutz mit Know-How	Natur und Umwelt	gute Qualität als Standortfaktor
Hochschule repräsentiert Region nach außen und beteiligt sich an Netzwerken	externe regionale Verflechtungen	Förderung von überregionalen Kontakten zu anderen Fachhochschulen und Unternehmen
Hochschule unterstützt Kommunen und Behörden bei der Verwaltungsreform	Politisch-administrative Struktur	Verwaltungen und Parteien fördern Entwicklung der Hochschule

Übersicht 3: Regionale Entwicklungsbedingungen als Voraussetzung und Ziel von Wirkung von Hochschulen

Dieser Zusammenhang, in dem regionale Entwicklungsbedingungen Wirkungsziel und Wirkungsvoraussetzung für Aktivitäten von Hochschulen in den vorher dargestellten Wirkungsräumen sind, ist in der Übersicht 3 beispielhaft illustriert. Hier wird noch einmal deutlich, dass sich regionale Wirkungen von Hochschulen bei weitem nicht auf regionalwirtschaftliche bzw. ökonomische Wirkungen reduzieren lassen.

5 Verständnis von Region als Wirkungsräum von Hochschulen

Der räumliche Kontext, in dem regionale Wirkungen von Hochschulen angezielt und verortet sind sowie analysiert und bewertet werden können, kann bezogen auf ein und dieselbe Hochschule durchaus verschieden zweckdefiniert und dimensioniert sein.

Regionen sind zunächst territorial unterschiedlich dimensionierte Lebensräume, die über komplexe ökologische, wirtschaftliche, soziale und politische Systeme definierbar sind. Sie verfügen über eine kritische Masse leistungsfähiger endogener Potenziale (regionaler Entwicklungsbedingungen) und exogener Verflechtungsbeziehungen. Diese gestatten es den hier arbeitenden und lebenden Menschen mit ihren spezifischen Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, Produkte und Dienstleistungen hervorzubringen und zu vermarkten sowie darüber eine hohe Lebensqualität und zukunftsfähige Regionalentwicklung zu sichern. (Voß, 2001, S. 28 f.) Zugleich sind sie offene funktionale Beziehungsgefüge und Interessenfelder von privaten, öffentlichen und gemeinnützigen regionalen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Politik und weiteren institutionalisierten sowie nicht institutionalisierten Gruppen.

Ein solches Verständnis von Region überwindet politische und raumplanerische Grenzen und öffnet die Sicht auf Regionen, die sich aus Netzwerken räumlicher

Akteure konstituieren. Solche Netzwerke bilden sich oft als Träger von raumübergreifenden Projekten, z. B. in den Bereichen Forschung und Innovation, Industrie, Landwirtschaft und Landschaftsgestaltung sowie soziale Entwicklungsinitiativen heraus, deren Ziele, Ressourcen und Wirkungen eine „neue, andere Region“ definieren. (vgl. Kuhn, 2002) Somit kann das räumliche Bezugssystem für regionale Wirkungen einer Hochschule „sowohl als auch“ bzw. „und/oder“ sein:

- die Stadt(region), in der die Hochschule ihren Standort hat;
- der entsprechende Landkreis;
- der Teilraum eines Bundeslandes (z. B. Südbrandenburg);
- das Bundesland;
- über Projekte und Akteursbeziehungen konstituierte Regionen.

Allerdings wird ausgehend von den unterschiedlich akzentuierten gesellschaftlichen Aufträgen für Universitäten bzw. Fachhochschulen und auf der Basis langjähriger Erfahrungen aus den alten Bundesländern, gestützt auf empirische Erhebungen, darauf verwiesen, „dass gerade Universitäten häufig nur gering mit ihrem regionalen Umfeld verflochten sind und interregionale/internationale Verflechtungen überwiegen. (...) Sie erfüllen eine Radarfunktion für die regionale Wirtschaft und stellen im Sinne eines Brückenkopfes die Verbindung zu internationalen Wissenschafts- und Technologiennetzwerken her.“ (Koschatzky/Zenker 1999, S. 5 f.)

Bezogen auf die regionale Verortung von Fachhochschulen wird die Situation anders gesehen. „Sie bedienen meist eine regionale Firmenklientel, auf deren Branchen- und Technologieprofil sie zugeschnitten sind. Räumlich nahe Kooperationsbeziehungen überwiegen. Da betriebliche Aspekte in der Fachschulausbildung eine größere Rolle spielen als im Universitätsstudium, sind die Kontaktbarrieren zwischen den Unternehmen einer Region und ihrer Fachhochschule niedriger als bei



Universitäten, da beide aufeinander angewiesen sind. In den neuen Bundesländern ist eine stärkere Neigung zu beobachten, auf Forschungseinrichtungen aus der Region oder aus Ostdeutschland generell zurückzugreifen als in Westdeutschland.“ (Koschatzky/Zenker 1999, S. 6)

Die Notwendigkeit eines solchen andersgearteten Kooperationsverhaltens ist angesichts der Tatsache, dass in Ostdeutschland die FuE-Intensität in der Wirtschaft, trotz positiver Zuwächse in den letzten Jahren (vgl. FuE Info 2003), um ein Mehrfaches geringer ist als in Westdeutschland und FuE-intensive, international agierende Großunternehmen als bevorzugte Partner von Universitäten und wichtige Wirtschaftspartner von KMU in den neuen Bundesländern kaum vorhanden sind, nur zu unterstreichen. Die Hochschulen können in Ostdeutschland diese traditionelle Arbeitsteilung zwischen Fachhochschulen und Universitäten hinsichtlich ihrer regionalen Orientierung und Wirkungen nicht in gleicher Weise ausdrücken bzw. aufrechterhalten.

Bei entsprechenden regionalen und institutionellen Voraussetzungen sowie persönlichen Kompetenzen, Motivationen und aktivem Kooperationsverhalten können Mitarbeiter von Hochschulen nachhaltige regionale Wirkungen in unterschiedlicher räumlicher Kontextualisierung erzielen.

Auf diese Weise wird die TFH Wildau durch ihr Zusammenwirken mit Unternehmen, Kammern und Verbänden, anderen Forschungs- und Bildungseinrichtungen, Landkreis- und Kommunalverwaltungen usw. zunehmend zu einem der Knoten im Netz der Bildungs-, Forschungs- und Transfereinrichtungen des Landes Brandenburg. Allein die Aktivitäten in den Wirkungsräumen Forschung, Beratung und Bildung, die vom Autor dieses Beitrages und von seinen Mitarbeitern getragen werden, bilden ein immer dichter werdendes kleines Netz über diese Region (vgl. Abb. 9).

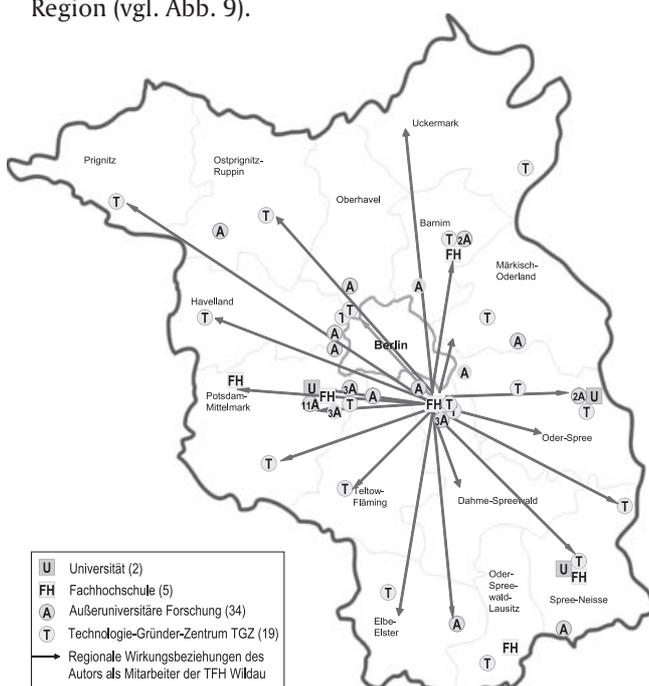


Abb. 9: Räumliche Wirkungsorientierung der Forschungsgruppe „Regionale Innovationscluster“ der TFH Wildau

Würde man dazu die Ergebnisse weiterer Professorenkollegen aus ingenieurtechnischen und anderen wirtschaftswissenschaftlichen Disziplinen hinzufügen, würde ein so dichtes Netz abzubilden sein, dass es hier nicht mehr sinnvoll darstellbar wäre. Allein die Professoren des Fachbereichs Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik der TFH Wildau unterhalten zu ca. 70 Unternehmen unterschiedlichste Kontakte, von denen etwa drei Viertel in der Region Berlin-Brandenburg angesiedelt sind.

Die Fachhochschule konstituiert gemeinsam mit anderen regionalen Akteuren unterschiedlich dimensionierte projektdefinierte Regionen bzw. ist daran beteiligt. Das betrifft beispielsweise über ein InnoRegio-Projekt eine „Biotechnologieregion“ im Raum Wildau – Potsdam – Luckenwalde oder über eine regionale Entwicklungspartnerschaft „EQUAL“ eine „Region“ Guben – Herzberg – Belzig – Wildau – Oranienburg – Brandenburg – Neuruppin. Durch andere Projekte werden mehrere Landkreise erfasst. Die in Ausprägung befindliche „Luft- und Raumfahrt-Region Berlin-Brandenburg“ umfasst etwa Berlin, Schönefeld, Wildau, Ludwigsfelde, Dahlewitz und Cottbus. In einem vom Autor initiierten und geleiteten „Forschungsverbund Regionale Innovationssysteme Berlin-Brandenburg“ konstituiert sich zunehmend eine „Region“ Wildau, Potsdam, Teltow, Brandenburg, Berlin, Neuenhagen, Eberswalde, Frankfurt/Oder, auch durch zunehmende Einbeziehung der regionalen Technologie- und Gründerzentren (TGZ), Kammern, Verbände und Verwaltungen der Landkreise in Aktivitäten des Verbundes (vgl. Voß, 2002).

6 Regionale Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit Brandenburger Hochschulen

Die regionale Wirksamkeit einer Hochschule muss sicher auch auf dem Hintergrund der regionalen Hochschullandschaft und deren Leistungsfähigkeit sowie Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu anderen Regionen analysiert und vor allem bewertet werden. Die Bezugsebene hier bildet sinnvollerweise das Bundesland.

In der Übersicht 4 sind einige ausgewählte Indikatoren für die Charakterisierung und den Vergleich solcher Rahmenbedingungen angeführt, die durchaus unterschiedlich hinsichtlich ihrer fördernden oder hemmenden Einflüsse auf die regionale Wirksamkeit einer Brandenburger Hochschule zu diskutieren sind (vgl. Übersicht 4).

Zunächst fällt auf, dass das Land Brandenburg bei 50 % der 14 ausgewählten Indikatoren den letzten und bei ca. weiteren 30 % den vorletzten Rangplatz unter den fünf neuen Bundesländern einnimmt. Vergleicht man Brandenburg, in dessen Zentrum die Hauptstadt Berlin liegt, mit dem Freistaat Sachsen (das sollte die für die Hauptstadtregion angemessene Herausforderung für die Zukunft sein), dann erreicht das Land in den meisten Kennziffern nur das Niveau von 20 bis 50 % bezogen auf Sachsen.

Beide Betrachtungen verweisen auf nicht gerade vorteilhafte Rahmenbedingungen für die Wettbewerbsfähigkeit.



Indikator	Maßeinheit	Zeitpunkt/ Zeitraum	Brandenburg	Vergleiche	Rangplatz Bbg. (NBL)
Hochschulen	Zahl je 1 Mio. Einw.	1999	4,2	5,3 NBL 5,8 Sachsen	5.
Hochschulexterne Forschungseinrichtungen	Zahl je 1 Mio. Einw.	2001	11,2	7,8 NBL 7,2 Sachsen	1.
Ausgaben der Hochschulen	DM/Einw.	1999	258	35 % zu D gesamt 40 % zu Sachsen	5.
Hochschulabsolventen	Zahl je 100 Tsd. Einw.	2002	178	47,5 % zu D gesamt 48,9 % zu Sachsen	5.
Hauptberufliches Personal der Hochschulen für FuE	Vollzeitäquiv. je 100 Tsd. Einw.	1998	53	48 % zu NBL 35 % zu Sachsen	5.
Professoren in Hochschulen	Zahl Zahl/1000 Studenten	1999 1998	722 26	32 % zu Sachsen 88 % zu Sachsen	5. 5.
Einnahmen der Hochschulen aus Drittmitteln	Mio. DM Veränderung %	1999 1995-99	59 100	21 % zu Sachsen Sachsen: 20 %	4. 1.
Drittmittleinnahmen zu Gesamtausgabenhochschule	Ausgaben 100 % Veränderung %	1999 1995-99	8,8 76	Sachsen: 9,3 % Sachsen: 11,6 %	2. 1.
Drittmittel aus der gewerblichen Wirtschaft	Mio. DM	1999	15	22,5 % zu Sachsen	4.
FuE Personal im Wirtschaftssektor	Zahl	1997	2860	25 % zu Sachsen	4.
Interne FuE Aufwendungen der Privatwirtschaft	DM/Einw.	1997	178	55,6 % zu Sachsen	3.
Kooperationen der Betriebe mit Hochschulen	% koop. Betriebe	1998	47,4	Sachsen: 53,7 %	5.
Patentanmeldungen	Zahl je 100 Tsd. Einw.	1995-99	64	58 % zu Sachsen	4.

Übersicht 4: Rahmenbedingungen für die regionale Wirksamkeit von Hochschulen im Land Brandenburg nach ausgewählten Indikatoren (Nach: Franz u.a. 2001; Rosenfeld/Heimpold 2001, IWD 2004; eigene Zusammenstellung und z. T. Berechnungen)

higkeit Brandenburger Hochschulen hinsichtlich ihrer regionalen Wirksamkeit im Vergleich zu Hochschulen anderer Bundesländer. Die Indikatoren müssen unter diesem speziellen Fokus aber von verschiedenen Seiten betrachtet werden. Einerseits bedeuten sicher für Sachsen z. B. die größere Hochschuldichte, die dreifache Zahl von Professoren, die doppelte Zahl an Hochschulabsolventen, der hohe Anteil von hauptberuflichem Potenzial der Hochschulen für FuE und die 60 % mehr Ausgaben des Landes für die Hochschulen zunächst eine bessere Ausgangsbasis, mehr Potenzial und damit auch Möglichkeiten entsprechend stärkere Wirksamkeit im gesamten Spektrum zu entwickeln. Das Land Brandenburg hat hier in vieler Hinsicht weiteren Aufholbedarf. Andererseits bleibt immer auch die entscheidende Frage, was Hochschulen unter mehr oder weniger guten derartigen Rahmenbedingungen dann tatsächlich daraus machen, wie sie damit umgehen und darauf reagieren.

Die Technische Fachhochschule Wildau beispielsweise reagiert darauf mit einer Ausdehnung ihrer regionalen Aktivitäten auf das gesamte Bundesland Brandenburg. Sie wird auch zunehmend von unterschiedlichen Akteuren als so agierend wahrgenommen, in regionale Projekte in allen Landesteilen einbezogen und angefragt. Die Tatsache, dass die TFHW ein Drittel zusätzlich zur Haushaltssumme über Drittmittel einwirbt und sich die Einnahmen der Brandenburger Hochschulen aus Drittmitteln von 1995 – 1999 um 100 % erhöht haben, stimmen zumindest optimistisch, ebenso wie der starke regionale Besitz mit hochschulexternen Forschungseinrichtungen (Institute der Leibnizgesellschaft, Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer Gesellschaft und der Ressortforschung). In stärkerer Kooperation mit letzteren und in dem Engagement der Brandenburger Wirtschaft für die eigene Forschung und damit auch die Kooperation mit den Hochschulen liegen offensichtlich noch erhebliche Reserven (vgl. Übersicht 4).

7 Fazit

Wie das vorgestellte Konzept zur strukturierten Analyse und Bewertung der regionalen Wirksamkeit von Hochschulen und die unterlegten Beispiele der Technischen Fachhochschule Wildau zeigen, bestehen ausgehend von den prinzipiellen Funktionen einer Hochschule und in Abhängigkeit von der Nachfrage sowie den Voraussetzungen einer Region eine große Vielzahl und Vielfalt von Spezialisierungs- und Differenzierungsmöglichkeiten.

Die regionale Wirksamkeit einer Hochschule beschränkt sich weder auf bildungsseitige noch auf raumwirtschaftliche Effekte und lässt sich auch nicht in einer Gesamtkennziffer synthetisieren oder etwa gar monetär ausdrücken.

