Fachartikel 2002

Prof. Dr. Dr. h.c. Herbert Eichele (Hrsg.)

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg

ISSN 1615-4509 Schriftenreihe der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg Nr. 8, Nürnberg, Dezember 2002

Inhaltsverzeichnis

Modelling DES Soft-Cores for information protection **S. 5**
BSc., MSc. Viktor Melnyk, Prof. Dr. Jürgen Bäsig

Der Strahlungsdruck im Wellen- und Teilchenbild **S. 21**
Prof. Dr. Georg Loos

Biomass as a Source of Heat and Power for a Farm in the Donauries Region **S. 31**
Prof. Dr.-Ing. Arnd Hilligweg, Dipl.-Ing. (FH) Jörg Wolfrom

Simulation der Wiedereintrittsbahn der ISS-Rettungskapsel **S. 43**
Prof. Dr. Reinhold Meisinger, Timur Karaca, Markus Taufer

EU-Erweiterung, Währungsunion und Balassa-Samuelson-Effekt **S. 51**
Prof. Dr. Karlheinz Ruckriegel, Prof. Dr. Franz Seitz

Simulation of a Single and Double-Span Guideway under Action of Moving MAGLEV Vehicles with Constant Force and Constant Gap **S. 61**
Prof. Dr. Reinhold Meisinger

Evaluation der Evaluation. Resonanz auf die Einführung der Evaluation der Lehre bei Lehrenden und Studierenden **S. 69**
Prof. Peter Wellhöfer, Prof. Dr. G.-W. Rothgang, Dipl.-Sozialpäd. Julia Busse

Die Zahlungsbilanz **S. 101**
Prof. Dr. Karlheinz Ruckriegel

Fahrzeugantriebe – Stand der Technik und Perspektiven **S. 109**
Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Tretow, Dr.-Ing. Miroslaw Weclas

Ehrenpromotion von Prof. Dr. Herbert Eichele **S. 131**
Prof. Dr. Dr. h.c. Herbert Eichele

Modelling DES Soft-Cores for information protection

BSc., MSc. Viktor Melnyk

Lviv National Polytechnic University

Lviv, Ukraine

Prof. Dr. Jürgen Bäsig

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg

Fachbereich
Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik

Abstract

This paper discusses the possibilities of IP-technologies for information protection. An analysis of modern information protection Soft-Cores which support symmetric block ciphers is given. Development perspectives of the Soft-Cores are described. The DES Algorithm and the variations of the architecture of the DES Soft-Core models are considered, their analysis provided and they are compared with some existing DES Soft-Cores on the world market. Two architectures - iterative and pipelined - are identified. Twenty six variations of the DES Soft-Core are proposed and a comparative analysis of their architecture is given. The proposed DES Soft-Cores support all of the discussed functional possibilities. Thus a high performance is achieved, the equipment volume for their realization is lowered and they can be used effectively in a wide spectrum of the application fields.

Introduction

Modern computer systems allow the user to protect the data that are processed. Some ways of protection are user identification, distribution of the access to the information, provision of the integrity, confidentiality of the information, its protection from modification and destruction [1]. Some of these ways of protection are traditionally realized with the help of the cryptographic algorithms of the data transformation as a programmable module for the universal processors. However, such a realization with the advantage of flexibility of the program module usage and modification has a disadvantage, too: the problem of how to provide the module integrity, and the low datarate. The support of the program module integrity, which is responsible for the cryptographic transformation, is necessary to avoid the key-data distortion and, even more, the program module distortion. The low datarate of the program modules is caused by the discrepancy of the command set of the universal processors with the common operations used in cryptographic algorithms.

One of the possible ways to solve these problems is to use specialized VLSI circuits for data protection. The execution of the cryptographic algorithm with the specialized VLSI circuits allows to avoid the visibility of the algorithm and the key-data integrity. Free access to the content of a VLSI circuit is not possible.

Approach to the design of the Soft-Cores

Modern VLSI circuits of the data protection are characterized by the high level of integration, their high reliability and a wide spectrum of the functional possibilities in the different modes.
Soft-Cores are designed with a hardware description language like Verilog or VHDL. This leads to the approach that you can buy such Soft-Cores from other companies and include them in your own design. The customer is able to complete the core with additional functional blocks to obtain a data protection system built as a system-on-a-chip [4]. Such an approach is called "core-technology" [2, 3].
The use of a Soft-Core can be:

a model of a datapath and a control system with a simplified interface - such an approach allows the designer of a data protection system to use predesigned components or to develop his own specific interface logic and thus to match the requirements;
a complete description with a very specific interface - such an approach makes it possible to get a running data protection system very quickly, but this system can’t be adapted to match complex requirements.

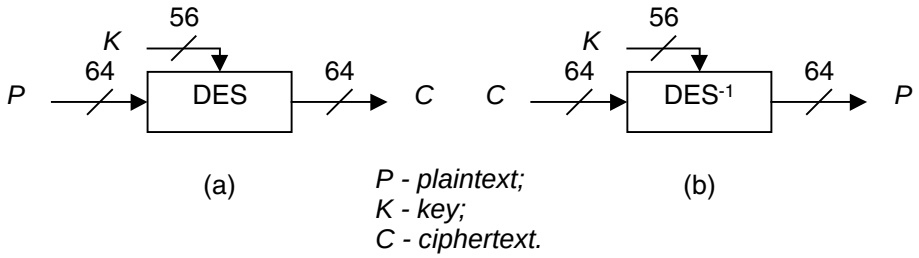
Flexibility in a selection of a data processing mode allows to use a VLSI circuit of a symmetric-key encryption in the data protection systems effectively. However, data protection systems use only a few modes. So, on the one hand, unused modes waste silicon, and such a realization makes it on the other hand impossible to achieve a high datarate. The alternative of the development of a symmetric-key VLSI circuit is a specialized datapath/control architecture for the specific data protection requirements.

DES cipher and DES cipher operating modes

The description of a symmetric-key encryption processes the input text by the fixed-size blocks of n bits (mostly n = 64). For the encipherment of text blocks that have a larger size, a solution is to divide them for some n-bit blocks, each of which can be processed separately.

The most often used algorithm of a symmetric-key encryption is the Data Encryption Standard (DES) [5, 7]. DES is a block cipher which processes plaintext blocks of n = 64 bits, producing 64-bit ciphertext blocks (see fig.1). The effective size of the secret key K is 56 bits; more precisely, the input key K is specified as a 64-bit key, 8 bits of which (bits 8, 16, ..., 64) may be used as parity bits.

Fig. 1: Information interface of the DES algorithm for encryption (a) and decryption (b)



Full details of DES are given in algorithm 1, fig.2 and fig.3. The encryption is proceeded in 16 stages or rounds. From the input key K, sixteen 48-bit subkeys K_i are generated, one for each round. Within each round, 8 fixed, 6-to-4 bit substitution mappings (S-boxes) S_i, collectively denoted S, are used. The 64-bit plaintext is divided into 32-bit halves L_0 and R_0. Each round is functionally equivalent, taking 32-bit inputs L_{i-1} and R_{i-1} from the previous round and producing 32-bit outputs L_i and R_i for $1 \le i \le 16$, as follows:

$$L_i = R_{i-1} \quad (1);$$

$$R_i = L_{i-1} \oplus f(R_{i-1}, K_i), \text{ where } f(R_{i-1}, K_i) = P(S(E(R_{i-1}) \oplus K_i)) \quad (2).$$

Here E is a fixed expansion permutation mapping R_{i-1} from 32 to 48 bits (all bits are used once, some are used twice). P is another fixed permutation on 32 bits. An initial bit permutation (IP) precedes the first round; following the last round, the left and right halves are exchanged and, finally, the resulting string is bit-permuted by the inverse of IP.

A simplified view is that the right half of each round (after expanding the 32-bit input to 8 characters of 6 bits each) carries out a key-dependent substitution on each of the 8 characters, then uses a fixed bit transposition to redistribute the bits of the resulting characters to produce 32 output bits.

Algorithm 2 specifies how to compute the DES round keys K_i, each of which contains 48 bits of K. These operations make use of tables PC1 and PC2, which are called permuted choice 1 and permuted choice 2. To begin with, 8 bits (k_8, k_{16}, ..., k_{64}) of K are discarded (by PC1). The remaining 56 bits are permuted and assigned to two 28-bit variables C and D, and then for 16 iterations, both C and D are rotated either 1 or 2 bits, and 48 bits (K_i) are selected from the concatenated result.

Fig. 2: Data encipherment by DES algorithm

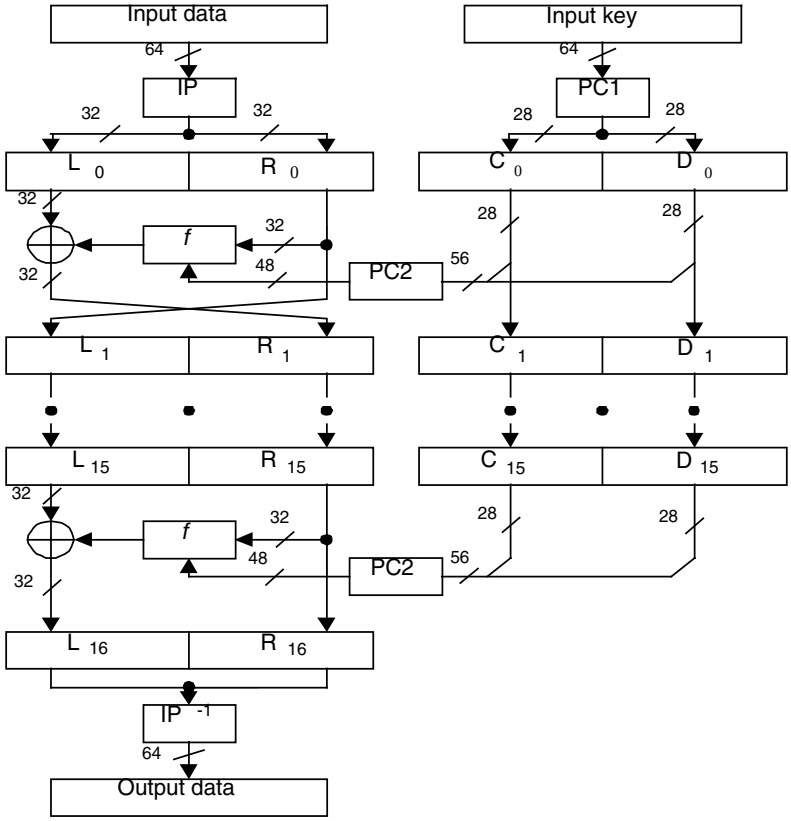
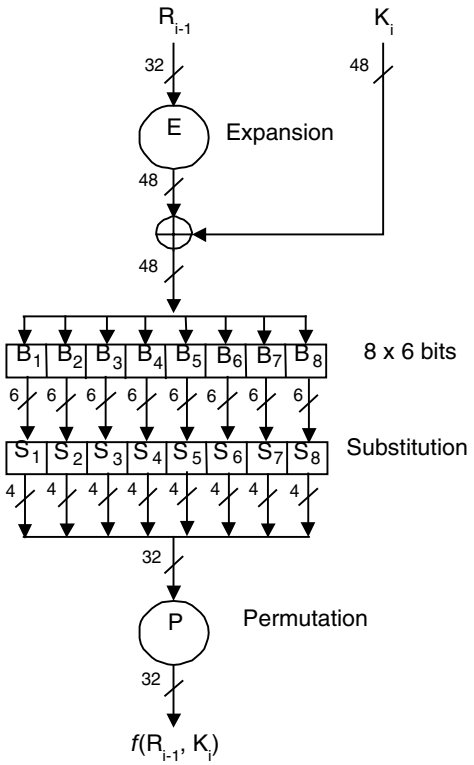


Fig. 3: DES inner function f



Algorithm 1: Data Encryption Standard (DES)

INPUT: plaintext m_1, ..., m_{64}; 64-bit key $K = k_1$, ..., k_{64} (includes 8 parity bits).
SUMMARY: 64-bit ciphertext block $C = c_1$, ..., c_{64}.

1. (key schedule) Compute sixteen 48-bit round keys K_i from K using algorithm 2;
2. $(L_0,R_0) \leftarrow IP\ (m_1, m_2, \ldots, m_{64})$;
3. (16 rounds) for i from 1 to 16, compute L_i and R_i using equations (1) and (2) above.
   Compute $f(R_{i-1}, K_i) = P(S(E(R_{i-1}) \oplus K_i))$ as follows:
   (a) Expand $R_{i-1} \leftarrow r_1, r_2, \ldots, r_{32}$ from 32 to 48 bits (using E); $T \leftarrow E(R_{i-1})$;
   (b) $T' \leftarrow T \oplus K_i$. Represent T' as eight 6-bit character strings: $(B_1, ..., B_8) = T'$;
   (c) $T'' \leftarrow (S_1(B_1), S_2(B_2), \ldots, S_8(B_8))$;
   (d) $T''' \leftarrow P(T'')$;
4. $b_1, b_2, \ldots, b_{64} \leftarrow (R_{16}, L_{16})$ (Exchange final blocks L_{16}, R_{16});
5. $C \leftarrow IP^{-1}(b_1, b_2, \ldots, b_{64})$ (Transpose using IP^{-1}).

Algorithm 2: DES key schedule

INPUT: 64-bit key $K = k_1, k_2, ..., k_{64}$ (including 8 odd-parity bits).
SUMMARY: sixteen 48-bit keys, K_i, $1 \le i \le 16$.

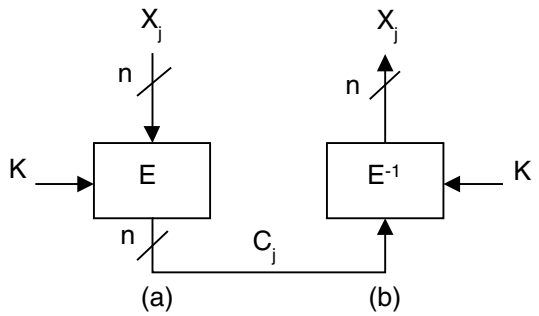
1. Define V_i as follows: $V_i = 1$ for i from {1, 2, 9, 16}; $V_i = 2$ otherwise
   (These are left-shift values for 28-bit circular rotations below);
2. $T \leftarrow PC1(K)$; represent T as 28-bit halves (C_0, D_0);
3. For i from 1 to 16, compute K_i as follows: $C_i = C_{i-1}$ **rol** V_i, $D_i = D_{i-1}$ **rol** V_i.
   $K_i = PC2(C_i, D_i)$ (**rol** denotes **left** circular shift).

DES decryption consists of the encryption algorithm with the same key but reversed key schedule, using in the order of (K_{16}, ..., K_1). Subkeys K_1, K_2, ..., K_{16} may be generated by algorithm 2 and used in reverse order, or generated in reverse order directly as follows. Note that after K_{16} is generated, the original values of the 28-bit registers C and D are restored (each has rotated 28 bits). Consequently, and due to the choice of shift-values, modifying algorithm 2 generates subkeys as follows: replace the left-shifts by right-shift rotates; change the shift value V_1 to 0.

Most widely used in block ciphers are the following four modes: ECB, CBC, CFB, and OFB [6, 7]. Each of them has its own advantages and disadvantages, but all of them use the DES cipher. In the following E_K denotes the encryption function. E_K^{-1} denotes the decryption function. Input plaintext $X = X_1, \ldots, X_t$ consists of n-bit blocks for ECB and CBC modes and r-bit blocks for CFB and OFB blocks, where r is a fixed value, $r \le n$.

Electronic Codebook (ECB) is the simplest mode of DES algorithm work. It is illustrated in fig.4 and in algorithm 3.

Fig. 4: ECB mode encipherment (a) and decipherment (b)



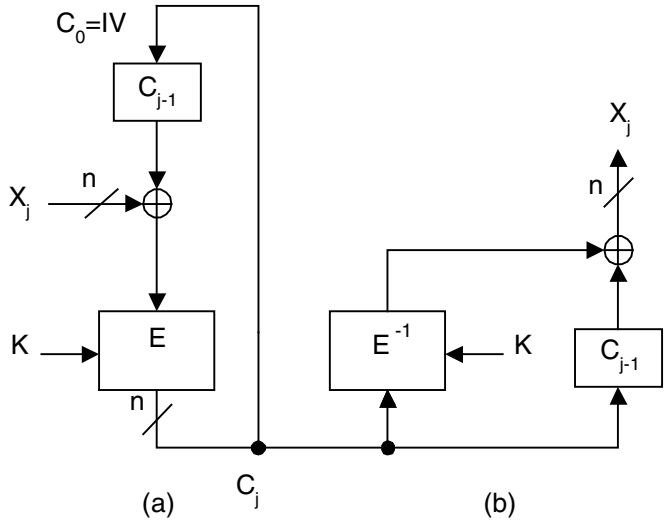
Algorithm 3: ECB mode of operation

INPUT: n-bit key K; n-bit plaintext blocks X_1, ..., X_t.
SUMMARY: produce ciphertext blocks C_1, ..., C_t; decrypt to recover plaintext.

1. Encryption: for $1 \le j \le t$, $C_j \leftarrow E_K(X_j)$;
2. Decryption: for $1 \le j \le t$, $X_j' \leftarrow E_K^{-1}(C_j)$.

The cipher-block chaining (CBC) mode of operation, specified in algorithm 4 and illustrated in fig.5, involves the use of an n-bit initialization vector, denoted IV.

Fig. 5: CBC mode encipherment (a) and decipherment (b)



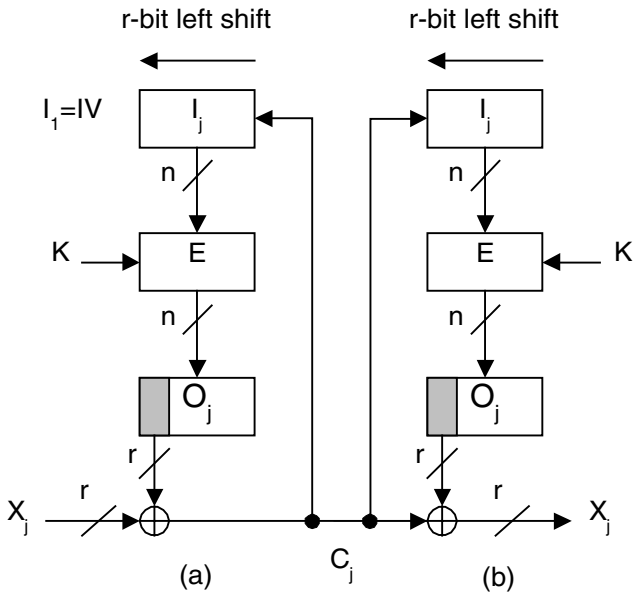
Algorithm 4: CBC mode of operation

INPUT: n-bit key K; n-bit key IV; n-bit plaintext blocks X_1, ..., X_t.
SUMMARY: produce ciphertext blocks C_1, ..., C_t; decrypt to recover plaintext.

1. Encryption: $C_0 \leftarrow IV$, for $1 \le j \le t$, $C_j \leftarrow E_K(C_{j-1} \oplus X_j)$;
2. Decryption: $C_0 \leftarrow IV$, for $1 \le j \le t$, $X_j' \leftarrow C_{j-1} \oplus E_K^{-1}(C_j)$.

While the CBC mode processes plaintext n-bits at a time (using an n-bit block cipher), some applications require that r-bit plaintext units are encrypted and transmitted without delay, for some fixed r<n (often r=1 or r=8). In this case, the cipher feedback (CFB) mode may be used, as specified in algorithm 5 and illustrated in fig.6.

Fig. 6: CFB mode encipherment (a) and decipherment (b)



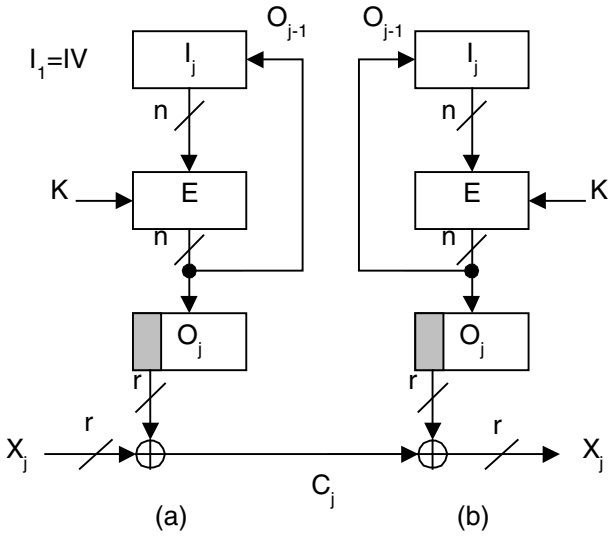
Algorithm 5: CFB mode of operation (CFB-r)

INPUT: n-bit key K; n-bit key IV; r-bit plaintext blocks X_1, ..., X_t.
SUMMARY: produce r-bit ciphertext blocks C_1, ..., C_t; decrypt to recover plaintext.

1. Encryption: $I_1 \leftarrow IV$ (I_j is the input value in a shift register) For $1 \le j \le U$:
   (a) $O_j \leftarrow E_k(I_j)$ (Compute the block cipher output);
   (b) $t_j \leftarrow$ r leftmost bits of O_j (Assume the leftmost is identified as bit 1);
   (c) $C_j \leftarrow X_j \oplus t_j$ (Transmit the r-bit ciphertext block C_j);
   (d) $I_{j+1} \leftarrow 2^{r*} I_j + C_j \bmod 2^n$ (Shift C_j into right end of shift register);
2. Decryption: $I_1 \leftarrow IV$. For $1 \le j \le U$, upon receiving C_j:
   $X'_j \leftarrow C_j \oplus t_j$, where t_j, O_j and C_j are computed as above.

The output feedback (OFB) mode of operation may be used for applications in which all error propagation must be avoided. It is similar to the CFB mode, and allows encryption of various block sizes. In opposite to the OFB mode the encryption function E supports the feedback of the output data. The two versions of the OFB mode share one n-bit block cipher. The ISO version (see fig.7 and algorithm 6) requires an n-bit feedback, and is more secure. The earlier FIPS version (see fig.7 and algorithm 7) allows r<n bits of feedback.

Fig. 7: OFB mode encipherment (a) and decipherment (b)



Algorithm 6: OFB mode with full feedback (per ISO 10116)

INPUT: n-bit key K; n-bit key IV; r-bit plaintext blocks X_1, ..., X_t.
SUMMARY: produce r-bit ciphertext blocks C_1, ..., C_t; decrypt to recover plaintext.

1. Encryption: $I_1 \leftarrow IV$. For $1 \le j \le n$ given plaintext block X_j:
   (a) $O_j \leftarrow E_k(I_j)$ (Compute the block cipher output);
   (b) $t_j \leftarrow$ r leftmost bits of O_j (Assume the leftmost is identified as bit 1);
   (c) $C_j \leftarrow X_j \oplus t_j$ (Transmit the r-bit ciphertext block C_j);
   (d) $I_{j+1} \leftarrow O_j$ (Update the block cipher input for the next block);
2. Decryption: $I_1 \leftarrow IV$. For $1 \le j \le n$, upon receiving C_j:
   $X'_j \leftarrow C_j \oplus t_j$, where t_j, O_j and C_j are computed as above.

Algorithm 7: OFB mode with r-bit feedback (per FIPS 81)

INPUT: n-bit key K; n-bit key IV; r-bit plaintext blocks X_1, ..., X_t.
SUMMARY: produce r-bit ciphertext blocks C_1, ..., C_t; decrypt to recover plaintext.

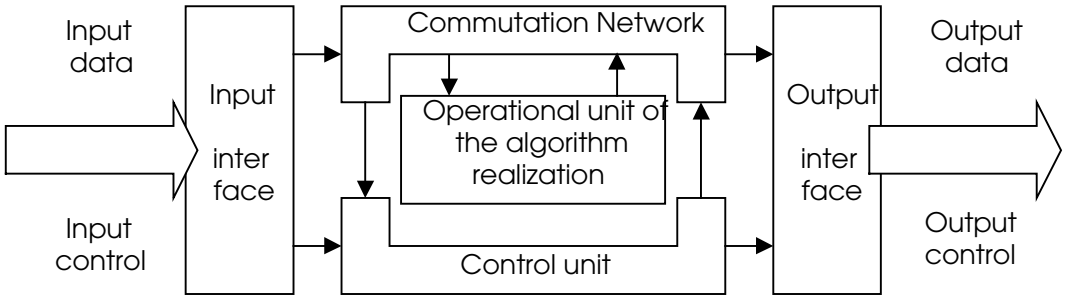
As per algorithm 6, but with $I_{j+1} \leftarrow O_j$ replaced by:
$I_{j+1} \leftarrow 2^r * I_j + t_j \bmod 2^n$ (Shift t_j into right end of shift register).

The ECB mode supports no dependencies between the text blocks which are processed. This decreases the reliability of the cipher, as an identical plaintext block causes the appearance of an identical ciphertext block, when the same key for their encipherment is used. For this reason, the ECB mode is not recommended for messages longer then one block, or if keys are reused for more then a single one-block message. Security may be improved by using other modes of work, where feedbacks are implemented. As a result, reliability is higher because each currently processed block depends on previously processed blocks.

Variations of the DES Soft-Core model

Let's take a closer look at the variations of the DES Soft-Cores for data protection. A general architecture of such core [8] is shown in fig.8.

Fig. 8: General architecture of the DES Soft-Core



The operational unit of the algorithm realization (OUAR), which represents a model of the core's datapath, is a hardware implementation of the DES algorithm and can be used with the described modes of the DES cipher. The Commutation Network configures the core in a certain mode. The input and the output interfaces control the acceptance of the input data, the storage of the intermediate results and the registering of the output data. The partitioning of the core with the described units shows the following behavior: the algorithm of the OUAR work remains fixed for all modes, other units (Commutation Network, Control Unit, input and output interfaces) show a dependency on the selected mode.

Let's consider the variations of the OUAR architecture. There are two basic architectures for the OUAR - iterative and pipelined. The iterative architecture is shown in fig.9, the pipelined - in fig.10.

Fig. 9: Iterative architecture of OUAR

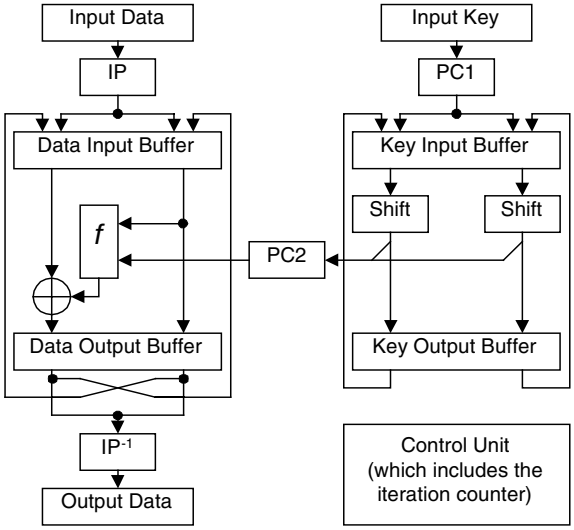
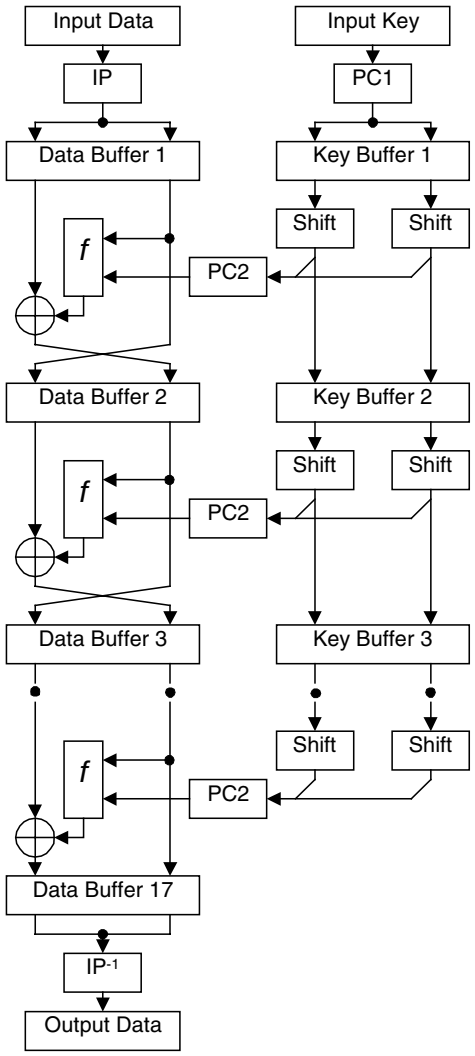


Fig. 10: Pipelined architecture of OUAR



The iterative solution of the OUAR unit generates synthesis results with less gatecount. The pipelined architecture is characterized by a high datarate.

Table 1 shows the possible variations for the DES Soft-Core functionality. The OUAR architecture and the functionality[1] are parameters. A Multimode Soft-Core performs data encipherment (encryption and decryption) in the four modes which are considered.

[1] mode, encipherment direction

Table 1: Possible variations for the DES Soft-Core implementation[2]

#	OUAR architecture	Functional orientation	ECB		CBC		CFB		OFB	
			E	D	E	D	E	D	E	D
1	Iterative	Multimode	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2		Specialized	✓	✓						
3					✓	✓				
4							✓	✓		
5									✓	✓
6			✓							
7				✓						
8					✓					
9						✓				
10							✓			
11								✓		
12									✓	
13										✓
14	Pipelined	Multimode	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15		Specialized	✓	✓						
16					✓	✓				
17							✓	✓		
18									✓	✓
19			✓							
20				✓						
21					✓					
22						✓				
23							✓			
24								✓		
25									✓	
26										✓

Possible variations of the DES algorithm and modes are shown in table 1. The expediences of an implementation for a DES-Soft-Core will be discussed.

Comparative analysis of DES Soft-Core models

Let's have a closer look now at the general advantages and disadvantages of the iterative and pipelined architectures of the OUAR-unit.

As has been said above, the iterative architecture of the OUAR-unit leads to a design with less gatecount and a low datarate. A pipelined architecture produces a high datarate and the gatecount is increased. One feature of the DES algorithm should be taken into account: data is processed within sixteen identical rounds. A fully iterative architecture of the OUAR-unit consists of one DES round, where the data block circulates sixteen times. A fully pipelined structure consists of sixteen rounds, separated by the pipeline registers. The pipelined OUAR-unit is able to process the data parallel in sixteen blocks. The performance of the pipelined OUAR-unit is sixteen times higher than the performance of the iterative one. If the combined iterative-pipelined architecture is realized[3], the datarate and the gatecount increase in comparison to a fully iterative architecture. It has been stated [9], that a good *trade off* for the number of

[2] E: encryption; D: decryption

[3] it could be represented as an iterative architecture, which contains some rounds of the pipeline

cycles to process one data block and the necessary gatecount are reached by the fully pipelined architecture of the OUAR-unit.

Multimode DES Soft-Core models

The performance of the core in the ECB mode (see fig.4) is the same as the maximum performance of its OUAR-unit. According to the requirements for a high datarate or for a low gatecount the use of an iterative or a pipelined architecture is possible. For the CBC mode it is not effective to use the pipelined architecture for the OUAR-unit (see fig.5), because the unit can process - due to the feedback - only one data block in time. In the case of decryption there are no feedbacks, that's why the pipelined OUAR-architecture is very suitable for a high datarate. The same situation can be seen in the CFB mode (see fig.6). In the case of the OFB mode (see fig.7) there are feedbacks which don't allow the processing of more than one data block in time. So, in this case the iterative OUAR-architecture is qualified, too. In summary the multimode DES Soft-Core creation with an iterative architecture fits the requirements for higher datarate and a low gatecount for most of the modes. The datarate decreases only for the ECB mode for encryption and decryption and the CBC and CFB modes for decryption using the pipelined architecture.

Specialized DES Soft-Core models

Generally a specialized DES Soft-Core is characterized by a small field of application in comparison with a multimode DES Soft-Core. The possibility to achieve a high datarate and a low gatecount compensates this disadvantage in most applications.

The ECB mode has no feedbacks, the usage of a pipelined/iterative OUAR-architecture makes sense and is possible. Two different cases occur in the CBC and CFB modes: iterative OUAR-architecture for encryption is effective, because a feedback doesn't allow to handle more than one data block in time; for decryption both architectures are effective, because there is no feedback. In this way both OUAR-architectures are possible. In the case of the OFB mode, there is a feedback, which doesn't allow to process more than one data block in time. In these cases only the iterative OUAR-architecture can be used.
The development of a dedicated Soft-Core with regard to the encipherment direction allows to achieve a low gatecount and to obtain a high datarate. For the Soft-Cores, dedicated to the ECB and OFB modes with regard to the encipherment direction, all the features which have been discussed in this paper remain. Considering the CBC and CFB modes regarding to the encipherment direction, the iterative OUAR-architecture should be favoured for encryption. For decryption both architectures are possible.

Let's have a closer look at a Soft-Core which supports some modes. The similarity of the algorithms of these modes should be checked. For a high datarate in the ECB, CBC and CFB modes for encryption the pipelined OUAR-architecture should be preferred. In other cases an iterative OUAR-architecture should be possible. The complexity of other core-units[4] isn't dramatically increased for these Soft-Cores. The described Soft-Core Architecture supports a wide spectrum of functional possibilities, but requires a higher gatecount for its realization.

[4] Commutation Network, Control Unit, Input and Output Interfaces

Available Soft-Cores for information protection

The available Soft-Cores can be characterized as shown in the following table.