Das tatsächlich erreichte Spektrum und die Intensität förderlicher Wirkungen einer Hochschule auf regionale Zielbildungs- und Gestaltungsprozesse in solchen Bereichen wie Bildung, Wissenschaft, Wirtschaft, Verwaltung und Politik im Spannungsfeld der dargestellten Wirkungsräume hängt in erster Linie von der Kompetenz, der Motivation und dem Engagement der Professoren ab. Wenn diese eine offensive Haltung gegenüber der Region und ihren Problemen einnehmen und nicht nur darauf warten, dass Unternehmen, Verbände und Verwaltungen mit ihren Problemen auf die Hochschule zukommen, sondern durch enge persönliche Kontakte zu regionalen Akteuren, durch Mitarbeit in Gremien, Verbänden, Vereinen und Netzwerken diese Probleme und Erfordernisse selbst gut kennen, lassen sich auch die Leistungspotenziale der Hochschule effizient und effektiv für die Region erschließen und weiterentwickeln.

Eine solche Arbeitsweise von Professoren setzt natürlich gleichermaßen hohe Aufgeschlossenheit und entsprechendes Engagement seitens der jeweiligen Hochschul-



leitung voraus und muss durch eine große Einsatzbereitschaft der Verwaltung sowie dienstleistender Bereiche der Hochschule zur Unterstützung regionalorientierter Projekte der Professoren und ihrer Mitarbeiter flankiert werden. Insgesamt muss an der Hochschule auch ein ausgeprägtes Klima für eine starke regionale Wirksamkeit entwickelt werden. Dies wird auch unterstützt durch entsprechende Anreizsysteme, wie etwa in der Technischen Fachhochschule Wildau durch Auslobung eines Lehrpreises bzw. eines Forschungspreises, sowie durch besondere Berücksichtigung von Drittmittelaktivitäten bei der leistungsbezogenen Aufteilung von Haushaltsmitteln der Fachhochschule auf die Fachbereiche.

Auf Seiten regionaler Akteure, der einzelnen Unternehmen, aber auch ihrer Verbände, der Kammern, Regionalverwaltungen und regionalen Entwicklungsinitiativen ist ebenfalls eine hohe Aufgeschlossenheit und ein aktives Zugehen auf die Hochschule und ein offensives Einbeziehen der Kompetenzen der Hochschulmitarbeiter und der Studenten in die Lösung regionaler Entwicklungsprobleme erforderlich.

Schließlich wirken auch bestimmte Maßnahmen auf der Ebene der Länder und des Bundes fördernd auf die regionale Wirksamkeit von Hochschulen. Beispielsweise hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung sein von 1992 bis 2003 aufgelegtes Förderprogramm „Anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen“ weiter profiliert und seit 2004 unter dem Titel „FH³ – Angewandte Forschung und Entwicklung für die Wirtschaft“ neu orientiert. Jetzt werden für die zu beantragenden Projekte nicht nur die Einbeziehung von Unternehmen, sondern zusätzlich Kooperationen mit anderen Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen, Verbänden u. ä. gefordert. Dies unterstützt in erster Linie auch die regionale Wirksamkeit, weil in der Regel solche jetzt größeren Verbände auf regionaler Ebene zustande kommen. Damit wird nicht nur die Drittmittelfähigkeit der Fachhochschulen gefördert, sondern auch ihre Integration in regionale Netzwerke.

Hervorzuheben ist auch, dass das Ministerium für Wissenschaft und Kultur des Landes Brandenburg mit Beginn des Haushaltsjahres 2004 ein neues leistungsbezogenes Modell zur Haushaltsbildung für die Hochschulen anwendet. In diesem Modell werden ebenfalls Kriterien und Kennziffern erstmalig bzw. verstärkt zur Anwendung gebracht, die z. B. Drittmittelaktivitäten in der Forschung und im Technologietransfer erfassen.

Beide beispielhaft genannten Maßnahmen werden sich zukünftig fördernd auf den Wettbewerb der Hochschulen hinsichtlich ihrer regionalen Wirksamkeit auswirken. Es ist zu erwarten, dass sich die Tendenz verstärken wird, dass Hochschulen zu einem Nukleus von Regionalen Innovationssystemen werden, wenn sie die oben diskutierten regionalen Wirkungsräume nachfragegerecht zunehmend auf höherem Niveau ausfüllen können und auf diesem Wege zu Schlüsselakteuren in ihren Regionen werden (vgl. Voß, 2002).

Anmerkungen

- [1] Ausführliche Quellenangaben siehe Literaturverzeichnis
- [2] Dabei wird wesentlich auf statistische Angaben aus einer aktuellen Präsentation „Technische Fachhochschule Wildau – Fakten, Zahlen, Entwicklungen“ des Präsidenten der TFH Wildau, Professor Dr. László Ungvári, zurückgegriffen
- [3] Der Rest der Befragten machte in einer schriftlichen Befragung von Absolventen der TFH Wildau im Jahr 2002 keine Angaben.

Literatur

- Bauer, E.-M.: Die Hochschule als Wirtschaftsfaktor. Eine systemorientierte und empirische Analyse universitätsbedingter Beschäftigungs-, Einkommens- und Informationseffekte – dargestellt am Beispiel der Ludwig-Maximilians-Universität München, Kallmünz / Regensburg 1997 (Münchner Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie, Bd. 41).
- Benson, L.: Regionalwirtschaftliche Effekte der Universität Trier. Eine Untersuchung der Auswirkungen auf die regionale Wirtschaft während der Leistungserstellungsphase, Trier 1997.
- Blume, L.; FROMM, O.: Regionalökonomische Bedeutung von Hochschulen. Eine empirische Untersuchung am Beispiel der Universität Gesamthochschule Kassel, Wiesbaden 2000.
- Drude, M.: Die Albert-Ludwigs-Universität Freiburg als Wirtschaftsfaktor für die Region, Freiburg/Br. 1995.
- Ewers, H.-J.; WETTMANN, R.W.: Innovationsrückstände und regionale Innovationspolitik im ländlichen Raum. In: Innovationsförderung im ländlichen Raum; Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7/8, 1980.
- Stifterverband: FuE Info 2/2003; hrsg. von Wissenschaftstatistik gGmbH im Stifterverband für die deutsche Wirtschaft, Essen 2003
- Franz, P.; Rosenfeld, M. T. W.; Roth, D.: Was bringt die Wissenschaft für die Wirtschaft in einer Region? Empirische Ergebnisse zu den Nachfrageeffekten und Hypothesen über mögliche Angebotseffekte der Wissenschaftseinrichtung in der Region Halle, Institut für Wirtschaftsforschung Halle (IWH) Juni 2002 Diskussionspapiere Nr. 163.
- Ganser, K.: Der Beitrag der Hochschulen zur Innovationsförderung im ländlichen Raum. In: Innovationsförderung im ländlichen Raum; Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7/8, 1980.
- Geppert, K.; Vesper, D.: Zur regionalwirtschaftlichen Bedeutung der Berliner Hochschulen, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1997.
- GEW (Hrsg.): Fachhochschulen in der deutschen Hochschullandschaft. Wo stehen sie? Wo wollen sie hin? Standpunkt der GEW, 1996. (www.gew-thueringen.de)
- Giese, E.; Aberle, G.; Kaufmann, L.: Wechselwirkungen zwischen Hochschule und Hochschulregion – Fallstudie Justus-Liebig-Universität Gießen, 2 Bde., Gießen 1982.
- Gloede, K.; Schirmag, T.; Schöler, K.: Ökonomische Wirkungen der Universität Potsdam auf die Region, Frankfurt/M. u. a. 1999.
- Große, U.; Hartmann, F.; Voß, R.: Internationale Trends in der Biotechnologie. Auswertung aktueller Trends in biotechnologischen Innovationslinien mit Relevanz für kleine und mittlere Unternehmen, Berlin 1998.



- Hecht, M.: Innovationspotentiale in der Region. Die regionalwirtschaftliche Bedeutung der Universität Greifswald, Regensburg 1998.
- Heimpold, G.: Die Unternehmenslücke in Ostdeutschland schließt sich noch nicht. *Wirtschaft im Wandel* 12/2003, S. 330.
- Holtkamp, R.: Forschung an Fachhochschulen. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. HIS-Kurzinformationen A2/1995.
- IWD: IWD, Nr. 13, 25. März 2004, S. 3.
- Kleinhenz, G.: Die Universität – Auswirkungen auf die Stadt Passau und das Umland, Passau 1990.
- Knödler R.; Tivig, T.: Die Universität Rostock als regionaler Wirtschaftsfaktor, Rostock 1996 (Thünen-Series of Applied Economic Theory, Working Paper No. 3).
- Koschatzky, K.; Zenker, A.: Innovative Regionen in Ostdeutschland – Merkmale, Defizite, Potentiale. Arbeitspapier Regionalforschung Nr. 17, April 1999, Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe.
- Kuhn, R.: Perspektiven und Probleme der Siedlungsentwicklung in den industriegeprägten Räumen der Peripherie Brandenburgs am Beispiel des brandenburgischen Teils der Lausitz. In: Zöpel, Ch. (Hrsg.): *Brandenburg 2025 in der Mitte Europas*, Band 2, Berlin/Potsdam 2002, S. 443-451.
- Möller, J.; Oberhofer, W.: *Universität und Region*, Regensburg 1997.
- Niermann, U.: *Wirtschaftsfaktor Universität – Eine input-output-orientierte Analyse am Beispiel der Universität Bielefeld*, 2 Bde., Münster 1996.
- Oser, U.; Schröder, E.: *Die Universität Konstanz als Wirtschaftsfaktor für die Region*, Konstanz 1995 (Center for International Labor Economics).
- Pfähler, W.; Clermont, C.; Gabriel, C.; Hofmann, U.: *Bildung und Wissenschaft als Wirtschafts- und Standortfaktor – Die regionalwirtschaftliche Bedeutung der Hamburger Hochschulbildungs- und Wissenschaftseinrichtungen*, Hamburg 1997.
- Pfaff, M.; Becker, W.: *Universität und Wirtschaftsstruktur. Zur kommunal- und regionalwirtschaftlichen Bedeutung der Universität Augsburg*, Augsburg 1990.
- Rosenfeld, M. T. W.; Heimpold, G.: *Öffentliche Forschung in Ostdeutschland: ein Hoffnungsträger für den wirtschaftlichen Aufschwung*. *Wirtschaft im Wandel* 15/2001, S. 393-404.
- Schultz, A.: *Die Universität als Wirtschaftsfaktor. Eine Untersuchung der regionalwirtschaftlichen Einkommens- und Beschäftigungseffekte sowie des Wissenstransfers der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*, Halle/S. 2001 (Diplomarbeit).
- Voigt, E.: *Die Universität als Wirtschaftsfaktor am Beispiel der TU Ilmenau*. In: *Raumforschung und Raumordnung*, 54. Jg., H. 4, 1996, S. 283-289.
- Voss, R.: *Regionale Innovationssysteme als Gegenstand eines neuen Forschungsverbundes der Region Berlin-Brandenburg*. In: Voß, R. (Hrsg.): *Regionale Innovationssysteme*, Berlin 2002 (Wildauer Schriftenreihe Innovationsmanagement; Bd. 2), S. 25-46.
- Willauschus, A.: *Wirtschaftliche Verflechtungen zwischen Hochschulen und Stadt. Eine empirische Analyse am Beispiel der Stadt Münster und ihren Hochschulen*, Baden-Baden 1979.
- Wissenschaftsrat (Hrsg.): *Empfehlungen zur Entwicklung des Wissenschaftsrates zur Entwicklung der Fachhochschulen in den 90er Jahren*, Köln 1991.

Autor

Prof. Dr. phil. Rainer Voß

Technische Fachhochschule Wildau

Dekan des Fachbereiches BW/WI

Leiter der Forschungsgruppe „Regionale Innovationscluster“

Tel. +49 3375 508-951

E-Mail: rvoss@igw.tfh-wildau.de



Ermittlung von Nutzeransprüchen an Funktionen der Stadt Königs Wusterhausen für eine zielgruppengerechte Stadtentwicklung

Ergebnisse und Erfahrungen studentischer Projektarbeit

Rainer Voß, Martina Brandt

1 Projekthintergrund

In vielen Städten und Gemeinden gibt es in den letzten Jahren verstärkte Stadtmarketing-Aktivitäten, die allerdings in der kommunalen Praxis inhaltlich sehr unterschiedlich ausgestaltet sind. [1] Zunehmend wird jedoch unter dem Stichwort „Stadtmarketing“ eine ganzheitliche, strategische Entwicklung der Stadt thematisiert, die

- zu einer verbesserten Standortqualität für die Wirtschaft führt,
- die Lebensqualität der Bewohner und Besucher erhöht,
- die Attraktivität der Innenstadt steigert und
- zu einer Effektivierung von Verwaltung und Politik beiträgt. [2]

Auch in Königs Wusterhausen sind seit Ende der 90er Jahre verschiedene Studien und Projekte unter dieser Zielstellung entwickelt worden, so z. B. die Erarbeitung eines Leitbildes für die Stadt, verschiedene konzeptionelle Analysen und Handlungsempfehlungen für die Bereiche Naherholung, Kultur und Tourismus, Einzelhandel und Gewerbe, Wohnen und Verkehr sowie die Bildung einer AG Stadtmarketing, die inzwischen ihre Tätigkeit wieder eingestellt hat. Um den ins Stocken geratenen Prozess der Umsetzung neu anzustoßen, bat die Stadtverwaltung um Unterstützung durch die im benachbarten Wildau ansässige Technische Fachhochschule.

Beschlossen während eines ausführlichen Gesprächs zwischen dem Bürgermeister von Königs Wusterhausen und dem Dekan des Fachbereichs Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik arbeiten die Stadtverwaltung und die Technische Fachhochschule Wildau nunmehr seit November vergangenen Jahres auf diesem Gebiet zusammen. Mit der Zielstellung, ein wissenschaftlich basiertes integriertes Entwicklungskonzept für die Stadt zu erarbeiten, vereinbarten sie zunächst eine Analyse der Ansprüche verschiedener Nutzergruppen an Funktionen der Stadt sowie an die Qualität vorhandener Leistungsangebote. Diese Analyse wurde wesentlich im Rahmen studentischer Projektarbeit in der Lehrveranstaltung „Projektmanagement“ von Professor Voß und unter Betreuung der Forschungsgruppe „Regionale Innovationscluster“ im Wintersemester 2003/04 realisiert.

2 Organisation der Teamarbeit und Analysemethoden

Sechs Projektteams aus jeweils drei bis vier StudentInnen der Betriebswirtschaft des siebten Semesters in der Vertiefungsrichtung „Unternehmensführung“ [3] befragten die Nutzergruppen

- Familien mit Kindern,
 - Jugendliche,
 - Senioren,
 - Behinderte,
 - Einzelhändler sowie
 - Handwerker/Dienstleister/sonstige Unternehmen
- bezüglich ihrer Ansprüche an wichtige Stadtfunktionen sowie der Qualität der bestehenden Angebote. Dazu erarbeiteten sie einen ausführlichen Fragebogen für eine schriftliche Befragung, führten zahlreiche leitfadengestützte Expertengespräche mit Vertretern verschiedener Interessengruppen und Institutionen, nahmen an Veranstaltungen teil und machten sich vor Ort selbst ein Bild. Ergänzend recherchierten sie die Situation der jeweiligen Nutzergruppe in anderen Städten vergleichbarer Größenordnung.

Die schriftliche Befragung bezog sich auf das äußere Erscheinungsbild der Stadt, die Verkehrs- und Einkaufssituation, Sicherheit und Sauberkeit, Gastronomie sowie Kultur und Sport und umfasste jeweils allgemeine und zielgruppenspezifische Fragestellungen. Diese Befragungsbereiche wurden gemeinsam unter Berücksichtigung der Stadtfunktionen und einer allgemeinen Mindmap zur Anspruchsanalyse entwickelt.

An der schriftlichen Befragung beteiligten sich insgesamt 274 Personen, wobei knapp ein Drittel der Nutzergruppe „Familien mit Kindern“ angehört (vgl. Abbildung 1). Die Nutzergruppe „Behinderte“ wurde nicht schriftlich befragt.

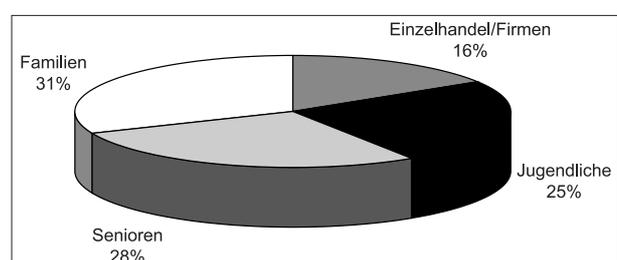


Abb. 1: Zusammensetzung des Befragungsrücklaufs (n=274)



In Expertengesprächen interviewte das Projektteam für die Nutzergruppe „Senioren“ Vertreter des Arbeiter-Samariter-Bundes, der Arbeiterwohlfahrt, des Seniorenbeirats, der Volkssolidarität, des Heimatvereins sowie der Seniorenheim Wildau GmbH. Ergänzend zur schriftlichen Befragung führte stellvertretend für die Nutzergruppe „Familien mit Kindern“ das Projektteam ein Gruppengespräch mit einem allein erziehenden Vater und einem jungen Elternpaar. Das Projektteam „Jugendliche“ suchte im Freizeithaus des Humanistischen Regionalverbandes Ostbrandenburg e. V. das Gespräch mit elf Jugendlichen im Alter von 12 bis 21 Jahren. Innerhalb der Nutzergruppe „Behinderte“ fanden Gespräche mit dem Behinderten Verband Königs Wusterhausen e. V., in der Frühförderungsstelle, der Integrationskindertagesstätte „Spiel Spaß“ und mit weiteren Interessenvertretern statt. Das Projektteam „Einzelhändler“ führte mehrere Interviews mit Mitgliedern der City-AG, der 15 Geschäftsinhaber, hauptsächlich aus der Bahnhofstraße, angehören. Um die Sicht der regional ansässigen Unternehmen persönlich kennen zu lernen, führte das entsprechende Projektteam ebenfalls mehrere Gespräche, z. B. mit dem Vorsitzenden des Gewerbevereins „Unteres Dahmeland“, einem Vertreter der IHK Cottbus aus der Niederlassung Königs Wusterhausen, der Kreishandwerkerschaft und der Geschäftsstelle der BARMER.