Table 2: Some existing Soft-Cores for information protection

Producer	FPGA / ASIC Technology	Modes	Interface	Databus	Fre-quency (MHz)	Gatecount
Alatek	EPF6016-2	ECB	special	64 bit	39	623 LC
	EPF81500-2				36	634 LC
	EPF10K50V-1				43	663 LC
	XLC30-3				24	264 CLB
	XC4013XL-08				55	266 CLB
	V150-6				100	281 Slices
CAST	Virtex V150-6	ECB	special	64 bit	101	255 Slices
	EPF6016-2				37	540 LC
	EPF81500-2				35	540 LC
	EPF10K20-3				44	540 LC
	EPF10K30A-1				73	570 LC
	EPF10K50V-1			8 bit	27	574 LC
Inventra	CBA library	ECB	special	64 bit	100	4000 Gates
	CBA library	ECB, CBC			100	7000 Gates
Memec Design	XC4000E/XL	ECB	special	64 bit	43	316 CLB
	Spartan				25	316 CLB

The cores (table 2) have a very specialized functionality and most of them support the ECB Mode only. As has been said before the ECB mode has a low reliability, which is due to the lack of feedback. To develop a Soft-Core which supports the other modes - CBC, CFB and OFB - is an important task.

The described ideas have been realized in the project “Development of a Data Encryption Standard IP Generator”. An Internet-version of this generator is available online [5]. The Core Generator supports the download of 46 different synthesizeable VHDL-files. The use of these cores leads to a shorter time-to-market for new security products. The project was sponsored by AIF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereiniungen “Otto von Guericke” e.V.).

Conclusion

In this paper the Soft-Cores for information protection have been analyzed. The analysis of the technical characteristics of existing Soft-Cores shows a high amount of specialization. Flexible designs, fast realization and high design quality require parameterizable models and libraries of Soft-Cores for information protection systems. Using them has the following advantages:

- the development process is dramatically simplified and rapid;
- a high level of integration is achieved and errors are virtually impossible;
- the customer can choose the cores which match his requirements.

The variations of the DES Soft-Cores architecture for information protection have been considered. The focus has been laid on the following points:

- principles of the data processing by the DES block cipher;
- modes of DES cipher work: ECB, CBC, CFB and OFB;
- variations of the multimode DES Soft-Core architecture that process the data in all the modes of the DES cipher work;

[5] http://CoreGenerator.nf.fh-nuernberg.de:8080/CoreGenerator/

- variations of the dedicated DES Soft-Core architecture that process the data in one certain mode of the DES cipher work for encryption and decryption;
- variations of the dedicated DES Soft-Core architecture that process the data in one certain mode of the DES cipher work for encryption only;
- variations of the dedicated DES Soft-Core architecture that process the data in one certain mode of the DES cipher work for decryption only.

These Soft-Cores are analyzed and compared with each other. Two basic variations of the architecture of the cores' datapaths are identified - the iterative and pipelined one. The iterative architecture provides a low datarate and a low gatecount. The pipelined version provides a high datarate and a high gatecount. An approach for a combined iterative-pipelined datapath is described. An estimation about the Soft-Cores' architectures that support some similar modes (for instance, CBF and OFB) is provided.

The characteristics of the existing DES Soft-Cores are considered. Their disadvantage in general is their limited functionality - an absence of the cores that work in CFB and OFB modes. In the paper twenty six variations of the DES Soft-Cores' architecture are shown. These cores have a wide functionality - all modes are supported - which allows using them in a wide spectrum of the application fields.

The described ideas have been realized in the project "Development of a Data Encryption Standard IP Generator". An Internet-version of this generator is available.online. The Core Generator supports the download of 46 different synthesizeable VHDL-files. The use of these cores leads to a shorter time-to-market for new security products.

Acknowledgement

The authors acknowledge AIF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereiniungen "Otto von Guericke" e.V.) for supporting this project.

Literature

[1] H. Feistel, "Cryptography and computer privacy", Scientific American, Vol.228, N5, May 1993, pp. 15-23.
[2] P. Lapsey and J. Bier "DSP Cores Bring New Level of Integration"//Microprocessor report, August 1994.
[3] DSP Design Tools and Mothodologies, Berkeley Design Technology, Inc. (Fremont, California), 1995.
[4] M. Keating, P. Bricaud "Reuse Methodology Manual for System-On-a-Chip Design", Kluwer Academic Publishers, 1999, pp.224.
[5] FIPS 46, "Data Encryption Standard", Federal Information Processing Standard (FIPS), Publication 46, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, Washington D.C.
[6] FIPS 81, "Operational Modes of DES", Federal Information Processing Standard (FIPS), Publication 81, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce, Washington D.C.
[7] Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot and Scott A. Vanstone "Handbook of Applied Cryptography", CRC Press, October 1996, 816 p.
[8] V. Melnyk, T. Korkishko "DES Cryptographic Processor". Report on the research project. Georg-Simon-Ohm Fachhochschule Nuernberg, 27 September 1999 - 28 November 1999, 178 p.
[9] T. Korkishko, A. Melnyk "Cryptographic Processor Architectures for DES Algorithm", Proceedings of AFRICON'99 conference, Cape Town, South Africa 1999, pp. 126-131.

Der Strahlungsdruck im Wellen- und Teilchenbild

Prof. Dr. Georg Loos

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
Fachbereich Allgemeinwissenschaften
Keßlerplatz 12, 90489 Nürnberg
E-mail: georg.loos@fh-nuernberg.de

Abstract

Die experimentelle Realisierung des Strahlungsdrucks hat zur Entwicklung von Manipulatoren für Mikropartikel geführt. Zum tieferen Verständnis der Entstehung des Drucks wird als einfaches Beispiel der Strahlungsdruck auf eine ebene Platte und die mechanische Spannung in der Platte bei senkrechtem Strahleinfall berechnet. Dabei wird sowohl das Wellenmodell als auch das Teilchenmodell der Optik verwendet. Es zeigt sich, daß letzteres einfacher zu handhaben und anschaulicher ist.

Der Strahlungsdruck im Wellen- und Teilchenbild

1. Einleitung

Der Strahlungsdruck wurde schon von Johannes Kepler im Jahr 1619 postuliert. Er erklärte damit die Erscheinung, daß durch den Druck des Lichts ein Kometenschweif immer von der Sonne wegzeigt. 1873 wies Maxwell theoretisch nach, daß Licht einen Druck auf Materie ausübt. Der experimentelle Nachweis des Strahlungsdrucks gelang allerdings erst, als es möglich war, mit Lasern genügend intensitätsreiche Strahlung zu erzeugen.
Heute ist es möglich, mit Lasern die optische Levitation zu demonstrieren und Mikropartikel mit Laserstrahlen zu führen. Die Erscheinung ist aus der Strömungslehre bekannt: Ein Tennisball schwebt auf einer Fontäne und wird durch seitliche Kräfte im Strahl gehalten. Analog wird ein Mikropartikel wegen des radialen Gaußschen Intensitätsprofils eines Laserstrahls im Strahl gehalten. Dies führte zur Entwicklung der optischen Pinzette und der Gradientenfalle für kleine Teilchen. Damit stehen für die Forschung neue nützliche Werkzeuge zur Verfügung, /1/, /2/.

Um die Kräfte auf ein Objekt zu beschreiben, erweist es sich als zweckmäßig, zu unterscheiden, ob dessen Ausdehnung größer oder kleiner als die Wellenlänge der auftreffenden Strahlung ist /3/. Bei Objekten, die kleiner als die Wellenlänge sind, spricht man vom Rayleigh-Modell. Das einfallende Wellenfeld wird als Kugelwelle gestreut. Diese interferiert mit dem einfallenden Feld und bewirkt einen Impulsübertrag auf das Objekt. Diese Problematik wird in /3/ ausführlich behandelt. Ist das Objekt größer als die Wellenlänge, so verwendet man das Mie-Modell. Hier wird der Strahlungsdruck z. B. eines Laserstrahls auf eine Grenzfläche mit dem Impulserhaltungssatz durch den Impulsübertrag beschrieben und berechnet.
In der vorliegenden Arbeit wird mit diesem Modell die Entstehung des Strahlungsdrucks an einem einfachen Beispiel quantitativ betrachtet. Es soll der Strahlungsdruck auf eine Platte mit zwei Methoden im Rahmen des Mie-Modells berechnet werden. Die erste Methode verwendet das Wellenbild der elektromagnetischen Strahlung, arbeitet also mit den Maxwellschen Gleichungen. Bei der zweiten Methode wird der Laserstrahl als Photonenbündel betrachtet unter Verwendung des Begriffs des Photonenimpulses. Dabei wird sich herausstellen, daß die zweite Methode einfacher zu handhaben und anschaulicher ist. Die Rechnung zeigt zudem, daß im Material auch eine mechanische Spannung entsteht. Die Rechenverfahren sollen dem Leser außerdem eine Vorstellung geben, wie beim wesentlich komplizierteren Fall des Strahlungsdrucks z. B. auf ein Glaskügelchen im Prinzip zu verfahren ist.
Um die Verfahren einfach zu halten, wird mit folgenden Voraussetzungen gearbeitet: Ein Laserstrahl fällt senkrecht auf eine ebene Platte, die auf beiden Seiten vom gleichen Medium umgeben ist. Man stelle sich z. B. eine Glasplatte in Luft oder Wasser vor. Die Medien sollen absorptionsfrei sein. Die Intensität des Strahls soll über den ganzen Querschnitt konstant sein. Mehrfachreflexionen werden nicht betrachtet; ebenso werden Interferenzeffekte teilreflektierter Wellen nicht in die Überlegungen einbezogen. Experimentell können diese Interferenzen vermieden werden durch genügend kleine Kohärenzlängen der Strahlung bzw. dicke Platten und ein nicht genau senkrechter Strahleinfall.

2. Der Strahlungsdruck im Wellenbild

2.1 Aussagen der Maxwell-Theorie

Bevor eine Berechnung des Strahlungsdrucks im Wellenbild erfolgt, sollen zunächst die dazu nötigen Aussagen aus der Maxwellschen Theorie des Elektromagnetismus zusammengestellt werden, vgl. auch /4/, /5/, /6/.

An der Grenzfläche zweier Dielektrika geht die Tangentialkomponente der elektrischen Feldstärke $\vec{E}$ stetig über. Die Tangentialkomponente der magnetischen Feldstärke $\vec{H}$ geht stetig über, wenn keine Oberflächenströme vorhanden sind; dies ist hier der Fall. Da wir in dieser Arbeit nur den Spezialfall des senkrechten Einfalls eines Parallelstrahls auf eine ebene Grenzfläche zweier Dielektrika betrachten, können wir direkt mit den *Amplituden* der Feldstärken arbeiten, die wir mit E und H bezeichnen. Der Index e steht für einfallende Strahlung, r für reflektierte und t für transmittierte Strahlung.
Aus den Stetigkeitsbedingungen folgt:

$$E_t = E_e - E_r \tag{1}$$

$$H_t = H_e + H_r \tag{2}$$

Zur Wahl der Vorzeichen der Amplituden wird auf /4/, /5/, /6/ verwiesen. In /5/ und /6/ findet man die Herleitung der Fresnelschen Formeln für nicht senkrechten Einfall und die ausführliche Diskussion der Vorzeichenproblematik, wenn die elektrische Feldstärke senkrecht oder parallel zur Einfallsebene steht.
Zusammenhang zwischen E und H:

$$H = E/(\mu_r \mu_0 c) \tag{3}$$

mit der Lichtgeschwindigkeit in Materie $c = c_0/n$ und $c_0 = 3 \cdot 10^8$ m/s. Wir setzen $\mu_r = 1$. Die Platte hat die Brechzahl n_2, das umgebende Medium die Brechzahl n_1.
Setzt man die Gln. (1) und (3) in (2), so erhält man

$$E_r = \frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} E_e \tag{4}$$

$$E_t = \frac{2n_1}{n_1 + n_2} E_e \tag{5}$$

Jede elektromagnetische Welle führt nach der Maxwell-Theorie einen Impuls mit sich, der beim Auftreffen auf eine Grenzfläche sich als Strahlungsdruck äußert. Um Verwechslungen mit dem Betrag des Impulses zu vermeiden, wird beim Druck der Index s angefügt. Der Strahlungsdruck ist gleich dem Impulsfluß/Fläche, also

$$p_s = \frac{|\Delta\vec{p}|}{A\Delta t} = \frac{S}{c} = \frac{nS}{c_0} \tag{6}$$

mit der Intensität S als zeitlich gemitteltem Betrag des Poynting-Vektors. Diese gibt die pro Zeit und Fläche übertragene Strahlungsenergie an:

$$S = \frac{\Delta W}{A\Delta t} = \tfrac{1}{2}\varepsilon_r\varepsilon_0 cE^2 = \tfrac{n}{2}c_0\varepsilon_0 E^2 \tag{7}$$

wobei für die Brechzahl die Beziehung $n = \sqrt{\varepsilon_r}$ verwendet wird.

2.2 Berechnung des Strahlungsdrucks auf die erste Grenzfläche

Die Anwendung des Impulserhaltungssatzes führt zur Berechnung des Strahlungsdrucks. Der Einheitsvektor in Einfallsrichtung der Welle sei $\vec{e}_z$; vgl. die Abbildung in Abschnitt 3.
Zunächst wird der Druck Δp_s auf die erste Grenzfläche Medium – Glas berechnet:

$$\Delta p_s\vec{e}_z = (p_{s,e} - (p_{s,t} - p_{s,r}))\vec{e}_z = \left(\frac{S_e}{c_1} - \left(\frac{S_t}{c_2} - \frac{S_r}{c_1}\right)\right)\vec{e}_z \tag{8}$$

Mit Gl. (7) und anschließender Anwendung der Gln. (4) und (5) erhält man

$$\Delta p_s\vec{e}_z = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} n_1^2\varepsilon_0 E_e^2\vec{e}_z \tag{9}$$

Daraus folgt, daß der Strahlungsdruck für $n_1 < n_2$ in entgegengesetzter Richtung zur einfallenden Welle zeigt.

Spezialfälle:

Schwarzer Strahler: $S_r = S_t = 0$

$$\Delta p_s = p_{s,e} = \frac{S_e}{c_1} = \frac{n_1 S_e}{c_0} \tag{10}$$

Idealer Spiegel:

$S_t = 0$; $S_e = S_r$

$$\Delta p_s = p_{s,e} + p_{s,r} = 2\frac{n_1 S_e}{c_0} \tag{11}$$

2.3 Berechnung des Strahlungsdrucks auf die zweite Grenzfläche

Die Amplitude der einfallenden elektrischen Feldstärke ist jetzt $E_{\mathrm{e}}^{'} = E_{\mathrm{t}}$, wobei sich E_{t} mit Gl. (5) ergibt.

Reflektierte Amplitude

$$E_{\mathrm{r}}^{'} = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} E_{\mathrm{e}}^{'} \tag{12}$$

Transmittierte Amplitude

$$E_{\mathrm{t}}^{'} = \frac{2n_2}{n_1 + n_2} E_{\mathrm{e}}^{'} \tag{13}$$

Analog zu Gl.(8) erhält man für den Strahlungsdruck auf die 2. Grenzfläche

$$\Delta p_{\mathrm{s}}^{'} \vec{e}_{\mathrm{z}} = \left(\frac{S_{\mathrm{e}}^{'}}{c_2} - \left(\frac{S_{\mathrm{t}}^{'}}{c_1} - \frac{S_{\mathrm{r}}^{'}}{c_2} \right) \right) \vec{e}_{\mathrm{z}} \tag{14}$$

Mit Gln. (5), (7), (12), (13) ergibt sich die Gl.

$$\Delta p_{\mathrm{s}}^{'} \vec{e}_{\mathrm{z}} = -\frac{4n_2^2}{(n_1 + n_2)^2} \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} n_1^2 \varepsilon_0 E_{\mathrm{e}}^2 \vec{e}_{\mathrm{z}} = -\frac{4n_2^2}{(n_1 + n_2)^2} \Delta p_{\mathrm{s}} \vec{e}_{\mathrm{z}} \tag{15}$$

Folge:

Die Strahlungsdrücke auf gegenüberliegende Flächen zeigen immer in entgegengesetzte Richtungen. Neben dem resultierenden Strahlungsdruck auf die Platte ergibt sich in der Platte für $n_1 < n_2$ eine Zugspannung, für $n_1 > n_2$ erhält man eine Druckspannung.

2.4 Beispiel

Mit Gl. (7) für die einfallende Intensität S_e formen wir Gl. (9) um und erhalten

$$\Delta p_s \vec{e}_z = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \frac{2n_1}{c_0} S_e \vec{e}_z \tag{16}$$

Der gesamte Strahlungsdruck auf die Platte wird mit Gl. (15)

$$\Delta p_{s,ges} \vec{e}_z = (\Delta p_s + \Delta p_s^{'}) \vec{e}_z = \left(1 - \frac{4n_2^2}{(n_1 + n_2)^2}\right) \Delta p_s \vec{e}_z \tag{17}$$

Für eine Glasplatte mit der Brechzahl $n_2 = 1{,}5$ in Luft, auf die ein Laserstrahl mit der Intensität $S_e = 1\text{W/mm}^2$ fällt, berechnet man $\Delta p_s = -1{,}33 \cdot 10^{-3}$ Pa, $\Delta p'_s = 1{,}92 \cdot 10^{-3}$ Pa. Der resultierende Druck auf die Platte ist also $0{,}59 \cdot 10^{-3}$ Pa und die Zugspannung im Glas beträgt $1{,}33 \cdot 10^{-3}$ Pa.
Wie man leicht nachrechnet, erhält man auch dann einen Druck in Lichtrichtung, wenn die Platte in ein Medium mit $n_1 > n_2$ eingebettet ist. Allerdings herrscht in der Platte dann eine Druckspannung, wie weiter oben schon bemerkt wurde.

3. Der Strahlungsdruck im Teilchenbild

Der Laserstrahl wird jetzt als Photonenstrahl betrachtet. In der Abbildung fallen N Photonen senkrecht auf die Platte. Die einzelnen Photonenimpulse sind mit einem Vektorpfeil gekennzeichnet, die Impulsaufnahmen der Grenzflächen sind $\Delta\vec{p}_w$ und $\Delta\vec{p}_w^{'}$. Die Grenzflächen haben beide gleiche Reflexionsgrade ρ.

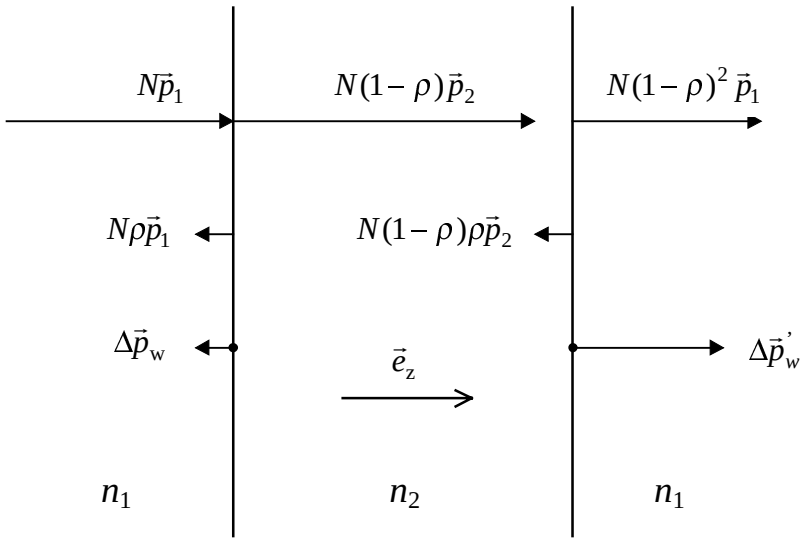


Abb.: Zum Impulserhaltungssatz beim Einfall eines Photonenstrahls auf eine Platte. Angenommen wird $n_1 < n_2$.

Der Betrag des Photonenimpulses ist

$p = h/\lambda$ mit $\lambda = \lambda_0/n$ (18)

wobei mit λ die Wellenlänge in Materie zu verstehen ist und λ_0 die Wellenlänge im Vakuum. Diese wichtige Tatsache wird in vielen Lehrbüchern vernachlässigt und führt dann oft zu Verständnisschwierigkeiten. Ein schönes Anwendungsbeispiel von Gl. (18) ist in /7/ am Beispiel der Brillouin-Streuung zu finden.

Wir wenden den Impulserhaltungssatz auf die erste Grenzfläche an und erhalten

$$N\vec{p}_1 = N(1-\rho)\vec{p}_2 - N\rho\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}_\mathrm{w} \tag{19}$$

Unter Verwendung von Gl. (18) wird

$$\Delta\vec{p}_\mathrm{w} = \left(N\frac{h}{\lambda_0}n_1 - N(1-\rho)\frac{h}{\lambda_0}n_2 + N\rho\frac{h}{\lambda_0}n_1 \right)\vec{e}_\mathrm{z}$$

Der Reflexionsgrad $\rho = S_\mathrm{r}/S_\mathrm{e} = N_\mathrm{r}/N$ wird mit Gl. (4) und (7) berechnet zu

$$\rho = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2} \right)^2 \tag{20}$$

Man erhält ihn auch aus den Fresnelschen Gleichungen als Spezialfall des senkrechten Einfalls. Zum Vorzeichen des Zählers in der Klammer vgl. man wieder /5/ bzw. /6/. Die Umformung des Ausdrucks für Δp_w ergibt für die Impulsaufnahme

$$\Delta\vec{p}_\mathrm{w} = N\frac{h}{\lambda_0}\frac{2n_1(n_1 - n_2)}{n_1 + n_2}\vec{e}_\mathrm{z} \tag{21}$$

$$N\frac{h}{\lambda_0} = N\frac{hf}{c_0} = \frac{\Delta W}{c_0} \quad \text{mit der einfallenden Strahlungsenergie } \Delta W. \tag{22}$$

Nach Gl. (6) für den Strahlungsdruck wird

$$\Delta p_\mathrm{s}\vec{e}_\mathrm{z} = \frac{\Delta p_\mathrm{w}}{A\Delta t}\vec{e}_\mathrm{z} = \frac{\Delta W}{c_0 A\Delta t}\frac{2n_1(n_1 - n_2)}{n_1 + n_2}\vec{e}_\mathrm{z} = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1 + n_2}\frac{2n_1}{c_0}S_\mathrm{e}\vec{e}_\mathrm{z} \tag{23}$$

Diese Gleichung ist identisch mit Gl. (16) bei der Herleitung im Wellenbild.

Der Strahlungsdruck auf die zweite Grenzfläche wird mit Hilfe des Impulserhaltungssatzes (vgl. Abb.) analog berechnet. Er liefert für die Impulsaufnahme

$$\Delta\vec{p}_{\mathrm{w}}^{\,'} = -N\frac{h}{\lambda_0}8n_1n_2^2\frac{n_1-n_2}{(n_1+n_2)^3}\vec{e}_{\mathrm{z}} \tag{24}$$

Die analoge Umformung wie für Gl. (23) ergibt für den Strahlungsdruck

$$\Delta p_{\mathrm{s}}^{'}\vec{e}_{\mathrm{z}} = -\frac{S_{\mathrm{e}}}{c_0}8n_1n_2^2\frac{n_1-n_2}{(n_1+n_2)^3}\vec{e}_{\mathrm{z}} = -\frac{4n_2^2}{(n_1+n_2)^2}\Delta p_{\mathrm{s}}\vec{e}_{\mathrm{z}} \tag{25}$$

Sie gibt dasselbe Ergebnis wie Gl. (15).

4. Ausblick

Die Resultate zeigen, daß der Strahlungsdruck und die mechanische Spannung doch recht klein sind, so daß man damit nur sehr kleine Partikel handhaben kann, es sei denn, man verwendet sehr leistungsstarke Laser. Dann besteht aber die Gefahr, die Substanz zu schädigen, vor allem, wenn es sich um organisches Material handelt.
Will man die Rechnung auf kompliziertere Fälle übertragen, z. B. auf die Bestrahlung eines Glaskügelchens, so erhöht sich der Aufwand stark. Doch auch hier steht der Impulserhaltungssatz im Mittelpunkt. Es müssen bei der Anwendung des Reflexions- und Brechungsgesetzes die Fresnelschen Gleichungen verwendet werden, wobei evtl. zusätzlich noch die Absorption der Stoffe berücksichtigt werden muß. Der Einfallswinkel ist von der Position des Strahls auf der Kugeloberfläche abhängig; Mehrfachreflexionen sind möglich. Der Laserstrahl hat eine radiale Intensitätsabhängigkeit.
Mit zirkular polarisierter Laserstrahlung kann auf Partikel auch ein Drehimpuls übertragen werden, so daß diese in Rotation versetzt werden. Im Teilchenbild wird also der Eigendrehimpuls des Photons, d. h. der Photonenspin verwendet und bei der Berechnung der Drehimpulssatz angewendet. Die Rotation kann man noch verstärken, wenn man Lasermoden mit schraubenförmigen Wellenfronten verwendet /2/. Die Intensitätsverteilung ist hier ringförmig; auf der Strahlachse ist die Intensität null. Man kann dann von der Übertragung eines Bahndrehimpulses vom Laserstrahl auf das Teilchen sprechen, analog zum Drehimpulsformalismus z. B. in der Physik der Atomhülle. Die weitere Entwicklung läßt also noch interessante Werkzeuge zur Teilchenmanipulation erwarten.

5. Danksagung

Bei Herrn Prof. Weber von der Technischen Universität Berlin möchte ich mich für die wertvollen Hinweise zur Behandlung des Themas bedanken. Meinem Kollegen Herrn Prof. Lauterbach von der Fachhochschule Nürnberg danke ich für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur:

/1/ G. Schweiger: Untersuchung von Transport- und Reaktionsprozessen an kleinsten Stoffmengen in der Laserlichtfalle, Laser und Optoelektronik 29(3) /1997

/2/ M. Padgett, L. Allen: Optical tweezers and spanners, Physics world 10(9) /1997

/3/ M. Weidemüller, R. Grimm: Optische Dipolfallen, Physikalische Blätter 55 /1999, Nr. 12

/4/ Becker/Sauter: Theorie der Elektrizität, 1. Band; B. G. Teubner 1962

/5/ E. Hecht: Optik, Addison-Wesley 1989

/6/ Klein/Furtak: Optik, Springer 1988

/7/ H. Weber in: Bergmann-Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 3, Optik, de Gruyter 1993

Biomass as a Source of Heat and Power for a Farm in the Donauries Region

Prof. Dr.-Ing. Arnd Hilligweg

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
Fachbereich Maschinenbau und Versorgungstechnik

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Wolfrom

Wolfrom GmbH & Co. KG, Gundelfingen

Abstract

The use of biomass as an energy source for a farm in the Donauries region (Southern Bavaria) will be explained. Various sources of biomass are compared. Heating systems as well as a cogeneration system are valuated by economical and ecological criteria. The decision-making process is explained by a flow-chart, based on current component costs.

Die Verwendung von Biomasse zur Versorgung eines landwirtschaftlichen Betriebes im Donauriesgebiet wird erläutert. Verschiedene Biomassearten werden verglichen. Heizungssysteme und ein BHKW werden nach ökologischen und ökonomischen Kriterien bewertet. Der Entscheidungsprozeß für die optimale Variante wird anhand eines Fließschemas erläutert, wobei aktuelle Preise für Komponenten und Installation zugrundegelegt sind.

1. Introduction

Sources of regenerative energy vary in a broad spectrum of energy-density and seasonal or daily variation of supply and material. Biomass as a source of renewable energy can be stored easily, so different demands can be fulfilled all over the year. Particularly in the countryside there is a good variety of biomass sources available, some are used already, some can be made usable by modern technology. Against the background of overproduction and closing down agricultural areas in the European Community the cultivation of energy plants will gain more importance.

2. Sources, concepts and valuation

2.1 Available sources of biomass

Table 1 gives an idea of various cultivated and waste materials. There is no region in Germany which is not suited for cultivation or use of biomass due to climatical or structural realities. Therefore routes of transport can be short. The use of biomass for energy generation is accepted by most societal groups /1/. In particular farmers are open minded to learn more about existing technology and resulting operating costs.

In the presented project renewable primary products have been considered which
- find acceptable conditions of growth in Bavaria
- show a reasonable mass-yield
- can be combusted with proven technology
- farmers are familiar with concerning cultivation and harvesting

Table 2 gives an overview on estimated potentials.

2.1.1 Residual organic material

Residual organic material can be found in national economies in many sectors. Here only residual timber and straw will be treated.

Residual timber is timber below industrial quality standards. Removal of residual timber is advantageous for a forest which otherwise would be more vulnerable to vermins. Furthermore there are potentials of industrial residual timber and residuals from management of public areas. The utilization of used wooden products is complicated in smaller installations because of their content of preservatives and coatings.

Straw is used for various other than energetic applications, e.g. interspersing or ploughing in the farmland. Assuming that one fifth of the total mass is available for energetic use there is a potential in Germany of about 100 PJ/a /1/.

2.1.2 Energyplants

Energyplants are cultivated exclusively for energetic utilization, mostly on farmland which is not used for food production anymore. There is a competitive situation to products for the chemical industry. Some material is introduced in the following.

Fast growing trees are varieties which produce at least 10 t dry mass per hectar, e.g. willow-, poplar- or aspen-clones which all require a good water supply. To avoid mechanical irrigation this source of biomass should not be considered in dry areas.

Grain is used as whole crop (grain and straw). For thermal utilization mass yield is the main cultivating issue, not the quality of the grain. Cultivation can be more extensive, the use of fertilizers and herbicides can be limited. Although the alternative to cultivating grain for thermal use mostly is closing down the farmland, there are reservations against burning food, as these plants are regarded /2/.

Miscanthus (Reed) is a so called C_4-plant, showing a specific metabolism with efficient CO_2-utilization resulting in high mass-yield. Although this plant is quite promising for future cultivations it has not been considered here, because it is not winter proof for a wider use in Southern Germany.

Rape is the oil-plant which is best adapted to German cultivation conditions. Although it is also possible to burn the whole plant, rape is mostly used for extraction of oil. The main advantage is the high energy density of the two final products pure oil or rape-methyl-ester.

2.1.3 Further energy sources

Bio-alcohol and biogas had not been considered here. These two biofuels showed to be not competitive in this particular project /3,4/, mainly due to a 50 ha forest which is cultivated by the farmer and thus is serving as an excellent source of material.

	Cultivated renewable energy sources	**Waste material**
Agriculture	Grain Reed Oil plants	Liquid manure Straw Various products
Forestry	Fast growing timber	Thinning timber Storm timber
Waste industry **Local authorities**		Demolition timber Bush- and tree crop Furniture Green crop
Timber industry		Bark Sawing by-product Residual timber

Table 1: Biomass energy sources [12]

Energy source		**Estimated potential in Germany**			**Today's utilization**	
		[Mio. t dm]	[PJ/a]	[Mio. t oe]	[PJ/a]	[%]
	Straw	6.90	100	2.37	0.48	0.48
Residual material	**Residual timber**	10	145	3.45	96.50	43.60
	Bush and tree crop	0.30	4	0.10		
	Processed & used timber	5	72	1.71		
	Total residual material	22.20	321	7.63	97	44.1
Energy plants		30.60	430	10.23	3.6	0.86
Total amount		**52.80**	**751**	**17.86**	**100.60**	**13.40**

[dm - dry mass , oe - oil equivalent]

Table 2: Potentials of renewable energy sources in Germany [5]

2.2 Concepts and technology

2.2.1 Energy demand of the treated farm

The following concepts were designed for the supply of a farm typical for the Donauries region in Southern Germany. The owner intended to enlarge the stables. The future heat-requirements of this farm were estimated by 30 kW for the farmstead, 12 kW for the stables and another 8 kW for hot water supply of the stables, which totals to 50 kW. The high capacity in the stables is due to raising calfs. This also leads to a quite high electrical power demand of about 38,000 kWh per year.

2.2.2 Existing heating system

There is a conventional oil-fired central heating boiler with a capacity of 33 kW which is supported by an electrical hot-water boiler in the stables.

2.2.3 Wood fired boiler (Logs)

There is a good variety of log fired central heating boilers available, and although their technology cannot be discussed here in detail, two requirements shall be mentioned:

- The charging space for the solid fuel must be large enough to obtain reasonable reheating intervals. A minimum of 6 dm^3/kW is acceptable, resulting in approximately 5 hrs. full load or 10 hrs. part load operation /5/.

- A large gas combustion chamber leads to good combustion quality. Including an afterburning chamber sized 1.3 dm^3/kW results in a gas retention period of appr. 0.5 s. The longer the retention period, the more secure an entire combustion is achieved /5/.

The selected boiler is equipped with a draught blower and has a nominal capacity of 58 kW. Operation at part loads under 50 % must be avoided as in this mode an entire combustion cannot be achieved. Thus a buffer is necessary, which has been taken into account in the hydraulic design shown in fig. 1.

2.2.4 Wood-chip fired boiler

Wood-chips can be burnt as same as convenient as operating an oil- or gas-burner. The solid fuel is transported by a screw-conveyor; the boiler can be modulated.

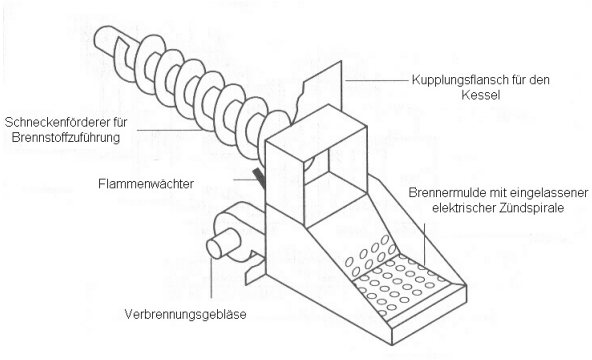


Fig. 2: Screw-conveyor

The selected boiler has a capacity of 50 kW. The resulting hydraulic sketch is similar to fig 1. except of the buffer which is not needed here.

2.2.5 Straw fired boiler

The combustion of straw has to pass in a close temperature range. The ash softening point of straw is quite low (900 – 950 °C) /6/, so some measures must be taken for operating the boiler close to this point to gain a high efficiency. Those measures are a water-cooled grid and a temperature controller.

The selected boiler has a nominal capacity of 49 kW and is suitable for other biomass material also. The hydraulic sketch is the same as for the wood-chip fired concept.

2.2.6 Block-type power station (Rape-oil operated)

A block-type thermal power station generates heat and power (in most cases electrical) which can be

- used for on-site consumption

- fed into the public mains supply

- made use of both ways.

The most economical choice for small consumers is the first one as rewards for feeding in are lower than public electricity costs. *(Please see chapter 4, additional remarks.)* Here a mini-cogeneration plant with an electrical capacity of 5.3 kW and a thermal capacity of 10.4 kW was selected.

As a first step it is planned that it may be operated in addition to the existing fossil unit. The resulting hydraulic sketch is shown in fig. 3.

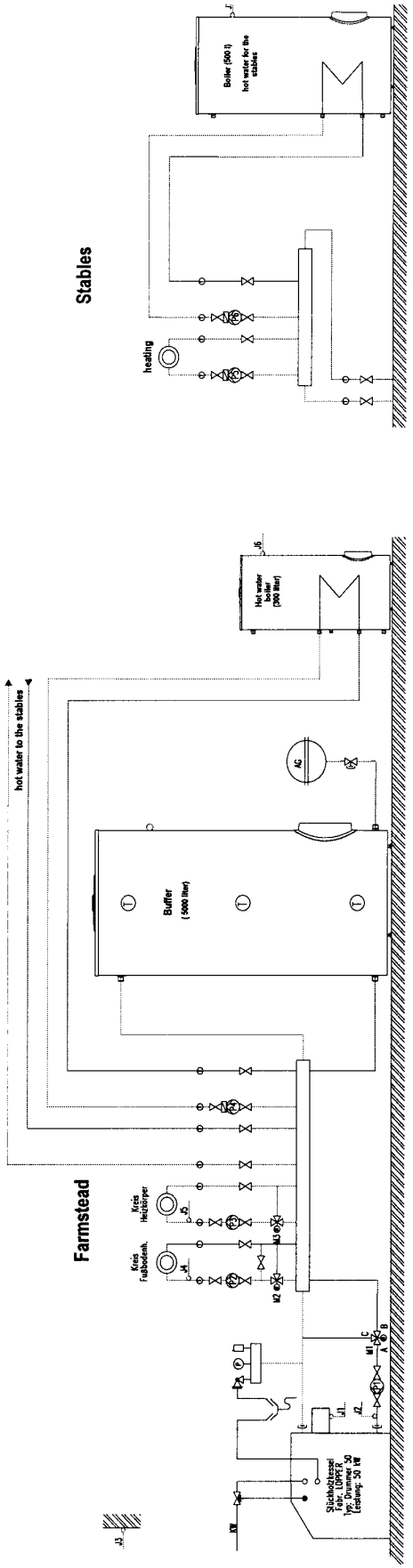


Figure 1: Hydraulic sketch for concept 2.2.3 (Log fired boiler)

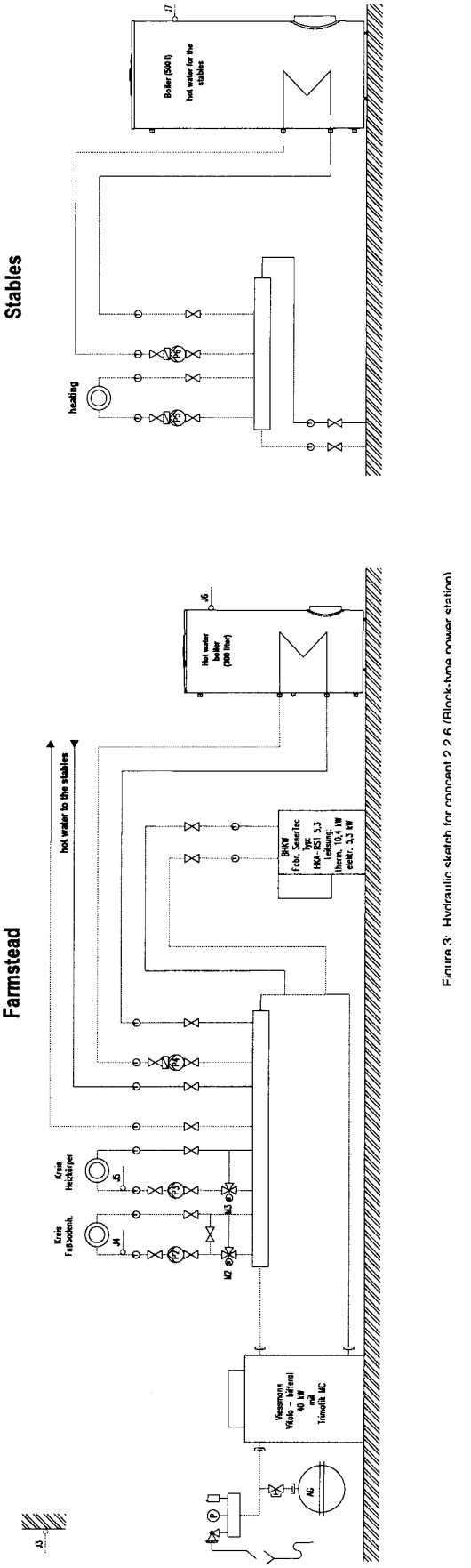


Figure 3: Hydraulic sketch for concept 2.2.6 (Block-type power station)

2.3 Ecological valuation

2.3.1 Balance of emissions

	Timber	Straw	Grain	RME
CO	o	-	-	+
CO_2	++	++	+	++
SO_2	++	+	+	++
NO_x	-	-	-	+
C_xH_y	o	-	-	+
Dust	o	-	o	+
(++) highly advantageous (+) advantageous (o) equal (-) disadv. (--) highly disadv. compared to fossil sources				

Table 3 shows a valuation of different emissions of combusting renewables compared to fossil fuels /7/.

2.3.2 Energy balance

The amount of fossil energy which is needed to prepare and process biomass material has been calculated /8/. The ratio between fossil energy demand and renewable energy gain indicates the chosen material's contribution to substitution of conventional ressources. Although for some fields of processing only rough estimations were available, table 4 indicates the advantage of solid fuels.

2.4 Economical valuation

It has been shown that there are some concepts for thermal utilization of renewable combustibles. Their broad application mostly is restricted by higher investments compared to conventional fossil systems. As biomass in particular is well suited for heat supply by highly efficient direct thermal utilization, it has to be investigated whether lower operating costs can motivate an investment in alternative technology.

2.4.1 Cost factors

The total cost of biomass material consists of
- raw material cultivation
- harvesting, preparation and processing
- transport
- storage
- energetic utilization.

As an example table 5 gives the basic parameters for calculation and comparison of storage costs.

	Mass equivalent	Weight (poured)	Storage space requirements
	[kg/dm^3 oe]	[kg/m^3]	[dm^3/dm^3 oe]
Fuel oil (extra light)	0.84	840	1.0
Rape-methyl-ester	0.97	970	1.0
Timber (logs, spruce)	2.39	300 – 500	6.9
Wood-chips (spruce)	2.39	160 – 250	13
Wood-pellets (spruce)	2.39	400 – 650	4.0
Straw (bales)	2.57	60 – 160	17.3
Straw (chaffed)	2.57	40 – 60	42.1
Straw (pellets)	2.57	300 – 600	4.4
Grain (bales)	2.54	200 – 240	11.8
Grain (pellets)	2.45	500 – 600	4.4

Table 5: Fuel parameters /8/ [oe – oil equivalent]

2.4.2 Total investments and operating costs

The total investments for the concepts shown in chapters 2.2.3. to 2.2.6. were calculated in detail /9/, including components like central-heating boiler, buffer, oil-tank, storage space and piping. The operating costs had been worked out in detail as well /8/. Total annual costs are compared in table 6. It can be seen that the use of wood (logs or chips) and the use of straw result in lower costs compared to oil or rape-methyl-ester. These figures even change in advantage to wood fired concepts when governmental investment grants /10/ are taken into account.

2.4.3 Summary of economical aspects

For a first estimation whether an investment into a concept for the use of renewable energy material is economically interesting some criteria had been chosen, calculated and summarized in a flow-chart, fig. 5. The main influence of the mineral oil-price can be seen.

	Timber logs	**Chopped timber**	**Wood chips**	**Straw (Pellets)**	**Grain (Pellets)**	**Rape-methyl ester (RME)**
	[GJ/ha]	[GJ/ha]	[GJ/ha]	[GJ/ha]	[GJ/ha]	[GJ/ha]
Cultivation & Harvesting	0.6 (9.0)	0.6 (9.0)	0.6 (9.0)	0.8	13.3	18.2
Preparation	0.2 (1.5)	0.4 (2.7)	0.8 (5.8)	7.6	7.8	11.9
Total Input	**0.8 (10.5)**	**1.0 (11.7)**	**1.4 (14.8)**	**8.4**	**21.1**	**30.1**
Gross gain from biomass	25.7 (171.0)	25.7 (171.0)	25.7 (171.0)	106.5	156.8	51.0
Nett gain	24.9 (160.5)	24.7 (159.3)	24.3 (156.2)	98.1	135.7	20.9
Fossil per-centage [%]	**3.1 (6.1)**	**4.0 (6.8)**	**5.4 (8.7)**	**7.9**	**13.5**	**59.0**
Numbers in brackets are valid for timber cultivated in short mode operation						

Table 4: Percentage of fossil energy for cultivating, harvesting and preparation of biomass fuels [9,13]

	Mineral fuel oil	**Timber (Logs)**	**Wood chips**	**Straw**	**RME-cogeneration**
Investments [DM]					
Boiler [x]incl. buffer	10,000	[x]23,800	32,900	27,060	22,700
Storage or tank	10,000	---	5,000	5,000	10,000
Installation and others	3,400	4,800	4,200	4,200	4,800
Total Inv.	**23,400**	**28,600**	**42,100**	**36,260**	**37,500**
Operation [DM/a]					
Fuel	7,587	3,960	2,759	3,088	14,031
Oper. salary	---	1,000	450	600	---
Maintenance	580	280	420	250	1,870
Electricity	7,700	7,700	7,700	7,700	1,820
Total Oper.	**15,867**	**12,940**	**11,329**	**11,638**	**17,721**
Investment p.a.	1,560	1,907	2,807	2,418	2,500
Total annual costs	**17,427**	**14,847**	**14,136**	**14,056**	**20,221**
Profit(-),Loss(+)	**---**	**(- 2,580)**	**(- 3,291)**	**(- 3,371)**	**(+ 2,794)**

Table 6: Investments and total annual operating costs [9, 10]

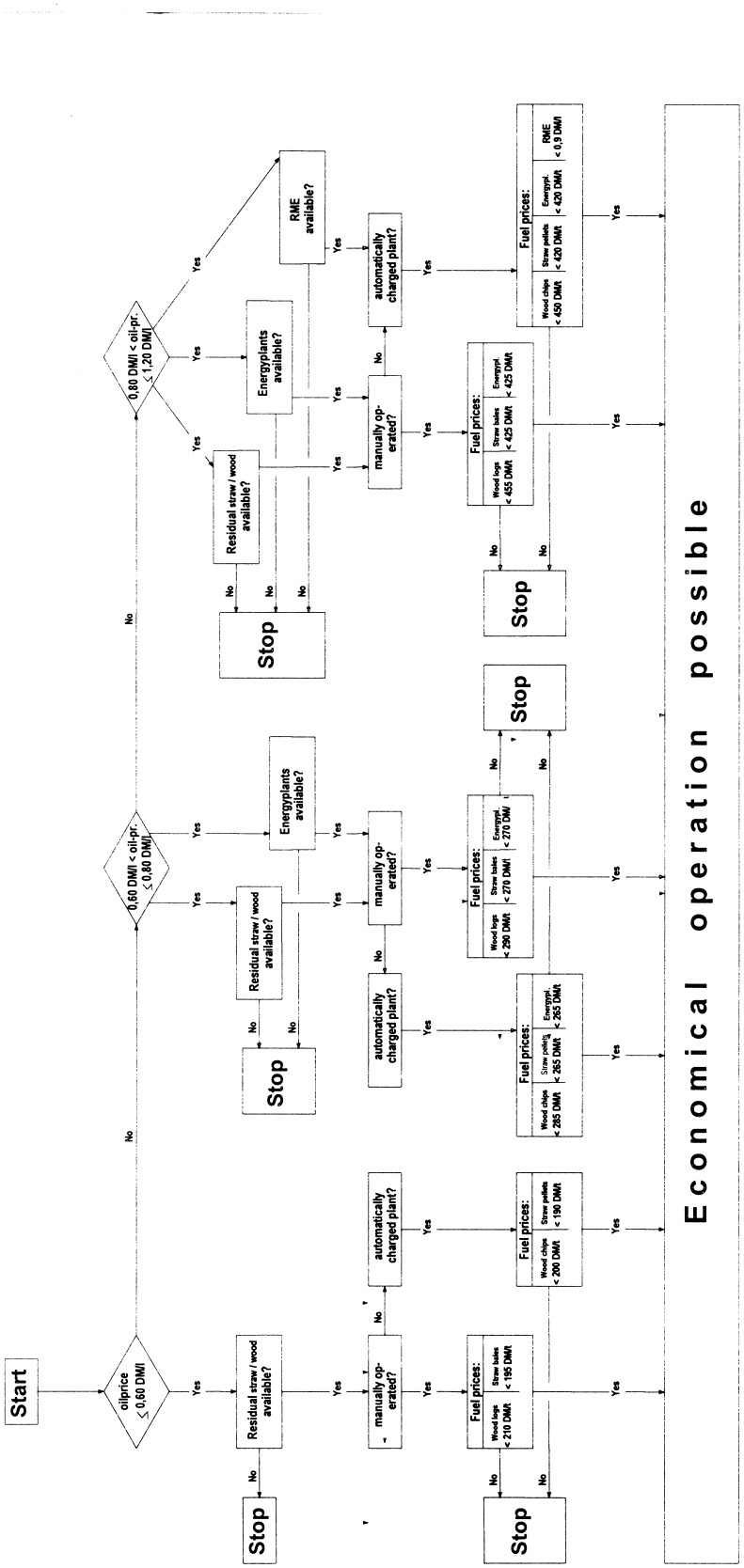


Figure 5: Selection flow chart for different oil-price scenarios

When fuel oil is cheaper than 0.60 DM/l, only residual material is competitive. In the range of 0.60 DM/l to 0.80 DM/l also energy plants and above 0.80 DM/l also RME (rape-methyl-ester) are worth being considered.

It must be indicated here that the design and costs of main components and other equipment are based on the type of farm introduced in chapter 2.2.1. The flow-chart can be used for comparable objects.

3. Conclusion

Thermal utilization of biomass offers two chances:

- the fuel is renewable

- current use of the total potential in Germany is only 13 %

Three sources are very promising here:
- straw
- energy plants
- residual timber

These three sources can provide fuel for economically competitive alternative concepts and may contribute to a reasonable reduction of CO_2-emission.

Additional investments compared to fossil concepts can be made good by governmental investment grants and/or saved by lower operating costs. The later in particular when the biomass is cultivated and collected onsite by the user. In this case the results proved motivating for the farmer. He installed a wood-chip fired central heating boiler and produces rape-oil for use as tractor fuel.

4. Additional remarks

The investigation was done in spring 2000. Some changes in the conditions influencing the valuation must be added now, autumn 2001.

The **mineral oil price** increased from 0.65 DM/l (spring 2000) to about 0.75 DM/l in September 2001. Thus the annual operating costs of the conventional oil-fired central heating increase and alternative concepts become more attractive. Seeing the ranges which had been set while calculating the flow-chart (fig. 5), the oil-price approached the 0.80 DM/l step.

Furthermore, since April 2001 there is an addition to the **Renewable Energy Act** in Germany concerning the regulations on electrical power generated from biomass. This addition fixes the following rewards for feeding into public mains supply /13,14/:

up to 500 kW	0.20 DM/kWh
up to 5 MW	0.18 DM/kWh
up to 20 MW	0.17 DM/kWh

These conditions make the option „block-type-power-station“ more favorable compared to the time when the presented investigation had been completed.

5. References

/1/ Institut für Energiewirtschaft und rationale Energieanwendung. *Biomasse als Festbrennstoff*. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 6 (1996), Landwirtschaftsverlag GmbH

/2/ H. Flaig, G. Linckh. *Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft*. Springer Verlag, Heidelberg (1997)

/3/ Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. *Bericht des Bundes und der Länder über nachwachsende Rohstoffe.* (1995)

/4/ A. Hilligweg. *Skriptum Energiewirtschaft*. Fachbereich Maschinenbau und Versorgungstechnik, Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg

/5/ A. Strehler. *Informationen zur Wärmegewinnung aus Biomasse - Schwerpunkt Holzfeuerung*. Landtechnik Weihenstephan (1999)

/6/ H. Flaig. *Biomasse – nachwachsende Energie. Potentiale – Technik – Kosten*. Expert Verlag (1998)

/7/ H. Hartmann. *Energie aus Biomasse*. Landtechnik Bericht Heft 18 (1996), Landtechnik Weihenstephan

/8/ J. Wolfrom. *Klimaverträgliche Energieversorgung von landwirtschaftlichen Betrieben durch Nutzung von Biomasse*. Diplomarbeit im Fachbereich Maschinenbau und Versorgungstechnik der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg, (2000)

/9/ P. Wolfrom. *Komponenten und Montage biotechnischer Anlagen*. Wolfrom GmbH &Co. KG, Gundelfingen (2000)

/10/ Fachinformationszentrum Karlsruhe. *Förderfibel Energie - Erneuerbare Energien und Ener-*

gieeinsparungen. 6. Aufl. (1999), Deutscher Wirtschaftsdienst

/11/ Verein Deutscher Ingenieure. *Regenerative Energieanlagen erfolgreich planen und betreiben*. VDI-Bericht 1236, VDI-Verlag Düsseldorf (1996)

/12/ M. Kaltschmitt, G. Reinhardt. *Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren und ökologische Bilanzierung*, Vieweg Verlag (1997)

/13/ Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung – Biomasse V), BGBl. I 2001, S. 1234

/14/ Gesetz zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Erneuerbare Energien - Gesetz – EEG), BGBl. I 2000, S. 305

/15/ A. Hilligweg, J. Wolfrom. *Biomass as a Source of Heat and Power Supply for a Bavarian Farm.* Proc. of the 5th International Conference on Heat Engines and Environmental Protection, Budapest, May 2001, ISBN 963 420 691 3

This text is a revised version of a paper /15/ presented at the „5th International Conference on Heat Engines and Environmental Protection“, Budapest/Balatonfüred, May 2001

Simulation der Wiedereintrittsbahn der ISS - Rettungskapsel

Reinhold Meisinger, Timur Karaca, Markus Taufer,

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
Fachbereich Maschinenbau u. Versorgungstechnik
Studienschwerpunkt Fahrzeugtechnik
Kesslerplatz 12, 90489 Nürnberg

Kurzfassung

Zur Simulation der Wiedereintrittsbahn der Rettungskapsel der Internationalen Raumstation (ISS) in die Erdatmosphäre wird das Simulationsprogramm *ISS* vorgestellt, das umfangreiche Parameterstudien ermöglicht.
Ausgehend von den Differentialgleichungen der Bahnbewegung werden die Bahndaten in Abhängigkeit von der Zeit simuliert und graphisch dargestellt. Dabei zeigt sich, dass der Eintrittswinkel in 120 km Höhe sehr genau eingehalten werden muss, da sonst die Verzögerung der Kapsel zu hoch wird oder die Kapsel von der Erdatmosphäre abgeprallt.

1. Einleitung

Bild 1 : Raumstation ISS

So wie in Bild 1 soll sie einmal aussehen, die Internationale Raumstation ISS. Über 450 Tonnen wird sie wiegen und Platz für sieben Astronauten bieten. Mit den Solarflächen wird sie einmal 108 Meter breit und 80 Meter lang sein und in einer Höhe von 400 Kilometern fliegen. Sie wird aus drei bewohnbaren Modulen bestehen und mit einem Rettungsboot versehen sein.

Während der frühen Bauphase der ISS wird eine ISS-Rettungskapsel die Funktion eines Rettungsbootes übernehmen. Allerdings ist damit auch die Größe der Mannschaft auf drei Personen begrenzt, da maximal nur drei Astronauten in einer Rettungskapsel aufgenommen werden können. Später, wenn die ISS Platz für mehr als nur drei Astronauten bietet, wird das Rettungsboot X-38 die Kapsel ersetzen.

Der Wiedereintritt der Rettungskapsel der Internationalen Raumstation in die Atmosphäre in 120 km Höhe ist nur in einem bestimmten Eintrittswinkelbereich möglich. Die Gefahr besteht darin, dass bei einem zu flachen Eintrittswinkel in die Atmosphäre die Rettungskapsel abprallt. Fliegt die Kapsel zu steil in die Erdatmosphäre ein, ist die Hitzeentwicklung und die auf die Besatzung wirkende Verzögerung um ein Vielfaches größer.
Deshalb ist es in der Raumfahrttechnik sehr wichtig die Wiedereintrittsbahnen von Raumkapseln vor der Mission so genau wie möglich zu simulieren, vgl. [1]. Für die Bahnberechnung der ISS-Rettungskapsel gelten selbstverständlich die gleichen physikalischen Gesetze denen auch herkömmliche Flugzeuge folgen. Allein die beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre auftretenden wesentlich höheren Fluggeschwindigkeiten und Höhen machen die Berücksichtigung zusätzlicher Effekte erforderlich, die in der herkömmlichen Flugmechanik vernachlässigbar sind.

Ausgangspunkt für diese Arbeit sind das Simulationsprogramm *DIGSIM* aus [2], die in [3] angegebenen nichtlinearen Differentialgleichungen der Bahnbewegung und die in [5] nach der Newtonschen Theorie ermittelten aerodynamischen Beiwerte der Kapsel.
Die aus [3] entnommenen Eingabedaten (Anfangsbedingungen, Koordinaten des Eintrittspunktes, aerodynamische Daten der ISS sowie die Flugzeit und die Steuerzeit) werden der Simulation der Wiedereintrittsbahn mit dem in [1] entwickelten Programmsystem *ISS* zugrunde gelegt. Die Eingabe der Winkel erfolgt dabei in Grad, die interne Rechnung wird allerdings im Bogenmaß durchgeführt.

Durch Integration der Differentialgleichungen der Bahnbewegung mit dem vierstufigen Integrationsverfahren nach Runge-Kutta aus [2] werden die Höhe und die Geschwindigkeit sowie der Bahnwinkel und die orbitale Länge in Abhängigkeit von der Zeit berechnet. Um die aerodynamische Verzögerung zu reduzieren, wird nach einer Flugdauer von 110 Sekunden durch Veränderung des Anstellwinkels der Kapsel die Richtung des Auftriebs von unten nach oben geändert.

Weiterhin sind zur eindeutigen Ermittlung des Landepunkts die geographischen Gleichungen für den Azimutwinkel, die geographische Länge und die geographische Breite erforderlich. Zusätzliche Gleichungen werden benötigt zur Ermittlung der aerodynamischen Verzögerung und der Wärmestromdichte im Staupunkt. Um die aktuellen Zwischenwerte der Dichte zu erhalten, werden die Tabellenwerte der Normatmosphäre CIRA 65 mit der barometrischen Höhenformel aus [3] interpoliert.

Das Simulationsprogramm *ISS* ist so konzipiert, dass umfangreiche Parameterstudien von Eintrittsbahnen der Rettungskapsel einfach und schnell auf den Computer durchgeführt werden können.

2. Gleichungen der Bahnbewegung

Die Bewegung des Flugkörpers wird durch die folgenden vier nichtlinearen Differentialgleichungen 2. Ordnung beschrieben, vgl. [3]:

Differentialgleichung für die Fluggeschwindigkeit

$$\dot{U}_\infty = (g - R \cdot \dot{\varphi}_0^2) \sin \gamma_s - B \cdot \rho \cdot U_\infty^2,$$

Differentialgleichung für den Bahnwinkel

$$\dot{\gamma}_s = \frac{1}{U_\infty}(g - R\dot{\varphi}_0^2 - \frac{U_\infty^2}{R})\cos\gamma_s - 2\dot{\varphi}_0 - \frac{A}{W}B\rho U_\infty,$$

Differentialgleichung für die Höhe

$$\dot{h} = \dot{R} = -U_\infty \cdot \sin\gamma_s,$$

Differentialgleichung für die orbitale Länge

$$\dot{\varphi} = \frac{U_\infty}{R} \cdot \cos\gamma_s,$$

mit

$$R = R_0 + h, \quad g = g_0\left(\frac{R_0}{R}\right)^2, \quad B = \frac{c_w \cdot A_B}{2 \cdot m}.$$

Für die Berechnung der Eintrittsbahn braucht man einen mathematischen Ausdruck für die Abhängigkeit der Dichte von der Höhe. Als Näherung zwischen den Stützstellen kann die barometrische Höhenformel benutzt werden:

$$\rho = \rho_i \cdot \exp\left(-\frac{h - h_i}{HS}\right),$$

mit der Skalenhöhe HS und der Stützstelle h_i

Geographische Gleichungen

Zur Berechnung der Winkel werden folgende drei Gleichungen benötigt:

Geographische Breite ϕ

$$\phi = \arcsin(\sin\phi_A \cdot \cos\varphi + \cos\phi_A \cdot \cos\sigma_A \cdot \sin\varphi)$$

Azimutwinkel σ

$$\sigma = \arcsin\left(\sin\sigma_A \frac{\cos\phi_A}{\cos\phi}\right)$$

Geographische Länge θ

$$\theta = \arcsin\left(\sin\sigma_A \frac{\sin\varphi}{\cos\phi}\right) + \theta_A$$

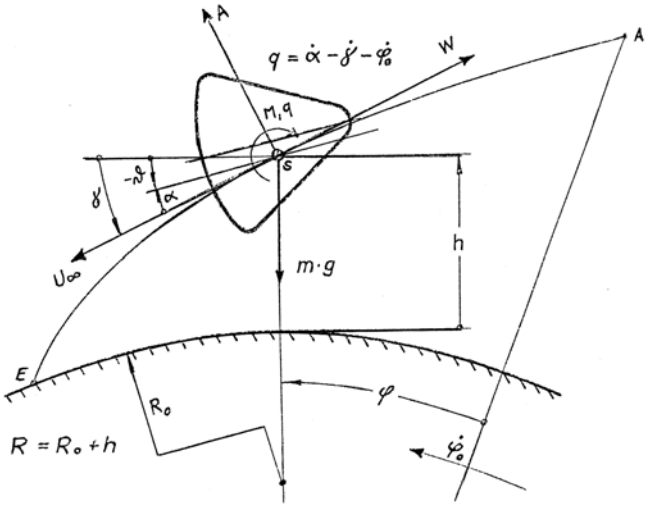


Bild 2: Winkel im Koordinatensystem

Verzögerung, Wärmeübergang im Staupunkt, Schallgeschwindigkeit

Die aerodynamische Verzögerung beim Wiedereintritt eines Raumflugkörpers ist von besonderer Bedeutung. Sie setzt sich zusammen aus einem Anteil herrührend von Auftrieb und einem Anteil herrührend von Widerstand.
Demnach ergibt sich die resultierende aerodynamische Verzögerung zu:

$$|b| = \sqrt{1 + \frac{A}{W}} \cdot B \cdot \rho \cdot U_\infty^2.$$

Der Wärmeübergang setzt sich zusammen aus Konvektion und Strahlung. Wenn das Gas in der Grenzschicht abgebremst wird, wird die kinetische Energie durch Reibung in Wärme umgesetzt. Folgende Gleichung für die Wärmestromdichte im Staupunkt wurde aus [2,6] übernommen:

$$q_S = \frac{C}{\sqrt{\rho \cdot R_k}} \cdot \rho \cdot U_\infty^3.$$

Die Schallgeschwindigkeiten zwischen zwei Stützstellen erhält man durch folgende lineare Interpolation:

$$a = a_i + M(h - h_i),$$

mit der Konstanten M aus [3].

Bezeichnungen und Definitionen

$\frac{A}{W}$	Auftrieb / Widerstand	[-]
A_B	Bezugsfläche der Raumkapsel	[m^2]
a	Schallgeschwindigkeit	[m/s]
B	Ballistischer Faktor	[m^2/kg]
b	Aerodynamische Verzögerung	[m/s^2]
C	Wärmeübergangskoeffizient	[$kg^{1/2}$/m]
c_w	Luftwiderstandsbeiwert	[-]
ϕ	Geographische Breite	[rad]
ϕ_A	Geographische Breite (Anfangswert)	[rad]
g	Erdbeschleunigung	[m/s^2]
g_0	Erdbeschleunigung (an der Erdoberfläche)	[m/s^2]
γ_s	Bahnwinkel	[rad]
h	Höhe	[m]
HS	Skalenhöhe	[m]
M	Interpolationskonstante	[1/sec]
Ma	Machzahl	[-]
φ	Orbitale Länge	[rad]
$\dot{\varphi}_0$	Winkelgeschwindigkeit	[rad/sec]
q_s	Wärmestromdichte im Staupunkt	[W/m^2]
R	Bahnradius	[m]
R_0	Erdradius	[m]
R_K	Krümmungsradius der Kapsel im Staupunkt	[m]
θ	Geographische Länge	[rad]
θ_A	Geographische Länge (Anfangswert)	[rad]
U_∞	Fluggeschwindigkeit	[m/s]
ρ	Dichte der Erdatmosphäre	[kg/m^3]
ρ_o	Dichte der Erdatmosphäre (an der Erdoberfläche)	[kg/m^3]
σ_A	Azimutwinkel (Anfangswert)	[rad]

3. Simulationsergebnisse

Mit folgenden Eingabedaten wurde die Simulation durchgeführt, vgl. [1,3,5] :

Anfangsbedingungen

1. **Anfangshöhe h_A**
   120 km
2. **Anfangsgeschwindigkeit U_A**
   8.3 km/s
3. **Orbitale Länge φ_A in Grad**
   0.0 grd
4. **Eintrittswinkel γ_A in Grad**
   3.8 grd

Koordinaten des Eintrittspunktes

5. **Geografische Breite ϕ in Grad**
   -5 grd
6. **Azimutwinkel σ in Grad**
   57.0 grd
7. **Geographische Länge θ in Grad**
   136.0 grd

Aerodynamischen Daten der Rettungskapsel

8. **Auftrieb durch Widerstand A/W bis T_S**
   -0.3206
9. **Auftrieb durch Widerstand A/W nach T_S**
   0.3206
10. **Ballistischer Faktor B**
    0.001339 m^2/kg

Daten für Flugzeit und Steuerzeit

11. **Flugzeit T_{ges}**
    900 s
12. **Steuerzeit T_S (Umschaltung von A/W)**
    110 s

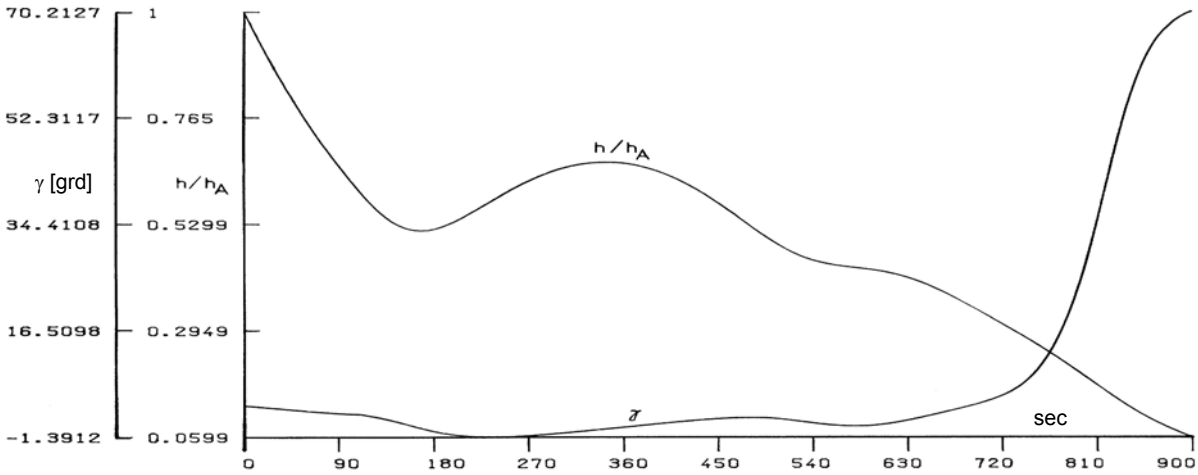


Bild 3: Darstellung der Flughöhe h und des Bahnwinkels γ in Abhängigkeit von der Zeit.