Die Erarbeitung der Fragebögen, die Durchführung der schriftlichen Befragung sowie die Vorbereitung der Expertengespräche erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung Königs Wusterhausen. Die für Wirtschaftsförderung, Stadtmarketing, Tourismus und Kultur verantwortliche Mitarbeiterin nahm an den regelmäßig durchgeführten Beratungen mit allen ProjektteamleiterInnen teil und vermittelte die Kontakte zu den Interviewexperten und weiteren Ansprechpartnern.

Das Projekt startete Mitte Oktober 2003 und endete am 29. Januar 2004 mit der Präsentation der Ergebnisse vor Vertretern der Stadtverwaltung und der am Projekt beteiligten Institutionen der Stadt. Diese öffentliche Präsentation stieß bei den mehr als 50 Besuchern, darunter viele Stadtverordnete, auf großes Interesse, was die zahlreichen Fragen an die studentischen Projektteams belegen. Den StudentInnen wurde auch von anwesenden Experten der Stadtentwicklungsforschung eine große Differenziertheit des ermittelten Meinungsbildes bescheinigt.

3 Darstellung ausgewählter Befragungsergebnisse

3.1 Erscheinungsbild von Königs Wusterhausen

Erfreulicherweise gaben 65 % aller schriftlich Befragten an, sehr gern in Königs Wusterhausen zu wohnen. Unter den Familien mit Kindern ist dieser Anteil mit 79 % sogar noch deutlich höher, bei den Jugendlichen beträgt er dagegen nur 31 % (weitere 31 % gaben an „weiß nicht“). 62 % aller Befragten halten Königs Wusterhausen für eine attraktive Stadt, in der man sich gern aufhält und

60 % finden, dass die Begrünung und Bepflanzung in der Innenstadt angenehm zum freundlichen Erscheinungsbild beitragen. Letzteres gilt jedoch nicht für das Neubaugebiet, hier bescheinigen weniger als ein Drittel der Begrünung einen positiven Effekt. Die Befragung der Nutzergruppe „Behinderte“ ergab den sehr konkreten Hinweis, bei der Aufstellung von Pflanzkübeln darauf zu achten, dass keine Orientierungsschwierigkeiten für die sehgeschwache und blinde Bevölkerung daraus resultieren. Diese Nutzergruppe schätzt insgesamt ein, dass noch viele Probleme gelöst werden müssen, um Königs Wusterhausen in eine behindertengerechte und barrierefreie Stadt zu verwandeln.

In der Außendarstellung der Stadt werden offensichtlich nicht alle Möglichkeiten ausgeschöpft. Darauf deutet der Befragungsbefund, dass nur 51 % das Stadtlogo kennen und nur 20 % den Internetauftritt der Stadt für ansprechend halten (40 % wissen es nicht, weitere 20 % machten keine Angabe). Auch alle befragten Unternehmer hielten den Internetauftritt der Stadt im Hinblick auf den Nutzen dieses Angebotes für Unternehmer und potenzielle Investoren für mangelhaft.

3.2 Verkehrssituation

Die Befragung zur Verkehrssituation bezog sich auf öffentliche Verkehrsmittel, die Erreichbarkeit der einzelnen Stadtteile mit dem Fahrrad und die Parkplatzsituation. Es stellte sich heraus, dass offensichtlich ein erheblicher Teil der Befragten die öffentlichen Verkehrsmittel nicht nutzt, denn 20 % äußerten sich nicht bezüglich der generellen Verkehrsanbindung durch Busse und Bahnen und 43 % nicht bezüglich konkreter Merkmale des öffentlichen Nahverkehrs. Die übrigen 57 % der Befragten sind mehrheitlich zufrieden, und zwar hinsichtlich

- Verkehrsanbindung innerhalb der Innenstadt (86 %),
- Verkehrsanbindung ins Umland (72 %),
- Verkehrsanbindung nach Berlin (93 %),
- Erschließung der Ortsteile (67 %),
- Fahrdauer (68 %),
- Fahrtenhäufigkeit (51 %) sowie
- Abständen zwischen den Haltepunkten (77 %).

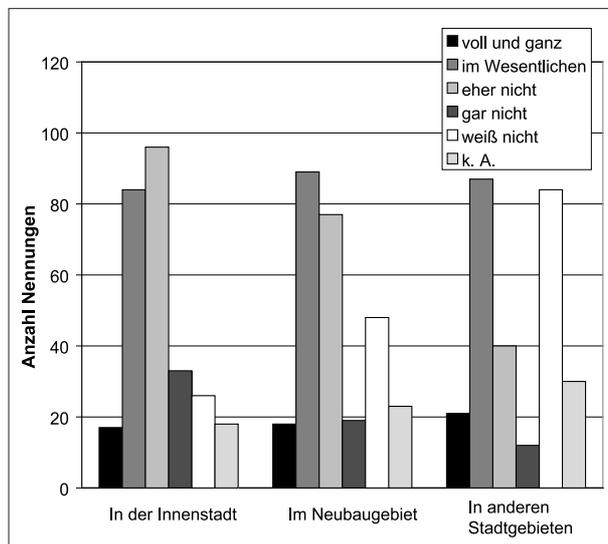


Abb. 2: Ich finde in der Regel einen Parkplatz (n=274)



Die Zielgruppe „Behinderte“ vermerkt positiv, dass die Verkehrsampeln überwiegend mit Leitstreifen und Signal-tönen ausgestattet sind. Die meisten Bushaltestellen sind nicht behindertengerecht, die Fahrpläne hängen zu hoch, die Schrift ist zu klein und der Zeilenabstand zu eng. Gehbehinderte Personen können nur an einem einzigen Wochentag mit einem Niederflerbus zum Einkaufen ins A10-Center fahren, der zudem des Öfteren unpünktlich ist oder gänzlich ausfällt und unzureichend mit Haltegurten ausgestattet ist. Die meisten Befragten teilen die Meinung, dass die einzelnen Stadtteile gut mit dem Fahrrad zu erreichen sind (29 % teilen sie voll und ganz, weitere 44 % im Wesentlichen). In der Stadt gibt es eine ausreichende Anzahl von Radwegen, aber auf den stark befahrenen Straßen, z. B. in Richtung Zeesen oder an der Berliner Straße, sind die Radfahrer überwiegend auf die nicht ungefährliche Nutzung der Straße angewiesen.

Deutlich kritischer stellt sich die Parkplatzsituation dar, vor allem in der Innenstadt, wie Abbildung 2 veranschaulicht. Besonders wird der akute Parkplatzmangel vor öffentlichen Einrichtungen (Arbeitsamt, Gericht, Finanzamt,...) bemängelt.

Die befragten Jugendlichen kritisierten, dass die abendliche Verkehrsanbindung mit Bus und Bahn an das A10-Center unzureichend ist, weshalb die Nutzung des dortigen Kinos, der Bowlingbahn und der Szene-Cafes im A10-Center ohne Führerschein oder den Einsatz der Eltern erschwert ist.

3.3 Einkaufssituation/Wochenmärkte

Die meisten Befragten halten die Laden-Öffnungszeiten in Königs Wusterhausen für ausreichend lang. Bezogen auf die Innenstadt sind 65 % dieser Meinung, für das Neubaugebiet jedoch nur 58 %. Die fachliche Beratung in den Geschäften wird von 57 % der Befragten als kompetent und freundlich empfunden (19 % empfinden es eher nicht, 3 % gar nicht), mit dem Service sind 62 % zufrieden. Jedoch wünscht sich eine Mehrheit der Befragten, dass sowohl die Geschäftsinhaber ihre Öffnungszeiten aufeinander abstimmen sollten (70 %), als auch Behörden und öffentliche Einrichtungen (76 %).

Von den befragten Familien nutzt allerdings nur etwa die Hälfte den Stadtkern als Einkaufsmöglichkeit, im Neubaugebiet sind es sogar nur 27 %. Zur Verbesserung des Angebots in der Innenstadt würden sie sich einen Kinder- und Spielzeugladen sowie ein Sportfachgeschäft wünschen.

Die beiden Wochenmärkte sind für die meisten Befragten Anziehungspunkte der Stadt, dabei schneidet der Wochenmarkt in der Bahnhofstraße etwas besser ab.

Die befragten Einzelhändler bemängeln das Fehlen eines „echten“ Stadtkerns mit Magnetfunktion und sind mehrheitlich der Überzeugung, dass ein neues Kaufhaus auf dem Gebiet des alten Konsum-Kaufhauses in der Bahnhofstraße wesentlich dazu beitragen würde, mehr Kunden auch in ihre Geschäfte zu locken, weshalb

ein solches Kaufhaus von ihnen ausdrücklich gewünscht wird. Den Wochenmarkt halten sie für wenig attraktiv und wünschen sich ein anderes Sortiment sowie verminderte Standmieten.

Die befragten Jugendlichen empfinden sich nicht als Zielgruppe der Wochenmärkte. Sie sind der Auffassung, dass diese nur für ältere Bürger Anziehungspunkte sind und vermissen hier z. B. (bezahlbare) Kleidung für ihre Altersgruppe.

Die befragten Senioren waren in der Tat mit dem angebotenen Sortiment mehrheitlich zufrieden und machten einzelne Vorschläge zur Erweiterung des Sortiments. Jedoch empfanden sie den ehemaligen Wochenmarkt an der Schleuse im Nottekanal als umfangreicher und attraktiver und äußerten ihr Unverständnis, warum dieser geschlossen bzw. sein Konzept nicht auf die beiden neuen Märkte übertragen wurde.

3.4 Sicherheit/Sauberkeit

Für das Wohlfühlen in einer Stadt sind die Bereiche Sicherheit und Sauberkeit wesentliche Aspekte. Diesbezüglich lassen sich erhebliche Defizite ausmachen. So wird Königs Wusterhausen nur von 43 % der Befragten als eine saubere Stadt wahrgenommen. Die Einzelhändler schätzen vor allem die Reinigung am Samstagmorgen nach Disco-Veranstaltungen als verbesserungswürdig ein. Nach Stadtfesten sollte schneller für Sauberkeit in der Bahnhofstraße gesorgt werden.

Durch alle Nutzergruppen werden vermüllte Gehwege und Grünanlagen kritisiert, der ständig verschmutzte Weg am Kanal, Schmierereien an Gebäuden sowie überquellende und nicht richtig befestigte Müllsammelbehälter.

Das Sicherheitsgefühl der Befragten differiert nach der Tageszeit. Während sich tagsüber 76 % sehr sicher fühlen (16 % eher nicht, 4 % gar nicht), trifft dies nach Einbruch der Dunkelheit nur noch auf 26 % zu, obwohl 65 % der Meinung sind, dass die Beleuchtung in Königs Wusterhausen hell und freundlich ist (29 % eher nicht, 6 % gar nicht).

3.5 Gastronomie

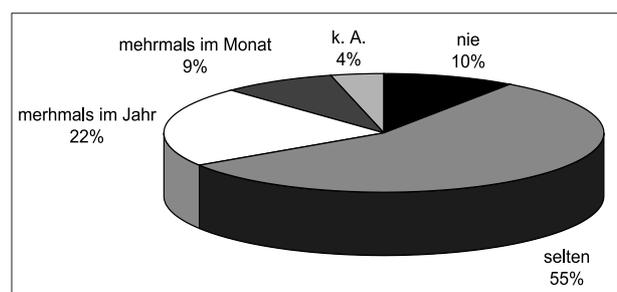


Abb. 3: Wie oft nutzen Sie die Gastronomie in KW? (n=235)

Wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird, werden die gastronomischen Einrichtungen in Königs Wusterhausen von weniger als einem Drittel der Befragten regelmäßig



genutzt. Dennoch sind die meisten der Auffassung, dass zumindest in der Innenstadt das Spektrum der gastronomischen Einrichtungen ausreichend ist.

Dass die Gastronomie zum Verweilen einlädt, hält die Mehrheit ebenfalls nur bezogen auf die Innenstadt für zutreffend (vgl. Abbildung 4). Jedoch ist die Ausstattung ganz überwiegend nicht behindertenfreundlich. So haben die meisten Gaststätten schwer zugängliche Toiletten, ein Behinderten-WC ist nur selten vorhanden.

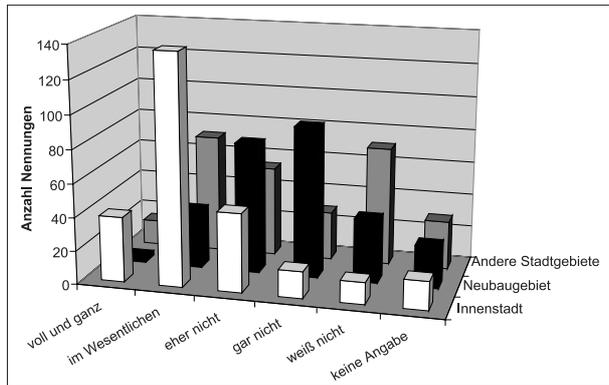


Abb. 4: Die Gastronomie lädt zum Verweilen ein (n=274)

Qualität und Service in der Gastronomie werden ganz überwiegend positiv bewertet (53 % im Wesentlichen zufrieden, 9 % voll und ganz zufrieden). Unzufrieden sind nur 17 % der Befragten (3 % völlig unzufrieden, 14 % eher nicht zufrieden).

Während die Nutzergruppen „Behinderte“ und „Senioren“ das ausländische Speisenangebot für ausreichend hält und eher die deutsche Küche vermisst, wünschen sich die befragten Jugendlichen mehr international ausgerichtete Restaurants, z. B. einen Mexikaner oder einen Griechen und gemütliche Bars/Cafes.

3.6 Kultur und Sport

Das Meinungsbild der Befragten zum kulturellen Angebot in der Stadt ist geteilt, wie die Abbildung 5 veranschaulicht. Etwas positiver stellt sich die Situation bezogen auf das Angebot an Sport- und Freizeiteinrichtungen sowie das Angebot durch Vereine dar (vgl. Abbildung 6).

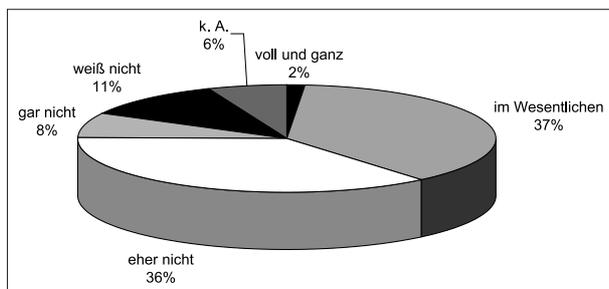


Abb. 5: Das kulturelle Angebot in KW ist ansprechend (n=198)

Ein Theater und die Förderung von Theatergruppen, die Wiedereröffnung des Kinos und eine intensivere Nutzung der neuen Turnhalle werden daher vielfach gefordert. Auch eine Schwimmhalle und mehr öffentlich ausgetragene Sportwettkämpfe werden von vielen vermisst.

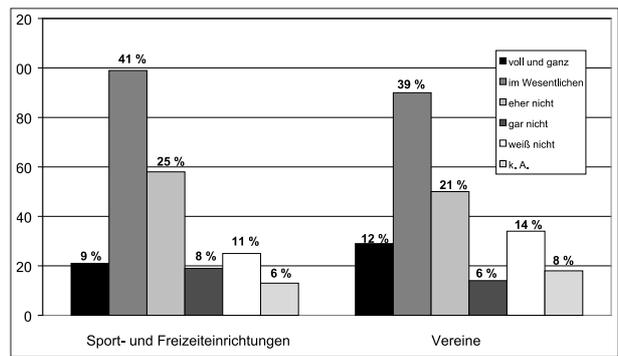


Abb. 6: Das Angebot an Sport- und Freizeiteinrichtungen und Vereinen ist zufriedenstellend (n=235)

Von den befragten Familien mit Kindern halten 48 % die Preise für Freizeitaktivitäten für nicht familiengerecht. Insgesamt werden jedoch eine Vielzahl von Freizeitangeboten in Königs Wusterhausen sowohl von Eltern als auch von Kindern genutzt. Allerdings werden fehlende Informationen über Angebote für Kinder/Jugendliche bemängelt. Ein Drittel der Jugendlichen verbringt seine Freizeit im Umland. Diese Nutzergruppe vermisst neben dem Kino vor allem ein Angebot an speziellen Sportarten wie einen Basketballplatz, einen Skaterpark, eine Schwimmhalle, eine Schlittschuhbahn oder die Gelegenheit, Kart zu fahren.