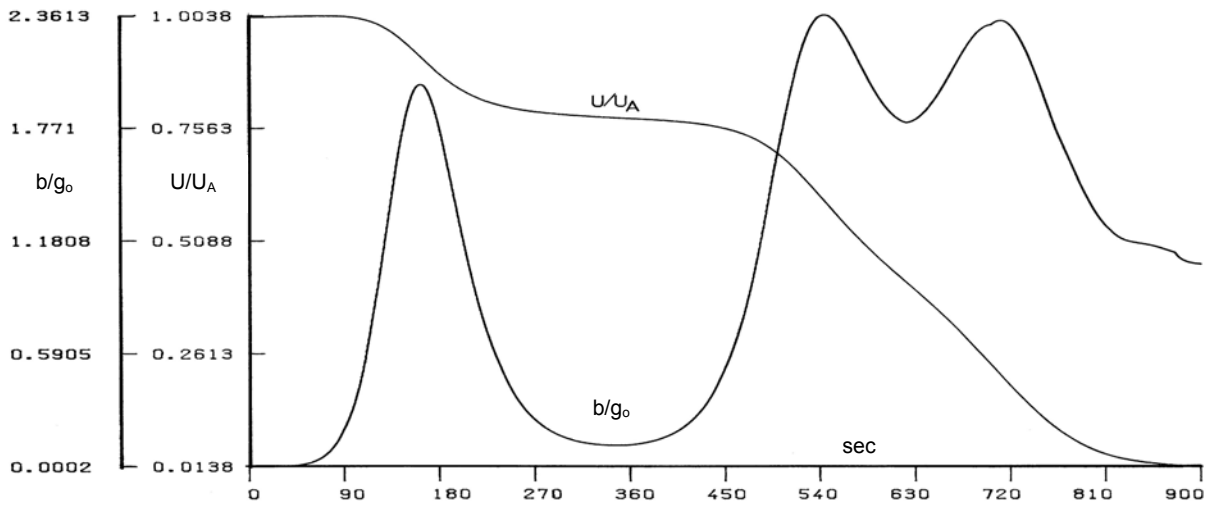


Bild 4: Darstellung der Fluggeschwindigkeit U und der Verzögerung b in Abhängigkeit von der Zeit.

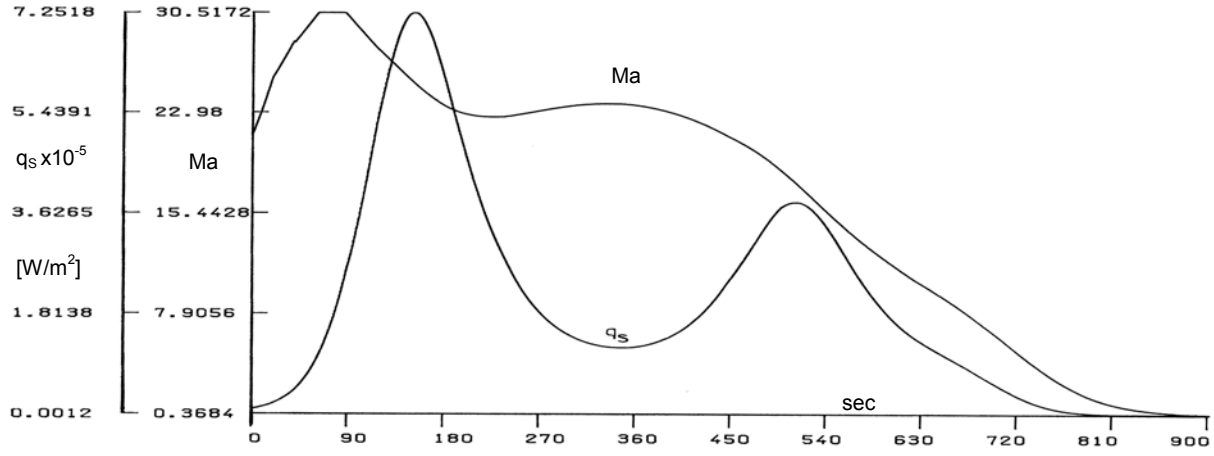


Bild 5: Darstellung der Machzahl Ma und der Wärmestromdichte q_s in Abhängigkeit von der Zeit.

In den Bildern 3 bis 5 sind für die ISS-Rettungskapsel die Flughöhe, der Bahnwinkel in Grad, die Fluggeschwindigkeit, die aerodynamische Verzögerung, die Machzahl und die Wärmestromdichte im Staupunkt in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Während des Wiedereintritts treten drei Verzögerungsspitzen von ca. $2g_o$ nach etwa 3 Minuten, 9 Minuten und 12 Minuten Flugdauer auf. Die maximale Wärmestromdichte von ca. 700 kW/m^2 wird ebenfalls nach etwa 3 Minuten Flugdauer erreicht. Nach einer Flugzeit von 900 Sekunden (15 Minuten) werden 7 km Höhe über NN erreicht. Die Fluggeschwindigkeit der Kapsel beträgt dann noch 112 m/s (403,2 km/h). Die restliche Höhe wird mit einem Fallschirm zurückgelegt, der auch die restliche Geschwindigkeit abbaut. Die Koordinaten des Landepunkts ergeben sich dann aus dem Simulationsprogramm zu:

Geografische Breite ϕ = 16,1 grd,
Azimutwinkel σ = 60,4 grd,
Geographische Länge θ =169,6 grd.

4. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde das Simulationsprogramm *ISS* für Wiedereintrittsbahnen der Rettungskapsel der Internationalen Raumstation behandelt. Dabei wurde der Eintritt in die Atmosphäre von 120 km Höhe bis zur Landung auf der Erde simuliert.
Das Simulationsprogramm *ISS* wurde so konzipiert, dass die verschiedenen Eintrittsbahnen der ISS-Rettungskapsel anschaulich auf dem Computer simuliert werden können. Die Ergebnisse werden als farbige Diagramme auf dem Bildschirm und Plotter ausgegeben.
Das Programm ist durch die verschiedenen Menüs, wie z.B. das Eingabe- und Optionsmenü, übersichtlich und benutzerfreundlich aufgebaut. Darüber hinaus ist der Eingabeabschnitt in Anfangsbedingungen, Parameter und Zeitgrößen unterteilt, um ein hohes Maß an Übersichtlichkeit zu erreichen. Um eine individuelle Mission zu berechnen werden die Eingabedaten manuell eingegeben.
In umfangreichen Simulationsrechnungen zeigte sich, dass der Eintrittswinkel in 120 km Höhe nur ganz geringfügig variiert werden kann, da sonst die aerodynamische Verzögerung der ISS-Rettungskapsel für die Astronauten zu hoch wird oder die Kapsel von der Erdatmosphäre abprallt.

Literatur

[1] Taufer, M., Karaca, T.: Erstellung eines Simulationsprogramms für Wiedereintrittsbahnen von Rettungskapseln in Fortran 77, Labor für Simulationstechnik und FEM, Prof. Dr.-Ing. R. Meisinger, FH Nürnberg, 2001

[2] Meisinger, R.: Vorlesung Fahrzeugsimulation, FH Nürnberg, 2000

[3] Meisinger, R.: Flugeigenschaften und Eintrittsbahnen von Raumflugkörpern im Hyperschallbereich, Diplomarbeit Nr. 1971/5, Institut für Strömungsmechanik, TU München 1971

[4] Traenkle, C.A.: Auszug aus Normatmosphäre CIRA 65, Vorlesung Raummechanik, Institut für Flugmechanik, TU München, 1971

[5] Hindelang, F.J., Meisinger, R.: Anwendbarkeit der Newtonschen Theorie zur Berechnung aerodynamischer Beiwerte und Stabilitätsderivativa. Raumfahrtforschung, Heft 2, 1974, S.79-84

[6] Gazley, Jr.C.: Atmospheric Entry of manned Vehicles, Proc. Manned Space Station Symp., Institute Aeronautical Sciences, 1960

EU-Erweiterung, Währungsunion und Balassa-Samuelson-Effekt

Prof. Dr. Karlheinz Ruckriegel

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
University of Applied Sciences
Bahnhofstr. 87, 90402 Nürnberg
E-mail: karlheinz.ruckriegel@fh-nuernberg.de
homepage: www.ruckriegel.org

Prof. Dr. Franz Seitz

Fachhochschule Amberg-Weiden
University of Applied Sciences
Hetzenrichter Weg 15, 92637 Weiden
E-mail:f.seitz@fh-amberg-weiden.de

Abstract

Für potenzielle Beitrittsländer zur EU gilt keine opting-out-Klausel. Sie müssen nach erfolgreichem EU-Beitritt bei Erfüllung der (nominalen) Konvergenzkriterien auch den Euro einführen. Durch Wirken des sog. Balassa-Samuelson-Effektes im Zuge des wirtschaftlichen Aufholprozesses kann es für einige Länder schwierig werden, das Inflations- und Zinskriterium zu erfüllen und es kann zu einer Beeinträchtigung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit kommen. Auch erschwert die Einengung der staatlichen Haushaltsdefizite u.U. die Finanzierung staatlicher Infrastrukturmaßnahmen und wirkt somit wachstumshemmend. Zudem könnte die Geldpolitik des Eurosystems bei einer zu frühzeitigen Aufnahme der Kandidaten in die EWU Probleme bekommen. Deshalb liegt es nahe, auch die reale Konvergenz der Beitrittskandidaten, also insbesondere die Frage der Annäherung des „Pro-Kopf-Einkommens“ an den EU-Durchschnitt, bei der Frage der Beitrittsfähigkeit zu prüfen.

1. EU-Erweiterung

Derzeit führt die EU mit einer Reihe von mittel- und osteuropäischen Ländern (sog**. MOE-Länder**) sowie mit Malta und Zypern formelle Betrittsverhandlungen. Mit Estland, Polen, Slowenien, Tschechien, Ungarn und Zypern (**Luxemburg-Gruppe**) begannen die Verhandlungen im März 1998, mit Bulgarien, Lettland, Litauen, Rumänien, der Slowakei und Malta (**Helsinki-Gruppe**) im Februar 2000. Für einen Beitritt zur EU entscheidend ist die Erfüllung der sog. **Kopenhagener Kriterien**, die in drei Bereiche untergliedert sind. Das *politische Kriterium* erfordert die Existenz institutioneller Stabilität als Garantie für eine demokratische und rechtsstaatliche Ordnung, die Wahrung der Menschenrechte sowie die Achtung und den Schutz von Minderheiten bei Beitritt. Das *wirtschaftliche Kriterium* bezieht sich darauf, dass ein Beitrittsland eine funktionsfähige Marktwirtschaft aufweisen soll sowie die Fähigkeit, dem Wettbewerb und den Marktkräften innerhalb der Union standzuhalten. Schließlich berücksichtigt das *Kriterium der Übernahme des gemeinsamen Besitzstandes* die Fähigkeit eines Landes, die aus der Mitgliedschaft erwachsenden Verpflichtungen zu übernehmen und sich die Ziele der politischen Union sowie der Währungsunion zu eigen zu machen (*Deutsche Bundesbank*, 2001b, S. 17). Aus heutiger Sicht wird mit ersten EU-Beitritten frühestens 2004 gerechnet (zum Stand des Beitrittsprozesses siehe *Europäische Kommission*, 2001).

Da es für die neuen Mitgliedstaaten keine **Opting-Out-Klauseln** geben wird (*EZB*, 2000, S. 48), verpflichten sich diese Länder mit dem Beitritt zur EU, zu einem späteren Zeitpunkt den Euro einzuführen. Die Teilnahme an der Währungsunion setzt allerdings die Erfüllung der Konvergenzkriterien des EG-Vertrages voraus. Die Anpassung der nationalen Zentralbankgesetzgebung an die Anforderungen des Eurosystems (Unabhängigkeit der nationalen Zentralbanken; Integration der nationalen Zentralbanken in das Europäische System der Zentralbanken) ist jedoch bereits für den EU-Beitritt erforderlich (Übernahme des gemeinsamen Besitzstandes, des sog. „Acquis Communautaire“, *Remsperger*, 2001, S. 7).

2. Konvergenzkriterien und Währungsunion

Im offiziellen Schlussprotokoll des Wiener Seminars zum EU-Beitrittsprozess (14. - 15.12.2000) wurde ausdrücklich nochmals auf die Teilnahmebedingungen für die dritte Stufe der Europäischen Währungsunion (EWU) Bezug genommen. Es wurde folgende Schlussfolgerung gezogen: „Voraussetzung für den Beitritt zum Euroraum wird die Erfüllung der Konvergenzkriterien sein. Der Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft verlangt die strikte und nachhaltige Erfüllung dieser Kriterien; hierbei werden für künftige Mitglieder des Euroraumes dieselben Maßstäbe angelegt werden wie für die Staaten, die dem Euroraum bereits angehören.“ (*EZB*, 2001, S. 117). Die bisherigen Erfahrungen mit der Konvergenzprüfung lassen allerdings erhebliche Zweifel an der These einer „strikten und nachhaltigen Erfüllung“ der Konvergenzkriterien als Voraussetzung für einen Beitritt zur Währungsunion aufkommen (siehe hierzu Abschnitt 4 und Görgens et al., 2001, Kapitel I).

Jedes Land, welches der Währungsunion beitreten will, muss somit nach dem EG-Vertrag (Art. 121) in Verbindung mit den dem Vertrag beigefügten Protokollen über die **(nominalen) Konvergenzkriterien** bestimmte Bedingungen erfüllen. Im Einzelnen lauten diese:

1. Die durchschnittliche Inflationsrate eines Landes darf während des letzten Jahres vor der Konvergenzprüfung um nicht mehr als eineinhalb Prozentpunkte über dem ungewogenen arithmetischen Mittel der Inflationsrate der drei preisstabilsten Mitgliedstaaten der EU liegen (**Inflationskriterium**). Ermittelt wird die Inflationsrate eines Landes auf der Grundlage des zuletzt verfügbaren Zwölfmonatsdurchschnitts der Harmonisierten Verbraucherpreisindizes (HVPIs) gegenüber dem Zwölfmonatsdurchschnitt des Vorjahres. Der Referenzzeitraum entspricht i.d.R. also nicht einem Kalenderjahr.
2. Der langfristige Zinssatz, gemessen am durchschnittlichen Nominalzinssatz für langfristige (10-jährige) Staatsschuldverschreibungen oder vergleichbare Wertpapiere, darf im Verlauf des Jahres vor der Konvergenzprüfung einen bestimmten Referenzwert nicht übersteigen. Dieser Referenzwert liegt um 2 Prozentpunkte über dem ungewogenen arithmetischen Mittel der langfristigen Zinssätze der drei preisstabilsten Länder (**Zinskriterium**). Der Zinssatz für ein Land ergibt sich als arithmetisches Mittel der letzten zwölf Monate. Der Referenzzeitraum ist mit dem bei der Ermittlung der Inflationsrate identisch. Mithilfe dieses Kriteriums soll die Einschätzung der Finanzmärkte Eingang in die Konvergenzprüfung finden.
3. Eine spannungsfreie Teilnahme am Wechselkursmechanismus II (Bandbreite +/- 15 % um den Leitkurs; zum WKM II im Einzelnen siehe Görgens et al. 2001, Kap. III.3.3) innerhalb der

letzten zwei Jahre vor der Konvergenzprüfung (**Wechselkurskriterium**).

4. Eine auf Dauer tragbare Finanzlage der öffentlichen Hand. Dauerhaft bedeutet, dass über eine längere Zeit eine entsprechende Haushaltsdisziplin erkennbar ist. Um diese zu beurteilen, werden zum einen die jährlichen Haushaltsdefizite (Finanzierungssalden), zum anderen die Staatsschulden (Schuldenstände) herangezogen. So sollte der jährliche Finanzierungsfehlbetrag der öffentlichen Haushalte nicht mehr als 3 % des nominalen Bruttoinlandsprodukts (BIP) betragen (die sog. **Defizitquote**) und der öffentliche Bruttoschuldenstand 60 % des nominalen BIP nicht übersteigen (die sog. **Schuldenquote**). Im Jahre 1991 lag die (ungewichtete) durchschnittliche Schuldenquote aller EU-Länder bei knapp 62 %. Die Vorgabe von 60 % war - zumindest bezogen auf den EU-Durchschnitt - also nicht sehr ehrgeizig. Ausgehend von der Annahme eines jährlichen Wachstums des nominalen Bruttoinlandsprodukts von 5 % ergab sich eine maximale jährliche Defizitquote von 3 %, wollte man auf Dauer die 60 % nicht überschreiten. Die Vertragsbestimmungen lassen auch einen gewissen Interpretationsspielraum zu. So genügt es, wenn das Defizit erheblich und laufend zurückgegangen ist und einen Wert in der Nähe des Referenzwertes annimmt. Ein höheres Defizit bleibt zudem unbeanstandet, wenn der Referenzwert nur ausnahmsweise und vorübergehend überschritten wird und das Defizit in der Nähe des Referenzwertes bleibt. Beim öffentlichen Schuldenstand reicht es aus, wenn er hinreichend rückläufig ist und sich rasch genug dem Referenzwert nähert. Um zu erreichen, dass die Finanzpolitik auch nach Beitritt in die Währungsunion Maß hält, wurde 1997 zwischen den 15 EU-Staaten ein „**Stabilitäts- und Wachstumspakt**“ vereinbart. Um sicherzustellen, dass in konjunkturell schwierigen Zeiten mit stagnierendem oder leicht rückläufigem Wirtschaftswachstum beim Haushaltsdefizit die Obergrenze von 3 % des BIP nicht überschritten wird, haben sich alle Mitgliedstaaten der EU in diesem Ergänzungsvertrag verpflichtet, mittelfristig das Ziel eines nahezu ausgeglichenen oder Überschüsse aufweisenden Haushalts anzustreben. Sanktionen sind aber nur für Mitglied- staaten der Währungsunion vorgesehen, die ein **„übermäßiges Defizit“** aufweisen, wobei im Stabilitäts- und Wachstumspakt das Verfahren zur Verhängung von Sanktionen (gegenüber dem Vertrag von Maastricht) konkretisiert und beschleunigt wurde. Der Rat der Wirtschafts- und Finanzminister stellt ein übermäßiges Defizit normalerweise fest, wenn das Haushaltsdefizit in einem Land die 3 %-Grenze übersteigt oder Gefahr läuft, sie zu überschreiten. Eine Überschreitung kann jedoch hingenommen werden, sofern sie nur ausnahmsweise und vorübergehend ist, z.B. im Falle einer schweren Rezession (zu den Einzelheiten siehe Görgens et al., 2001, Kapitel III.1.2). Je höher die Staatsverschuldung ist, um so stärker wird der Staatshaushalt von der Zinspolitik der Zentralbank berührt und um so stärker wird der politische Druck gegen Zinserhöhungen sein. Niedrige Defizit- und Schuldenquoten sind aber auch erforderlich, um die Inflationserwartungen möglichst niedrig zu halten und negative Spill-over-Effekte, etwa in der Form höherer Kapitalmarktzinsen, zu vermeiden. Auch engt eine hohe Staatsverschuldung über die damit verbundene Zinslast die Ausgabenspielräume des Staates ein, was erfahrungsgemäß im politischen Prozess vor allem zulasten investiver Ausgaben, also zulasten der Zukunft, geht (*Heinemann*, 2002).

Die (**nominalen) Konvergenzkriterien** sollen sicherstellen, dass nur solche Länder an der Währungsunion teilnehmen, die bereits vorher ihre stabilitätspolitische Leistungsfähigkeit nachgewiesen haben, so dass gewährleistet ist, dass die Teilnehmerländer eine einigermaßen homogene Stabilitätsgemeinschaft bilden. Der Grad der Erfüllung ist jedoch bei allen nominalen Konvergenzkriterin in dem Sinne potenziell endogen, dass er sich durch die Aussicht auf die Teilnahme an der Währungsunion verändern kann (*Sell*, 2001). Der Maastricht-Vertrag stellt unzweideutig auf eine **dauerhafte und nachhaltige** Erfüllung der Konvergenzkriterien ab. Die EU-Kommission und die EZB (im Jahre 1998 noch das Europäische Währungsinstitut (EWI)) haben nach Art. 121.1 EG-Vertrag zu prüfen, „ob ein hoher Grad an dauerhafter Konvergenz erreicht ist“ (Hervorhebungen, die Verfasser).

3. MOE-Länder und Balassa-Samuelson-Effekt

Wie aus der Tabelle „Makroökonomische Indikatoren der MOE-Länder 2001“ (siehe Anhang) hervorgeht, scheinen für die meisten Beitrittsländer die Staatsfinanzen keine größeren Probleme aufzuwerfen (so etwa auch *Gros*, 2000, S. 1375). Mit Beitritt zur EU gilt auch der Stabilitäts- und Wachstumspakt als Teil des gemeinsamen Besitzstandes, der mittelfristig ausgeglichene Haushalte vorsieht.

Dies begrenzt – unabhängig von der Frage der Erfüllung der Konverngenzkriterien (Defizitquote) als Voraussetzung für einen Beitritt zur Währungsunion – die staatlichen Budgetspielräume bereits ab dem Zeitpunkt des EU-Beitritts. Eine Einengung der staatlichen Haushaltsspielräume kann aber den realwirtschaftlichen Aufholprozess in den Beitrittsländern über eine Begrenzung der Finanzierung von staatlichen Infrastrukturmaßnahmen hemmen (*Wagner*, 2002, S. 14, *Sell*, 2001, S. 383). Auch scheint eine Teilnahme am Wechselkursmechanismus II (WKM II) nach erfolgtem Beitritt zur EU auf den ersten Blick kein großes Hindernis zu sein. Betrachtet man dieses Kriterium allerdings etwas genauer, kann sich bei manchen Ländern durchaus die Schwierigkeit ergeben, den „richtigen", d.h. „gleichgewichtigen Wechselkurs" als Orientierung für eine Anbindung an den € zu finden. Weniger problematisch dürfte dies bei den Ländern sein, die bereits seit längerem eine relativ enge Anbindung zum €, z.B. in der Form eines Currency-Board-Systems haben, da sich hier ein bestimmter Wechselkurs bereits bewährt hat. Hier wäre beispielsweise aktuell Estland zu nennen. Etwas kritischer könnten flexible Wechselkurse im Vorfeld sein, wenn sie noch zu volatil verlaufen. „Experience with floating exchange rates up to now does point to long lasting misalignments and inherent high short-term volatility. Therefore, it would be a stroke of luck, if the market rate, say on January 1, 2005, coincides with the equilibrium rate." (*Wagner*, 2002, S. 10). Die gängige Interpretation des Wechselkurskriteriums sieht vor, dass ein Land nach Beitritt zur EU mindestens zwei Jahre spannungsfrei, d.h. ohne Abwertungen, am WKM II teilnehmen muss, bevor eine Konvergenzprüfung erfolgen kann. Nach Beitritt zum WKM II besteht theoretisch auch die Gefahr, dass „spekulative Attacken" Beitrittsländer zum Ausscheiden aus dem Festkurssystem zwingen (*Wagner*, 2002, S. 12). Praktisch dürfte diese Gefahr jedoch gering sein, da kaum daran zu zweifeln ist, dass die beteiligten Zentralbanken – also das Eurosystem einerseits und die jeweils nationale Zentralbank des Beitrittslandes zur Währungsunion andererseits – im Rahmen des WKM II spekulativen Attacken mit Interventionen entgegentreten und die Bandbreite mit +/- 15 % um den Leitkurs relativ breit ist. Sollte sich allerdings der Wechselkurs, der im Rahmen des WKM II fixiert wurde als fundamental falsch bewertet herausstellen, so besteht die Möglichkeit von Realignments. Bei Abwertungen beginnt dann die „Zwei-Jahresfrist" von neuem. Auch ein **Currency-Board-System** kann gegebenenfalls („nach sorgfältiger Prüfung des Einzelfalls unter bestimmten Umständen", *Deutsche Bundesbank*, 2001a, S. 106) als einseitige Verpflichtung zur Einhaltung engerer Bandbreiten als vom WKM II vorgegeben akzeptiert werden (zum Currency-Board-System siehe *Görgens et al*., 2001, Box III.3.6). Eine unilaterale Einführung des Euro als gesetzlichen Zahlungsmittel (**Euroisierung**) entspräche hingegen (offiziell) nicht dem im EG-Vertrag vorgesehenen Weg zur Teilnahme an der Währungsunion und ist aus Sicht der EU unerwünscht (*Deutsche Bundesbank*, 2001b, S. 28). Diese „harten Formen" der Wechselkursanbindung (Currency-Board-System bzw. Euroisierung) zwingen allerdings zu einer völligen Aufgabe einer eigenständigen Geldpolitik bereits im Vorfeld eines Beitritts zur Währungsunion. Im Falle des Currency Boards verbleibt im Unterschied zur Euroisierung ein Restrisiko spekulativer Attacken. Auf der anderen Seite stehen dafür dem Land die Seigniorage-Einnahmen noch zu (zu den Quellen der Seigniorage-Einnahmen einer Zentralbank siehe *Görgens* et al., 2001, Box II.1.3).

Problematisch stellt sich die Situation beim Inflations- und Zinskriterium dar. Die **Inflationsraten** dürften in den nächsten Jahren nämlich strukturell bedingt deutlich über dem Durchschnitt im bisherigen Euro-Währungsraum liegen. Zum einen wird sich der Transformationsprozess in Richtung Marktwirtschaft verstärken, was eine weitere Liberalisierung administrierter Preise bzw. eine Erhöhung indirekter zugunsten einer Senkung von direkten Steuern (z.B. Einkommensteuer), d.h. i.d.R. Preiserhöhungen zur Folge haben wird. Zum anderen ist der sog. **Balassa-Samuelson-Effekt** ins Kalkül zu ziehen. Ausgangspunkt ist hier die Beobachtung, dass bei **nicht-handelbaren Gütern** (im Wesentlichen Dienstleistungen) die Preise von Land zu Land unterschiedlich sind. Grund hierfür ist hauptsächlich der Stand der wirtschaftlichen Entwicklung. In wirtschaftlich entwickelten Ländern sind die Preise für nicht-handelbare Güter tendenziell höher. Der hohe Lebensstandard beruht dabei auf einem hohen Produktivitätsniveau im Sektor der handelbaren Güter (vor allem Verarbeitendes Gewerbe). Bei integrierten nationalen Arbeitsmärkten führt ein hohes Lohnniveau im Sektor der **handelbaren Güter** auch zu hohen Löhnen im Sektor der nicht-handelbaren Güter, da ansonsten die Arbeitskräfte abwandern würden und ein zu hoher Lohnabstand mit Fairness-.bzw. Gerechtigkeitsvorstellung kollidieren würde (*ECE*, 2001, S. 231). Betrachtet man nun Länder mit unterschiedlichem Entwicklungsstand und damit unterschiedlichen Produktivitätsniveaus, so kommt es bei einer Angleichung des Lebensstandards – ein Ziel, welches mit Hilfe verschiedenster Maßnahmen innerhalb der EU verfolgt wird und was natürlich bereits im Vorfeld des Beitritts der MOE-Länder zum Euro-Währungsgebiet angestrebt werden soll – zu folgendem Reaktionsmuster: Handelsliberalisierung,

steigender Wettbewerbsdruck, know-how-Transfer über Direktinvestitionen – höhere Rechtssicherheit, größere Verfahrenskompetenz und Effizienz der Behörden sowie eine Verringerung des Wechselkursrisikos nach EU-Beitritt dürften hier beschleunigend wirken - sowie öffentliche Transferleistungen – die Zuweisungen aus den Struktur- und Kohäsionsfonds der EU an die einzelnen Beitrittsländer können bis zu 4 % des Bruttoinlandsproduktes (BIP) des jeweiligen Landes ausmachen (ohne Zahlungen aus dem Agrarhaushalt, vgl. Vincentz, 2002, S. 13) - führen in einem Land mit Produktivitätsrückstand im Sektor der handelbaren Güter zu rasch ansteigender Produktivität. Die damit verbundenen Ertragsverbesserungen schlagen sich i.d.R. aber nicht in Preissenkungen nieder, da die Preise sich am Weltmarktpreis der jeweiligen Industrieerzeugnisse orientieren. Dadurch entstehen Spielräume für Lohnerhöhungen, die auch entsprechend starke Lohnforderungen im Sektor der nicht-handelbaren Güter nach sich ziehen. Während der Lohnkostenanstieg im Sektor der handelbaren Güter aber durch den Produktivitätsanstieg gedeckt ist, somit die **Lohnstückkosten** unverändert bleiben, gehen die Lohnerhöhungen im Sektor der nicht-handelbaren Güter über die Produktivitätserhöhungen hinaus – in diesem Sektor sind die Produktivitätsfortschritte gering, die internationalen Unterschiede im Produktivitätsniveau fallen weniger ins Gewicht -, so dass es bei diesen Gütern zu einem Anstieg der Lohnstückkosten und damit der Preise kommt. Im Zuge des wirtschaftlichen Aufholprozesses kommt es somit zu einer Angleichung der Produktivitätsniveaus bei handelbaren Gütern und der Preise für nicht-handelbare Güter. Bedingt durch einen starken Anstieg der Preise nicht-handelbarer Güter weisen die weniger entwickelten Länder während dieses Aufholprozesses auch folglich eine höhere Inflationsrate auf.

Anhaltspunkte für das mögliche Ausmaß der unterschiedlichen Produktivitätsentwicklungen in den einzelnen Sektoren lassen sich gewinnen, wenn man die wirtschaftliche Entwicklung Irlands - ein typisches Beispiel für ein Land im Aufholprozess in den 80er und 90er Jahren - näher betrachtet. So stieg von 1987 – 1995 im Jahresdurchschnitt die Arbeitsproduktivität im Sektor der handelbaren Güter um 6,07 %, im Sektor der nicht-handelbaren Güter nur um 1,84 %, so dass sich im Jahresdurchschnitt eine Differenz von 4,23 %-Punkten ergab. Die entsprechenden Werte bei der Arbeitsproduktivität im Falle Deutschlands lagen bei 1,90 % (handelbare Güter) bzw. bei 1,55 % (nicht-handelbare Güter). Die Differenz ist mit 0,34 %-Punkten hier kaum spürbar (*Sinn/Reutter*, 2000, S. 25). Das macht deutlich, dass bei Ländern, die sich im wirtschaftlichen Aufholprozess befinden, der „Balassa-Samuelson-Effekt“ entwicklungsbedingt tendenziell auf eine höhere Inflationsrate hin wirkt. Gemessen am **BIP pro Kopf** (siehe Tabelle im Anhang) besteht in allen MOE- Ländern ein mehr oder minder deutlicher Rückstand zum EU-Durchschnitt, d.h. ein entsprechendes Potenzial zum Wirksamwerden des Balassa-Samuelson-Effekts. Da bereits in den 90er Jahren realwirtschaftliche Aufholprozesse in den MOE-Ländern stattgefunden haben, kommt die Deutsche Bundesbank für den Zeitraum von 1994 – 1999 im Durchschnitt der (10) MOE-Länder zu einer strukturell bedingten Inflationsrate aufgrund des Balassa-Samuelson-Effekts von 2-2½ %. (*Deutsche Bundesbank*, 2001b, S. 25). Große Unterschiede in den (kaufkraftgewichteten) Pro-Kopf-Einkommen deuten auf eine Zunahme der strukturell bedingten Inflation als Folge einer Beschleunigung des Aufholprozesses im Zuge eines EU-Beitritts hin.

Ausgangspunkt für die Ermittlung des Referenzwertes für die Inflationsrate ist das ungewogene arithmetische Mittel der Inflationsraten in den drei EU-Mitgliedsländern, die die niedrigste Preissteigerungsrate aufweisen. Der Referenzwert liegt um 1,5 %-Punkte über dem Drei-Länder-Wert. Da es sich bei den drei Ländern mit den niedrigsten Inflationsraten um Länder mit einem relativ hohen Lebensstandard handeln dürfte, dürfte bei Beitrittsländern, bei denen der Lebensstandard deutlich darunter liegt, der Balassa-Samuelson-Effekt voll zu Buche schlagen. Angesichts der bisher vorliegenden empirischen Befunde ist es mehr als fraglich, ob eine Marge von 1,5 %-Punkten ausreicht, diese strukturellen Inflationsunterschiede abzudecken. Zwar ist es denkbar, dass es einem Land mithilfe von Einmaleffekten oder einer besonders restriktiven Geldpolitik gelingt, das **Inflationskriterium** zum Zeitpunkt der Konvergenzprüfung zu erfüllen. Fallen aber nach Beitritt die Möglichkeiten einer eigenständigen Geldpolitik weg, d.h. haben es die jeweiligen Länder nicht mehr in der Hand, **Zweitrunden-Effekte** infolge notwendiger Reformschritte (Liberalisierung administrierter Preise; Erhöhung indirekter Steuern zugunsten einer Senkung von direkten Steuern) oder des Balassa-Samuelson-Effekts geldpolitisch unter Kontrolle zu halten, so dürften stärkere Inflationsunterschiede innerhalb der Währungsunion zutage treten. Zum Teil könnte diesen Tendenzen allerdings durch eine zurückhaltende Fiskalpolitik, eine Intensivierung des Wettbewerbs im Sektor der nicht-handelbaren Güter sowie eine Flexibilisierung der Arbeitsmärkte (differenzierte Lohnpolitik) entgegengewirkt werden (*Remsperger*, 2001, S. 9). Zwar beeinträchtigen Preissteigerungen bei nicht-handelbaren Gütern nicht unmittelbar die internationale Wettbewerbsfähigkeit eines Landes. Jedoch haben sie – über Substitutionsprozes-

se und da der tertiäre Sektor Vorleistungen für die Industrieproduktion erbringt – mittelbar Einfluss.
Ausgehend von einem vorgegebenen unionsweiten Stabilitätsziel würden zudem strukturell bedingt höhere Inflationsraten in den neuen Mitgliedsländern zu einer höheren Inflationsrate im Euroraum insgesamt führen. Allerdings dürfte sich dieser Anstieg nur bedingt in einer restriktiveren Geldpolitik niederschlagen, da sich das Eurosystem an einem gewichteten Durchschnitt der nationalen Inflationsraten orientiert. Gewichtet werden die nationalen Inflationsraten dabei gemäß dem Anteil des jeweiligen Landes am Privaten Verbrauch innerhalb der Währungsunion. Da gegenwärtig das Bruttoinlandsprodukt der 10 MOE-Länder insgesamt nur etwa 6 % des Bruttoinlandsprodukts der 12 Euro-Länder ausmacht – dies entspricht in etwa dem Anteil der Niederlande – ist ihr Einfluss auf die gewichtete Inflationsrate des Euro-Raums gering. Bei einer strukturell bedingt um 4 % höheren Inflationsrate in den 10 Beitrittsländern entstünde – vereinfacht gerechnet mit BIP-Anteilen – ein aggregierter Inflationsimpuls von 0,25 % im erweiterten Währungsraum (*SVR*, 2001, S. 442). Ein überhasteter Beitritt zur Währungsunion macht sich also zunächst primär in den Beitrittsländern selbst nachteilig bemerkbar, die „einen verfrühten Beitritt zur Währungsunion mit dauerhaften Wettbewerbsnachteilen bezahlen müssen“ (*Deutsche Bundesbank*, 2001b, S. 29).
Um diese Probleme, die durch einen zu frühen Beitritt der aufholenden Volkswirtschaften in die Währungsunion entstehen können, zu vermeiden, muss deshalb auch Fragen der **realen Konvergenz**, d.h. einer Angleichung der realwirtschaftlichen Strukturen in den Beitrittsländern an den EU-Standard, Beachtung geschenkt werden. Reale Konvergenz ist wichtig, um die Dauerhaftigkeit der nominalen Konvergenzkriterien zu garantieren. Dies leuchtet unmittelbar ein, da bei hinreichender realer Konvergenz strukturelle Inflationsunterschiede aufgrund des Balassa-Samuelson-Effekts und damit verbunden höhere Inflationsraten bzw. Zinssätze sowie die Notwendigkeit einer Abwertung zum Ausgleich einer Balassa-Samuelson-Effekt-bedingten Verschlechterung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit entfallen. Auch entfällt bei hinreichender realer Konvergenz die Notwendigkeit höherer Finanzierungsdefizite zur Finanzierung entwicklungs- bzw. aufholbedingter Infrastukrukturmaßnahmen. Ein Beitritt zur Währungsunion sollte daher **im Interesse der Beitrittskandidaten** erst bei hinreichender realer Konvergenz erfolgen. Ein wichtiger Indikator für die realwirtschaftliche Konvergenz ist die Angleichung der Pro-Kopf-Einkommen in den Beitrittsländern an den EU-Durchschnitt. Gemessen am BIP pro Kopf in % des EU-Durchschnitts (siehe Anhang) bedarf es bei den meisten Beitrittsländern noch eines längeren Aufholprozesses. **Strukturelle Reformen,** etwa im Bereich des Banken- und Finanzsektors in Richtung auf einen hohen Grad an Finanzintermediation, liquide Kapitalmärkte, eine ausreichende Eigenkapitalbasis der Banken, eine funktionierende Banken- und Wertpapieraufsicht und solide Zahlungssysteme, die bereits in den Kopenhagener Kriterien zum EU-Beitritt festgeschrieben wurden, sind hier eine notwendige Voraussetzung, um den realen Konvergenzprozess weiter voranzubringen. Realwirtschaftliche Elemente sind bereits in den Vorschriften zur Konvergenzprüfung im EG-Vertrag verankert. Besonders zu beachten sind hiernach die Entwicklung der Märkte, der Stand und die Entwicklung der Leistungsbilanzen sowie die Entwicklung bei den Lohnstückkosten und andere Preisindizes (Art. 121.1 EG-Vertrag). Der Entwicklung der Preise für nicht-handelbare Güter sollte dabei ein besonderes Augenmerk gelten. Erst bei hinreichend realer Konvergenz, also nach einem damit verbundenen weitgehenden Auslaufen des Balassa-Samuelson-Effekts und der transformationsbedingten Preisliberalisierungen, kann von einem „hohen Grad an Preisstabilität“ im Sinne der Konvergenzkriterien des EG-Vertrages gesprochen werden und erst dann sind die Gefahren, die große strukturell bedingte Inflationsunterschiede für die Beitrittsländer aber auch für die Währungsunion als Ganzes nach sich ziehen, gebannt. Sich aufgrund höherer Inflationsraten verstärkende **Wettbewerbsnachteile** in den MOE-Ländern könnten nämlich politisch den Druck auf das Eurosystem erhöhen, sein derzeitiges Stabilitätsziel weniger ehrgeizig zu fassen, d.h. das Eurosystem zu einer laxeren Zinspolitik zu veranlassen. Eine Aufweichung des Stabilitätsziels aber könnte die **Glaubwürdigkeit** des Eurosystems gefährden (*Remsperger*, 2001, S. 9) und so auch zu höheren Inflationserwartungen, höheren Kapitalmarktzinsen und höherer Inflation führen (zur Frage einer erwartungsinduzierten Inflation siehe etwa *Görgens/Ruckriegel*, 2002, Kapitel X.1). Zudem ist zu berücksichtigen, dass auch innerhalb der jetzigen 15 EU-Länder noch beträchtliche Unterschiede im Lebensstandard bestehen. Ein Balassa-Samuelson-Effekt kann also auch innerhalb der bestehenden Union wirken. Je mehr Länder dann in einer erweiterten Union strukturell bedingt Inflationsraten aufweisen, die über die Definition von Preisstabilität des Eurosystems (zur Zeit ein Anstieg des HVPI unter 2 %) hinausgehen, desto mehr Länder muss es auch prinzipiell geben, die unter 2 % liegen, will man im Durchschnitt das Stabilitätsziel erreichen. Für diese Länder könnten sich dann u.U. sogar Deflationsgefahren einstellen.
Im Rahmen der Konvergenzprüfung kann sich auch das **Zinskriterium** als nicht ganz unproblematisch

erweisen. Bei Märkten mit freiem Kapitalverkehr spiegeln Unterschiede in den langfristigen Zinsen in erster Linie die Erwartungen über die Entwicklung von Inflationsraten, öffentlichen Finanzen, Risikoprämien und Wechselkursen wider. So gesehen liefert das Zinskriterium eine Einschätzung der Märkte darüber, ob die Konvergenzfortschritte langfristig aufrechterhalten werden können (*Remsperger*, 2001, S. 9). Die Konvergenz der Nominalzinsen ist aber nur bedingt ein Signal für eine zunehmende Marktintegration. Ebenso gut können sich darin die Erwartungen der Marktakteure im Hinblick auf die wahrscheinlichen Teilnehmer an der Währungsunion manifestieren. Sie ist somit endogen. Der langfristige (Nominal-) Zinssatz enthält andererseits eine Inflationsrisikoprämie, deren Höhe sich nach den Inflationserwartungen richtet. Entwicklungsbedingt hohe Inflationsraten dürften so auch in den langfristigen Zinssätzen ihren Niederschlag finden und die Erfüllung des Zinskriteriums erschweren. Hinzu kommt, dass gegenwärtig in einer Reihe von MOE-Ländern noch keine langfristigen (Staats-) Papiere existieren (siehe Tabelle, Anmerkung c, Anhang). Dies mag zum einen daran liegen, dass sich der Kapitalmarkt in den betreffenden Ländern erst im Aufbau befindet bzw. bisher noch keine Notwendigkeit zur Emission langfristiger Wertpapiere gesehen wurde. Das Nichtvorhandensein langfristiger (Staats-) Papiere könnte aber auch darauf hinweisen, dass es Anlegern einfach zu risikoreich ist, Mittel in langfristigen (Staats-) Papieren anzulegen, weil ihnen das Vertrauen in eine solide Wirtschaftspolitik fehlt und große Unsicherheiten im Hinblick auf die künftige Inflationsentwicklung bestehen. Da über das Zinskriterium aber gerade die Einschätzung der Märkte Eingang in die Konvergenzprüfung finden soll, ist ein Nichtvorhandensein langfristiger (Staats-) Papiere (zum Zeitpunkt der Konvergenzprüfung) ein Indikator für mangelndes Vertrauen der Märkte in die Wirtschaftspolitik eines Landes und somit ähnlich wie ein Überschreiten des Referenzwertes (eigentlich) ein Ausschlusskriterium für die Währungsunion. Aber auch wenn langfristige (Staats-) Papiere formal vorhanden sind, wäre zu prüfen, ob der Markt für diese Papiere breit genug ist (Marktvolumen, Marktteilnehmer). Denn nur in einem solchen Fall kommt den Zinssätzen ein hinreichender Informationswert zu.

4. Konvergenzkriterien und Konvergenzprüfung im Lichte der bisherigen Erfahrungen

Zum 1.1.1999 begann die Währungsunion mit 11 Ländern. Gemäß dem Vertrag von Maastricht mussten sich diese Länder vorher für den Beitritt qualifizieren, d.h. obigen Konvergenzkriterien und rechtlichen Anforderungen genügen. Während eine Reihe von Ländern das Haushaltsdefizit durch Maßnahmen mit einmaligem Charakter („kreative Buchführung“) unter die 3%-Hürde drückte, haben beim Schuldenkriterium insbesondere Belgien, Griechenland und Italien den Referenzwert deutlich verfehlt. Dies war Anlass, dass sowohl das EWI als auch die Deutsche Bundesbank Bedenken hinsichtlich einer auf Dauer tragbaren Finanzlage bei diesen Ländern äußerten. Auch wurde im Fall von Finnland und Italien bei der Teilnahme am damaligen Festkurssystem EWS I nicht die „Zwei-Jahresfrist“ eingehalten.

Im Jahr 2000 fand die erste routinemäßige Konvergenzprüfung statt. Im Falle von Schweden kam ein Beitritt nicht zustande, weil dieses Land nicht dem WKM II beigetreten war und im Rahmen der Zentralbankgesetzgebung nicht alle Voraussetzungen geschaffen hatte. Diese Gründe standen bereits 1998 einem Beitritt in die Währungsunion entgegen. Griechenland hingegen ist zwar zum 1.1.2001 in die Währungsunion aufgenommen worden. Die Europäische Zentralbank äußerte aber Bedenken hinsichtlich einer auf Dauer tragbaren Finanzlage der öffentlichen Haushalte. Hinzu kam, dass die Inflationsrate Griechenlands durch Einmalmaß- nahmen beeinflusst wurde (zur Konvergenzprüfung in den Jahren 1998 und 2000 im Einzelnen siehe *Görgens et al.*, 2001, Kap. I.3). Bei der Konvergenz- prüfungnim im Jahre 2002 wurde nur noch die Situation in Schweden durchleuchtet. Dabei kam die EU-Kommission zu dem Ergebnis, dass erneut der Nicht-Beitritt zum WKM II und die noch nicht vollständig hergestellte rechtliche Konvergenz, im speziellen die noch nicht EWU-konforme Regelung der Unabhängigkeit der Schwedischen Reichsbank, einem EWU-Beitritt entgegen stehen.
Die Frage der realen Konvergenz spielte bisher faktisch keine Rolle. Aufgrund des bisherigen „Umgangs“ mit den Konvergenzkriterien ist es auch fraglich, ob bei beitrittswilligen Ländern eine „buchstabengetreue“ Einhaltung der (nominalen) Konvergenzkriterien durchgesetzt werden kann bzw. wird und ob überhaupt die reale Konvergenz Beachtung findet. Da aber ein hinreichendes Maß an realer Konvergenz Voraussetzung für eine dauerhafte und nachhaltige Erfüllung der (nominalen) Konvergenzkriterien ist, sind bei einer Vorgehensweise, die der realen Konvergenz bei der Auswahl der Beitrittsländer zur Währungsunion keine Bedeutung schenkt, insbesondere Probleme für die Beitrittsländer zu erwarten.

Tabelle Makroökonomische Indikatoren der MOE-Länder 2001

	Bevölkerung (Mio.)[a)]	BIP pro Kopf zu Kaufkraftparitäten in % des EU-Durchschnitts[a)]	Inflationsrate (Jahresdurchschnitt)[d)]	Defizitquote[b),d)]	Schuldenquote[b),d)]	Langfristiger Zinssatz[c),d)] (Stand Ende 2001)	Reales BIP-Wachstum[d)]	Ausfuhren in die EU in % der Ausfuhren insgesamt[a)]
Bulgarien	8,2	24	7,7	-1,7	97,5	5,0	4,5	51,2
Estland	1,4	38	6.1	-0,8	6,1	6,8	4,5	76,5
Lettland	2,4	29	2,9	-2,2	10,2	10,2	5,0	64,6
Litauen	3,7	29	1,5	-1,4	25,0	6,3	4,5	47,9
Polen	38,6	39	6,0	-4,3	42,8	9,1	2,0	69,9
Rumänien	22,4	27	35,0	-4,0	30,7	44,5	3,0	63,8
Slowakei	5,4	48	7,6	-5,2	42,7	7,7	2,8	59,1
Slowenien	2,0	72	8,6	-1,1	25,5	kA	3,4	63,8
Tschechien	10,3	60	4,9	-5,3	28,9	5,5	3,2	68,6
Ungarn	10,0	52	9,6	-3,7	64,4	7,3	4,3	75,1
EWU-Referenzwert			3,3	-3,0	60,0	6,7[e)]		

Anmerkungen:
a) 2000.
b) Definitionen können von denen der EU abweichen.
c) Laufzeit 10 Jahre, falls verfügbar; kürzere Laufzeiten: Bulgarien, Estland, Lettland, Rumänien, Slowakei.
d) Geschätzt.
e) Bundesanleihe + 15 Basispunkte + 200 Basispunkte.

Quelle: Deutsche Bank Research, 2001, S. 16, 19; Europäische Kommission, 2001, Anlage 2.

Literatur:

Aleche, B. et al., Auswirkungen der EU-Osterweiterung auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt in Bayern, ifo-Forschungsberichte, München 2001.

Caesar, R., Heinemann, F. (Hrsg.), EU-Osterweiterung und Finanzmärkte, Schriftenreihe des ZEW, Bd. 57, Baden-Baden 2001.

Deutsche Bank Research (2001), Monitor EU-Erweiterung Mittel- und Osteuropa, Nr. 6, Dezember 2001 (http://www.dbresearch.com).

Deutsche Bundesbank (2001a), Geschäftsbericht 2000, Frankfurt (http://www.bundesbank.de).

Deutsche Bundesbank (2001b), Währungspolitische Aspekte der EU-Erweiterung, Monatsbericht Oktober 2001, 53. Jg., S. 15 – 31 (http://www.bundesbank.de).

Deutsche Bundesbank, How to Pave the Road to E(M)U: the Monetary Side of the Enlargement Process (and its Fiscal Support), Beiträge zu einer gemeinsamen Konferenz der Bundesbank, des Center for Financial Studies und der Nationalbank Ungarns am 26./27. Oktober 2001 in Eltville (http://www.bundesbank.de).

ECE (UN - Economic Commission for Europe)(2001), Economic Survey of Europe 2001 No. 1, United Nations New York and Geneva, Chapter 6, S. 227 – 239.

Europäische Kommission (2001), Die Erweiterung erfolgreich gestalten - Strategiepapier und Bericht der EU-Kommission über die Fortschritte jedes Bewerberlandes auf dem Weg zum Beitritt, Brüssel 2001 (http://www.europa.eu.int/comm/enlargement).

Europäische Zentralbank (2000), Das Eurosystem und die EU-Osterweiterung, Monatsbericht Februar 2000, S. 41 – 54 (http://www.ecb.int).

Europäische Zentralbank (2001), Jahresbericht 2000 , Frankfurt 2001 (http://www.ecb.int).

Gros, D.(2000), How fit are the candidates for EMU?, in: The World Economy, Vol. 23, S. 1367 – 1377.

Görgens, E., Ruckriegel, K. (2002), Grundzüge der makroökonomischen Theorie, 8. Auflage, Bayreuth.

Görgens, E., Ruckriegel, K., Seitz, F., Europäische Geldpolitik – Theorie, Empirie, Praxis (2001), 2. Auflage, Düsseldorf.

Görgens, E., Ruckriegel, K., Seitz, F., Schich, S. , European Monetary Policy – Theory and Practice, Boston et al. (erscheint demnächst).

Heinemann, F., Factor Mobility(2002), Government Debt and the Decline in Public Investment, ZEW Discussion Paper No. 02-19, 2002 (www.zew.de).

Herrmann, S., Die Osterweiterung der Europäischen Währungsunion unter Berücksichtigung der Theorie optimaler Währungsräume, Köln 2001.

HypoVereinsbank Volkswirtschaft, Euro for the East – nicht ohne reale Konvergenz, Europa-Studie, März 2001 (http://www.hypovereinsbank.de).

HypoVereinsbank Volkswirtschaft, Osterweiterung – Neuer Schwung für die EU?, März 2002 (http://www.hypovereinsbank.de).

Jochem, A., Sell, F.L., Währungspolitische Optionen für die Mittel- und Osteuropäischen Beitrittskandidaten zur EU, Tübingen 2001.

Piazolo, D., Eastern Europe between Transition and Accession: An Analysis of Reform Requirements, Kiel Working Paper No. 991, Institut für Weltwirtschaft Kiel, Juli 2000 (http://www.uni-kiel.de/IFW).

Quaisser, W., Hall, J. (2002), Toward Agenda 2007: Preparing the EU for Eastern Enlargement, Osteuropa-Institut München, Working Paper No. 240, February 2002 (http://www.lrz-muenchen.de/~oeim).

Remsperger, H., Konvergenz und Divergenz in der Europäischen Währungsunion, Deutsche Bundesbank Auszüge aus Presseartikeln, Nr. 20 vom 27.April 2001, S. 3 – 7.

Remsperger, H. (2001), Erweiterung der Europäischen Union und der Währungsunion: Maastricht meets Kopenhagen, in: Deutsche Bundesbank Auszüge aus Presseartikeln, Nr. 53 vom 5. Dezember 2001, S. 5 – 10.

Ruckriegel, K., Eurossytem vs. Fed: Instrumentelle und operative Aspekte, erscheint in: List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik, Band 28 (2002), S. 137-156.

Ruckriegel, K., Seitz, F., The Eurosystem and the Federal Reserve System Compared: Facts and Challenges, ZEI-Working-Paper B 02 2002, February 2002 (http://www.zei.de).

Schäfer, W., EU-Osterweiterung, in: Ohr, R., Theurl, T. (Hg.), Kompendium Europäische Wirtschaftspolitik, München 2001, S. 241 – 270.

Seitz, F., Eurosystem vs. Fed: Institutionelle und strategische Gesichtspunkte, erscheint in: List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik, Band 28 (2002), S. 116-136.

Seidel, M., Perspektiven der Erweiterung der Europäischen Union, ZEI-Working-Paper B 07 2002, April 2002.

Sell, F.L. (2001), Braucht es monetäre *und* reale Konvergenz für eine (in einer) Währungsunion?, List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik, Band 27 (2001), S. 379 – 398.

Sinn, H.-W., Reutter, M. (2000), Die Mindestinflationsrate für die Euro-Länder, Ifo-Schnelldienst, 53. Jg. (2000), Heft 35/36, S. 23 – 26.

SVR (Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung) (2001), Jahresgutachten 2001/02, November 2001 (http://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de).

Wagner, H. (2002), Pitfalls in the European Enlargement Process – Financial Instability and Real Divergence, Deutsche Bundesbank, Discussion paper 06/02, February 2002 (http://www.bundesbank.de).

Vincentz, V. (2002), Entwicklung und Tendenzen der Finanzsysteme in Osteuropa, Osteuropa-Institut München, Working Paper No. 237, Februar 2002 (http://www.lrz-muenchen.de/~oeim)

Simulation of a Single and Double-Span Guideway under Action of Moving MAGLEV Vehicles with Constant Force and Constant Gap

Reinhold Meisinger

Mechanical Engineering Department

Nuremberg University of Applied Sciences

Abstract

In 2003 the Shanghai MAGLEV Transportation System Transrapid starts operation on an eleveted single and double-span guideway with speeds over 400 km/h. The general simulation problem of a high speed MAGLEV vehicle on a flexible guideway includes two closely related problems, both of which are, in a sense, limiting cases. In the first case the magnet force is constant and in the second case the magnet gap is constant. To describe the dynamics of the distributed parameter system, modal analysis technique is used. Simulation results are given comparing the solutions for dynamic displacements of a single and a double-span guideway, when the moving vehicle is modelled with a constant force or with a constant gap.

1. Introduction

For economic reasons high speed MAGLEV vehicles will operate on elevated periodically supported single or double-span guideways which will be light and flexible [1,2,3]. For qualitative investigations the system can be approximated by a single mass vehicle and an undamped flexible single or double-span beam with rigid piers. The general control and simulation problem of the vehicle/guideway dynamics at high speeds includes two limiting cases, cf.[4]. In the first case, the magnet force is constant (only the weight of the vehicle) and in the second case the magnet gap is constant (the vehicle is following the guideway). In the paper the elastic structure of the guideway is approximated by homogenous elastic single and double-span beams described by partial BERNOULLI-EULER beam equations [3,4]. For typical guideway configurations this approximation is permissible since the lenghts of the beams are large compared with the other dimensions and these also large compared with the deflections. The partial differential equation can be transformed into an infinite number of ordinary differential equations by means of a modal transformation, cf.[5]. The kernels of this transformation consist on the eigenfunctions (modes) of the force-free undamped beam. An approximation is achieved by considering only the first modes. The mathematical description of the linear time variable system with periodic coefficients is given in state space notation which can be directly used for the digital simulation. In the simulation it is assumed, that the static deflection of the beam by its own weight is compensated.

2. Single and Double-Span Guideway Model

The guideway is described as a homogenous elastic single and double-span beam mounted with pivots on rigid piers. Equations of motions are derived on the basis of BERNOULLI-EULER beam theory, cf. [3].
If l is the length of one span and l_b the length of the beam, the guideway is determined by its first vibration mode frequency f_1 and its span mass m_l. As shown in Fig.1 the concentrated magnet force, $F(t) = m_f (g - \ddot{z})$, moves along the span with constant velocity v.

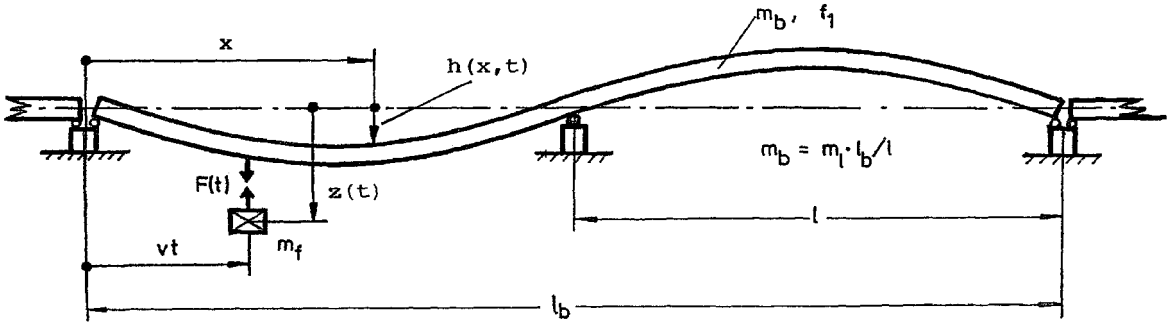


Fig. 1: MAGLEV single mass vehicle on an elevated double-span guideway

For the further investigations the following normalized system parameters are introduced:

$$\kappa = \frac{v/l}{2f_1}, \qquad \mu = m_f / m_l, \qquad \lambda_b = l_b / l,$$

where κ is the span crossing frequency ratio, λ_b is the beam to span length ratio which indicates a single or double-span guideway and μ is the vehicle to span mass ratio.

With the nondimensional variables

$\xi = x/l$, $\tau = vt/l$, $\bar{h}(\xi,\tau) = h(x,t)/h_{sm}$,

where h_{sm} is the maximum static span deflection of a single-span caused from the concentrated weight $m_f g$ of

the vehicle, the nondimensional guideway equation of motion is

$$\frac{\partial^2 \bar{h}(\xi,\tau)}{\partial \tau^2} + \frac{1}{\pi^2 \kappa^2} \frac{\partial^4 \bar{h}(\xi,\tau)}{\partial \xi^4} = \bar{F}(\tau)\, \delta(\xi - \tau), \tag{1}$$

with the 4 boundary and (λ_b - 1) intermediate conditions of the beam

$$\frac{\partial^2 \bar{h}(\xi,\tau)}{\partial \xi^2} = 0, \qquad \xi = 0, \lambda_b \qquad \text{and} \qquad \bar{h}(\xi,\tau) = 0, \qquad \xi = 0 \ (1)\ \lambda_b \tag{2}$$

In eq. (1) δ is the DIRAC delta function and $\bar{F}(\tau)$ is the nondimensional magnet force which can be written as

$$\bar{F}(\tau) = \frac{48}{\pi^2 \kappa^2} - \mu\, \bar{\bar{z}}, \qquad \bar{\bar{z}} = \frac{(l/v)^2}{h_{sm}}\, \ddot{z}, \tag{3}$$

where $\ddot{z}$ is the vehicle acceleration and $\bar{\bar{z}}$ is the corresponding nondimensional variable.

Modal approximation

Based on the boundary and intermediate conditions of the beam in eq.(2), eigenfunctions $\varphi_j(\xi)$, and eigenvalues λ_j can be obtained by solving the eigenvalue problem

$$\frac{1}{\pi^2 \kappa^2} \frac{\partial^4 \varphi_j(\xi)}{\partial \xi^4} = -\lambda_j \cdot \varphi_j(\xi), \qquad j = 1\,(1)\,\infty . \tag{4}$$

With the orthonormality relation

$$\lambda_b \int_0^1 \varphi_j(\xi) \cdot \varphi_k(\xi)\, d\xi = \delta_{jk} \qquad \text{and} \quad \beta_j^4 = -\lambda_j\, \pi^2\, \kappa^2, \qquad \delta_{jk} = \text{Kronecker–symbol},$$

the following results are obtained:

a) Eigenfunctions of a single-span (λ_b = 1) and antimetric eigenfunctions of a double-span (λ_b = 2)

$\varphi_j(\xi) = C_j \sin(\beta_j \xi)$, j = 1,2,3,….. for λ_b = 1, j = 1,3,5,….. for λ_b = 2

parameter β_j: coefficient C_j:

$\beta_j = (\lambda_b + j - 1)\pi / \lambda_b$, $C_j = \sqrt{2/\lambda_b}$,

b) Symmetric eigenfunctions of a double-span, j = 2,4,6,…..

$\varphi_j(\xi) = C_j [\cosh(\beta_j) \cdot \sin(\beta_j \eta) - \cos(\beta_j) \cdot \sinh(\beta_j \eta)]$,

where $\eta = \xi$ for $\xi \in [0,1]$, $\eta = (2 - \xi)$ for $\xi \in [1,2]$

parameter β_j: coefficient C_j:

β_2 = 3.926602	C_2 = $3.942106 \cdot 10^{-2}$
β_4 = 7.068582	C_4 = $1.702875 \cdot 10^{-3}$
β_6 = 10.210176	C_8 = $7.358789 \cdot 10^{-5}$
β_8 = 13.351768	C_8 = $3.180021 \cdot 10^{-6}$
β_{10} = 16.493361	C_{10} = $1.374213 \cdot 10^{-7}$
.	.
.	.

When only the first n* eigenfunctions φ_j are considered, it can be shown that an approximation of the solution of

eq.(1) can be written as, cf. [4,5]

$$\bar{h}(\xi,\tau) = \sum_{1}^{n^*} \varphi_j(\xi) \cdot h_j^*(\xi) = \boldsymbol{\varphi}^T(\xi) \cdot \mathbf{h}^*(\tau), \tag{5}$$

where $\boldsymbol{\varphi}$ is the n*$\times$1- vector of the eigenfunctions and $\mathbf{h}^*$ is the n*$\times$1- vector of the modal coordinates which is obtained as solution from the ordinary differential equation

$$\ddot{\mathbf{h}}^* = \boldsymbol{\Lambda} \cdot \mathbf{h}^* + \boldsymbol{\varphi}(\tau) \cdot \left[\frac{48}{\pi^2 \kappa^2} - \mu \cdot \ddot{\bar{z}} \right], \tag{6}$$

with the n*$\times$n*- diagonal matrix $\boldsymbol{\Lambda}$ = diag(λ_j).

Note: Eq. (5) is exact in the case n*$\rightarrow \infty$. For a finite number n* the approximation converges with $(\lambda_b/n^*)^4$. Investigations have shown [4], that the result is close enough if approximately n* = 2 λ_b modes are considered.

3. Vehicle with Moving Constant Force

Because the magnet force is constant, the vehicle acceleration in eq.(6) is zero. Then the following linear differential equation with constant coefficients is obtained:

$$\ddot{\mathbf{h}}^* = \boldsymbol{\Lambda} \cdot \mathbf{h}^* + \boldsymbol{\varphi}(\tau) \ \frac{48}{\pi^2 \kappa^2}. \tag{7}$$

As shown in [4], eq.(7) can be solved analytically. Though eq.(7) here is solved numerically as a limiting case of the vehicle with moving constant gap (μ = 0).

4. Vehicle with Moving Constant Gap

Because the magnet gap is constant, the nondimensional vehicle acceleration $\ddot{\bar{z}}$ in eq.(6) is the same as the nondimensional guideway acceleration under the moving vehicle ($\xi = \tau$).
With eq.(5) the acceleration can be written as:

$$\ddot{\bar{z}} = \ddot{\bar{h}}(\xi = \tau) = \ddot{\boldsymbol{\varphi}}^T(\tau) \cdot \mathbf{h}^* + 2 \cdot \dot{\boldsymbol{\varphi}}^T(\tau) \cdot \dot{\mathbf{h}}^* + \boldsymbol{\varphi}^T(\tau) \cdot \ddot{\mathbf{h}}^*, \tag{8}$$

where $\boldsymbol{\varphi}(\tau) = \boldsymbol{\varphi}(\xi = \tau)$ and $\dot{\boldsymbol{\varphi}}(\tau)$, $\ddot{\boldsymbol{\varphi}}(\tau)$ are the according derivatives with respect to time.

Together with eq.(6) and eq.(8) the following linear time variable differential equation with periodic coefficients is obtained:

$$\mathbf{M}(\tau)\, \ddot{\mathbf{h}}^* = \mathbf{K}(\tau)\, \mathbf{h}^* + \mathbf{D}(\tau)\, \dot{\mathbf{h}}^* + \boldsymbol{\varphi}(\tau)\, \frac{48}{\pi^2 \kappa^2}, \tag{9}$$

with the symmetric n*$\times$n*-matrices

$$\mathbf{M}(\tau) = [\mathbf{E} + \mu \cdot \boldsymbol{\varphi}(\tau) \cdot \boldsymbol{\varphi}^T(\tau)],$$

$$\mathbf{K}(\tau) = [\boldsymbol{\Lambda} - \mu \cdot \boldsymbol{\varphi}(\tau) \cdot \ddot{\boldsymbol{\varphi}}^T(\tau)],$$

$$\mathbf{D}(\tau) = [-2 \cdot \mu \cdot \boldsymbol{\varphi}(\tau) \cdot \dot{\boldsymbol{\varphi}}^T(\tau)].$$

With eq.(5) the nondimensional span deflection under the moving vehicle ($\xi = \tau$) can be written as:

$$\bar{h}(\tau) = \boldsymbol{\varphi}^T(\tau) \cdot \mathbf{h}^*. \tag{10}$$

For the computer simulation eq.(9) and eq.(10) will be written in state space notation:

$$\begin{bmatrix} \dot{\mathbf{h}}^* \\ \ddot{\mathbf{h}}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{E} \\ \mathbf{M}^{-1}(\tau)\cdot\mathbf{K}(\tau) & \mathbf{M}^{-1}(\tau)\cdot\mathbf{D}(\tau) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{h}^* \\ \dot{\mathbf{h}}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{M}^{-1}(\tau)\cdot\boldsymbol{\varphi}(\tau) \end{bmatrix} \frac{48}{\pi^2\kappa^2}$$

$$\left[\bar{h}\right] = \left[\boldsymbol{\varphi}^T(\tau) \quad \mathbf{0}\right] \begin{bmatrix} \mathbf{h}^* \\ \dot{\mathbf{h}}^* \end{bmatrix}. \tag{11}$$

Eq.(11) has the general form

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}(\tau)\cdot\mathbf{x} + \mathbf{B}(\tau)\cdot\mathbf{b}$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{C}(\tau)\cdot\mathbf{x}\,, \tag{12}$$

where $\mathbf{A}(\tau)$ is the $2n^* \times 2n^*$-system matrix, $\mathbf{B}(\tau)$ the $2n^* \times 1$-disturbance matrix, $\mathbf{C}(\tau)$ the $1 \times n^*$-measurement matrix and **x**, **y**, **b** are vectors with the according dimensions.

This linear, time variable system with periodic coefficients can be integrated numerically with a 4th order RUNGE-KUTTA algorithm over one period.
To reduce the elapsed computing time, in the numerical integration an analytical expression for M^{-1} is used:

$$\mathbf{M}^{-1}(\tau) = \left[\mathbf{E} - \frac{\mu}{1+\mu\cdot\boldsymbol{\varphi}^{\mathrm{T}}(\tau)\cdot\boldsymbol{\varphi}(\tau)}\,\boldsymbol{\varphi}(\tau)\cdot\boldsymbol{\varphi}^{\mathrm{T}}(\tau)\right], \tag{13}$$

where $\boldsymbol{\varphi}^{\mathrm{T}}(\tau)\cdot\boldsymbol{\varphi}(\tau)$ is a scalar quantity, cf.[6].

Note: For $\mu = 0$ from eq.(11) the state equation for the moving vehicle with constant force is obtained.