Die Senioren sehen die Freizeitangebote der Stadt (Stadt-feste, Sportmöglichkeiten, Vereine) als zufrieden stellend an (vor allem auch die Angebote des Arbeiter-Samariter-Bundes und der Arbeiterwohlfahrt), halten jedoch das kulturelle Angebot für unzureichend. Allerdings waren nur der Hälfte aller Befragten die Angebote der Stadt für Senioren bekannt, noch weniger wussten über die Aktivitäten des Seniorenbeirats Bescheid.

Straßenfeste werden meist von Interessengemeinschaften organisiert und durchgeführt. Die Zusammenarbeit mit der Stadt auf diesem Gebiet wird von den befragten Unternehmern als verbesserungswürdig beurteilt.

3.7 Die Stadtverwaltung aus Unternehmenssicht

Die befragten Unternehmen erwarten, dass ihre Stadtverwaltung in partnerschaftlicher Weise als Dienstleister für die Unternehmen unterstützend tätig wird und ein Bindeglied zwischen den verschiedenen Interessengruppen (Unternehmen, Einwohner, Investoren, Landesregierung, ...) verkörpert. Sie verweisen zwar auf eine lobenswerte Zusammenarbeit mit der obersten Verwaltungsebene, sehen aber durchaus Defizite auf der mittleren und unteren Ebene, wo die Kooperation unter zu zeitintensiven und unflexiblen Abläufen und Entscheidungsprozessen leidet. Daraus ergibt sich der Wunsch nach Abbau von Bürokratie und dem Beschreiten neuer Wege in der Verwaltungsarbeit.

Die Unternehmen unterbreiten zum Teil sehr konkrete Vorstellungen, wie die vorhandenen Probleme gelöst werden könnten:

- Vernetzung der Nutzergruppen, Interessenvertreter und externen Stakeholder (z. B. Investoren) durch die



Stadtverwaltung in Form einer zentralen Kommunikationsplattform.

- Schaffung der Stelle eines „City-Managers“ innerhalb der Stadtverwaltung. Dieser übernimmt die Funktion eines „Außenministers“, er repräsentiert Königs Wusterhausen nach außen, knüpft Kontakte, betreibt Lobbyarbeit und gewinnt dadurch Investoren für die Stadt.
- Erweiterung der Kompetenzen der Mitarbeiter der Stadtverwaltung, damit eigenverantwortliches und über Verwaltungsebenen hinausgehendes Handeln gefördert und Unternehmern der „Verwaltungs-marathon“ erspart wird. Im Mittelpunkt sollte der Unternehmer stehen, für den die Dienstleistung erbracht wird.
- Senkung des Gewerbesteuerhebesatzes auf null Prozent, um Königs Wusterhausen einen strategischen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen Gemeinden zu verschaffen.

4 Ausblick auf weiterführende Projektaktivitäten

Für die weitere Arbeit der Stadtverwaltung und der Hochschule ist zunächst geplant, Stärken-Schwächen-Profile für die analysierten Stadtfunktionen aus der Sicht der unterschiedlichen Nutzergruppen zu erarbeiten.

Darauf basierend und unter Nutzung erster Projektvorschläge aus der Arbeit der studentischen Projektteams werden Schlussfolgerungen zum Stadtentwicklungskonzept und für ein zielgruppengerechtes Stadtmarketing abgeleitet.

Konkrete Projektvorschläge zielen zum einen auf eine Neukonzipierung des bestehenden Internetauftritts der Stadt Königs Wusterhausen in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Wildau. Dieser sollte nutzergerecht für verschiedene Anwender erarbeitet werden, mit dem Hauptaugenmerk auf Unternehmen und potenzielle Investoren (z. B. Auftragsbearbeitung online). Zum anderen wird die Erarbeitung eines Entwicklungskonzepts für den Stadtkern unter Einbeziehung aller Interessengruppen wie Vermieter, Gewerbetreibende, Konsumenten, Anwohner, Stadtverwaltung und potenzielle Unternehmensgründer angeregt mit dem Ziel, eine eigene Identität für den Stadtkern zu entwickeln.

5 Erfahrungen aus der Projektarbeit für StudentInnen und Betreuer

Die Durchführung des beschriebenen Projektes stellte an die Organisation und Begleitung der Teamarbeit hohe Anforderungen. So mussten innerhalb weniger Wochen nicht nur umfangreiches Befragungsmaterial erstellt und verteilt, sondern auch eine Vielzahl von Gesprächsterminen organisiert, koordiniert, wahrgenommen und die Ergebnisse ausgewertet werden. Daher überrascht es nicht, dass die studentischen Teams in ihren zu benotenden Projektdokumentationen als Haupterfahrung auswiesen, „dass sich nicht alles planen und vorhersehen

lässt und trotz Risikoanalyse nicht zu erwartende Ereignisse grundlegende Veränderungen zum Projektplan brachten“ (Team Handwerk/Dienstleistungen), oder zu der Erkenntnis gelangten, „dass manchmal geforderte Ziele nur mit einem hohen Maß an Eigeninitiative und die Unterstützung durch eigene Kontakte zu erfüllen waren“ (Team Familien mit Kindern).

Die geplanten Befragungskonzepte der einzelnen Teams mussten untereinander abgestimmt werden, um eine Auswertung über alle Interessengruppen hinweg zu ermöglichen. Dies erforderte mehrfache und heiße Diskussionen, um für alle akzeptable Kompromisse zu erstreiten. Dass den Teams dabei durch die Projektleitung (Professor, wissenschaftliche Betreuerin) weitgehend freie Hand gelassen wurde, fand nicht unbedingt nur positive Resonanz. So meint ein Team, „ein Moderator in den Teamleitersitzungen wäre hilfreich gewesen, um kontraproduktive Debatten einzugrenzen“, schätzt aber zugleich ein, dass „die Zusammenarbeit ... stets konstruktiv war“.

Ein Teilprojekt (Handwerk/Dienstleistung) konnte aufgrund der zu geringen Rücklaufquote keine quantitative Auswertung durchführen und bedauerte, „sämtliche Interventionsmöglichkeiten abgegeben“ zu haben, da der Versand der Fragebögen durch die Stadtverwaltung organisiert wurde. Hinzu kam der für Befragungen bei Firmen ungünstige Zeitraum des Jahreswechsels, zu dem es jedoch angesichts der zeitlichen Bindung an das Semester keine Alternative gab.

Wichtige Lerneffekte stellten sich auch in Bezug auf die Durchführung der Expertengespräche ein. Ein Team schätzt dazu ein: „Die Erstellung des Interviewleitfadens hat sich als äußerst sinnvoll herausgestellt, da dadurch bei den Interviews ein ‚roter Faden‘ vorgegeben und ein zu starkes ‚Abschweifen‘ von der Thematik verhindert wurde. Der Informationsgehalt war zum Teil erdrückend. Daher war es von Vorteil, zu zweit zu den Gesprächen zu fahren und eine Unterteilung in Moderator und Protokollant vorzunehmen.“

Die Teams fanden sich größtenteils aufgrund vorliegender Erfahrungen vergangener Semester zusammen und bescheinigten sich durchweg eine gute Zusammenarbeit:

- „Im Team gab es weder Verständigungsprobleme noch Hindernisse in jeglicher Art und Weise.“ (Team „Behinderte“)
- „Die Kommunikation verlief stets umgehend, umfassend und reibungslos. Entscheidungen fällten wir immer nach ausführlichen Diskussionen gemeinsam und zur Zufriedenheit aller. ... Trotzdem wir eine heterogene Gruppe mit sehr stark ausgeprägten Charakteren sind, fanden wir stets einen Konsens und innovative Lösungen.“ (Team „Einzelhändler“)
- „Die Arbeit des Projektteams war über die gesamte Bearbeitungszeit harmonisch. Richtungsweisende Entscheidungen und Arbeiten wurde im Team diskutiert und ausgearbeitet.“ (Team „Jugendliche“)
- „Die Zusammenarbeit der Projektmitglieder untereinander verlief reibungslos. Bei Terminabsprachen gab es keine Probleme.“ (Team „Senioren“)



Die Arbeitsteilung und die Wahrnehmung der Teamleiterfunktion vereinbarten die Teams eigenständig. Manchen gelang es optimal, die unterschiedlichen Stärken ihrer Mitglieder zum Einsatz zu bringen. Das Team „Einzelhändler“ nutzte beispielsweise die Vorliebe eines Mitglieds für Microsoft Excel, ihm die Fragebogenaktion zu übertragen, übertrug dem „Kenner“ von Microsoft Power Point die Erstellung der Präsentation und ließ die durch sicheres Auftreten und große Kommunikationsbereitschaft gekennzeichneten Teammitglieder präsentieren. Andere Teams nahmen die Arbeitsteilung nach inhaltlichen Aspekten vor. So teilte sich z. B. das Team „Jugendliche“ ihre Zielgruppe nach Altersstufen auf. Im Team „Familie mit Kindern“ erfolgte die Bearbeitung der einzelnen Teilaufgaben zum großen Teil gemeinschaftlich, jedoch wurden organisatorische Arbeiten aufgeteilt, so war ein Teammitglied für die Erstellung der Statusberichte, Meilensteine sowie die Überarbeitung der Protokolle verantwortlich und übernahm damit große Teile des Projektcontrollings, ein anderes war für die Aufbereitung des zuvor gemeinschaftlich erstellten Rahmens des Projektmanagementinstruments „MS Project“ zuständig. Eine Projektleiterin schätzt ein, dass „die Führungssituation eine sehr interessante Erfahrung und Herausforderung war und sie persönliche Kenntnisse positiv erweitern konnte“.

Durch die den Teams zwingend abverlangte Planung und Steuerung jedes Teilprojekts unter Nutzung der Software „MS Project“ wurden die typischen Phasen und Konflikte eines Projektes für jeden sehr gut erlebbar. Ein Team schätzt ein: „Besonders die Bedeutung der einzelnen Projektphasen und die Nutzung von Software sind uns eine große Hilfestellung für zukünftige Projekte.“ Die Teams konnten dabei unmittelbar die Notwendigkeit der Kalkulation potenzieller Risiken erleben, wie folgende Schilderung in einem Projektbericht verdeutlicht: „Insbesondere in der Schlussphase des Projektes musste das Team viele Rückschläge einstecken, da Fragebögen zeitweise verschollen waren und erst wenige Tage vor Abschluss des Projekts zur Auswertung zur Verfügung standen. Da das Projekt in sich jedoch genügend Pufferzeiten auswies, stellte dies zumeist kein Problem dar.“

Die Gewinnung geeigneter Gesprächspartner gelang dank der Unterstützung durch die Stadtverwaltung in der Regel problemlos. In Einzelfällen war aber auch Hartnäckigkeit bei der Terminvereinbarung gefragt, wie folgender Schilderung eines Teams zu entnehmen ist: „Erhebliche Startschwierigkeiten gab es mit (...). Hier fühlte sich zunächst niemand verantwortlich, es war kein Ansprechpartner zu bekommen und auch schien kein Interesse zu bestehen. Bei einem zweiten Telefonat mit (...) und nochmaligem Erklären des Projektes kam die Antwort ‚Können sie sich da nicht an andere wenden?‘ Das war recht schockierend.“ Aber auch hier konnte das Team letztendlich zwei interessante Gesprächspartner ausfindig machen, die ihm wertvolle Informationen vermittelten.

Aus der Sicht der Betreuung der Teams lässt sich als wohl wichtigste Erfahrung für die künftige Durchführung

von Praxisprojekten im Rahmen termingebundener Lehrveranstaltungen festhalten, dass die Bekanntmachung mit dem Praxisproblem möglichst bereits in der ersten Lehrveranstaltung erfolgen sollte. Dies ermöglicht einen frühzeitigen Beginn der praktischen Arbeit mit möglichst großer zeitlicher Überlappung zur einführenden theoretisch-methodischen Wissensvermittlung und trägt dazu bei, den zwangsläufig gegebenen Zeitdruck zu senken.

Insgesamt hat die Durchführung dieses Projekts erneut den hohen Lerneffekt für die StudentInnen verdeutlicht, wenn im Rahmen einer Lehrveranstaltung die Wissensvermittlung einhergeht mit der Chance, Projektmanagementmethoden und die eigene Teamfähigkeit bzw. Führungskompetenz beim Bearbeiten aktueller Aufgabenstellungen aus der Praxis zu erproben sowie Kenntnisse und Präsentationsfähigkeiten vor Praxispartnern unter Beweis zu stellen. Bereits in voran gegangenen Semestern hatten studentische Teams Ergebnisse ihrer Projektarbeit erfolgreich vor Praxisvertretern verteidigt. Dass hierbei dem fachlich geeigneten Spektrum für ein Projektstudium kaum Grenzen gesetzt sind, zeigt die große Bandbreite der bisher bearbeiteten Themen. Sie reicht von Marktanalysen für regional ansässige Firmen über die Erarbeitung von Varianten eines Kostenrechnungssystems für eine neue Fertigungslinie bis zu Aufschlussanalysen von Profilierungsstrategien anderer Regionen und Standorte am Beispiel Luftverkehr. Über die gelungene Präsentation studentischer Projektteams vor Unternehmensvertretern aus der Luftverkehrsbranche und des Regionalmanagements im Rahmen einer Veranstaltung des Verbundes Berlin-Brandenburg Aerospace Allianz wurde bereits in einer TFH-Info berichtet. [4] Solche Erfolgserlebnisse tragen zweifellos auch zu Motivation und Selbstbewusstsein für das Diplomsemester und das spätere Berufsleben bei.

Literatur/Anmerkungen

- [1] vgl.: Grabow, Busso; Holbach-Grömig, Beate: Stadtmarketing – eine kritische Zwischenbilanz. In: Difu-Beiträge zur Stadtforschung, Bd. 25, Berlin 1998.
- [2] vgl.: Stadtmarketing-Verständnis der CIMA-Stadtmarketing unter www.cima.de/smverst.htm, S. 1.
- [3] Folgende StudentInnen gehörten den jeweiligen Projektteams an: Team „Senioren“: Kathrin Reinecke, Cornelia Böhme, Simone Nowak, Nicolas Ossysek; Team „Behinderte“: Stefanie Radtke, Thomas Eichholz, Henry Bielgig; Team „Jugendliche“: Gordon Adams, Ronny Rensch, Daniela Schulz; Team „Dienstleistung/Handwerk“: Thomas Hermann, Oliver Goldschmidt, Christian Westphal, Rene Engelhardt; Team „Einzelhändler“: Ramona Rudolf, Anne Dedek, Tobias Robel, Sten Schulze; Team „Familien mit Kindern“: Stefanie Zier, Berit Koitz, Antje Lehmann.
- [4] vgl.: Voß, Rainer: Studenten präsentieren Projektergebnisse vor Unternehmerverbund. In: TFH-Info Nr. 3/2003, S. 1.



Autoren

Prof. Dr. phil. Rainer Voß

Technische Fachhochschule Wildau
Dekan des Fachbereiches Betriebswirtschaft/
Wirtschaftsinformatik
Leiter der Forschungsgruppe „Regionale Innovations-
cluster“
Tel. +49 3375 508-951
E-Mail: rvoss@igw.tfh-wildau.de

Dr. oec. Martina Brandt

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Betriebswirtschaft/Wirtschaftsinformatik
Forschungsgruppe „Regionale Innovationscluster“
Tel. +49 3375 508-512
E-Mail: mbrandt@wi-bw.tfh-wildau.de



Entwicklung eines Methodenapparates zur Identifikation und Input-/Outputvernetzung von Geschäftsprozessen zur Sicherung eines nachhaltigen Geschäftserfolges in KMU

Ingolf Wohlfahrt

1 Einleitung

Im Rahmen der Entwicklung und Umsetzung einer Qualitätsstrategie für die Region Berlin-Brandenburg wurden auf Initiative der Qualitätsinitiative Berlin-Brandenburg Schwerpunkte für die Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in der Region abgeleitet. Die Technische Fachhochschule Wildau, selbst Partner der Qualitätsinitiative Berlin-Brandenburg, reichte ein entsprechendes Forschungsprojekt zur Bearbeitung ein, welches durch den Auftraggeber, die RKW Brandenburg GmbH, ebenfalls Partner der Qualitätsinitiative Berlin-Brandenburg, bestätigt wurde. Die Bearbeitung des Forschungsprojektes mit dem Titel „Entwicklung eines Methodenapparates zur Identifikation und Input-/Outputvernetzung von Geschäftsprozessen als Basis der Sicherung eines nachhaltigen Geschäftserfolges in KMU“ erfolgte in den Jahren 2002 und 2003 durch die Projektgruppe Qualitätsmanagement an der Technischen Fachhochschule Wildau. Im Februar 2003 konnten die Ergebnisse des Forschungsprojektes den Partnern der Qualitätsinitiative Berlin-Brandenburg vorgestellt werden. [1] Dieses Forschungsprojekt wurde durch die Europäische Union und das Land Brandenburg gefördert.