5. Simulation Results

The normalized system parameters used in the simulation are:

κ = 0; 0.25; 0.5; 0.75; 1; 1.25; μ = 0.5; λ_b = 1; 2.

For the single-span n* = 3 and for the double-span n* = 6 modes are considered in the approximation.
For the limiting case κ = 0 the steady-state solution for the guideway deflection under the vehicle

$$\bar{h}(\tau) = 48\sum_{1}^{n^*}\frac{\varphi_j^2(\tau)}{\beta_j^4} \tag{14}$$

is used, which can be obtained from eq.(6) and eq.(10).

Fig.2 and Fig.3 illustrate the influence of span crossing frequency ratio κ on the nondimensional deflection of a double-span guideway under a moving vehicle with constant force and a moving vehicle with a constant gap.

Fig.4 and Fig.5 show the same results for a single-span guideway.

The results show, that for low values of span crossing frequency ratio κ the deflections of the double-span and for high values of κ the deflections of the single-span guideway are smaller. Note that the trajectories for the first span of the double-span are closely similar to those of the single-span guideway.
When κ approaches zero, the two problems of constant force and constant gap reduce to a static one and the trajectories are all exactly alike.
An important observation is the increase in exitation of higher mode components as the vehicle to span mass ratio μ is increasing.

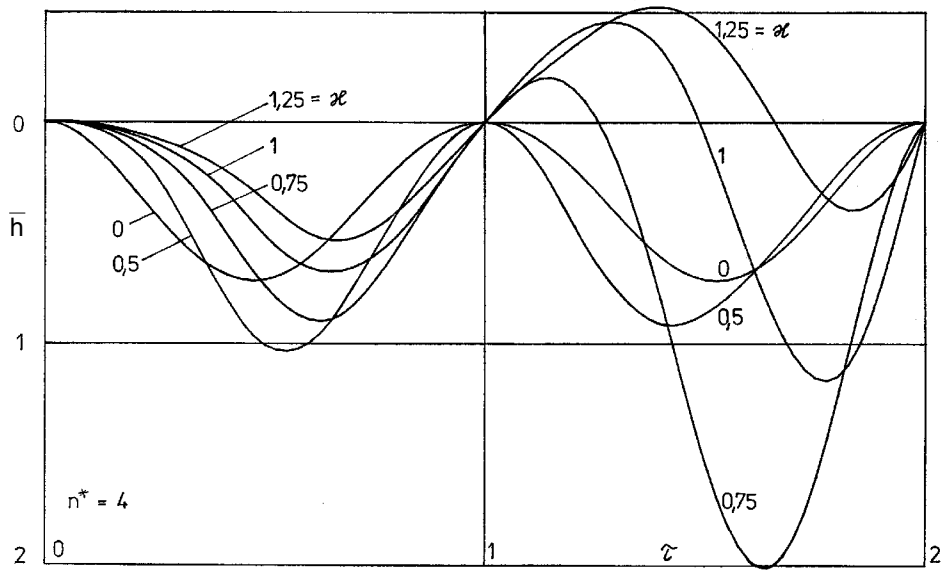


Fig. 2: Histories of double-span deflection under a moving vehicle with constant force

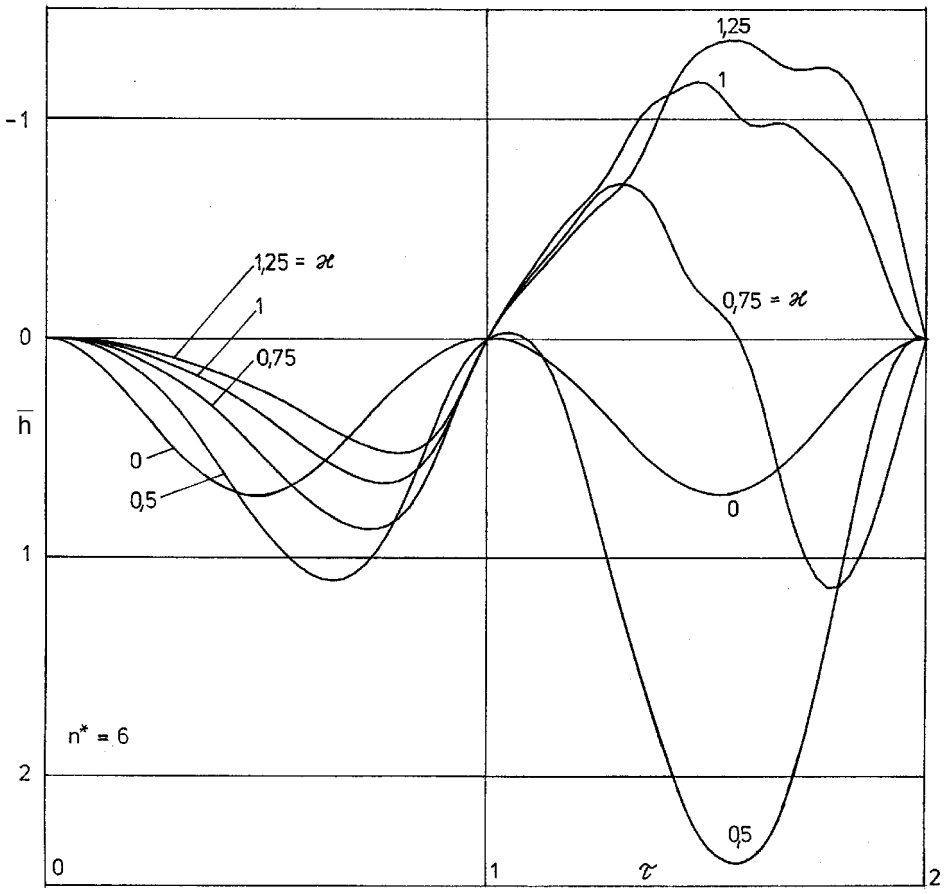


Fig. 3: Histories of double-span deflection under a moving vehicle with constant gap (μ = 0.5)

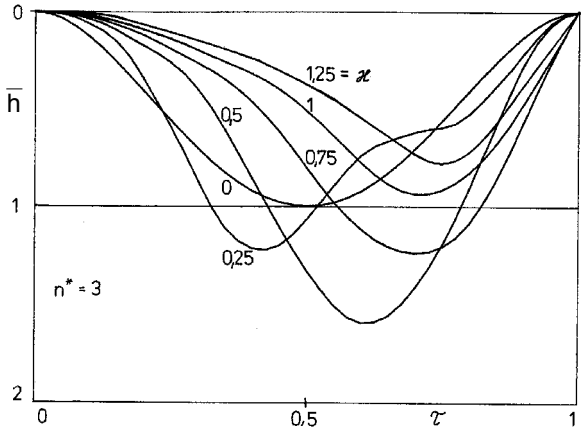


Fig. 4: Histories of single-span deflection under a moving vehicle with constant force

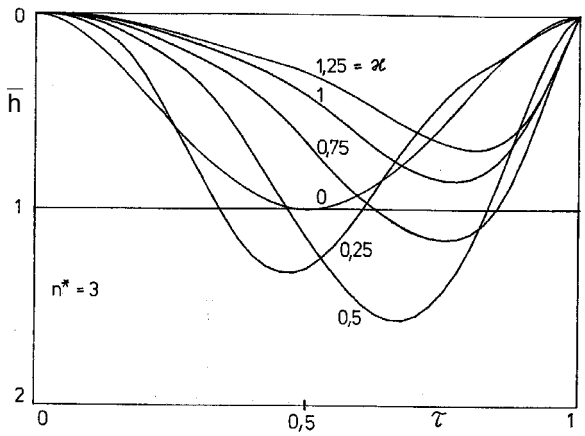


Fig. 5: Histories of single-span deflection under a moving vehicle with constant gap ($\mu = 0.5$)

6. Conclusion

In this paper modal analysis technique has been applied to obtain the state equation of a moving single mass vehicle on an elastic single and double-span guideway. Simulation results for the guideway trajectories were given for the two problems when the MAGLEV vehicle is moving with constant magnet force and moving with constant magnet gap. Comparing the maximum deflections the results show, that for low values of span crossing frequency ratio κ (quasistatic region) the double-span guideway is recommended, while for higher values of κ the single-span guideway must be favoured. More realistic simulations with an actively controlled magnet force are given in [3,4].

References

[1] FEIX, J.: Planung und Bau der Schanghaier Transrapid-Trasse, Beratende Ingenieure, 4/2002, Springer-VDI- Verlag, S. 14-17.

[2] MILLER, L.: Transrapid, Innovation für den Hochgeschwindigkeitsverkehr, Bayerischer Monatsspiegel, 4/1998, S. 34-45.

[3] MEISINGER, R.: Control Systems for Flexible MAGLEV Vehicles Riding over Flexible Guideways. Proc. of IUTAM Symposium on the Dynamics of Vehicles on Roads and Railway Tracks, Delft, 1975.

[4] MEISINGER, R.: Beiträge zur Regelung einer Magnetschwebebahn auf elastischem Fahrweg. Dr.-Ing. Dissertation, TU München, 1977.

[5] GILLES, E.D., ZEITZ, M.: Modales Simulationsverfahren für Systeme mit örtlich verteilten Parametern. Regelungstechnik, Heft 5 (1969) S. 204-212.

[6] MEISINGER, R.: Simulation von Stromabnehmer und Fahrleitung bei hohen Geschwindigkeiten, Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik, ZAMM 64 (1984), S. 69-70.

Evaluation der Evaluation. Resonanz auf die Einführung der Evaluation der Lehre bei Lehrenden und Studierenden.

Prof. Peter R. Wellhöfer

Prof. Dr. G.-W. Rothgang

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
Fachbereich Sozialwesen
Bahnhofstr. 87
90402 Nürnberg

Dipl.-Sozialpädagogin Julia Busse

bfz Nürnberg

Abstract

Die vorliegende Arbeit versucht, die Resonanz auf die Einführung der Evaluation der Lehre an bayerischen Fachhochschulen zu analysieren. Zu diesem Zweck wurden im WS 2000/01 alle bayerischen FachhochschullehrerInnen und eine repräsentative Gruppe Studierender an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule in Nürnberg angeschrieben und gebeten einen entsprechenden Fragebogen zu beantworten.
Die Ergebnisse zeigen, dass die Evaluation der Lehre von beiden Untersuchungsgruppen überwiegend positiv beurteilt wird.
Die unterschiedlichen Sichtweisen der Lehrenden und Studierenden werden diskutiert. Aus dieser Diskussion werden Folgerungen für eine weitere Qualitätsentwicklung der Lehre abgeleitet.

Inhaltsverzeichnis Seite

Vorwort 3

1. Stand der Problemdiskussion „Qualitätssicherung" 3

1.1 Entwicklung des Qualitätsmanagements 3

1.1.1 Begriffsdefinitionen 4

1.1.2 Die DIN EN ISO 9000-Serie 5

1.2 Qualitätsmanagement im Hochschulbereich

1.2.1 Rolle der Evaluation im Zusammenhang mit dem Qualitätsmanagement

1.2.2 Was ist Qualität im Hochschulbereich

1.2.3 Ziele der Evaluation im Hochschulbereich

1.2.4 Beispiele von Evaluationsprojekten an deutschen Hochschulen 9

1.2.5 Evaluation der Lehre an bayerischen Hochschulen 1

1.2.5.1 Rechtliche Grundlagen 1

1.2.5.2 Evaluationsempfehlungen 1

2. Fragestellung der vorliegenden Untersuchung 2

3. Durchführung der Untersuchung 2

3.1 Untersuchungsmethode 2

3.2 Ablauf der Untersuchung 2

3.3 Auswertung der Untersuchung 3

4. Darstellung der Ergebnisse 3

4.1 Beschreibung der Untersuchungsstichprobe 3

4.2 Spontane Assoziationen zur Evaluation der Lehre 3

4.3 Anteil der evaluierten Lehrveranstaltungen im letzten Semester 5

4.4 Zeitpunkt der LV-Evaluation 5

4.5 Veröffentlichung der Ergebnisse 6

4.6 Konkrete Veränderungen auf Grund der Ergebnisse 6

4.7 Generelle Erfahrungen mit den bisherigen Lehrevaluationen

4.8 Einstellung zu den DiZ-Empfehlungen 90

4.8.1 Bekanntheitsgrad der DiZ-Empfehlungen 90

4.8.2 Nutzen der DiZ-Empfehlungen 91

5. Interpretation 91

6. Zusammenfassung 92

7. Anhang 93

7.1 Literaturverzeichnis 93

7.2 Fragebogen der DozentInnenbefragung 95

7.3 Fragebogen der StudentInnenbefragung 9

Vorwort:

Mit der Verabschiedung des Bayerischen Hochschulgesetzes vom 2.10.1998 wurde das Amt des Studiendekans an den Hochschulen eingeführt und die Evaluation der Lehre - auch in Bayern - als Instrument der Qualitätssicherung zwingend vorgeschrieben. Im Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Hochschuldidaktik der bayerischen Fachhochschulen (DiZ) wurden in diesem Zusammenhang Empfehlungen für die Evaluation der Lehre entwickelt und in fünf 2-tägigen Workshops an die interessierten Studiendekane der bayerischen Fachhochschulen vermittelt.
Nachdem sich die engagiert geführte und auch emotional unterschiedlich besetzte Diskussion um die Einführung der Evaluation der Lehre beruhigt hat, erschien es sinnvoll, die Reaktionen auf die Einführung bei Studierenden und Lehrenden zu erfassen. In Zusammenarbeit mit dem DiZ wurden alle KollegInnen an bayerischen Fachhochschulen angeschrieben und gebeten, einen Fragebogen zu ihren Erfahrungen mit der Evaluation der Lehre zu beantworten.
Parallel dazu wurden an der G-S-O-FH Nürnberg eine repräsentative Auswahl der Studierenden zu ihren Erfahrungen mit der Lehrevaluation befragt. Interessant ist in diesem Zusammenhang natürlich die gesonderte Auswertung der "Nürnberger" Ergebnisse, bei der die beiden Perspektiven an einer Hochschule analysiert wurden. Der vorliegende Untersuchungsbericht (für dessen redaktionelle Bearbeitung der erstgenannte Autor verantwortlich ist) konzentriert sich im wesentlichen auf diese Daten - die von der Mitautorin ausführlich in ihrer Diplomarbeit dargestellt wurden - und versucht die Ergebnisse auch im Rahmen der Gesamtuntersuchung (Rothgang und Wellhöfer 2002) darzustellen.

1. Stand der Problemdiskussion „Qualitätssicherung“

Ende der 80er Jahre setzte in der Bundesrepublik die Diskussion über die Qualität der Lehre und die Evaluation ein. Gemessen an anderen europäischen Ländern, wie Großbritannien, Frankreich, den Niederlanden oder der USA geschah dies ziemlich spät. Die zu diesem Zeitpunkt herrschenden Themen waren die „Überlast“ und „Studienzeitverkürzung“. Abgelöst wurden sie in den 90er Jahren von der Frage, wie die Qualität in Studium und Lehre gesichert werden kann.
Der nun von außen herrschende Druck, der an die Hochschulen herangetragen wurde, forderte sie auf, ihre Ausbildungsleistungen und deren Qualität gegenüber der Öffentlichkeit zu belegen.
Es sind eine Reihe von Gründen dafür verantwortlich, dass sich ein Hochschulsystem den Forderungen die Qualität zu evaluieren nicht mehr entziehen kann.
Zum einen sind es wirtschaftliche Gründe, da die öffentlichen Mittel knapp sind und so die Einzeletats für die verschiedenen staatlichen Aufgabenbereiche in starker Konkurrenz stehen. Die Folge ist, dass die Hochschulen immer mehr einer leistungsbezogenen Betrachtung unterliegen, damit die knappen Mittel angemessen verteilt werden können.
Strukturelle Gründe sind zum anderen, dass Hochschulen, wie auch die Wirtschaft und die Arbeitsmärkte immer mehr der Internationalisierung unterliegen. Die Konsequenz ist, dass Hochschulen und nationale Hochschulsysteme auf den internationalen Bildungsmärkten konkurrieren. Somit hängt der Erfolg immer stärker von der Profilbildung, der Leistungstransparenz und den erreichten Qualitätsstandards ab.
Auf der politischen Ebene ist zu bemerken, dass in vielen Staaten den Hochschulen zunehmend mehr Autonomie gewährt wird, verbunden mit der Auflage einen Nachweis über die erbrachten Leistungen abzulegen. In diesem Zusammenhang wird nicht mehr akzeptiert, dass Hochschulen Qualität per se „produzieren“.
Da Hochschulen heute nicht mehr nur eine kleine Elite, sondern einen großen Anteil der jungen Menschen ausbilden, ergibt sich auf gesellschaftlicher Ebene die Herausforderung, das Niveau der Ausbildung zu halten (HIS/HRK 1998).

1.1 Entwicklung des Qualitätsmanagements

In der Vergangenheit hat das Qualitätsmanagement mehrere Stufen der Entwicklung erlebt. Einer der auch heute noch bekannten Begriffe in diesem Zusammenhang ist die „Selbstprüfung“. Hier unterzieht der „Hersteller“ das Produkt noch in der Entstehungsphase oder zum Abschluss selber einer Prüfung. Einher ging mit dieser Entwicklung auch die Betrachtung von außen, durch Vorgesetzte oder andere, die sich auf diesem Gebiet auskennen.
Nach dem zweiten Weltkrieg wurde in Deutschland die „Qualitätskontrolle“ populär. "Die statistische Qualitätskontrolle, wie sie dann bezeichnet wurde, ging aus dem erfolgreichem Verfahren zur Herstellung der Rüstungsgüter der Alliierten hervor“ (Fuhr 1998, S.48).

Seit dem Ende der siebziger Jahre wurde dann der Begriff „Qualitätssicherung“ sehr populär. Der Unterschied zur vorher herrschenden Qualitätskontrolle liegt darin, dass vorbeugende Maßnahmen

zur Erreichung der Qualität eingeführt wurden. Die vor allem in der Wirtschaft bis heute bekannten Qualitätsmanagementsysteme wurden in diesem Zeitraum eingeführt. Die Entwicklung der ersten Normen für Qualitätsmanagementsysteme ist bereits im Regelwerk der AQAP im Nato-militärischen Bereich bekannt. Heute ist die Norm ISO 9000 in all ihren Differenzierungsstufen weltweit anerkannt (Fuhr 1998).

1.1.1 Begriffsdefinitionen

Bevor man über Qualität spricht, ist es sinnvoll zentrale Begriffe, die in diesem Zusammenhang benutzt werden, zu definieren. Das soll zur Vermeidung von Missverständnissen führen, da die folgenden Begriffe häufig unterschiedlich in ihrer Bedeutung ausgelegt werden.
Folgende Definitionen erscheinen uns in diesem Zusammenhang sinnvoll:

- Qualität:

Nach DIN EN ISO 8402 ist Qualität „...die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit, bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen".
Denkt man dabei an wirtschaftliche Produkte ist diese Definition leicht übertragbar. Doch wie verhält es sich im Bereich der Bildung? Im HIS-Handbuch zur Evaluation (Carstensen & Reissert 1998) finden sich noch mehrere Definitionsvorschläge, die aber alle zu dem gleichen Ergebnis führen: Qualität im Bereich Lehre und Studium ist multidimensional. Es kann nicht die Rede sein von d e r Qualität, sondern von unterschiedlichen Qualitätsausprägungen. Diese werden gebildet von den Ansprüchen Studierender, Lehrender, Arbeitgebern, Gesellschaft und Staat. Die Frage was Qualität ist, hängt immer von den Beteiligten und ihren Qualitätsansprüchen ab (Carstensen & Reissert 1998).

Nach Heiner (1996, S. 294) lässt sich die Qualität einer Bildungsmaßnahme anhand folgender Bereiche überprüfen:

- „Zufriedenheits- bzw. Teilnahmeerfolg: subjektive Zufriedenheit der Teilnehmer mit der Bildungsmaßnahme
- Lern-/ Prüfungserfolg: pädagogischer Erfolg, nachgewiesen durch Prüfungen
- Arbeitsmarkterfolg: Vermittlung (zeitlich im Zielbereich, kurzfristige Betrachtung)
- Praxiserfolg: Bewährung/Anerkennung am Arbeitsplatz aufgrund der Fortbildung (langfristige Betrachtung)
- Wirtschaftlicher Erfolg für den Betrieb: wichtig für die Akzeptanz der arbeitsmarktpolitischen Aktivitäten, aber keine Betrachtungsweise der Bundesanstalt für Arbeit."

Im Großen und Ganzen könnte man diese Bestandteile, mit einigen Anpassungen, auch auf die Hochschule übertragen. So ist der Arbeitsmarkterfolg dann zu sehen, wenn eine Arbeitsstelle in dem Bereich gefunden wird, den man studiert hat. Beim Praxiserfolg geht es nicht nur um die Fortbildung, sondern vor allem um die Ausbildung. Den wirtschaftlichen Erfolg würde ich darin sehen, welchen Ruf die jeweilige Fachhochschule hat.

- Qualitätsmanagement:

Die Aufgabe des Qualitätsmanagements ist es, zur Qualität von Humandienstleistungen beizutragen, indem Qualitätsstandards definiert, ihre Umsetzung kontinuierlich kontrolliert, Qualitätskriterien überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Qualitätsmanagement ist somit zugleich Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung (Heiner 1996).
Qualitätsmanagementsysteme stellen einen systemischen Ansatz dar, um Organisationsstrukturen, Verantwortlichkeiten, Verfahren, Prozesse und erforderliche Mittel festzulegen. Auf diesem Weg können nun gewünschte Veränderungen und Verbesserungen geplant und gelenkt werden.
Qualitätsmanagement ist nicht als ein neuer, konkurrierender Ansatz zur Evaluation oder den Lehrberichten zu sehen, sondern ist ein umfassendes Konzept, in dem diese beiden Verfahren und andere (vgl. DIN EN ISO 9000ff) ihren Platz finden (Stawicki 1998).
Die klassischen drei Qualitätsdimensionen gehen auf Donabedian (1982) zurück und sollten beim Qualitätsmanagement beachtet werden

- **Strukturqualität:** Ausstattungsdimensionen eines Dienstes (Räume, Personal, Sachmittel...).
- **Prozessqualität:** bezieht sich auf alle Eigenschaften der Aktivitäten, mit denen die definierten Ziele erreicht werden sollen.
- **Ergebnisqualität:** bezieht sich auf das erzielte Ergebnis (Verhaltensänderung, Lernerfolg)

Meier-Ziegler (1993) hat eine ähnliche Differenzierung des Qualitätsbegriffs vorgenommen. Er unterscheidet in:

- **Input-Qualität:** Dauer der Maßnahme, Unterrichtsmethode, Ausbildung und Berufserfahrung der Leiter, der Ausbilder, der Betreuungskräfte, der Bildungseinrichtung, die Ausstattung der Bildungseinrichtung.

- **Durchführungsqualität** (entspricht der Prozessqualität): Einhaltung des Lehrplans, Lernerfolgskontrolle, Fehlzeitenkontrolle, Teilnehmerorientierung

- **Output-Qualität:** Prüfungsergebnisse, Abbrecherquote, Vermittlungsquote usw.

Von Heiner (1996) wird kritisiert, dass diese Dimensionen produktbezogen und kundenorientiert formuliert sind und nicht produktionsbezogen und mitarbeiterorientiert. Das könnte man mit der Erweiterung folgender Dimensionen erreichen: Konzeptqualität, Mitarbeiterqualität, Organisations- und Ausstattungsqualität und Ressourcenqualität.

- Qualitätssicherung:

Das Ziel der Qualitätssicherung ist die Erarbeitung von Maßnahmen sicherzustellen, um die formulierten Qualitätsziele zu erreichen und die Qualitätsstandards zu erfüllen (Meinhold 1998).

Die Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Hochschulbereich lassen sich unterscheiden in:

- interne und externe Evaluation, die im Folgenden noch genauer erläutert werden. Häufig wird auch eine Mischform der beiden Verfahren angewandt
- Lehrveranstaltungsbeurteilungen
- gesetzlich vorgeschriebene Lehrberichte
- Qualitätssicherungsverfahren in Anlehnung an ISO 9000ff. und TQM/EFQM (**T**otal **Q**uality **M**anagement und **E**uropean **F**oundation for **Q**uality **M**anagement)
- Organisationsberatung.

- TQM/EFQM:

Der Begriff TQM taucht verstärkt seit den 80er Jahren in der Qualitätsdiskussion auf. Aufgrund der besonderen Bedeutung wurde der Begriff in die DIN EN ISO 8402 aufgenommen. In der deutschen Fassung wird für den Begriff TQM die Übersetzung „Umfassendes Qualitätsmanagement“ verwendet.

TQM ist wohl als die umfassendste Qualitätsstrategie anzusehen, da sie alle Bereiche vom Kunden über die eigenen Mitarbeiter, bis hin zum Lieferanten umfasst und integriert (Reinhert, Lindemann & Heinzl 1996; Kamiske & Brauer 1995).

Das Modell der EFQM stützt sich auf die Selbstbewertung von Input- Kriterien (Enablers, wie z.B. Führung, Mitarbeiterorientierung, Politik und Strategie, Ressourcen, Prozesse) sowie Output-Kriterien (Results, wie z.B. Mitarbeiterzufriedenheit, Kundenzufriedenheit, gesellschaftliche Verantwortung/ Image und Geschäftsergebnisse) (HIS/HRK,1998; a).

- Evaluation:

„Evaluation bedeutet Auswertung, Bewährungs-, Wirkungs-, oder Erfolgskontrolle, von Verfahren, Programmen oder Maßnahmen“ (Pfaffenberger 1997, S.302).
Die Definitionen des Begriffs sind sehr vielfältig, allerdings gibt es nach Wottowa und Thierau (1998) einige Merkmale, mit denen sich der Begriff eingrenzen lässt:

- eine Evaluation bewertet etwas, z.B. ein Produkt, einen Prozess oder ein Programm
- eine Evaluation dient als Entscheidungs- und Planungshilfe
- sie zeigt Handlungsalternativen auf und bewertet diese und
- eine Evaluation ist ziel- und zweckorientiert.

Es gibt verschieden Formen der Evaluation, die kurz definiert werden sollen:

- Summative Evaluation: Analyse der erzielten Ergebnisse, d.h. es findet ein IST- SOLL- Abgleich statt. Diese Form der Evaluation wird meist durch externe Fachleute durchgeführt.
- Formative Evaluation: beinhaltet die Prozessbegleitung und Rückmeldung und bietet dem Team oder der Organisation so die Möglichkeit sich laufend zu korrigieren und zu verbessern. Die formative Evaluation kann auch intern durchgeführt werden.
- Selbstevaluation (interne Evaluation): Die Qualität des eigenen beruflichen Handelns wird mit den Methoden der empirischen Sozialforschung überprüft.
- Fremdevaluation (externe Evaluation): Das Handeln einer Person wird auf der gleichen oder einer anderen Hierarchieebene untersucht. Im Hochschulbereich spricht man meist von einer peer-review, d.h. die Evaluation wird von außenstehenden Kollegen oder Agenturen o.ä. vorgenommen.

1.1.2 Die DIN EN ISO 9000- Serie

Die Abkürzung DIN EN ISO 9000 steht für: Deutsches Institut für Normung; Europäische Norm; International Organization for Standards; 9000 ist eine Ordnungsnummer.
Die ISO 9000 Serie definiert Forderungen an ein Qualitätsmanagementsystem und ist kein Instrument zur Festlegung eines Qualitätsniveaus. Das

Qualitätsniveau eines Produktes oder einer Dienstleistung wird durch eine Managemententscheidung jeweils separat definiert und kontinuierlich an die Entwicklungen des Marktes angepasst (Rühl 1998).

Die Norm besteht aus mehreren Bestandteilen und definiert insgesamt 20 verschiedene Qualitätssicherungselemente (vgl. Tab. 1).

DIN ISO 9000	Normen zum Qualitätsmanagement: Leitfäden zur Auswahl und Anwendung von QM-Systemen (4Teile)
DIN ISO 9001	Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Design/Entwicklung, Produktion, Montage und Wartung
DIN ISO 9002	Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Produktion, Montage und Wartung
DIN ISO 9003	Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung bei der Endprüfung

Tab. 1: Die Bestandteile der DIN EN ISO 9000 (Rühl 1995, S. 27)

Die Idee von ISO 9000 ist es, dass gleiche Prozesse zu gleichen Ergebnissen und damit zu einer gleich bleibenden Qualität führen. Auf diesem Weg soll verhindert werden, dass Qualitätsmängel erst am Ende ausgebessert werden. Durch ein prozessbegleitendes Qualitätsmanagement können Fehler gleich bei der Erstellung von Produkten und Dienstleistungen vermieden werden.
Geprüft wird also nicht die Qualität des Produkts, sondern der Prozess der Entstehung. Das Qualitätsmanagement- Handbuch, in dem die Zielsetzung definiert wird, ist eine Grundlage zur Erreichung der Zertifizierung nach der DIN EN ISO 9000ff.

Die Anwendung der DIN EN ISO 9000 Reihe im Hochschulbereich

Die Normenreihe wurde ursprünglich für die Produktion materieller Güter konzipiert. Da sie aber in ihrem Ansatz sehr allgemein formuliert ist, wurde sie schon problemlos für die Erstellung von Software (DIN EN ISO 9000, Teil 3) und Erbringung von Dienstleistungen (DIN EN ISO 9000, Teil 2) erweitert. Inzwischen wurden auch Kliniken, Weiterbildungseinrichtungen, Lehrstühle, Institute, Fachbereiche und sogar eine ganze Hochschule zertifiziert.
Bei der eins zu eins Übertragung der Normenreihe auf den Hochschulbereich treten einige Schwierigkeiten auf. Zentrale Begriffe müssen geeignet interpretiert und die Besonderheiten der Hochschule beachtet werden.
Stawicki (1998) nennt dabei folgende Punkte:

1. Der Begriff „Lieferant“ könnte auf Lehrstühle, Institute, Fachbereiche, ganze Hochschulen oder einzelne Lehrende übertragbar sein.
2. Die Frage nach dem „Kunden“ und dem „Produkt“ ist schon etwas komplizierter. Vorstellbar wäre der Student als Kunde. Dieses Bild birgt aber einige Probleme: ein Kunde entscheidet selbständig und eigenverantwortlich über das Produkt und dessen Qualität. Das können und sollen Studenten aber nicht in allen Fällen. Weiterhin ist die Grundidee der Kunden- Lieferanten- Beziehung, dass der Kunde möglichst genau bekommt, was er sich vorstellt. Im Extremfall könnte das zu dem dominierenden Wunsch „Examen“ oder „Schein“ der StudentInnen führen. Den Studenten folglich aber als „Produkt“ zu sehen birgt auch Schwierigkeiten: Wie passt der maßgebliche Anteil, den Studierende am Studienerfolg haben zu einem „Produkt“? Oder: Soziale Interaktion und Motivation mit einem „Produkt“? Die Übertragung des Kunden auf Staat, Gesellschaft oder einstellende Institutionen wirft ähnliche Probleme auf.
3. Es gibt keine Vorgesetzten bezüglich der Durchsetzung von Entscheidungen.
4. Im Allgemeinen verkaufen Hochschulen nichts.
5. (Fast) alle Führungskräfte sind nur für relativ kurze Zeit von ihresgleichen gewählt.
6. Hochschulen streben nicht (primär) die Erzielung von Gewinn an.

Um diese Probleme zu umgehen, besteht die Möglichkeit die Norm so zu adaptieren, dass sie auf den Bereich der Hochschule passt. Das Ergebnis wäre dann eine „DIN EN ISO 9005- Qualitätsmanagement an Hochschulen“.

Die Probleme mit den Begriffen „Lieferanten“, „Kunden“ und „Produkte“ wären aufgehoben, weil die Dinge in diesem Fall eben so heißen würden, wie sie heißen: Fachbereiche, Studierende, Lehrende, Vorlesungen, Prüfungen etc.

Wichtig bei der Adaption ist, den Geist der Norm zu übernehmen, was soviel bedeutet, wie Prozesse zu dokumentieren, Verantwortlichkeiten festzulegen, den Qualitätskreis zu implementieren usw.

1.2 Qualitätsmanagement im Hochschulbereich

„Die Verbesserung der Lehre ist seit jeher Ziel von engagierten HochschullehrerInnen und seit Ende der achtziger Jahre ein Thema in der Hochschulpolitik in Deutschland. Während sich die Bemühungen zunächst direkt auf Inhalte von Lehre, Studium und Didaktik der Lehre richteten, wird Qualitätssicherung in zunehmendem Maße auf die gesamte Organisation von Lehre und Studium einschließlich des Prüfungswesens bezogen. Dies trägt der Erkenntnis Rechnung, dass Lehrqualität in einem Fachbereich nicht nur an einzelnen Lehrveranstaltungen gemessen werden kann, sondern dass ein Studiengang bzw. das Lehrangebot insgesamt, seine Strukturierung und inhaltliche Abstimmungen, Betreuung und Beratung, der Bezug zur Forschung u.a.m. im Zusammenhang und als Prozess betrachtet werden müssen“ (Raes & Unkelbach 1998, S. 5).

So stehen seit vielen Jahren nicht mehr nur die Strukturprobleme und Rahmenbedingungen der Lehre im Blickfeld der Hochschulpolitik, sondern auch die Lehre selbst. Die langsam wachsende Wettbewerbsorientierung und die neuartigen Steuerungsherausforderungen im Hochschulsystem sorgen dafür, dass man sich zunehmend für die Leistungen, die einzelne Hochschulen erbringen, für deren Qualität und Effizienz, und gerade für den Vergleich zu anderen Hochschulen interessiert (Hoffmann 1995).
An den Hochschulen in Deutschland sind verschiedene Verfahren der Qualitätssicherung im Umlauf. Eins aber haben sie gemeinsam, nämlich die Erkenntnis, dass Qualitätsmanagement in der heutigen Zeit an Bedeutung gewonnen hat und man sich mit der Sicherung von Qualität in Lehre und Studium beschäftigen muss.

Zu beachten ist auch, dass Qualität von Studium und Lehre kein statisches Endprodukt ist. Sie kann nur gesichert werden, wenn kontinuierlich daran gearbeitet wird. Qualität entsteht immer wieder neu und ist nie einfach nur da. Somit ist Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung ein dauerhafter Prozess.

Die Frage „Warum Qualitätsmanagement in Hochschulen“ lässt sich nach Stawicki (1998) folgendermaßen beantworten:

QM-Systeme

- erlauben eine systemische Ist-Analyse,
- ermöglichen geplante und kontrollierte Veränderungen,
- installieren einen Qualitätsregelkreis (Rückführung von Informationen, um aus Fehlern zu lernen und auf Erfahrungen aufzubauen),
- dokumentieren Qualitätsfähigkeit,
- machen Studierende mit diesem Ansatz vertraut (bereitet auf die Konfrontation mit diesem Thema im späteren Berufsleben vor),
- beziehen Studierende ein und erhöhen auf diese Weise die studentische Mitverantwortung für Qualität.

Denn Qualitätsmanagement legt, wie schon in den Begriffsdefinitionen (vgl. Punkt 1.1.1) genannt, Organisationsstrukturen, Verantwortlichkeiten, Verfahren, Prozesse und erforderliche Mittel fest.

1.2.1 Rolle der Evaluation im Zusammenhang mit dem Qualitätsmanagement

Um noch einmal den Zusammenhang zwischen Evaluationsverfahren und QM herzustellen: Evaluation ist ein unverzichtbares Element von Qualitätsmanagement. Um konform mit dem QM zugehen, müssen die Ziele und Anforderungen der Evaluation klar sein und von den Hochschulen selbst gesetzt werden.
Evaluation ohne Folgen, d.h. ohne Veränderungen und Vereinbarungen, macht keinen Sinn. Das ist der Punkt, in dem QM anfängt. Es müssen Maßnahmen festgelegt werden, wie man verbessern will und mit welchen Kriterien überprüft werden kann, dass sich etwas verändert.
Evaluationen erfüllen dann ihre Funktionen, wenn sichergestellt ist, dass darauf abgestellte Rahmenbedingungen gegeben sind. Es lässt sich also zusammenfassend sagen: Um Qualität nachhaltig zu fördern oder zu sichern bedarf es eines Qualitätsmanagements. Hierzu ist es nach Barz (1998, S.49) nötig:

- Ziele und Standards zu setzen (Qualitätsplanung)
- Regeln für qualitätssicherndes Handeln zu definieren (Qualitätsorganisation)

- Maßnahmen zur Prüfung der Zielerreichung und wenn erforderlich der Gegensteuerung zu entwickeln (Qualitätssteuerung) sowie
- Zu qualitätsförderndem Verhalten zu motivieren (Führung der Mitarbeiter).

1.2.2 Was ist Qualität im Hochschulbereich?

Die Frage, was Qualität im Hochschulbereich ist, kann nicht leicht und vor allem nicht eindeutig und universell beantwortet werden. Qualität ist multidimensional, abhängig von der Betrachtungsweise der Befragten.

Es gibt weder Kriterien noch Parameter, die festlegen, was eine gute Lehre ausmacht. „Ist es der Erfolg in der Abschlussprüfung oder im späteren Beruf? Ist es das gute Gefühl am Ende einer Veranstaltung, wenn ja: wessen Gefühl? Das der Studierenden oder das der Lehrenden?“ (Lüthje 1995, S.149).

Um Vorstellungen von Qualität zu entwickeln ist es nötig, dass die an Lehre und Studium Beteiligten darüber ins Gespräch kommen, um über den Austausch von Meinungen und Einschätzungen Kriterien von Qualität zu entwickeln.
Wichtig scheint uns bei der Überprüfung von Qualität im Hochschulbereich, dass alle beteiligten Gruppen zu Beginn der Qualitätssicherung offen legen und klären, welche Qualitätsansprüche sie an den Prozess der Qualitätssicherung stellen.

Der Wissenschaftsrat nennt fünf Ausprägungen von Qualität, die bei der Evaluation an Hochschulen untersucht werden sollen:

- Ausbildungsprofil der Absolventen eines Studiengangs (Kenntnisse, Fähigkeiten, Qualifikation)
- Maß an Konsistenz und Kohärenz des Bildungs-/ Ausbildungsprozesses
- Maß an Kongruenz zwischen (Ausbildungs-) Prozess einerseits, Erwartungen und Ansprüchen an eine wissenschaftlich fundierte Hochschulausbildung andererseits
- Effizienz, d.h. Verhältnis zwischen eingesetzten Mitteln und erzieltem Ergebnis
- Prozess der Qualifizierung zwischen Beginn und Abschluss eines Studiums (Persönlichkeitsentwicklung,Wissenserwerb)
  HIS/HRK,1998b).

1.2.3 Ziele der Evaluation im Hochschulbereich

Die interne und externe Evaluation ist neben anderen Verfahren (vgl. Qualitätssicherung Punkt 1.1.1) eine Methode der Qualitätssicherung. Es gibt verschiedene Arten der Evaluation: summative, formative, Selbst- und Fremdevaluation (vgl. Evaluation Punkt 1.1.1).

Die Frage ist aber, welche Ziele werden mit einer Evaluation verfolgt? Hierzu gibt das HIS (1998) einige Anregungen:

1. Mehr Transparenz durch validere Formen: Vielfältige Informationen sind notwendig, um den Studien- und Lehrbetrieb effizient und effektiv zu gestalten und zu steuern. Valide Daten über Input, Prozess und Output schaffen die notwendige Transparenz, um Entscheidungen und Planungen fundierter treffen zu können.

2. Rechenschaftslegung: Hochschulen als staatlich finanzierte Einrichtungen sind gefordert den effizienten Einsatz der Ressourcen nachzuweisen, die Wirksamkeit der Lehr- und Studienorganisation zu belegen und den Erfolg der Ausbildung zu dokumentieren. Intern und extern Rechenschaft durch Evaluation abzulegen, kann helfen, im Verteilungskampf um knappe Mittel zu bestehen.

3. Qualitätssicherung und –verbesserung: Angestrebt wird durch die interne und externe Evaluation Ausbildungsziele, Curriculum, Studien- und Lehrorganisation, Lehr- und Lernpraxis zu überprüfen. Stärken und Schwächen in der Ausbildung aufzeigen und Vorschläge zur Förderung der Qualität der Ausbildung gewinnen, soll durch den systemischen Ansatz der Bestandsaufnahme und Analyse erreicht werden. Durch die Verbindung der Selbst- und Peerevaluation wird der Komplexität der Qualität Rechnung getragen. In diesem diskursiven Prozess aus der Innen- und Außensicht schärft sich das Bewusstsein für die Qualität von Lehre und Studium im Fach, und eine Diskussion wird in Gang gesetzt.

4. Profilbildung, Wettbewerb und Vergleich (=Ranking): Der Prozess der Evaluation soll dazu beitragen das Profil der Fächer heraus zu arbeiten. Ein eigenständiges fachliches Profil stärkt die Marktposition der Fächer im Wettbewerb, dies hilft z.B. Studieninteressierte zu gewinnen und die Berufschancen der Absolventen zu verbessern.

5. Steuerung der Ressourcen und Finanzen: Knappe Finanzen bedingen, dass Hochschulen und Fächer Mittel und Ressourcen nach konsensfähigen Kriterien verteilen müssen. Um in diesen Verteilungskämpfen auf den verschiedenen Ebenen innerhalb, sowie zwischen den Hochschulen zu bestehen, ist es erforderlich, dass Hochschulen und Fächer über ihre Leistungsbilanz informiert sind. In diesem Fall kann die Evaluation dazu beitragen, quantitative und qualitative Kriterien für die Steuerung der Ressourcen und Finanzen bereitzustellen.

Das in der Bundesrepublik favorisierte Modell der Qualitätssicherung ist die interne und externe Evaluation. Ursprünglich stammt dieses Konzept aus den Niederlanden und wurde den deutschen Verhältnissen angepasst.

Das Verfahren baut auf den folgenden drei Säulen auf:

- Interne Evaluation:
Die systemische Bestandsaufnahme und Analyse der Lehre und des Studiums ist der erste Schritt der internen Evaluation. Die Ermittlung der Stärken und Schwächen der Ausbildung erfolgt in Verantwortung des Faches/ Fachbereichs bzw. der Fakultät. Hierfür wurden Frageleitfäden entwickelt, die auf diesem Weg das Untersuchungsfeld abstecken.
Zur Analyse werden quantitative und qualitative Daten genutzt (Sekundärauswertungen aus den Verwaltungsdateien, Befragungen bei Studierenden und Absolventen, moderierte Gruppengespräche mit Lehrenden und Studierenden). Der am Ende der Evaluation verfasste Bericht enthält die Ergebnisse der Analyse und dokumentiert erste konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der Ausbildung.

- Externe Evaluation:
Durch einen „Blick von außen“ soll die interne Evaluation ergänzt werden. Peers sind in aller Regel Hochschullehrer sowie Vertreter aus der beruflichen Praxis. Die Auswahl der Peers wird meist von den zu evaluierenden Fächern vorgenommen. Vor Beginn der Begehung erhalten die Peers den Selbstreport zur Vorbereitung. Während dem zweitägigen Aufenthalt an der jeweiligen Hochschule führen sie verschiedene Gesprächsrunden mit Lehrenden und Studierenden, besuchen die wichtigen Lehr- und Lernorte des zu evaluierenden Fachs und besuchen z.T. die Lehrveranstaltungen. Am Ende werden die Empfehlungen präsentiert und ein schriftliches Gutachten erstellt.

- Umsetzung:
Um Qualität zu sichern und zu verbessern, ist es wichtig aus der internen und externen Evaluation Konsequenzen zu ziehen. Dazu werden vom Fach, dem Fachbereich oder der Fakultät Maßnahmekataloge erarbeitet. In denen sind zukünftige Änderung für Lehre und Studium, Verantwortliche sowie konkrete Termine und Zwischenschritte enthalten. Die Umsetzung entscheidet letztendlich über den Erfolg der Evaluation (HIS/HRK 1998).

1.2.4 Beispiele von Evaluationsprojekten an deutschen Hochschulen

In Deutschland gibt es inzwischen bundesweit eine Unzahl an Evaluationsprojekten, die zudem auch verschiedenartig in ihren Ansätzen sind. Ich möchte im Folgenden einige der bekanntesten Projekte und Formen der Evaluation, die im Hochschulalltag zu finden sind, vorstellen. Der Anspruch auf Vollständigkeit soll dabei nicht erhoben werden. Die einzelnen Erfahrungen der Projekte zu nennen würde hier den Rahmen sprengen, so sollen hauptsächlich die Verfahren, mit denen gearbeitet wird, vorgestellt werden.
Die Projekte zur Evaluation der Lehre an Universitäten und Fachhochschulen haben die unterschiedlichsten Initiatoren. Dies kann vom Bundesbildungsministerium, über ein Hochschuldidaktisches Zentrum bis hin zu einer studentischen Fachschaft gehen.

- Hochschulrektorenkonferenz (HRK):
Von der HRK wurde eine Arbeitsgruppe „Qualität der Lehre“ eingesetzt, deren Aufgabe es ist, die Selbstevaluation der Fachbereiche sowie regelmäßige hochschulübergreifende Evaluationen „in Verantwortung der Hochschulen“ anzustreben.
Im März 1995 hat die HRK an alle Rektorate eine Empfehlung zur Umsetzung der Lehrberichtsverordnung und zur Evaluation der Lehre im Allgemeinen verschickt. Diese Empfehlung besteht aus mehreren Teilen:

- Allgemeine Erläuterungen zur Lehrevaluation nach dem niederländischen Modell
- Kostenfrage
- Muster zur Gliederung der Lehrberichte
- Fragebogen für Studierende zu Vorlesungen
- Dozentenfragebogen.

Im Juli 1995 wurde dann vom Plenum der HRK eine Vorlage verabschiedet, die den Hochschulen, Fakultäten und Fachbereichen die Eigenverantwortung in der Durchführung der Evaluation zuspricht.

Vorgesehen ist hier ein zweistufiges Verfahren (orientiert am niederländischen Modell) mit interner Selbstevaluation und späterer externer Evaluation. Für die interne Evaluation ist die Erstellung eines Lehrberichts vorgesehen, der auch Daten aus der Befragung von Lehrenden und Studierenden beinhaltet (bmb+f 1996).

- Wissenschaftsrat
Der Wissenschaftsrat hat an mehreren Hochschulen ein Modellprojekt durchgeführt. Beteiligt waren zwei Fächer (Physik und Betriebswirtschaft) mit dem Ziel ein exemplarisches Verfahrensinstrumentarium zu erproben. Auch hier diente als Vorbild das niederländische Modell zur Lehrevaluation. Angestrebt wird mit dem von Wissenschaftsrat bevorzugten Verfahren ein überregionaler Vergleich einer begrenzten Anzahl von Studiengängen. Dazu dienen die Verfahren der Selbstevaluation in Kombination mit einer Fremdevaluation.
Als problematisch bei diesem Projekt stellten sich die großen Unterschiedlichkeiten
der einzelnen Hochschulen, ihrer Standards und Problemwahrnehmungen heraus.
Auf Grund der in diesem Projekt gewonnen Erfahrungen veröffentlichte der Wissenschaftsrat im Januar 1996 die „Empfehlungen zur Stärkung der Lehre in den Hochschulen durch Evaluation“ (bmb+f 1996).

- Verbund der norddeutschen Hochschulen
Im Jahr 1994 haben sich die Senate der Universitäten Kiel, Rostock, Hamburg, Bremen, und Oldenburg zum so genannten Nordverbund zusammengeschlossen. Ziel war es, die Evaluation von Lehre und Studium im Verbund zu erproben und jedem Fachbereich die Weiterentwicklung der Qualität in Lehre und Studium zu ermöglichen. Es soll auf Grund der Unterschiedlichkeit der einzelnen Hochschulen hier nicht zu einem Ranking kommen, sondern die evaluierten Einheiten sollen an ihren eigenen Zielen gemessen werden (Fischer- Bluhm 1998).

Besondere strukturelle Merkmale der Evaluation im Verbund sind:

- Sie greifen über die Grenzen von Bundesländern hinweg; das erleichtert den Erfahrungsaustausch und die Meinungsbildung für eine Kooperation unter den Universitäten;
- Sie werden autonom im Sinne von „unabhängig vom Staat durchgeführt“. Natürlich sind sie verflochten mit den aktuellen hochschulpolitischen Diskussionen, ihre Ergebnisse fließen z.B. in die Hochschulentwicklung einer jeden Universität ein;
- Im wesentlichen Maße beteiligen sich Studierende, d. h. sowohl während der Selbstevaluation als auch in der Begutachtung (Fischer-Bluhm 1998, S.26).

- Niedersächsische Evaluationsagentur
Die Zentrale Evaluationsagentur der niedersächsischen Hochschulen (ZEvA) ist eine gemeinsame Einrichtung der Hochschulen in Niedersachsen. Sie wurde im Oktober 1995 gegründet und zu ihren Aufgaben gehört es eine systemische und hochschulübergreifende Evaluation von Studiengängen auf Fachbereichsebene zu initiieren und zu begleiten. Damit hat das Land Niedersachsen die Verantwortung für die hochschulinterne und hochschulübergreifende Evaluation in die Hände der Universitäten und Fachhochschulen gelegt. Unterstützt wird die ZEvA vom Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK), die über eine Lenkungsgruppe an der Arbeit der Agentur teilnimmt.
Die Evaluation an den niedersächsischen Hochschulen erfolgt flächendeckend, systematisch und periodisch, dass heißt etwa im Abstand von je fünf bis sechs Jahren sollen alle Studiengänge bzw. –fächer evaluiert werden.
Auch in Niedersachsen wird in einem zweistufigen Verfahren evaluiert: die interne Selbstevaluation wird verbunden mit der externen Evaluation durch peer- reviews.
Die ZEvA übernimmt also nicht selber die Evaluation, sondern koordiniert, neben den oben genannten Aufgaben, die Evaluation, informiert die Hochschulleitungen und Fachbereiche, nimmt die Berichte der Selbstevaluation entgegen, bestellt Gutachter, publiziert die Ergebnisse der Evaluation und stellt Informationen und Datenmaterial zur Verfügung (bmb+f 1996; Reuke 1998).

- Hochschul- Informations- System (HIS)
Für die Hochschul- Informations- System GmbH (HIS) ist die Lehrevaluation sehr schnell zu einem neuen Handlungsfeld geworden. Sie machte es sich zur Aufgabe eine Dokumentation von Projekten und Instrumenten der Lehrbewertung an Hochschulen zu erstellen. 1993 folgte dann ein Pilotprojekt zur fachbereichsinternen Selbstevaluation an der Universität Hannover und später eines an der Universität Hamburg und Kiel.
Unter anderem sind diese Ergebnisse auch für die Arbeit im Nordverbund genutzt worden (bmb+f 1996).

- Centrum für Hochschulentwicklung (CHE)
Das CHE wurde 1995 in Gütersloh neu eingerichtet. Es übernimmt unter anderem im Nordverbund eine „Moderatorrolle“. Ziel dieser Zusammenarbeit ist die

Qualitätssicherung durch interne und externe Leistungsbewertung.

Das CHE sieht seine Aufgabe auch darin als Informationsdrehscheibe zu fungieren, d.h. auf Anfrage hin Informationen und Kontakte zu vermitteln. Aus diesem Grund arbeiten das CHE und HIS auch eng in einem Projekt zusammen, das eine Bestandsaufnahme der aktuellen Praxis zur Aufgabe hat (bmb+f 1996).

Im Folgenden möchte ich noch einige weitere Ziele und Arbeitsbereiche vorstellen, in denen das CHE tätig ist.

Arbeitsbereich	Ziel
Leitbildvision	Leitbild für Hochschule der Zukunft entwickeln
Führungs- und Organisationsstruktur	Autonomie und Rechenschaftspflichtigkeit stärken
Leistungstransparenz	Wettbewerb durch Leistungsvergleiche ermöglichen
Wirtschaftlichkeit	Eigenverantwortlichkeit für die Ressourcen fördern
Rahmenbedingungen	Wettbewerb durch Rahmenbedingungen absichern

Tab. 2: Ziele und Arbeitsbereiche des CHE (Müller-Böling 1995, S.359)

1.2.5 Evaluation der Lehre an bayerischen Hochschulen

1.2.5.1 Rechtliche Grundlagen

Laut dem bayerischen Hochschulgesetz (BayHSchG) von 1998 ist die Evaluation als Mittel der Qualitätssicherung und -verbesserung in den bayerischen Fachhochschulen verbindlich vorgeschrieben. Konkrete Vorschriften über die Gestaltung und die Durchführung der Evaluation sind aber nicht festgelegt, sie bleiben den einzelnen Fachbereichen überlassen. Nach Art. 39 a Abs.2 Satz 3 BayHSchG muss ein Studiendekan gewählt werden, der für die Durchführung der Evaluation der Lehre unter Einbeziehung der studentischen Bewertung verantwortlich ist. Mindestens einmal im Semester muss er den Fachbereichsrat über seine Arbeit informieren (Art 39a Abs. 2 Satz 4, 2. Halbsatz). Der jährlich abzuliefernde Lehrbericht muss Angaben über die Situation von Lehre und Studium, die Organisation der Lehre und die Bewertung des Lehrangebots in den einzelnen Studiengängen enthalten (Art. 39a Abs.1 Satz 1). Neben der Bezeichnung der Lehrveranstaltung, den Namen der Lehrenden und den ausgewerteten Ergebnissen, die dem Fachbereichsrat und der Hochschulleitung bekannt gegeben werden müssen, gibt es die Möglichkeit für die Lehrenden eine schriftliche Stellungnahme zu den Bewertungsergebnissen abzugeben (Art.39a Abs. 3 Satz 4). Der von den DozentInnen ausgefüllte Bogen über die Veranstaltungsrückmeldung, wird an den Studiendekan weitergeleitet und kann für die Mitglieder des Fachbereichs zugänglich gemacht werden (Art. 39a Abs. 3 Satz 5).

1.2.5.2 Evaluationsempfehlungen des DiZ-Bayern

Das Zentrum für Hochschuldidaktik der bayerischen Fachhochschulen (DiZ) hat, unter Zusammenarbeit mit Studiendekanen bayerischer Fachhochschulen in vier zweitägigen Workshops, Anregungen und Hilfestellungen zur Evaluation entwickelt und in der Broschüre „Evaluation und Lehrbericht –Empfehlungen für Studiendekane“ zusammengefasst.
Im Folgenden wird ein grober Überblick über den Inhalt der Broschüre gegeben. Die Ausführungen orientieren sich dabei eng an dem Beitrag von Wellhöfer & Rothgang (1999).

Der Art.39 a BayHSchG gibt zwar die Rahmenbedingungen unter denen die Evaluation laufen soll vor, aber diese sind noch inhaltlich auszufüllen.
Der Lehrende ist durch das Gesetz nicht zu einer passiven Rolle gezwungen, in der er die studentische Bewertung ohne Kommentar über sich ergehen lassen muss. Ganz im Gegenteil, denn allein durch den enormen Arbeitsaufwand, den eine Evaluation mit sich bringt, ist eine Zusammenarbeit zwischen Studierenden und DozentInnen nicht nur nötig, sondern auch erwünscht. Denn auf diesem Weg kommt eine Kommunikation zwischen allen Betroffenen zustande.

Angst machen den Lehrenden immer noch die Folgen bei negativen Ergebnissen. Es ist nicht das Ziel eine so genannte „Prangerevaluation“ anzustreben,

die auch nicht zur Qualitätsverbesserung führen würde, sondern eher zu einer Polarisierung und Nivellierung.

Ein weiterer Punkt ist, dass durch Evaluationen die Gefahr von Rankings bestehen könnte. Hier ist es vor allem die Aufgabe der Fachbereiche dafür zu sorgen, dass dies nicht geschieht. Rein inhaltlich ist dies auch gar nicht möglich, da die Anforderungen an ein Pflichtfach nicht mit denen an ein Wahlfach verglichen werden können.
Im Vergleich zu anderen Bundesländern, in denen die Qualitätssicherung auf den Pfeilern interne und externe Evaluation steht, sieht die Evaluation in Bayern nach Art. 39 a Abs. 3 Satz 2 eine Befragung der StudentInnen über die Bewertung des Lehrangebots vor. Doch wie ist die Qualität einer solchen Befragung einzustufen? Sind die nötigen „Güterkriterien" einer Erhebungsmethode- Objektivität, Reliabilität und Validität noch gegeben?
„Die meisten Untersuchungen zeigen [...], daß studentische Urteile über Lehrveranstaltungen relativ valide sind [...]" (Wellhöfer & Rothgang 1999, S. 8). Es gibt aber auch einige Faktoren, die das Ergebnis verzerren. Je stärker z.B. das inhaltliche Interesse an einer Lehrveranstaltung ist, desto positiver fällt die Rückmeldung aus. Ebenfalls ein falsches Bild entsteht, je größer die Zahl der Teilnehmer, desto negativer ist die Rückmeldung.

Deshalb sollte die studentische Befragung auch nur als Grundlage dienen, um mit den Studierenden ins Gespräch zu kommen und eine gemeinsame Diskussion über die Verbesserung der Lehre in Gang zu bringen.

In der DiZ-Broschüre werden einige Methoden der Datenerhebung genannt und anhand von Beispielen und bereits vorhandenen Fragebögen dargestellt. Es eigenen sich sowohl qualitative Methoden, für den seminaristischen Unterricht, als auch quantitative für größerer Lehrveranstaltungen.
Nach dem BayHSchG ist es die Aufgabe des Studiendekans die Evaluation für seinen Fachbereich durchzuführen. Da dies aber zu zeitaufwendig ist bietet es sich an, dass die jeweiligen DozentInnen unter Einbeziehung der Studierenden ihre Fächer evaluieren und die Daten auswerten. An den Studiendekan gehen dann anschließend alle Erhebungsdaten, die Ergebnisse und die Zusammenfassung des Rückmeldegesprächs.
Nach Art. 39a Abs. 2 Satz 4 BayHSchG i.V. mit Abs. 3 Satz BayHSchG sollte jedes Fach nicht öfter als einmal innerhalb von zwei Studienjahren evaluiert werden. Auf diesem Weg soll eine Evaluationsmüdigkeit verhindert werden. Als geeigneter Zeitpunkt für die Befragung der StudentInnen wird die Semestermitte empfohlen. So können bis zum Ende des Semesters noch Veränderungen vorgenommen werden und auf ihre Effektivität hin überprüft werden.
Die Auswertung der Daten hängt von der vorher angewandten Erhebungsmethode ab. Im allgemeinen gilt, dass die Elemente der offenen, also qualitativen Fragen am Besten in Strichlisten übertragen, nach Sinnzusammenhängen gruppiert und anschließend nach Häufigkeiten ausgewertet werden.

2. Fragestellung der vorliegenden Untersuchung

Der geschilderte Problemhintergrund und die Einführung der Evaluation der Lehre an bayerischen Hochschulen veranlassten uns, Daten zu den folgenden Themenkreisen zu erheben:

- Generelle Resonanz auf die Evaluation der Lehre bei ProfessorInnen und Studierenden
- Zeitpunkt / Häufigkeit der Lehrevaluationen
- Unterschiede in der Evaluationspraxis
- "Veröffentlichung" und Konsequenzen der Ergebnisse
- DiZ-Empfehlungen und Evaluationspraxis
- Unterschiedliche Perspektiven von Studierenden und Lehrenden
- Anregungen für zukünftige Evaluationen

3. Durchführung der Untersuchung

3.1 Untersuchungsmethode

Auf der Basis der DiZ-Empfehlungen zur Evaluation (Wellhöfer & Rothgang, 1999) wurde ein Fragebogen entwickelt, der in einem Pretest an 20 Lehrenden der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule in Nürnberg auf seine Anwendbarkeit hin überprüft wurde. Die Erfahrungen aus diesem Pretest führten zur endgültigen Fassung, bei der sich offene und strukturierte Fragen abwechseln. Dieser Fragebogen ist weitgehend identisch mit der Erhebungsmethode, die bei der Untersuchung der studentischen Resonanz auf die Lehrevaluation an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule im gleichen Zeitraum durchgeführt wurde (siehe Anhang 7.2. ff).

3.2 Ablauf der Untersuchung

Das Didaktikzentrum übernahm zu Beginn des Wintersemesters 2000/2001 den Versand des Fragebogens an alle ProfessorInnen der bayerischen Fachhochschulen. Sie wurden gebeten den ausgefüllten Fragebogen bis zum 15.11.2000 an die Autoren zu senden.

Bis Ende des WS 2000/01 kamen 366 Fragebögen ausgefüllt zurück. Die Rücklaufquote betrug etwa 20 Prozent. Leider standen bei der Untersuchung keine finanziellen Mittel zu Verfügung, um durch ein weiteres Nachfassen den Rücklauf zu verbessern. Unter diesen Umständen bewegt sich die Rücklaufquote im "normalen" Bereich.

Parallel zu der "Hauptuntersuchung" wurde eine repräsentative StudentInnenstichprobe (n=279) im Rahmen der Lehrveranstaltung "Sozialwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen" an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg befragt.

3.3 Auswertung der Untersuchung

Die Daten zu den offenen Fragen wurden qualitativ ausgewertet und zu Kategorien zusammengefaßt; diese Kategorien bildeten zusammen mit den Daten der strukturierten Fragen die Datenmatrix für das statistische Auswertungsprogramm SPSS 9.0 (Bühl & Zöfel 1999).

Die beobachteten Gruppenunterschiede wurden mit einschlägigen Signifikanztests für das jeweilige Skalenniveau überprüft (Chiquadrat-Test, Wilcoxon-White-Test). Dabei wurde die Nullhypothese (der Zufall ist allein für die beobachteten Gruppenunterschiede verantwortlich) erst dann abgelehnt, wenn sie mit 95-prozentiger Sicherheit ausgeschlossen werden konnte (Signifikanzniveau $\alpha = 5\%$).

4. Darstellung der Ergebnisse

Im folgenden werden die wesentlichen Untersuchungsergebnisse dargestellt. Eine detaillierte Wiedergabe aller berechneten Teilergebnisse hätte eine verständliche und übersichtliche Beschreibung erschwert bzw. unmöglich gemacht. Auf signifikante Gruppenunterschiede zwischen den Ausbildungsrichtungen wird jeweils verwiesen.

Soweit es möglich ist, werden die Ergebnisse mit denen der **Befragung der Studierenden** an der G-S-O-FH Nürnberg, verglichen. Natürlich muss betont werden, dass diese Stichprobe nur für die Nürnberger Fachhochschule repräsentativ ist und nicht auf die Studierenden aller bayerischen Fachhochschulen übertragen werden kann, da z.B. bei unserer Ausbildungsrichtung Wirtschaft der Studiendekan die Evaluation zentral am Semesterende durchführte und extern (FH Heilbronn) auswerteten ließ. Dennoch ergeben sich beim Vergleich interessante unterschiedliche Perspektiven und Hypothesen.

4.1 Beschreibung der Untersuchungsstichprobe

Die Beschreibung der Untersuchungsstichprobe soll an den Anfang gestellt werden, um entscheiden zu können, ob die Ergebnisse - trotz relativ geringer Rücklaufquote - als einigermaßen repräsentativ für die bayerischen ProfessorInnen angesehen werden kann.

Hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Zusammensetzung und auch bei den Ausbildungsrichtungen bestehen nur geringe Unterschiede zwischen Untersuchungs- und Gesamtstichprobe, so dass unsere Befragung in dieser Hinsicht als repräsentativ betrachtet werden kann (Quotenstichprobe). Die Altersgruppe 40 bis 50 Jahre ist in der Untersuchungsstichprobe allerdings stärker vertreten

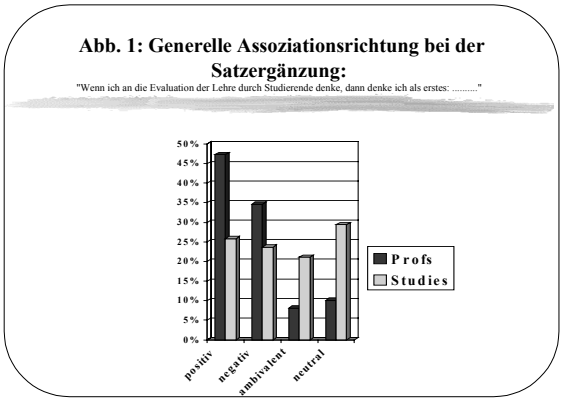
4.2 Spontane Assoziationen zur Evaluation der Lehre

Zu Beginn der Untersuchung wurden die Befragten gebeten, den Satz *„Wenn ich an die Evaluation der Lehre durch Studierende denke, dann denke ich als erstes* ....“ zu ergänzen. Mit dieser Satzergänzung sollten die eher emotionale Dimensionen der Auseinandersetzung mit der Evaluation erfaßt werden. Das Ergebnis der generellen Assoziationsrichtung wird in Abbildung 1 dargestellt.

Fast 50% der Professoren äußern sich spontan positiv zur Evaluation und etwa ein Drittel ist eher negativ eingestellt. Ambivalente und neutrale Einstellungen finden sich nur bei etwa jeweils 10%. Das Bild bei den Professoren wird also durch zwei große Gruppen geprägt. Gruppenspezifische Unterschiede (Ausbildungsrichtung / Alter / Bekanntheitsgrad der DiZ-Empfehlungen) sind nicht beobachtbar.

Bei den Studierenden haben wir dagegen vier nahezu gleich starke Gruppen. Neben positiven und negativen Einstellungen sind auch ambivalent-unsichere und neutrale Einstellungen stark vertreten. Der Anteil der Studierenden der sich positiv zur Evaluation äußert ist deutlich geringer als bei den Professoren. Gleiches gilt für negative Äußerungen. Interessant sind auch die Unterschiede nach Ausbildungsrichtungen: Positive Assoziationen finden sich bei Technik-Studenten deutlich weniger (18%) als bei Betriebswirtschaft (33%) und Sozialwesen-Studenten (37%). Dafür sind bei den Technik-Studenten neutrale Äußerungen und fehlende Äußerungen deutlich stärker vertreten (39%) als bei

BW-Studenten (24%) und Sozialwesen-Studenten (12%).



Interpretation:

Bei den Professoren haben sich, vermutlich durch die Notwendigkeit die Evaluation durchführen zu müssen, eher klare Positionen – pro oder contra Evaluation – herausgebildet, während bei den Studierenden eine endgültige Meinungsbildung noch nicht abgeschlossen ist. Auf Seiten der Studenten weiß man teilweise noch nicht so recht, was man von der Evaluation halten soll. Darauf deuten die ambivalent-unsicheren Assoziationen hin. Möglicherweise sind aber auch die Informationen über Sinn und Zweck der Evaluation noch zu gering, so daß man sich noch gar keine eigene Meinung bilden kann. Hier dürfte es insbesondere Defizite im Bereich der Technik geben.
Bei den Lehrenden dominieren die spontanen Assoziationen in positiver Richtung: die Lehrevaluation wird als sinnvolle, hilfreiche Möglichkeit zur Verbesserung der Lehre angesehen. Die positiven Assoziationen werden allerdings auch deutlich von Zweifeln an der Objektivität der Ergebnisse und den Klagen über die damit verbundene Mehrarbeit und Bürokratie relativiert. Dabei betonen die befragten ProfessorInnen aus dem Bereich Sozialwesen signifikant häufiger die Mehrarbeit, während den "Technikern" die Bürokratie mißfällt.