2 Situationsbeschreibung

Die primäre Zielstellung eines jeden Unternehmens ist seit jeher ein dauerhafter Geschäftserfolg. Unternehmerische Tätigkeit wird unter den heutigen Bedingungen des herrschenden Verdrängungswettbewerbs und der Ausprägung eines Käufermarktes wesentlich geprägt durch:

- ein hohes Entwicklungstempo technologischer Innovation,
- sich ständig ändernde Arbeitsprozesse sowie
- einen häufigen Wechsel im wirtschaftlichen, sozialen und kundenbezogenen Umfeld.

Der sich so verschärfende Wettbewerb und die Internationalisierung der Märkte erfordern einen Paradigmenwechsel bei der Gestaltung des betrieblichen Qualitätsmanagements als Wettbewerbselement und Management-Tool. Gefragt sind betriebliche Lösungen, welche die Identifikation aktueller und zukünftiger Forderungen interessierter Parteien des Unternehmens in den Mittelpunkt betrieblicher Aktivitäten stellen und deren angemessene Erfüllung auf wirksame und effiziente Weise einen nachhaltigen und dauerhaften Ge-

schäftserfolg gewährleisten. In diesen Zusammenhang ist die Weiterentwicklung von Normen und Modellen zum Qualitätsmanagement, wie die Normenfamilie ISO 9000:2000, das EFQM-Modell für Excellence und andere Regelwerke, einzuordnen. Sie bieten ein breites Spektrum von Forderungen und gedanklichen Ansatzpunkten für die Realisierung des o. g. Paradigmenwechsels. Was sie nicht bieten können und wollen, sind die Methoden zu seiner betriebsspezifischen Umsetzung. Fakt ist aber, dass das Streben nach Excellence eine systematische Arbeit auf der Basis betriebsspezifisch adaptierter Methoden und Werkzeuge des Qualitätsmanagements erfordert. Analysen des Forschungsauftragnehmers zeigen, dass die Realisierung o. g. Forderungen bei der Einrichtung und Gestaltung von QM-Systemen, bei der Weiterentwicklung solcher Systeme sowie bei der Realisierung von TQM-Konzepten in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) eine sehr anspruchsvolle Aufgabenstellung darstellt, auch weil ein entsprechender Methodenapparat für ihre Realisierung fehlt. Nachweislich sind es aber gerade die auf Excellence ausgerichteten Faktoren, die unter den heutigen marktwirtschaftlichen Bedingungen großen Einfluss auf den Geschäftserfolg haben. Dies belegen u. a. Untersuchungen in den USA. [2]

3 Aufgabenstellung

Die Teilaufgaben des Forschungsprojektes waren wie folgt zu umreißen:

1. Erarbeitung eines Methodenapparates zur Ermittlung des Handlungsbedarfes von Unternehmen zur angemessenen Erfüllung der Forderungen ihrer interessierten Parteien.
2. Erarbeitung eines Methodenapparates
 - zur Identifizierung der wertschöpfenden Kernprozesse und der sie flankierenden Management- und Unterstützungsprozesse unter Berücksichtigung der zwischen ihnen anzutreffenden Wechselwirkungen,
 - zur Input-/Output-Vernetzung der Geschäftsprozesse auf der Grundlage von möglichst quantitativen Mess- und Zielgrößen sowie
 - zur Einbindung der Mess- und Zielgrößen in das Unternehmenscontrolling.
3. Diskussion und Erprobung des Methodenapparates im Sinne seiner wirtschaftlich sinnvollen Einbindung in gelebte QM-Systeme ausgewählter Unternehmen als Beitrag zur Entwicklung umfassenden Qualitätsmanagements auf der Basis der Normenreihe DIN EN ISO 9000:2000 sowie des EFQM-Modells für Excellence.



4. Verallgemeinerung der Untersuchungsergebnisse und Erarbeitung eines branchenneutralen Leitfadens (TQM-Methodenkatalog) für die Nutzung des entwickelten Methodenapparates zur Gestaltung und Weiterentwicklung betrieblicher QM-Systeme in KMU nach TQM-Aspekten.

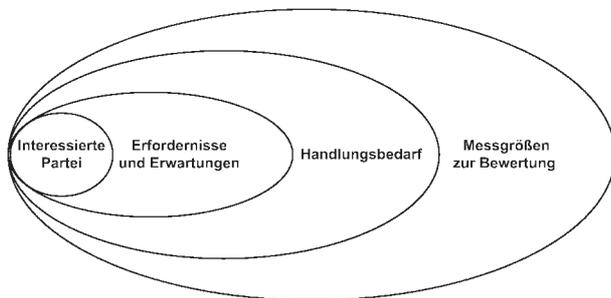


Abb. 1: Ereigniskette zur Ableitung des Handlungsbedarfs und dessen Bewertung aus den Forderungen und Erwartungen interessierter Parteien

4 Aspekte der DIN EN ISO 9004:2000 und des EFQM-Modells für Excellence

Als wesentliche Systematisierungsgrundlagen für die Erarbeitung von Lösungsansätzen wurden die Normenreihe DIN EN ISO 9000:2000 sowie das EFQM-Modell für Excellence genutzt. Nachfolgende Auszüge aus diesen Systematisierungsgrundlagen unterstreichen die Relevanz des bearbeiteten Forschungsthemas. Sie sollen gleichzeitig als Argumentationshilfe für die Nutzung von Ergebnissen des vorliegenden Kataloges dienen.

DIN EN ISO 9000:2000 ff. (Auszüge)

„Der Erfolg der Organisation hängt vom Verstehen und Zufriedenstellen der gegenwärtigen und zukünftigen Erfordernisse und Erwartungen tatsächlicher und potenzieller Kunden und Endabnehmer sowie dem Verstehen und Berücksichtigen der Erfordernisse und Erwartungen anderer interessierter Parteien ab.“

„Um die Erfordernisse und Erwartungen interessierter Parteien zu verstehen und ihnen zu entsprechen, sollte eine Organisation:

- ihre interessierten Parteien ermitteln und stets ausgewogen auf deren Erfordernisse und Erwartungen reagieren,
- erkannte Erfordernisse und Erwartungen in Anforderungen umsetzen,
- diese Anforderungen auf allen Ebenen der Organisation vermitteln und
- sich auf Prozessverbesserung konzentrieren, um Wert für die ermittelten interessierten Parteien zu sichern.“

„Die Überwachung der Zufriedenheit der interessierten Parteien erfordert die Beurteilung von Informationen darüber, welche Wahrnehmung bei den interessierten Parteien über die Erfüllung der Anforderungen der interessierten Parteien durch die Organisation herrschen.“

„Die Anwendung eines Systems von Prozessen in einer Organisation, gepaart mit dem Erkennen und den Wechselwirkungen dieser Prozesse sowie deren Management, kann als prozessorientierter Ansatz bezeichnet werden.

Bei der Verwendung in einem QM-System betont ein derartiger Ansatz die Bedeutung:

- des Verstehens und der Erfüllung von Anforderungen,
- der Notwendigkeit, Prozesse aus der Sicht der Wertschöpfung zu betrachten,
- der Erzielung von Ergebnissen bezüglich Prozessleistung und -wirksamkeit und
- der ständigen Verbesserung von Prozessen auf der Grundlage objektiver Messungen.“

„Jeder Prozess stellt eine Abfolge von miteinander in Beziehung stehenden Tätigkeiten bzw. eine Tätigkeit dar, die sowohl Eingaben als auch Ergebnisse hat. Die Leitung sollte erforderliche Ergebnisse von Prozessen sowie die notwendigen Eingaben und Tätigkeiten für die wirksame und effiziente Erlangung dieser Ergebnisse festlegen.“

„Die wechselseitige Abhängigkeit von Prozessen kann komplex sein und zu Prozessnetzwerken führen. Um den wirksamen und effizienten Betrieb der Organisation sicherzustellen, sollte die Leitung erkennen, dass das Ergebnis eines Prozesses die Eingabe für einen anderen Prozess oder für mehrere andere Prozesse darstellen kann.“

„Messung ist für das Treffen von auf Fakten beruhenden Entscheidungen von Bedeutung. Die oberste Leitung sollte wirksame und effiziente Messungen, Datenerfassung und -validierung sicherstellen, um die Leistung der Organisation und die Zufriedenheit anderer interessierter Parteien zu gewährleisten.

Beispiele für Messung der Leistung einer Organisation schließen ein:

- Messung und Beurteilung ihrer Produkte,
- Fähigkeit von Prozessen,
- Erreichung von Projektzielen und
- Zufriedenheit der Kunden und anderen interessierten Parteien.“

EFQM-Modell für Excellence (Auszüge)

Kriterium 1

Führung, Teilkriterium 1b: Führungskräfte sollen

„Sicherstellen, dass ein System für das Management der Prozesse erarbeitet und eingeführt wird“.

Kriterium 2

Politik und Strategie, Teilkriterium 2d: Politik und Strategie werden durch ein Netzwerk von Schlüsselprozessen umgesetzt.

- „Das Netzwerk von Schlüsselprozessen identifizieren und erarbeiten, die benötigt werden, um die Politik und Strategie der Organisation zu realisieren und
- die Effektivität des Netzwerkes der Schlüsselprozesse im Hinblick auf die Realisierung von Politik und Strategie überprüfen.“

Kriterium 5

Prozesse, Teilkriterium 5a: Prozesse werden systematisch gestaltet und gemanagt.

- „Die Prozesse in der Organisation einschließlich derjenigen Schlüsselprozesse gestalten, die erforderlich sind, um Politik und Strategie zu realisieren,
- Prozesskennzahlen einführen und Leistungsziele festlegen sowie



- Schnittstellenbelange innerhalb der Organisation und mit externen Partnern lösen, um Prozesse durchgehend effektiv zu managen.“

Diesbezügliche Entwicklungspotenziale bei der Gestaltung und Realisierung von QM-Systemen und TQM-Konzepten legen Analysen von Bewertungen der Bewerberunterlagen zum Ludwig-Erhard-Preis von SCHIMMELPFENNIG [www.deutsche-efqm.de] offen.

Von SCHIMMELPFENNIG benannte Verbesserungspotenziale (abgeleitet aus bewerteten Bewerbern, die keine Vor-Ort-Bewertung erhielten):

- In den Bewerbungsunterlagen finden sich keine durchgängigen Ansätze zur Lösung von Schnittstellenproblemen.
- Es bleibt unklar, wie Prozesse aus der Organisationspolitik und -strategie abgeleitet und priorisiert werden.
- Reviewprozesse zur Effizienz- und Effektivitätsprüfung sind nicht erkennbar oder nicht nachprüfbar in die normalen Geschäftstätigkeiten integriert.
- Messbare Zielvereinbarungen werden vielfach nicht definiert.
- Es werden wenig Kennzahlen zu Prozessleistungen angegeben, der Beitrag von Prozessen zum Geschäftserfolg wird dadurch nicht transparent.
- Es wird nicht dargelegt, wie die Ergebnisse aus Kunden- und Mitarbeiterbefragungen in gezielte Verbesserungsprojekte einfließen.
- Vergleiche mit externen Organisationen werden oft nicht angegeben.
- Es werden nur wenige Trends dargestellt, die eine Entwicklung wichtiger Parameter für Mitarbeiter- und Kundenzufriedenheit sowie der Geschäftsergebnisse aufzeigen.
- Nach Auffassung der Autoren [1] verdeutlichen diese Verallgemeinerungen, dass zukünftig dem Problembereich Prozessorientierung und Geschäftserfolg größeres Augenmerk bei der Realisierung des betrieblichen Qualitätsmanagements einzuräumen ist.

5 Praxisnahe Lösungsansätze – Beachtung der Spezifika von KMU

Als Werkzeuge zur Lösungsfindung für den zu erarbeitenden TQM-Methodenkatalog wurden u. a. genutzt:

- Literaturrecherchen,
- Poolbildung zum Forschungsprojekt,
- die Verallgemeinerung vorliegender Erkenntnisse und Erfahrungen bei der systematischen Gestaltung und Realisierung von TQM-Konzepten,
- Prozesskettenanalysen,
- Assessments,
- Workshops mit Experten,
- Führungskräfteworkshops in Erprobungsunternehmen,
- Führungskräfte- und Mitarbeiterschulungen,
- Befragungen interessierter Parteien,
- die Synthese von Lösungsangeboten und deren Erprobung (dazu erfolgte die Bereitstellung der Lösungsentwürfe im Internet mit passwortgeschütztem Zugriff für die Beteiligten am Forschungsprojekt) sowie
- Vorstellung von Lösungsentwürfen in Fachkreisen.

Zur Berücksichtigung der Spezifika von KMU für die Lösungsgestaltung wurden von Beginn der Forschungsarbeiten an folgende Aspekte berücksichtigt:

- Kompatibilität des Lösungskonzeptes zu den Strategiezielen der weiteren Entwicklung des TQMs in der Region Brandenburg/Berlin (Stärkung/Entwicklung der TQM-Philosophie in KMU, Weiterentwicklung betrieblicher Managementsysteme nach der Normenfamilie DIN EN ISO 9000:2000, Gestaltung integrierter Managementsysteme, Qualitätspreis Berlin-Brandenburg, Qualitätsinitiative Berlin/Brandenburg),
- frühzeitige und möglichst umfassende Einbeziehung von KMU und weiterer Know-how-Träger in die Themenbearbeitung (Erschließung von Know-how sowie Bewertung der Sinnhaftigkeit, Realisierbarkeit, Praxisrelevanz der Lösungen),
- Unterstützung der notwendigen Reaktionsfähigkeit und Flexibilität von KMU durch einen durchgängigen und in sich effektiv und flexibel nutzbaren Methodenapparat unter dem Gesichtspunkt einer ganzheitlichen Unternehmensorganisation (z. B. modularer Methodenkatalog, integrierte Managementsysteme, Einbindung in Marketing- und Controllingsysteme der Organisation),
- Berücksichtigung der Branchen- und Unternehmensvielfalt von KMU durch notwendige Allgemeingültigkeit der Lösungen (branchenneutraler Methodenkatalog) bei Gewährleistung organisationspezifischer Adaptionmöglichkeiten,
- Unterstützung der Adaption durch eine möglichst treffende Charakterisierung der Methoden (z. B. Anwendungsbedingungen, Stärken und Grenzen von Methoden), Algorithmierung der Anwendungsschritte (z. B. für die Methodenauswahl), Bereitstellung von Musterdokumenten/-lösungen, Checklisten u. a.,
- Berücksichtigung der begrenzten Ressourcen von KMU durch ein in sich geschlossenes und durchgängiges Methodenkonzept (modularer Methodenapparat), angemessene Werkzeugwahl (Hard-/Software, Methodenkenntnisse, kleine Datenmengen), Angebote für alternative Lösungen (Methodenvielfalt) sowie
- Nutzung geeigneter Formen für die Umsetzung der Forschungsergebnisse (Kommunikationsangebote der TFH Wildau für potenzielle Anwender per Internet, Schulungs-/Weiterbildungsangebote im Rahmen der Qualitätsinitiative Brandenburg).

6 Einbeziehung von Praxis-Partnern

Der Gewinnung von Unternehmen für die Mitarbeit in einem Forschungspool lagen Zielstellungen zugrunde wie:

- KMU gehören zu den Branchenführern,
- Präsenz eines hohen Niveaus der betrieblichen Qualitätsmanagementsysteme sowie
- Bereitschaft zur kontinuierlichen Weiterentwicklung des Qualitätsmanagements nach Prinzipien des Total Quality Managements (TQM).

Diese Zielstellungen konnten mit den involvierten Unternehmen in vollem Umfang umgesetzt werden.



Dem Forschungspool gehörten an:

- Drahtwerk und Stahlhandel Finsterwalde GmbH,
- GfA Gesellschaft für Anlagenbau Guben GmbH,
- Asklepios Klinik Birkenwerder (Qualitätspreisträger Berlin/Brandenburg 2002),
- BRAHMS AG Hennigsdorf (Finalist des Qualitätspreises Berlin/Brandenburg 2002),
- Forster Industrie- und Kesselreinigung GmbH (Finalist des Qualitätspreises Berlin/Brandenburg 2002),
- EuroNorm GmbH, Neuenhagen,
- TÜV Cert GmbH, Berlin,
- TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg und die
- Technische Fachhochschule Wildau, Projektgruppe Qualitätsmanagement.

Formen der Zusammenarbeit waren Arbeitsberatungen, Führungskräfteworkshops im Forschungspool und in einzelnen Unternehmen, Prozessaufnahmen und -bewertungen, Audits sowie die Adaption von Lösungsentwürfen für Unternehmen, deren Erprobung und Integration in die betrieblichen QM-Systeme.

7 Erarbeitung des TQM-Methodenkataloges

Der Lösung der Aufgabenstellung für den zu erarbeitenden TQM-Methodenapparat lag das in Abbildung 2 dargestellte Gedankenmodell zu Grunde.

Danach gliederte sich die Lösungsfindung in die Module (Langfassung):

- Modul 1 Identifikation interessierter Parteien,
- Modul 2 Identifikation der Forderungen und Erwartungen interessierter Parteien,
- Modul 3 Forderungsdarstellung,
- Modul 4 Identifikation der Angemessenheit der Forderungen und Erwartungen,

- Modul 5 Erfassung und Darstellung der durch das Unternehmen umzusetzenden Forderungen und Erwartungen,
- Modul 6 Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung auf der Basis umzusetzender Forderungen und Erwartungen,
- Modul 7 Prozessrealisierung und -weiterentwicklung,
- Modul 8 Messung der Leistungen des Unternehmens im Sinne des Forschungsprojektes,
- Modul 9 Managementbewertung.

Die so durchgeführte Lösungsfindung setzte den logischen Ablauf bei der Erschließung der Gesamtaufgabenstellung entsprechend dem Prozessmodell nach der Normenreihe DIN EN ISO 9000:2000 um (vgl. Abb. 3).



Abb. 3: Prozessmodell nach DIN EN ISO 9004:2000

- Wer sind die interessierten Parteien (Module 1 u. 2)?
 - Wie werden die angemessenen Forderungen/Erwartungen umgesetzt (Module 3 bis 7)?
 - Welche Ergebnisse werden erreicht (Module 8 u. 9)?
- Durch die Übernahme dieser Systematik für die Darstellung des Methodenapparates (Kapitel III „Inhaltsbeschreibung nach Modulen“) bietet sie dem Katalognutzer

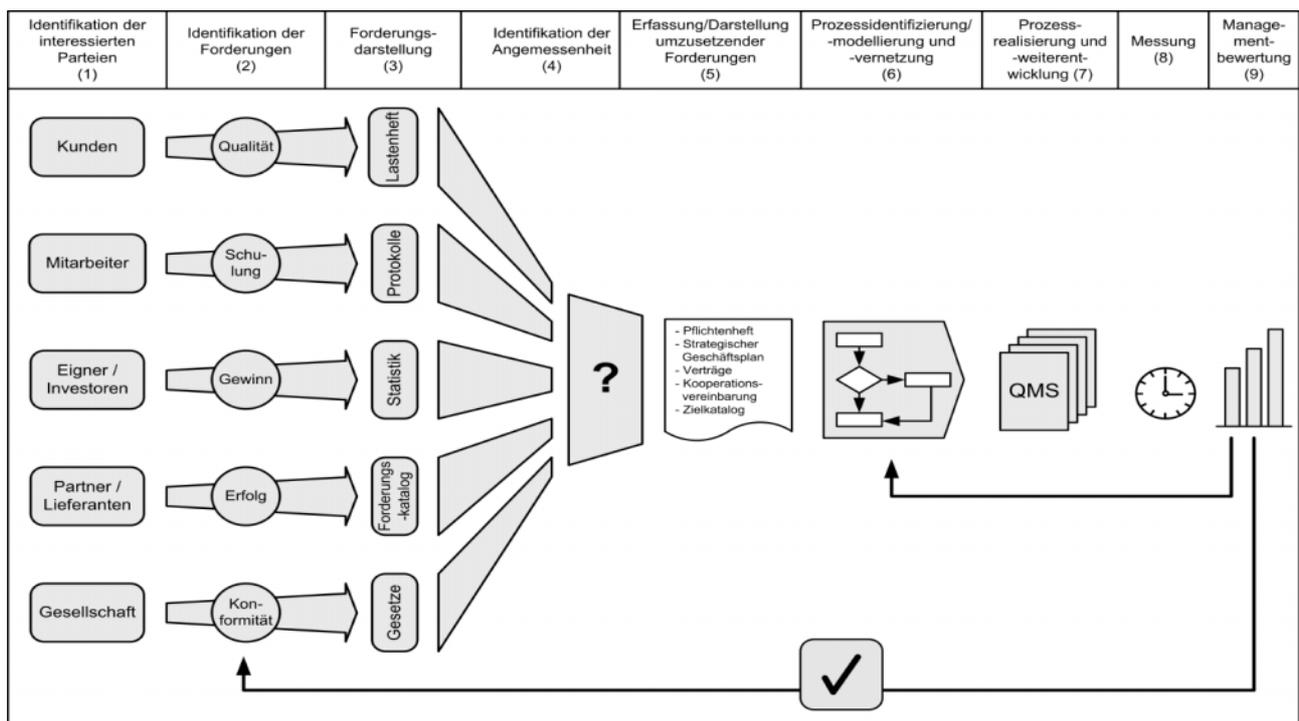


Abb. 2: Lösungs- und Umsetzungsmodell zur Forschungsaufgabe



einen fachlich begründeten und damit einfachen Zugang zu den ihn interessierenden Aufgabenkomplexen (z. B. Prozessvernetzung).

Zur Unterstützung der notwendigen Reaktionsfähigkeit und Flexibilität von KMU wurde ein durchgängiger und in sich effektiv und flexibel nutzbarer Methodenapparat (modularer Aufbau) unter dem Gesichtspunkt einer ganzheitlichen Unternehmensorganisation entwickelt.

8 Unterlagenkonzept des TQM-Methodenkataloges

Die Gliederung der Dokumentation des Methodenapparates ist für die Module einheitlich und von ihrer Grundstruktur her der Abbildung 4 zu entnehmen. Die in den Dokumenten vorgeschlagenen Zuständigkeitsregelungen basieren auf dem Referenzorganigramm zum Forschungsprojekt (Abbildung 5). Die strategische Einordnung der Prozesse und ihre Priorisierung erfolgt auf der Basis eines Prozess-Port-Folios (4-Feld-Matrix) entsprechend Abbildung 6.

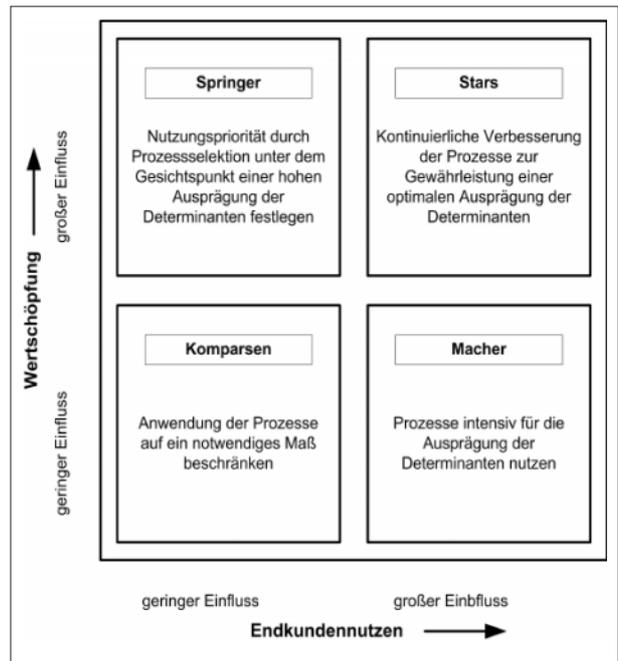


Abb. 6: Vier-Feld-Matrix zur strategischen Einordnung von Prozessen

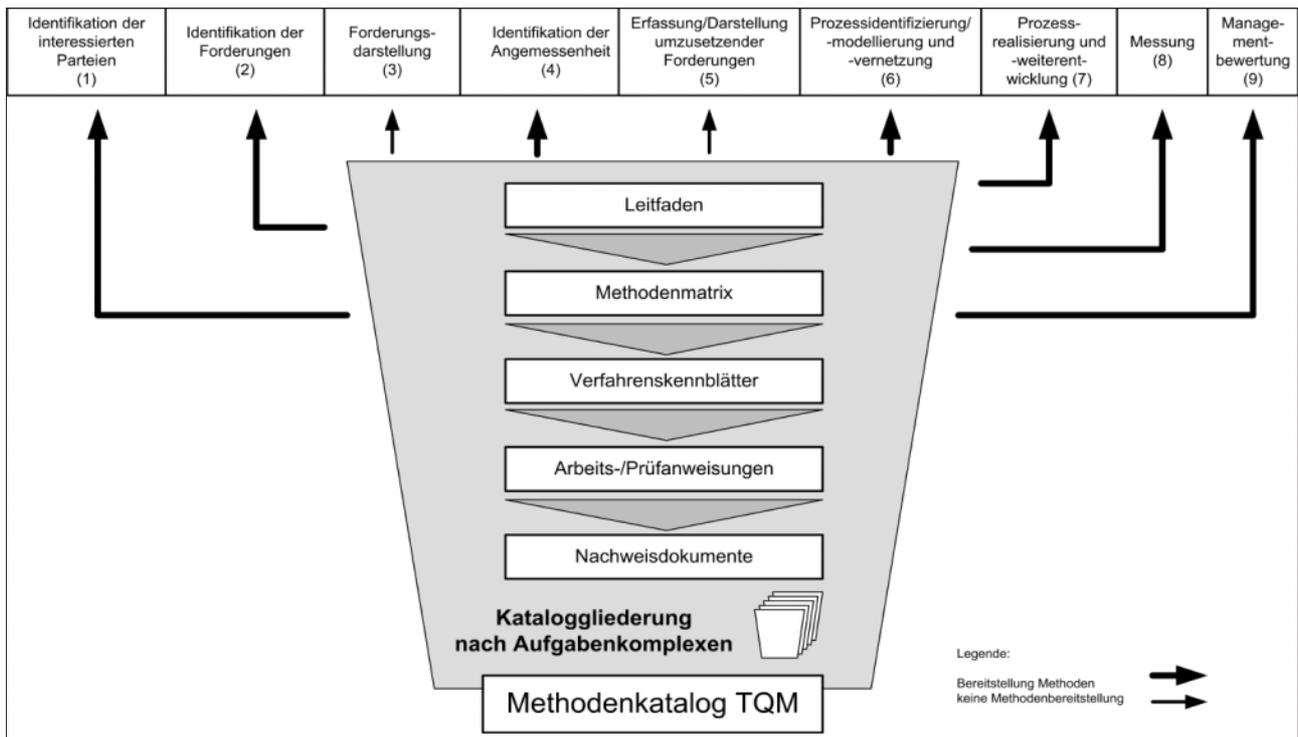


Abb. 4: Struktur des Unterlagenkonzeptes für den Methodenkatalog

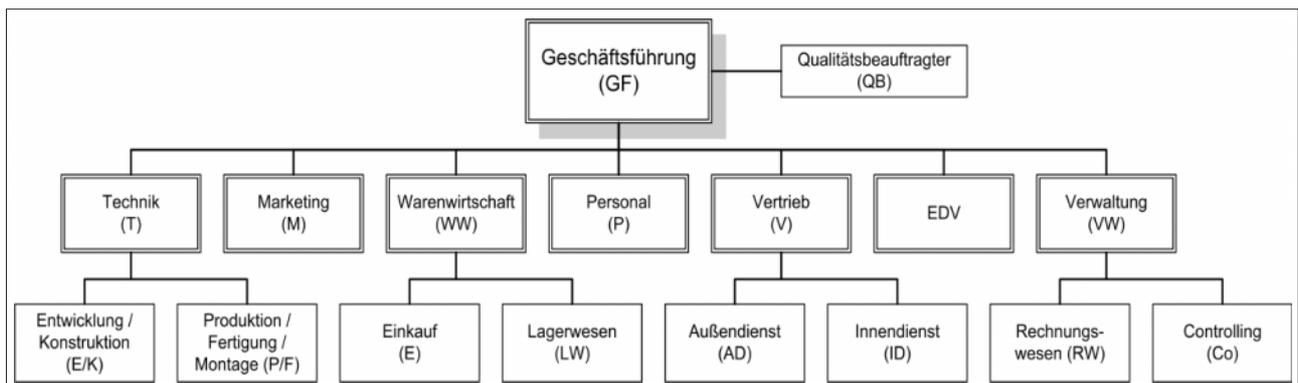


Abb. 5: Referenzorganigramm zum Forschungsprojekt



In der Tabelle 1 ist die Bewertung der identifizierten Prozesse nach deren strategischen Einordnung dargelegt. Aufbauend darauf lassen sich die Inhalte der Dokumentationsbestandteile des TQM-Methodenkataloges wie folgt charakterisieren:

Leitfaden

Er beschreibt die prinzipielle Vorgehensweise bei der Bearbeitung einer abgegrenzten Aufgabenstellung entsprechend dem Titel des Moduls. Üblicherweise wird je Modul ein Leitfaden angeboten. Bei einer inhaltlich gebotenen Differenzierung (Modul 6) liegen mehrere Leitfäden zu einem Modul vor. Alle Leitfäden enthalten folgende Gliederungssystematik:

- 1 Zweck und Geltungsbereich
 - 2 Begriffe
 - 3 Zuständigkeiten
 - 4 Beschreibung des Vorgangs
 - 5 Änderungsdienst
 - 6 Hinweise auf mitgeltende Unterlagen
 - 7 Ablaufalgorithmus
- Gegebenenfalls sind den Leitfäden Anlagen zugeordnet.

Methodenmatrix

In den Methodenmatrizen sind die zum Modul gehörenden Methoden zusammengefasst und bezüglich ihrer Anwendungsmöglichkeiten charakterisiert. Nachfolgend eine Übersicht zur Methodenauswahl für die Module 1, 2, 4, 6, 7, 8 und 9.

Methodenauswahl zum Modul 1: Identifikation der interessierten Parteien

- PARETO-Analyse
- Wertschöpfungskettenanalyse
- Internetrecherche zur Ermittlung interessierter Parteien

- Analyse der Gewinn- und Verlustrechnung
- Schriftliche Erhebung
- Publikationsrecherche

Methodenauswahl zum Modul 2: Identifikation von Forderungen und Erwartungen interessierter Parteien

- A) Primärerhebungen
- Online-Erhebung
 - schriftliche Erhebung
 - Mündliche Erhebung
 - Beobachtung
- B) Sekundärerhebungen
- Unternehmensstatistikanalyse
 - Außen-/Kundendienstberichtsanalyse
 - Patentrecherche
 - Publikationsrecherche
 - Fachtagungs- und Messe-/Ausstellungsanalyse
 - Internes Audit
 - Selbstbewertung
 - Benchmarking
 - Betriebsvergleich
 - Kundenfeedbackanalyse

Methodenauswahl zum Modul 4: Identifikation der Angemessenheit der Forderungen und Erwartungen

- Risikoanalyse
- Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)
- Forderungsbewertung
- Ereignisablaufanalyse
- Publikationsrecherche
- Fähigkeitsanalyse

Methodenauswahl zum Modul 6: Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung

- Prozessidentifikation und -modellierung
- Ursache-Wirkungs-Diagramm
- Prozesskettenanalyse
- Prioritätsanalyse

Nr.	Prozessbezeichnung	Prozess	Prozessklasse	Prozesspriorität
1	Controlling	M5	Managementprozess	SPRINGER
2	Einkauf	K4	Kernprozess	SPRINGER
3	(Produkt-) Entwicklung	K1	Kernprozess	STAR
4	Fehlermanagement	M6	Managementprozess	KOMPARSE
5	Fertigung/ Montage	K2	Kernprozess	STAR
6	Führungsprozess	M1	Managementprozess	STAR
7	Infrastrukturmanagement	U2	Unterstützungsprozess	KOMPARSE
8	Interne Audits	M3	Managementprozess	KOMPARSE
9	IT-Management	U1	Unterstützungsprozess	SPRINGER
10	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	M4	Managementprozess	SPRINGER
11	Lagerwesen	K7	Kernprozess	SPRINGER
12	Leistungsmessung und -überwachung	U6	Unterstützungsprozess	SPRINGER
13	Lieferantenauswahl und -bewertung	K8	Kernprozess	KOMPARSE
14	Managementdokumentation	U3	Unterstützungsprozess	KOMPARSE
15	Marketing	K3	Kernprozess	SPRINGER
16	Personalmanagement	M2	Managementprozess	SPRINGER
17	Prozessmanagement	M7	Managementprozess	STAR
18	Prüfmittelüberwachung	U5	Unterstützungsprozess	KOMPARSE
19	Qualitätsberichterstattung	U7	Unterstützungsprozess	KOMPARSE
20	Reklamationsmanagement	K6	Kernprozess	KOMPARSE
21	Umwelt- und Arbeitsschutz	M8	Managementprozess	KOMPARSE
22	Vertrieb	K5	Kernprozess	MACHER
23	Verwaltung	U4	Managementprozess	KOMPARSE

Tab. 1: Prioritätenliste der Prozesse



- Prozessvernetzung
- Benchmarking

Methodenauswahl zum Modul 7: Prozessrealisierung und -weiterentwicklung

- Qualitäts-Reviews
- Fähigkeitsanalyse
- Prozessverbesserungsmanagement
- Internes Audit
- Selbstbewertung

Methodenauswahl zum Modul 8: Messung der Leistungen des Unternehmens

- Kennzahlenidentifikation und -ermittlung
- Fehleranalyse
- Prozesskettenanalyse

- schriftliche Erhebung
- Selbstbewertung
- Benchmarking
- Betriebsvergleich

Methodenauswahl zum Modul 9: Managementbewertung

- Qualitätscontrolling
- Erfolgsrechnung zur Managementbewertung
- Kundenfeedbackanalyse
- Qualitäts-Reviews

Die Tabelle 2 stellt beispielhaft für das Modul 6 Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung den Zusammenhang zwischen Methode, Anwendungscharakteristika und dazugehöriges Verfahrenskennblatt dar.

Methoden	Anwendungscharakteristika	dazugehöriges Verfahrenskennblatt
Prozessidentifikation und -modellierung	<ul style="list-style-type: none"> – Klassifizierung von Prozessen nach ihrer Stellung im Wertschöpfungs- und Führungsprozess – Klassifizierung grundsätzlich für Unternehmen aller Größenordnung sowie Branchen und Profilverrichtungen anwendbar zur Schwerpunktsetzung innerhalb der Führungstätigkeit – Modellierung anwendbar für alle Prozesse – Modellierung neuer bzw. Weiterentwicklung von Prozessen – Modellierung als Basis für Prozessanalysen und -optimierung 	VK 6.3.1.1 Prozessidentifikation und -modellierung
Ursache-Wirkungs-Diagramm	<ul style="list-style-type: none"> – systematische Analyse von Prozessen bzw. von Prozessfehlern – Basis für Prozessweiterentwicklung bzw. -optimierung – Ermittlung von allen möglichen Ursachen für ein definiertes Problem und Auswahl der Ursachen mit dem wahrscheinlich größtem Wirkungsanteil – Anordnung von denkbaren Ursachen und eigentlichem Ereignis/Problem in einem Ursache-Wirkungs-Diagramm (ISHIKAWA-Diagramm) 	VK 6.3.1.2 Ursache-Wirkungs-Diagramm
Prozesskettenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> – Analyse nach verschiedenen Zielkriterien, z. B. Durchlaufzeit- oder Kostenminimierung – Rechnerunterstützte Bearbeitung möglich und Auswahl von Vorzugsvarianten beim Vorliegen verschiedener Gestaltungsentwürfe für Prozesse – Anwendung für Prozessentwicklung, z. B. aufgrund neuer bzw. veränderter Kundenforderungen – Verfahren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit Fehlerfreiheit von Prozessen – Bewertung und Einordnung der Analyseergebnisse setzt gewöhnlich das Vorliegen von Zielgrößen/Benchmarks (z. B. für die Zielkriterien) 	VK 6.3.1.3 Prozesskettenanalyse
Prioritätsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> – für alle Geschäftsprozesse nutzbar, – priorisiert Geschäftsprozesse, z. B. nach betriebsspezifischen Zieldeterminanten wie Kundennutzen oder Wertschöpfung, – Festlegen zur Schwerpunktsetzung im Prozessmanagement 	VK 6.3.1.4 Prioritätsanalyse
Prozessvernetzung	<ul style="list-style-type: none"> – Ermittlung der Wechselwirkungen zwischen Prozessen im Rahmen der internen Wertschöpfungskette einer Organisation – Input-/Outputermittlung und deren Beschreibung – Output-/Inputvernetzung der Geschäftsprozesse im Sinne der Gewährleistung einer hohen Wirksamkeit und Effizienz des Qualitätsmanagements einer Organisation – anspruchsvolle Aufgabenstellung, deren Lösung in Abhängigkeit vom Reifegrad des QM-Systems einer Organisation ggf. schrittweise zu realisieren ist 	VK 6.3.1.5 Prozessvernetzung
Benchmarking	<ul style="list-style-type: none"> – für die problemspezifische Verdichtung und Analyse von vorhandenen Daten z. B. Branchendaten, Konkurrenzdaten, allgemeine Daten zur regionalen und überregionalen Wirtschaftslage – zur Ermittlung von Trends – zur Zielidentifikation bzw. zur Prüfung der Zielrealisierung – zur Bewertung verallgemeinerungsfähiger, komplexer Zusammenhänge – bei nationalem und internationalem Informationsbedarf – zur systematischen Ermittlung von Abweichungen, Schwachstellen/Problemen bezogen auf Produkte, Dienstleistungen, Prozesse – für den Vergleich mit den „Besten“ – bei operativen Informationsbedarf – zur Ermittlung von Stand der Wissenschaft – zur Anwendung für die Prozessentwicklung, z. B. aufgrund von Zielgrößen/Benchmarks (bezieht sich auf Modul 6) – zur Bewertung von Prozessen und Ermittlung von Verbesserungspotentialen (bezieht sich auf Modul 6) – zur Ermittlung von kritischen Erfolgsfaktoren und Zieldeterminanten (bezieht sich auf Modul 6) – zur Bewertung der Leistungen des Unternehmens auf der Basis von Zielgrößen/Benchmarks (bezieht sich auf Modul 8) 	VK 2.3.2.8 Benchmarking

Tab. 2: Methodenmatrix Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung



Verfahrenskennblätter

Für jede in den Methodenmatrizen dargestellte Methode liegt im Katalog ein eigenes Verfahrenskennblatt vor. In ihnen wird der Vorgang für die Methodenanwendung beschrieben. Alle Verfahrenskennblätter enthalten folgende Gliederungssystematik:

- 1 Anwendungscharakteristika
- 2 Anwendungen und Periodizitäten
- 3 Beschreibung des Vorgangs
- 4 Voraussetzungen
- 5 Hinweise auf geltende Unterlagen
- 6 Ablaufalgorithmus

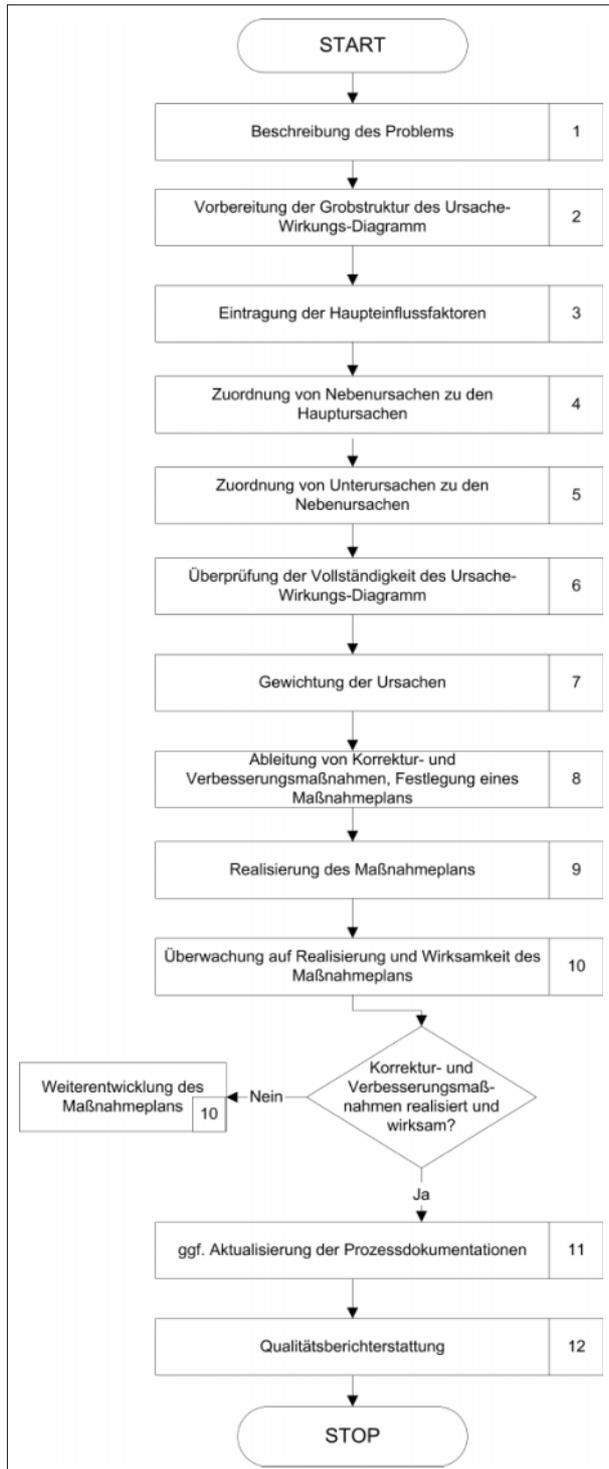


Abb. 7: Ablaufalgorithmus des Ursache-Wirkungs-Diagramms – Anwendung zur Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung

Den Verfahrenskennblättern sind üblicherweise Arbeits- und Prüfanweisungen und/oder Nachweisdokumente zugeordnet. Auf Grund der Multivalenz verschiedener Methoden wurden einzelne Methoden im Katalog verschiedenen Modulen zu geordnet (z. B. ist Verfahrenskennblatt VK 2.3.2.2 „Schriftliche Erhebung“ auch Bestandteil der Module 1, 2 und 8). Bei der Darstellung der Prozesse und ihrer Vernetzungen wird zum einen von dem jeweils anzustrebenden Niveau (Reifegrad) der Prozessübersicht, zum anderen von der dazugehörigen Prozessvernetzung ausgegangen (s. a. Abbildung 8).

Niveaus (Reifegrade) der Prozessübersicht

Reifegrad	Umfang der Dokumentation
Ia	Benennung Prozess/Bezugsprozess
Ib	Ia + Ausweis der Art des Prozesses, wie Kern-, Management- oder Unterstützungsprozess
II	Ia + Ib + Ausweis der In- und Outputs sowie Darstellung der Schnittstellen.
III	Ia + Ib + II + Vervollständigung der Schnittstellen (Vernetzung)

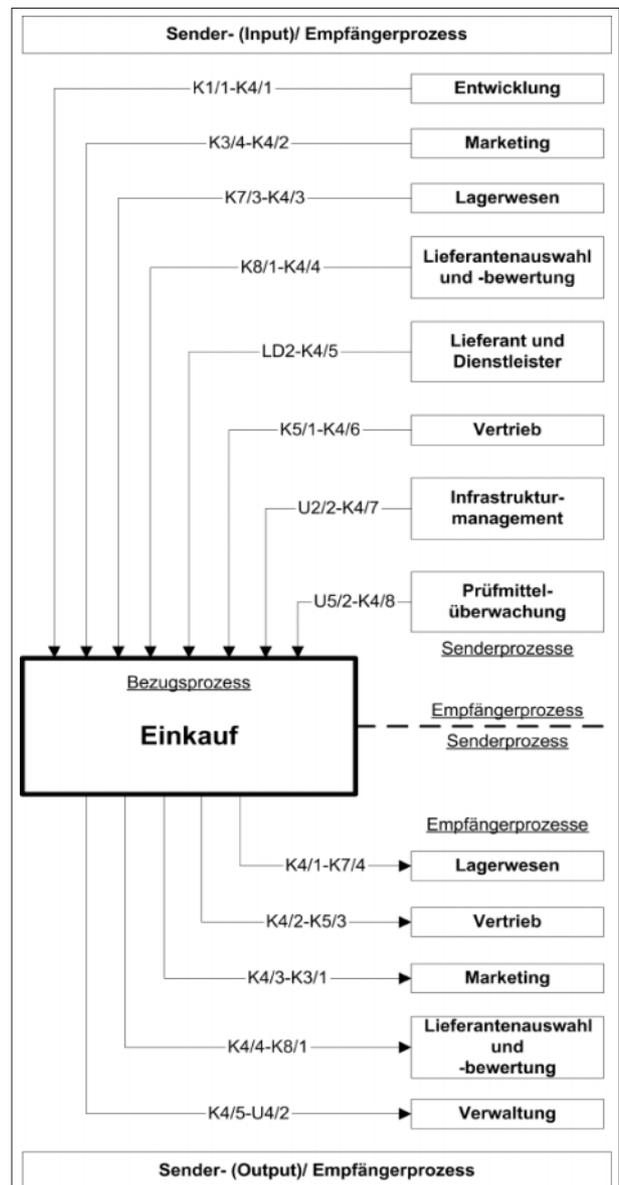


Abb. 8: Beispiel für die vollständige Kennzeichnung Schnittstellen eines Prozesses (Beispiel Einkauf)



Niveaustufen der Prozessvernetzung

Niveaustufe	Darstellung	Anwendungsfeld
A	Prozessübersicht – Reifegrad III	Führungsinstrument des Managements
B	Niveaustufe A + Verankerung der Vernetzungen in Anweisungsdokumenten, z. B. in Verfahrens- oder Arbeitsanweisungen	wie Niveaustufe A + Prozesseigner
C	Niveaustufe B + graphische Darstellung der Prozessvernetzung (im Weiteren „Prozessvernetzung“)	umfassende Nutzung im Sinne „Exzellenz“

Arbeits- und Prüfanweisungen

Sie beschreiben den Vorgang und die Rahmenbedingungen für die Realisierung einer Aufgabenstellung, z. B. für die Identifizierung, Ermittlung und Bewertung einer Kennzahl.

Nachweisdokumente

Zu den Nachweisdokumenten gehören Formulare, Musterdokumente und erklärende Beispiele zur Anwendung der jeweiligen Methode.

Eine Besonderheit stellen die Module 3 und 5 dar. Da es sich bei diesen Modulen vom Inhalt her nur um die Erfassung/Zusammenstellung von Informationen handelt, werden für sie keine Methoden vorgeschlagen (s. Abb. 6). Es erfolgt nur eine stabstrichartige Aufzählung relevanter Erfassungs-/Darstellungsformen. Dabei wird davon ausgegangen, dass gerade diese Aspekte in betrieblichen QM-Systemen umfassend geregelt werden.

Der vollständige TQM-Methodenkatalog weist die nachfolgende Gliederung auf:

- Kapitel I Einführung
- Kapitel II Nutzungsempfehlungen
- Kapitel III Inhaltsbeschreibung nach Modulen
 - Modul 1 Identifikation der interessierten Parteien
 - Modul 2 Identifikation von Forderungen und Erwartungen interessierter Parteien
 - Modul 3 Forderungsdarstellung
 - Modul 4 Identifikation der Angemessenheit der Forderungen und Erwartungen
 - Modul 5 Erfassung und Darstellung der durch das Unternehmen umzusetzenden Forderungen und Erwartungen
 - Modul 6 Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung auf der Basis umzusetzen der Forderungen und Erwartungen
 - Modul 7 Prozessrealisierung und -weiterentwicklung
 - Modul 8 Messung der Leistungen des Unternehmens im Sinne des Forschungsprojektes
 - Modul 9 Managementbewertung
- Kapitel IV Zusammenfassung
- Kapitel V Beispielunterlagen
- Kapitel IV Ergebnisse aus der Erprobung u. Protokolle

9 Nutzung des TQM-Methodenkataloges

Die Ansprüche an Methodenkenntnisse bei der Nutzung des Kataloges sind differenziert. Insbesondere unter Berücksichtigung begrenzter Ressourcen in KMU wurden die Werkzeugauswahl und die Form der Methodenbeschreibung so gewählt, dass üblicherweise keine oder nur geringe Methodenkenntnisse erforderlich sind. Wenn sinnvoll, wurden alternative Lösungsangebote bereitgestellt. Die Nutzung des vorliegenden TQM-Methodenkataloges ist in Abbildung 9 beispielhaft dargestellt.

Inhaltlich gehen die Beschreibungen (z. B. in Verfahrenskennblättern) teilweise wesentlich über die Aufgabenstellung hinaus. Als ein Beispiel kann dafür das Verfahrenskennblatt VK 4.3.1.1 „Risikoanalyse“ genannt werden. Damit wurde das Ziel verfolgt, dem Katalognutzer komplexe und gleichzeitig in sich geschlossene Lösungsansätze anbieten zu können. Die gewählte Form der Methodendarstellung und die beigefügten Beispiele sollen eine betriebliche Nutzung des Kataloges in KMU erleichtern. Neben einem durchgängigen Beispiel zur Prozessidentifikation, -modellierung und -vernetzung, zusammengestellt aus anonymisierten Ergebnissen der Erprobung (Kapitel V „Beispielunterlagen“), enthält der Katalog eine große Anzahl von Lösungsbeispielen. Nachfolgende Aufzählung vermittelt einen Überblick zu diesen Einzelbeispielen:

- AP 2.4.2.1.1 Ermittlung der Kennzahl Stammkunden-Umsatzanteil
- AP 2.4.2.9.1 Ermittlung der Personalproduktivität (PP)
- ND 1.5.1.1.1 PARETO-Analyse am Beispiel Ermittlung der Kundenstruktur
- ND 2.5.1.2.4 Mitarbeiterfragebogen zur Identifikation interessierter Parteien
- ND 2.5.1.2.1 Kundenfragebogen (Identifikation Kundenforderungen)
- ND 2.5.1.3.1 Interviewleitfaden für Lieferanten
- ND 2.5.1.4.1 Telefoninterviewleitfaden
- ND 2.5.2.5.1 Checkliste zur Ermittlung von Erwartungen und Forderungen der Kunden
- ND 2.5.2.1.1 Scorecard Stammkunden-Umsatzanteil
- ND 2.5.2.10.1 Fehlerkatalog
- ND 2.5.2.2.2 Erhebungsbogen Außendienst
- ND 2.5.2.4.1 Publikationsrechercheplan
- ND 2.5.2.4.2 Ergebnisbericht der Publikationsrecherche
- ND 2.5.2.5.1 Messebesucherbewertung
- ND 2.5.2.5.2 Erhebungsbogen für Messestandbesucher
- ND 2.5.2.5.3 Checkliste Wettbewerberanalyse auf Messen
- ND 2.5.2.7.4 Checkliste für die Selbstbewertung und Ergebniserfassung
- ND 6.5.1.2.1 Ursache-Wirkungs-Diagramm am Beispiel Transportschäden an ausgelieferten Warensendungen
- ND 6.5.1.3.1 Schwachstellenanalyse nach Varianten
- ND 2.5.1.2.2 Kundenfragebogen (Identifikation Kundenzufriedenheit, Ermittlung Kundenzufriedenheitsindex)



- ND 2.5.1.2.3Mitarbeiterfragebogen (Identifikation Mitarbeiterzufriedenheit, Ermittlung Mitarbeiterfriedensindex)
- ND 8.5.1.1.3Performance Cockpit
- ND 8.5.1.2.1Fehlerkatalog (hier am Beispiel Motorenfertigung/-instandsetzung)

Die Dokumente des TQM-Methodenkataloges wie Leitfäden, Methodenmatrizen, Verfahrenskennblätter, Arbeits- und Prüfanweisungen, Nachweisdokumente sowie die Beispielunterlagen sind mit Microsoft-Office-Software (Word, Visio, Excel usw. (Version 97)) erstellt. Insgesamt enthält der TQM-Methodenkatalog über 100 Musterdokumente und ausgewählte Beispielunterlagen. Die CD-ROM zum TQM-Methodenkatalog enthält zur besseren Navigation eine PDF-Datei sowie zusätzlich die jeweiligen Office-Dokumente, die entsprechend den betrieblichen Bedingungen durch die Nutzer angepasst und erweitert werden können.

10 Zusammenfassung

Der TQM-Methodenkatalog unterstützt die Erschließung von Schwerpunktaspekten bei der Weiterentwicklung des betrieblichen Qualitätsmanagements im Sinne der Identifikation von Forderungen und Erwartungen interessierter Parteien eines Unternehmens und deren angemessene und wirksame sowie effiziente Umsetzung durch eine durchgängige Prozessgestaltung auf der Basis input-/outputverbundener Geschäftsprozesse (Schnittstellenproblematik) als Voraussetzung für die Gewährleistung einer hohen Zufriedenheit der interessierten Parteien und eines nachhaltigen Geschäftserfolges. Er setzt damit direkt die Charakteristika des Prozessmodells nach DIN EN ISO 9004:2000 um.

Anmerkungen/Literatur

- [1] Stegemann, Gerd; Petschick, Nicole; Wohlfahrt, Ingolf; Kauschke, Steffen u. a.: TQM-Methodenkatalog zur Input-/Outputverbundener Geschäftsprozesse und Bewertung von Geschäftsprozessen in KMU, Technische Fachhochschule Wildau, Projektgruppe Qualitätsmanagement, 2003, unveröffentlicht.
- [2] Singhal, Hendricks, Schnauber; QZ 45 (2000) 12, S. 1537 ff.

Autor

Dr.-Ing. Ingolf Wohlfahrt
 Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Projektgruppe Qualitätsmanagement
 Tel. +49 3375 508-913
 E-Mail: qmwohlfa@igw.tfh-wildau.de

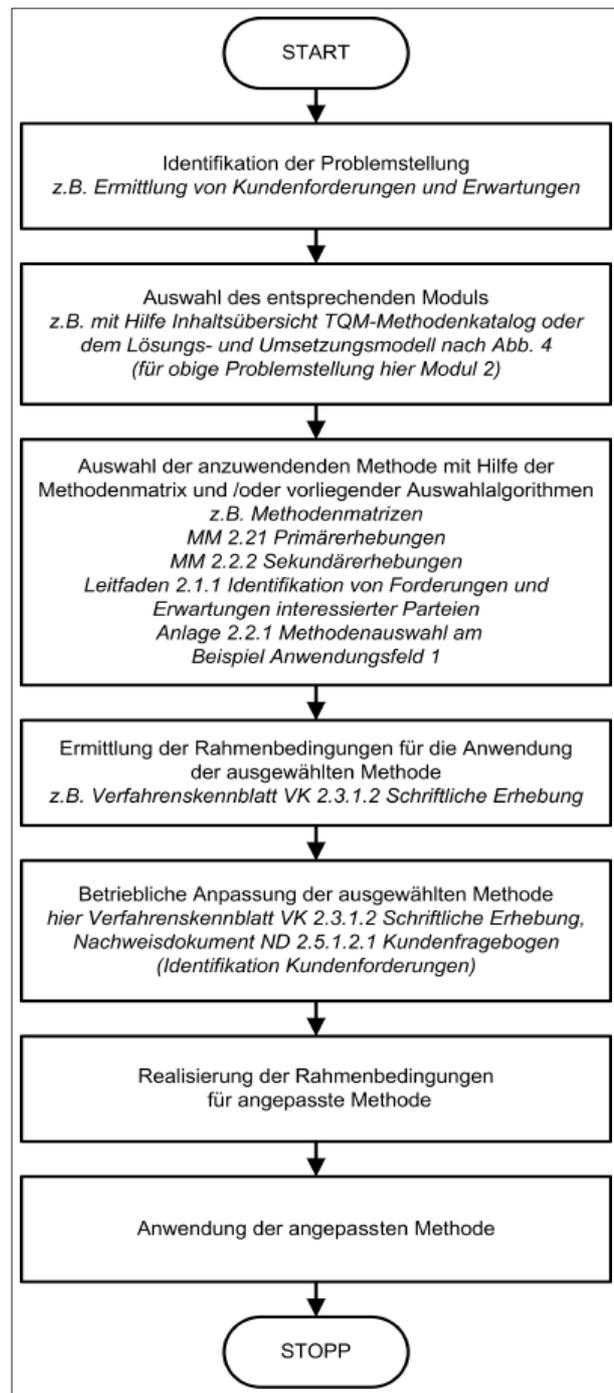


Abb. 9: Prinzipielle Vorgehensweise bei der Nutzung des TQM-Methodenkatalogs



Lageroptimierung – ein Praxisbeispiel aus der Möbelbranche

Justyna Zybert

Dieser Beitrag wurde auf Basis der Diplomarbeit der Autorin verfasst und gilt als Ergebnis eines von mehreren Projekten in der Möbelbranche in Polen, die von der Autorin im Zusammenhang mit ihrer Diplomarbeit realisiert wurden.

1 Firmenbeschreibung

Die Möbelfabrik „Wiza“ hat ihren Sitz in Kostrzyn (Wlkp). Die Firma produziert Massivholzmöbel, die zu den besten ihrer Klasse gehören. Die Qualität dieser Möbel wurde bereits mehrfach auf Messen und Ausstellungen ausgezeichnet. Der wichtigste Absatzmarkt für die Erzeugnisse ist Deutschland.

Die Firma bietet ihren Kunden ein breites Sortiment an auch mit der Möglichkeit, das Material, die Farbe, die Holzart usw. individuell auszuwählen. Dieses umfangreiche Angebot sichert der Firma eine gute Marktposition, schafft aber auch die Notwendigkeit, sehr große Materialvorräte zu halten, die hohe Materialbewirtschaftungskosten verursachen.

Die Verkaufsanalyse hat gezeigt, dass ca. 20 Sortimentpositionen nur sehr schlecht verkauft werden. Es gibt keine Notwendigkeit, sie weiter zu produzieren.

Die Fabrik hat drei Standorte: Schreinerei und Polsterung befinden sich an einem Standort, 3 km weiter hat die Näherei ihren Sitz und 6 km weiter sind Buchhaltung und Personalabteilung angesiedelt. Diese geografische Aufteilung ist sehr ungünstig und verursacht zusätzliche Transport- sowie Kommunikationskosten.

2 Materialwirtschaft

Die Materialbewirtschaftung ist in der Firma nicht stark ausgeprägt. Es gibt kein gesondertes Materiallager und Materialausgaben oder Verbräuche werden nicht überwacht. Es werden zu viele Materialien und Produktionsmittel verbraucht. Dies verursacht hohe Materialvorräte mit entsprechend hohen Kosten. Durch Mangel in der Materialerfassung und in der Produktionsplanung werden die Materialbestellungen nicht rationell durchgeführt. Im Materiallager herrscht Unordnung. Es gibt keine feste Einteilung in Kommissionierzone, Wareneingang und Warenausgang.

3 Lager

Das Lagergebäude und das Fertigteilager bieten noch freie Kapazitäten. Das Lagerungssystem ist dreidimensional aufgebaut. Die Ein- und Auslagerung in die Lagerregale werden von Gabelstaplern realisiert. Das Lager besitzt eine ausreichende Beleuchtung. Wasseranschlüsse oder eine Heizung sind dagegen nicht vorhanden. Im Fertigteilager werden neben den Fertigerzeugnissen auch Roherzeugnisse gelagert.

Die Analyse der Materiallieferungen hat ergeben, dass zwei Gruppen zu unterscheiden sind. Bei der ersten Gruppe ist der Materialfluss unregelmäßig, aber es gibt nur wenig Wochen, in denen keine Lieferung erfolgt. Bei der zweiten Gruppe gibt es dagegen häufiger Wochen, in denen keine Lieferung erfolgt. Deshalb werden zwei Bestellsysteme vorgeschlagen. Für die erste Gruppe ist die Bestellung nach MRP-Regeln vorgesehen. Wenn es viele kleine Ausgaben gibt, kann das System auf Basis des Meldebestands angewandt werden (Abb. 1).

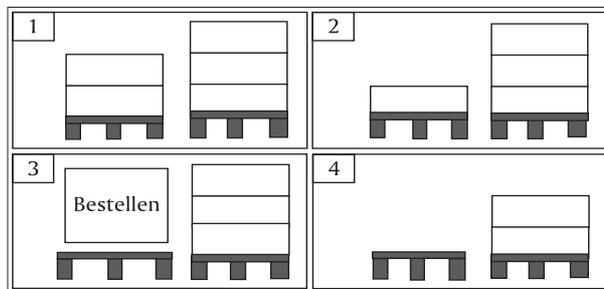


Abb. 1

Die beste Lösung für die zweite Gruppe ist das so genannte „ein für ein“-Bestellsystem. Dieses ist in der Abbildung 2 dargestellt.

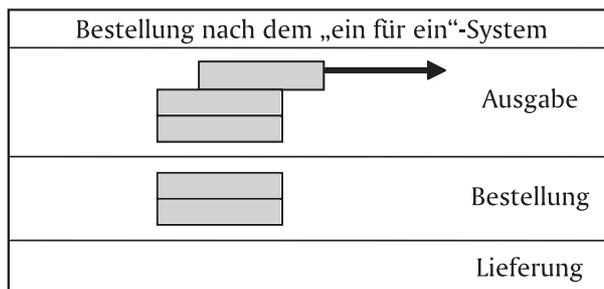


Abb. 2: Bestellsystem

4 Fluss der Bestände: Von der Anlieferung, durch die Annahme und Lagerung bis zur Kommissionierung

Warenannahme

Lieferungsdokumente, sowohl aus Deutschland als auch aus Polen, sind Faktura und Frachtbrief. Sowohl im Lager als auch im ganzen Unternehmen gibt es keine standardisierten Abläufe. Die einzelnen Vorgänge werden den Kundenbestellungen zugeordnet.

Einlagerung

Die Lagerplätze werden variabel vergeben.



Auslagerung

Der Lagerverwalter identifiziert während der Kommissionierung optisch den Lagerplatz der Ware. Dieser Suchvorgang ist sehr zeitaufwendig und verursacht viele Fehler.

Warenausgang

Der Warenausgang behandelt nur Fertigerzeugnisse und Komponenten für die Unterlieferanten.

Identifizierte Fehler in der Materialwirtschaft

- keine internen Dokumente über den Materialfluss
- kein eindeutiges Informationsumlaufsystem
- keine Standardisierung der einzelnen Tätigkeiten
- keine Kompetenzaufteilung im Materialhandling, angefangen bei deren Annahme bis zur endgültigen Abrechnung nach Ablauf des Produktionszyklus
- Defizite bei den Spezifikationen verursachten Desinformation
- fehlende Produktionszeitpläne
- fehlende Materialbedarfsplanung

5 Projekt des Lagerwirtschaftssystems – Empfehlungen

Methodik der Lageroperationen

Materialbewirtschaftung und Lagermanagement sind zwingend zu ändern. Eine effektive Lagerung soll die Lagerfläche maximal ausnutzen und die Anzahl der Ein- und Auslagerungen minimieren.

Beim Entwerfen der Lagerflächen sind bestimmte Vorgaben zu berücksichtigen. Die Lagerungszone soll am größten sein, die Kommissionierungszone kann mit der Ein- und Auslagerungszone zusammengeschlossen sein, die Warenannahme und der Warenausgang sollen sich in der gleichen Zone befinden.

Besonders wichtig ist die Wahl des Lagerortes und des Lagerplatzes. Hier können drei Methoden Anwendung finden:

1. Methode der freien Lagerungsstellen
2. Methode der fixen Lagerungsstellen
3. Mischmethode (freie und fixe Lagerungsstellen)

Im Falle des beschriebenen Lagers bietet sich die dritte Lösung an. Der Lagerungsprozess soll hier drei Phasen umfassen:

- Wareneingang
- Kommissionierung
- Warenausgang

In jeder Phase soll ein für die einzelnen Operationen verantwortlicher Lagermitarbeiter eingesetzt werden. Die Prozesse sind zu kontrollieren und eventuelle Fehler schnell zu beheben.

Sehr wichtig ist die richtige Unterbringung im Regal. Dazu werden im Lager die Lagerplätze gemäß der Mischmethode (freie und fixe Lagerplätze) vergeben.

Die Kommissionierung wird durch die dynamische Methode „Mann zu Ware“ realisiert. Vorräte sind aus dem Lager zu entnehmen und mit speziellen Lagergeräten zur

Kommissionierungszone zu transportieren. Dort wird die bestellte Lieferung kommissioniert.

Die Kommissionierung ist leichter, wenn es im Lager ein Adresssystem gibt. In der Möbelfabrik „Wiza“ wurden automatische Identifikationssysteme eingeführt. Jeder Lagerplatz hat ein eigenes Adressticket, das mit einem Strichcode versehen ist. Dieser Code ist im IT-System erfasst. Das System zeigt auf einer Übersichtskarte, wo die Ware liegt. Das IT-System erstellt aber auch herkömmliche Dokumente, wie z. B. Belege oder Faktura.

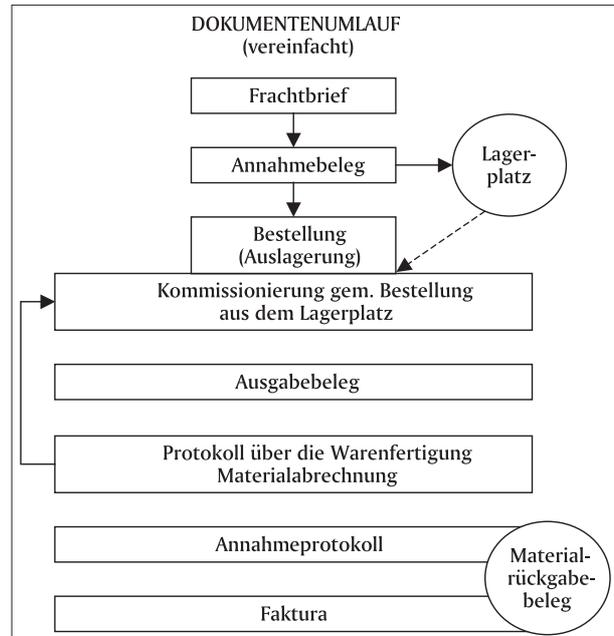


Abb. 3 Vorschlag des Dokumentenumlaufs

Richtige Material- und Lagerwirtschaft bringt berechenbare Effekte. Diese umfassen z. B.

- Senkung der Vorratskosten,
- maximale Ausnutzung der Lagerungsfläche,
- hohe Qualität.

Um diese Effekte zu erreichen, müssen laufende Prozesse ständig verbessert und innovative Informationsverarbeitungssysteme aufgebaut werden.

Die Möbelfabrik „Wiza“ hat die vorgeschlagenen neuen Managementregeln eingesetzt. Dazu mussten Abteilungen reorganisiert und viele Prozesse standardisiert werden. So konnte auch die Material- und Lagerwirtschaft reorganisiert werden. Dort wurden Kosteneinsparungen (Materialkosten, Bestandskosten) und eine bessere Flächenausnutzung realisiert. Diese Ergebnisse tragen direkt zu einer Verbesserung der Wettbewerbssituation der Möbelfabrik „Wiza“ bei.

Autorin

Justyna Zybert

Studentin der Fachhochschule für Logistik Poznan
ul. Estkowskiego 6, 61-755 Poznan, Polen
Tel. +48 61 8529555, +48 61 8510604
E-Mail: wsl@dziekanat.wsl.com.pl