Ergebnis der Studentenbefragung

Die inhaltlichen Assoziationen der **Studierenden** im positiven Bereich entsprechen weitgehend den Assoziationen der Professoren. Sie betonen dabei allerdings viel stärker die "Verbesserungsmöglichkeiten der Lehre durch Mitwirkung der Studierenden".

Wenn sich Studierende negativ zur Evaluation äußern, so wird diese Einstellung primär (67%) durch die Erwartung der Wirkungslosigkeit der Evaluation geprägt. Einschlägige Äußerungen sind: „Es ändert sich doch nichts“; „hat bisher nichts gebracht“; „soviel Aufwand für nichts“ usw. Daneben speist sich die negative Einstellung zur Evaluation auch aus der Überlegung, daß nicht die didaktische Kompetenz des Professors sondern seine sympathische Ausstrahlung gemessen wird. Die Eintönigkeit des Evaluationsverfahrens („immer der gleiche Fragebogen“) spielt nur eine untergeordnete Rolle ebenso wie die Angst vor den Konsequenzen einer ungünstigen Evaluation und dem Beleidigtsein des Lehrenden.

Die Frage der Konsequenzen, die aus den Evaluationsergebnissen abgeleitet werden, bestimmt auch die ambivalent unsicheren Assoziationen der Studierenden. Da ist einmal eine erhebliche Skepsis zu spüren wegen der insgesamt unsichereren Erfolgsaussichten der Evaluation oder wegen der Erfahrung, daß Erfolgsaussichten abhängig sind von den beteiligten Lehrenden (Bsp. „die Evaluation würde für manche Professoren nützliche Hinweise geben, wenn sie die Ergebnisse nutzen würden“; „Evaluieren lassen sich ohnehin nur die Professoren, deren Vorlesungen ohnehin gut sind“)

In der Kategorie „neutral“ wurden neben den überhaupt fehlenden Assoziationen all jene Assoziationen zusammengefaßt, die zeigen, daß der Befragte die Evaluation neutral distanziert betrachtet und sich weder eine positive noch eine negative Einstellung gebildet hat. Wie bereits erwähnt ist dieser Anteil bei den Technik-Studenten deutlich größer als bei den Studierenden anderer Ausbildungsrichtungen.

Interpretation:

Wenn Studierende der Evaluation in erheblichem Umfang skeptisch oder gar ablehnend gegenüberstehen, so wird diese Einstellung wesentlich bestimmt durch die Erfahrung oder auch Erwartung und Befürchtung, daß die Evaluation letztlich doch ohne Konsequenzen bleibt und mithin für die Studierenden auch nichts bringt. Wenn man darüber nachdenkt, wie es zu dieser studentischen Sichtweise kommt, ist neben der Möglichkeit, daß aus der Evaluation tatsächlich keine Konsequenzen abgeleitet werden, auch daran zu denken, daß Lehrende aus Evaluationsergebnissen sehr wohl Konsequenzen ziehen, diese aber für die befragten Studierenden nicht mehr sichtbar werden, da sie erst mit zeitlicher Verzögerung, z.B. im Semester nach der Evaluation greifen. Die Wahrscheinlichkeit

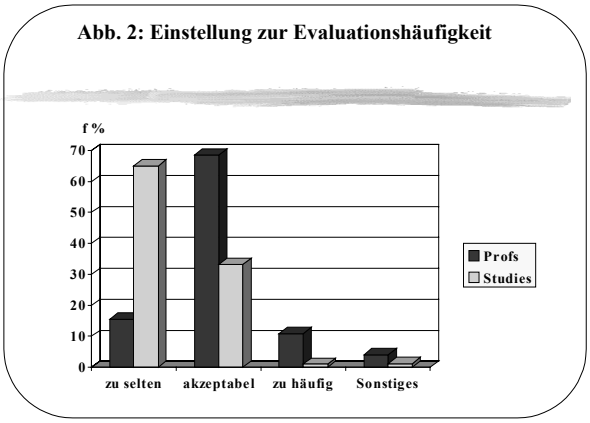
hierfür ist dann besonders groß, wenn die Evaluation erst zum Semesterende erfolgt.

Wenn sich bei Studierenden der Eindruck verfestigen sollte, daß die Evaluation letztlich nur ein formaler Akt ist, der vollzogen wird, ohne Auswirkungen zu haben, wird man mit zunehmender Evaluationsmüdigkeit zu rech-nen haben und die Evaluation als Instrument der Qualitätsentwicklung vergessen können.

4.3 Anteil der evaluierten Lehrveranstaltungen im letzten Semester

Die Angaben der Befragten zur Anzahl der durchgeführten Lehrveranstaltungen im Semester variieren relativ stark. Die Mehrzahl nennt drei bis sechs Lehrangebote (Md=4,5; mQ=1,4). Etwa die Hälfe dieser Lehrveranstaltungen wurde evaluiert (Md =2,7; mQ=1,1).
Nach diesen Ergebnissen wird die ministerielle Empfehlung - jede Lehrveranstaltung mindestens einmal innerhalb von vier Semestern zu evaluieren - voll erfüllt, d.h. sogar übertroffen; wenn wir davon ausgehen, daß die Befragten die Evaluationen über die angebotenen Lehrveranstaltungen verteilen.
Diese Einstellung der Befragten zur empfohlenen Evaluationshäufigkeit zeigt Abbildung 2:
Die überwiegende Mehrheit der befragten ProfessorInnen findet, dass die empfohlene Evaluationshäufigkeit akzeptabel sei und überschreitet in der Praxis sogar diese Empfehlung.

Abb. 2: Einstellung zur Evaluationshäufigkeit



Die befragten **Studierenden** sehen dies (signifikant) anders: 65 % finden, dass zu selten evaluiert werde und lediglich 33 Prozent bezeichnen die erlebte Häufigkeit als akzeptabel.

Dies ist aus studentischer Perspektive auch nachvollziehbar, da die vorgegebene Evaluationshäufigkeit dazu führt, dass sie nur jede vierte besuchte Lehrveranstaltung (es sei denn sie besuchen eine Lehrveranstaltung mehrmals) evaluieren können.

4.4 Zeitpunkt der LV-Evaluation

Im Hinblick auf den Evaluationszeitpunkt innerhalb des Semesters wurde sowohl nach realen als auch dem als ideal angesehenen Zeitpunkt gefragt. In Tabelle 3 wird deutlich, dass in der Praxis zu unterschiedlichen Zeitpunkten evaluiert wird und dass die Praxis nicht identisch ist mit dem idealen Zeitpunkt.

Die Evaluation zum Semesterende wird dabei vorwiegend im Ausbildungsbereich Technik (61,4 %) praktiziert, während die Lehrenden im Ausbildungsbereich Sozialwesen stärker zu einem flexibleren Vorgehen (Mitte bzw. unterschiedliche Zeitpunkte) neigen (p< 1%).

Für jeden der genannten Zeitpunkte wurden von den Befragten gut nachvollziehbare Argumente angeführt, die hier allerdings nicht referiert werden sollen. Unbestreitbar dürfte allerdings sein, daß eine Evaluation, die Grundlage für einen Diskurs mit den Studierenden zur Verbesserung der Lehre sein soll, eher in der Mitte des Semesters platziert werden sollte.
Der praktizierte Zeitpunkt wird von den meisten Befragten auch als der ideale betrachtet. Bei dieser Frage zeigt sich, dass von den Lehrenden im Ausbildungsbereich Technik die Möglichkeit der Gesamtbewertung der Lehrveranstaltung hervorgeho-

Tabelle 3: Realer und idealer Zeitpunkt der Evaluation	**Realer Zeitpunkt: Gesamt n= 366 f%**	**Idealer Zeitpunkt: Gesamt n=366 f%**
Mitte des Semesters	**29,9**	**36,7**
Ende des Semesters	**52,3**	**47,6**
Unterschiedliche Zeitpunkte, Sonstiges	**20,8**	**15,5**

ben wird, während in den Bereichen Sozialwesen und Betriebswirtschaft die Möglichkeit einer Veränderung im laufenden Vorlesungsprozeß durchzuführen, positiv betrachtet wird ($p < 1\%$).
Daneben ergibt sich ein weiterer signifikanter Gruppenunterschied: Befragte, welche angeben, die DiZ-Empfehlungen (Wellhöfer & Rothgang, 1999) gelesen zu haben, evaluieren häufiger zur Semestermitte und finden diesen Zeitpunkt auch am geeignetsten..

Bei den **Studierenden** der Ausbildungsrichtung Sozialwesen wird überwiegend (68 %) die Semestermitte, bei denen aus Wirtschaft (73,5 %) und Technik (54,4 %) das Semesterende als bester Zeitpunkt genannt.

Nach Auskunft der Studierenden wird die Evaluation am häufigsten am Ende des Semesters oder in der Mitte des Semesters aber auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt. Die Unterscheide sind dabei aber nicht besonders groß. Allerdings ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Ausbildungsrichtungen. Während im Fachbereich BW nur 9% der Evaluationen in der Mitte des Semesters durchgeführt werden, sind es in der Technik 33% und im Sozialwesen 54%. Gegen Ende des Semesters wird im Sozialwesen kaum evaluiert (4%), in der Technik hingegen mit 40% und in BW mit 66%. Dieser fachbereichsspezfische Trend verstärkt sich noch wenn man nach dem idealen Zeitpunkt für die Evaluation fragt. Evaluationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten werden von den Studierenden der unterschiedlichen Ausbildungsrichtungen nicht als ideal angesehen. Hier liegen die Nennungen lediglich bei vier bis sechs Prozent.

Interpretation:

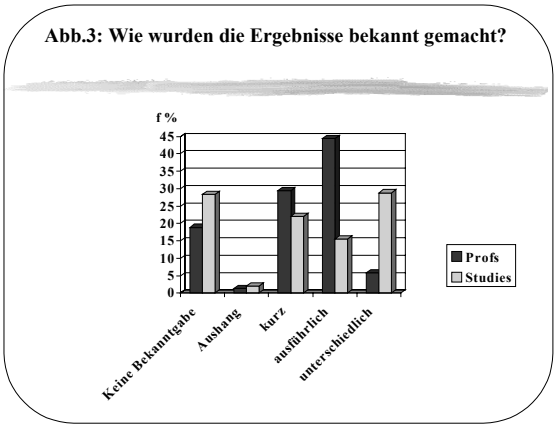
Die Daten zeigen auf, daß die Studierenden den Zeitpunkt für die Evaluation bevorzugen, den sie auch tatsächlich als Evaluationszeitpunkt kennengelernt haben. Eine flexible Handhabung des Evaluationszeitpunkts wird ganz offensichtlich nicht gewünscht. Es könnte sein – allerdings wurden dazu keine Daten erhoben - , daß die Studierenden eine gewisse Sicherheit suchen, daß die Evaluation auch tatsächlich durchgeführt wird. Die ansonsten enge Übereinstimmung zwischen realem und idealem Evaluationszeitpunkt könnte darauf hindeuten, daß die Studierenden die möglichen Alternativen nicht reflektiert haben oder aber keine Möglichkeiten sehen, auf den Evaluationszeitpunkt einzuwirken und daher die gegebenen Bedingungen akzeptieren nach dem Motto „Hauptsache die Evaluation findet überhaupt statt“

4.5 Veröffentlichung der Ergebnisse

Bei der Frage, ob und wie die Lehrenden ihre Ergebnissen bekannt gemacht haben, kreuzten die Befragten folgende Antwortmöglichkeiten an (siehe Abbildung 3):

Die deutliche Mehrheit der Evaluationsergebnisse wurde demnach bekannt gemacht; allerdings geben auch fast 19 Prozent der Befragten an, sie nicht bekannt gemacht zu haben (vorwiegend Wirtschaft und Technik). Unter dieser Gruppe befinden sich auch signifikant häufiger Personen, die angeben, die DiZ-Empfehlungen zur Evaluation **nicht** zu kennen.

Von einer namentlichen Veröffentlichung durch Aushang wird extrem selten (0,3 %) berichtet. Von einer "Prangerevaluation" , die häufig im Zusammenhang mit der Einführung der Evaluation befürchtet wurde, kann demnach nicht die Rede sein- Meist entweder nur kurz (22,1 %) oder
- gar nicht (28,3%).
Die Ergebnisse sollten aber nach Meinung der Studierenden in den Lehrveranstaltungen ausführlich dargestellt und diskutiert werden (62,7 %).



Auffallend und sicher spezifisch für Nürnberg ist: Im Ausbildungsbereich Wirtschaft geben 72,9 Prozent der Studierenden an, dass die Ergebnisse Ihnen nicht bekannt gemacht wurden (Technik: 15,6 %; SW: 0 %).

4.6 Konkrete Veränderungen auf Grund der Ergebnisse

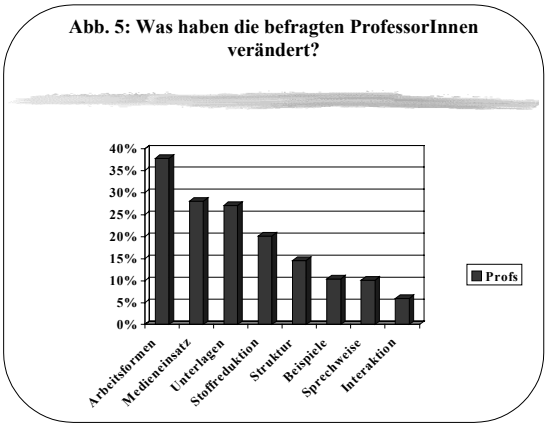
Aus den Antworten der ProfessorInnen auf die Frage, was sie konkret an ihren Lehrveranstaltungen verändert haben, wurden die folgenden Antwortkategorien gebildet (Abbildung 5).

Nur 21 Prozent der Befragten berichten über keine Veränderungen. Zu berücksichtigen ist dabei, dass hier auch jene Fälle mitgezählt sind, bei denen auf Grund der Evaluationsergebnisse ein Veränderungsbedarf nicht sichtbar wurde (16,2 %).

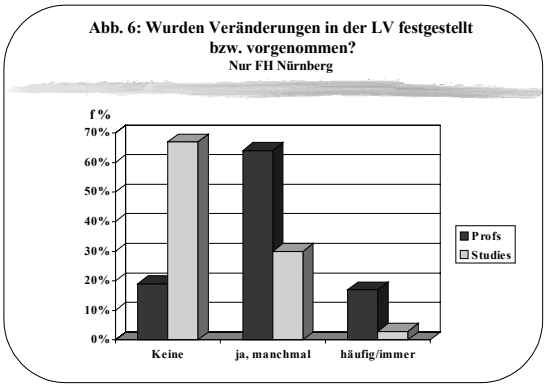
Interessant ist nun noch der Vergleich der durchgeführten Veränderungen aus der Sicht der Lehrenden und der Studierenden (Abbildung 6).
Während 19% der Professoren angeben keine Veränderungen vorgenommen zu haben, berichten 67% der Studierenden, daß sie keine Veränderungen festgestellt hätten. Oder umgekehrt: Während insgesamt 81% der Professoren Veränderungen manchmal, häufig oder immer vorgenommen haben, haben nur 33% der Studierenden eine Veränderung wahrgenommen.
Bei diesen Einschätzungen können hochsignifikante Unterschiede zwischen den Fachbereichen festgestellt werden. Während 78% der Sozialpädagogik-Studenten von Veränderungen berichten, liegt dieser Wert bei Technik-Studenten nur bei 28% und bei BW-Studenten gar nur bei 11 %.

Interpretation:

Zur Deutung dieser gravierenden Unterschiede zwischen der Wahrnehmung der Studierenden und der Sichtweise der Professoren sollen einige Hypothesen zur Diskussion gestellt werden.
Wenn 19% der Professoren keine Veränderungen vorgenommen haben, so bedeutet dies nicht zwin-



gend, daß die Evaluationsergebnisse mißachtet wurden. Es könnte ja sein, daß die Lehrveranstaltungen so gut von den Studierenden bewertet wurden, daß keine Veränderungen notwendig erschienen. Die Diskrepanz zu den 67% der Studierenden, die keine Veränderung festgestellt haben ist damit aber nicht ausreichend zu erklären.
81% der Professoren geben an, Veränderungen vorgenommen zu haben, die aber offensichtlich nur



von 33% der Studierenden wahrgenommen werden. Dies mag verschiedene Grüne haben:
Die Veränderungen sind so gering, daß sie kaum wahrzunehmen sind.
Die Veränderungen erfolgen mit einer zeitlichen Verzögerung, so daß die evaluierenden Studenten diese Veränderungen nicht mehr mitbekommen, weil sie die entsprechende Lehrveranstaltung bereits absolviert haben, wenn der Professor seine Änderungen vornimmt. Dies dürfte besonders dann zu erwarten sein, wenn die Evaluation am Ende des Semesters vorgenommen wird.
Wenn Evaluationsergebnisse nicht bekannt gegeben werden oder besprochen werden, könnte bei den Studierenden der Eindruck entstehen, daß die Evaluation ein formaler Akt ohne Konsequenzen ist. Man erwartet keine Veränderungen und nimmt auch keine mehr wahr, selbst wenn sie eintreten sollten.
Auch wenn man die Diskrepanzen zwischen studentischer Sichtweise und der Sichtweise der Professoren sehr vorsichtig interpretiert, so wie dies eben geschehen ist, wird man nicht übersehen können, daß die Evaluation doch mitunter auch folgenlos bleibt und lediglich durchgeführt wird, weil sie gesetzlich gefordert ist.

4.7 Generelle Erfahrungen mit den bisherigen Lehrevaluationen

Bei den offenen Frage nach positiven und negativen Erfahrungen mit der Lehrevaluation äußerten sich 83,4 Prozent der befragten ProfessorInnen in positiver und 68,5 Prozent in negativer Hinsicht, wobei Mehrfachnennungen / Überschneidungen möglich waren. Tabelle 4 listet die Schwerpunkte der Äußerungen im positiven Erfahrungsbereich auf:

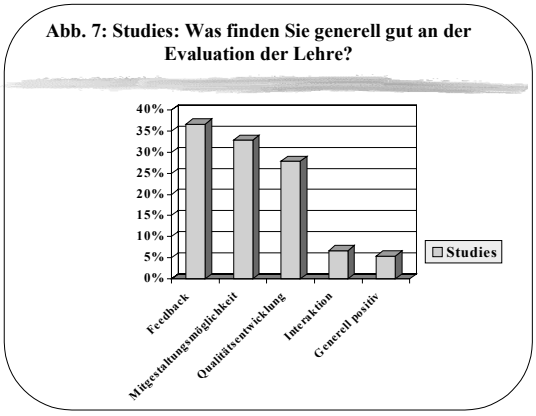
Die entstandene Kommunikation mit den Studierenden über die Lehre, die konstruktive Kritik, das verbesserte Klima, das erlebte positive Feedback und die motivierende Wirkung werden als zentrale

positive Erfahrungen berichtet. Diese Aspekte entsprechen weitgehend den Zielen der DiZ-Empfehlungen.

Positive Erfahrungen:	**Gesamt n = 302 f%**
Feedback ist hilfreich zur eigenen Einschätzung; Gespräch über die Lehre mit den Studenten hilft Selbst- und Fremdbild anzugleichen;	46,4
Gute Vorschläge von studentischer Seite; oft sehr brauchbare Vorschläge; überraschend produktive Vorschläge; habe gute Anregungen bekommen; hilfreiche Vorschläge;	28,1
Positives Feedback tut sehr gut; Rückmeldungen sind meist positiv; endlich mal ein Schulterklopfen, das man sonst von Kollegen nicht bekommt;	11,9
Motivationsschub durch Beteiligung der Studierenden; Studenten sind besser motiviert; die Motivation der Studenten hat nach der Besprechung deutlich zugenommen;	10,3
Klima ist deutlich besser geworden; ist vertrauensbildene Massnahme; offene Diskussion hat Atmosphäre deutlich verbessert;	7,3
Zwingt zur Reflexion was "ankommt"; mehr Reflexion über das, was man tut; man denkt über Altgewohntes nach und hebt seine Betriebsblindheit auf	5,3
Seltene Nennungen: Frustrierte Studenten können sich den Frust von der Seele schreiben; wurde von vielen Kollegen auch durch eigenen Antrieb vorher gemacht; unterschiedliche Bewertung von den Studenten der gleichen LV; wichtiges Instrument;	14,3

Tab. 4: Positive Erfahrungen der ProfessorInnen mit der Lehrevaluation insgesamt

Meinung der Studierenden:

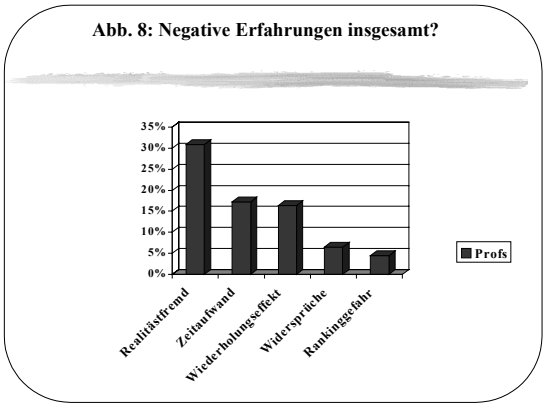


In der Abbildung 7 sind die Antworten auf die Frage „Was finden sie generell an der Evaluation der Lehre gut?“ zusammengestellt. Damit sollte nochmals eine globale Bewertung der Evaluation durch die Studierenden erfolgen. Ehe auf einzelne Antwortkategorien eingegangen wird, ist festzuhalten, daß nur 86% der Befragten hier Angaben machten. Dabei zeigten sich hochsignifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Ausbildungsrichtung. Während nur zwei Prozent der Sozialwesen-Studenten hier keine Angaben machten, liegt dieser Wert bei Technik-Studenten bei 12 % und bei Wirtschafts-Studenten bei 26%.

Sofern Studierende sich positiv über die Evaluation geäußert hatten, finden sie an der Evaluation positiv, daß die Dozenten ein Feedback erhalten (Typische Nennungen: „Dozenten erfahren Kritik und Rückmeldung“; Denkanstöße für Dozenten“: „Dozenten erfahren ihre Schwächen“). Nahezu gleiches Gewicht kommt nach Meinung der Studenten auch der Mitsprachemöglichkeit für Studierende zu. (Typische Äußerungen: „Studenten können ihre Meinung äußern“; „Studenten können Lob und Kritik äußern“) Der dritte Aspekt der bei der globalen Bewertung der Evaluation als positiv wahrgenommen wird, ist die Qualitätsentwicklung und –sicherung, die durch die Evaluation vorangebracht wird. („Unterricht wird immer wieder überholt“; „ Qualitätsverbesserung wird erreicht, bzw. erzwungen“)

Interpretation:

Die Evaluation wird von der überwiegenden Zahl der Studierenden positiv erlebt. Die geringeren Werte bei den Technik und BW-Studenten wohl durch die Art des praktizierten Evaluationsverfahrens zustande kommen. Wenn Ergebnisse nicht bekannt gemacht oder allenfalls durch Aushang zur Kenntnis gebracht und nicht mit den Studierenden besprochen werden, verliert die Evaluation für die Studierenden deutlich an Wert. In den DiZ-Empfehlungen wurde die Evaluation ja gerade als Mittel für eine verbesserte Kommunikation zwischen Lehrenden und Studierenden verstanden, die dann zu einer Qualitätsentwicklung führen kann. Die bloße Durchführung der Evaluation ohne weitere Kommunikation mit den Studierenden mindert offensichtlich den positiven Wert der Evaluation. Wenn man nicht weiß, ob eine Nachricht angekommen ist und von den Lehrenden zur Kenntnis genommen wurde, werden wohl Zweifel entstehen ob man den Dozenten wirklich Feedback geben konnte, ob man selbst die Möglichkeit zur Mitsprache erlebt und ob man einen Beitrag zur Qualitätsentwicklung leisten kann. Was Studierende an der Evaluation positiv erleben, liegt auch im Interesse der Dozenten, so daß sie die Rückmeldungen der Studierenden im Rahmen der Evaluation als außerordentlich wichtig und unverzichtbar einschätzen müßten. Evaluation müßte also in den Fachbereichen so konzipiert und durchgeführt werden, daß den Studierenden deutlich wird, daß ihre Meinung auch wirklich erwünscht ist und ernstgenommen wird.

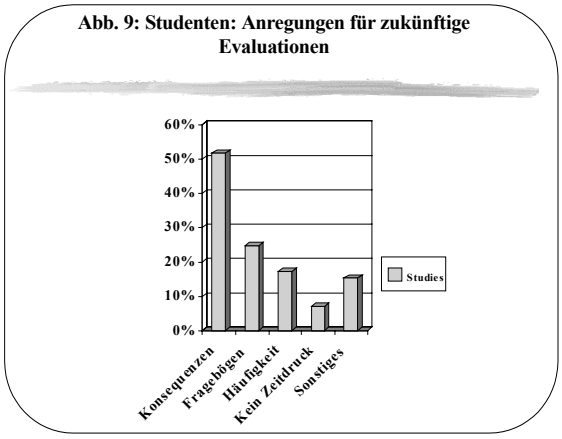


Negative Erfahrungen im Zusammenhang mit der Lehrevaluation - siehe Abbildung 8 - werden natürlich ebenfalls geäußert. Gut zwei Drittel der befragten ProfessorInnen (67,8 %) äußern sich in dieser Richtung. Wie sich die negativen Erfahrungen verteilen ist in Abb. 8 dargestellt.

Ambivalente Bewertungen waren relativ selten (6,4 %) und verteilten sich gleichmäßig auf die Ausbildungsrichtungen.

Studentische Anregungen an zukünftige Evaluationen:

Die Studierenden wurden auch nach ihren Anregungen für künftige Evaluationen gefragt: 44,4 Prozent der befragten Studierenden scheinen mit der erlebten Praxis zufrieden zu sein und nennen keine Anregungen. Die "anregenden" Studierenden nennen folgende Aspekte:
Diskussion der Ergebnisse und Konsequenzen daraus ziehen (52,3 %),
Qualität der Fragebögen verbessern (25,2),
häufiger evaluieren (17,4 %).



Bei der Bewertung der in Abbildung 9 vorgestellten Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß knapp 45% der Befragten hier keine Anregungen geben. Sofern hier Antworten gegeben wurden, dominiert bei den Anregungen und Verbesserungsvorschlägen für die Evaluation die Forderung, daß die Evaluation Konsequenzen haben muß (52,3 %), wobei dies signifíkant häufiger von Wirtschaft- (65,9%) und Technik-Studenten (52,4%) als von Sozialwesen-Studenten (28,9%) gefordert wird. Dafür regen die SW-Studenten signifikant häufiger eine Verbesserung der Qualität der Fragebögen an. Außerdem wird auch angeregt die Häufigkeit der Evaluationen zu erhöhen (17,4 %). Auf den Wunsch der Studierenden, daß häufiger evaluiert werden solle, wurde ja bereits früher einmal hingewiesen.

Interpretation:

Wenn 45% der Befragten keine Verbesserungsvorschläge machen, könnte dies bedeuten, daß eine hohe Zufriedenheit mit den durchgeführten Evaluationen besteht. Denkbar wäre aber auch, daß sich die Studierenden zu wenig mit dem Thema „Evaluation“ beschäftigt haben, das Evaluationsprocedere einfach so hinnehmen und deshalb keine Verbesserungsvorschläge entwickeln können.

Die große Bedeutung der Forderung nach Konsequenzen, die aus der Evaluation folgen müssten, überrascht angesichts der bisher referierten Ergebnisse keineswegs. Sicherlich könnten die Methoden der Evaluierung noch verbessert werden. Die in den DiZ-Empfehlungen wiedergegebenen Fragebögen sind auch nur als Anregung zu verstehen. Interessant ist auch die Forderung nach häufigerer Evaluation. Von einer Evaluationsmüdigkeit bei den Studenten kann also derzeit nicht die Rede sein.

4.8 Einstellung zu den DiZ-Empfehlungen

4.8.1 Bekanntheitsgrad der DiZ-Empfehlungen

Bei der Frage, ob die Empfehlungen des Didaktikzentrums ("DiZ-Broschüre") gelesen wurde, ergaben sich die folgenden Antworten (Tabelle 5)

DiZ-Broschüre gelesen? KA=7	Gesamt n= 366 f%
Nein, kenne sie nicht	**27,0**
Nein, bekannt, aber interessiert mich nicht	**15,6**
Ja, habe sie gelesen	**55,7**
Sonstiges	**1,7**

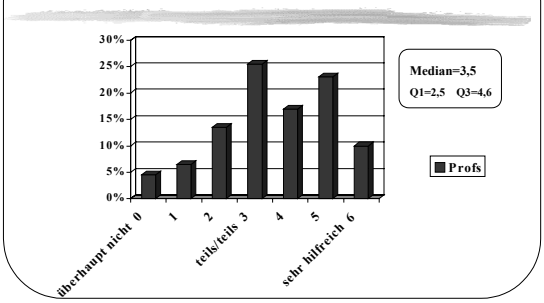
Tab. 5: Bekanntheitsgrad der DiZ-Empfehlungen

Über die Hälfte der Befragten haben die DiZ-Broschüre gelesen, wobei die befragten ProfessorInnen der Ausbildungsrichtung SW deutlich dominieren (73,4 %), während ein beachtlicher Anteil der Befragten aus den Bereichen Wirtschaft (48,7 %) und Technik (43,3 %) angeben sie nicht zu kennen, bzw. sich nicht dafür zu interessieren.

4.8.2 Nutzen der DiZ-Empfehlungen

Als Verfasser der Diz-Empfehlungen waren wir auch daran interessiert zu erfahren, ob diese Empfehlungen als hilfreich erlebt wurden. Abbildung 10 zeigt das Ergebnis der Einstufung (Skalenpole 0: überhaupt nicht hilfreich / 6: sehr hilfreich) durch die Personen, welche die DiZ-Broschüre gelesen haben.

Abb. 10: Wie hilfreich finden Sie die DiZ-Empfehlungen?



Der Mittelwert (Median) liegt bei 3,5; die überwiegende Mehrheit (75,5 %) beurteilt die DiZ-Broschüre (zumindest teilweise) als hilfreich.

Die Befragten der Ausbildungsrichtung Sozialwesen (Md=4,6) bewerten dabei die DiZ-Broschüre signifikant besser, als die aus technischen (Md=3,4 / p< 1%) und wirtschaftlichen Bereichen (Md= 3,5 / p< 5%).

Die Ergebnisse sind so, daß man mit der Resonanz auf die erste Auflage dieser Empfehlungen durchaus zufrieden sein kann, wenn man bedenkt, daß Produkte von Kollegen nicht selten einer besonders kritischen Bewertung unterzogen werden. Es ist allerdings ohne Zögern einzuräumen, daß das Produkt „DiZ-Empfehlungen“ durchaus noch Verbesserungen erfahren kann.

5. Abschließende Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Die generelle Resonanz auf die Einführung der Lehrevaluation erscheint positiv: Sowohl die meisten spontanen Assoziationen als auch die beschriebenen Erfahrungen bewegen sich im positiven Bereich. Von den meisten Befragten wird die Evaluation als ein hilfreiches Instrument betrachtet, um eine Rückmeldung über die eigenen Stärken und Schwächen zu erhalten, die Kommunikation mit den Studierenden zu verbessern, die Studierenden zu motivieren, das eigene Lehrverhalten zu reflektieren und mögliche Schwächen zu beseitigen. Die meisten der befragten ProfessorInnen geben auch an, von den Ergebnissen profitiert zu haben: Der Vorteil liegt einerseits in der Bestätigung ihres Vorgehens in der Lehrveranstaltung, andererseits auch bei den teilweise wertvollen, realisierbaren Hinweisen zu Verbesserungen des Lehrverhaltens.

Problematisch erscheint die mit der Evaluation verbundene Bürokratie, die manchmal realitätsfernen Forderungen der Studierenden, der zusätzliche Zeitaufwand, die geringe methodische Exaktheit/Validität und die Befürchtung, dass die Ergebnisse zur Leistungsbewertung herangezogen werden könnten.

Die Frage wann evaluiert werden sollte, wird sehr unterschiedlich beantwortet: Einerseits wird es als sinnvoll erachtet am Semesterende zu evaluieren, weil hier die gesamte Lehrveranstaltung bewertet werden kann, anderseits wird ein flexibles Evaluieren zur Semestermitte befürwortet, weil dann in laufenden Prozeß eine Veränderung stattfinden könne und die Studierenden auch besser in die Verantwortung gezogen werden könnten.
Als zentral wurde dabei betont, dass die Ergebnisse veröffentlicht und mit den Studierenden diskutiert werden sollten. Nur so können die Bedenken auf Seiten der Lehrenden und der Studierenden beseitigt werden. Dieses Ergebnis entspricht auch der DiZ-Empfehlung die Evaluation im Diskurs mit den Studierenden durchzuführen.

Bei diesem Aspekt scheint die Durchführung der Evaluation noch nicht optimal zu laufen: Knapp 20 Prozent der befragten ProfessorInnen gibt an, die Ergebnisse nicht bekannt gemacht zu haben. Dies widerspricht eindeutig den Wunsch der Studierende, über die Ergebnisse informiert zu werden und sie mit den ProfessorInnen diskutieren zu können.

Ein weiterer Aspekt wird in der Praxis sehr unterschiedlich gehandhabt: Die Weitergabe der Evalua-

tionsunterlagen an den Studiendekan; nach den DiZ-Empfehlungen sollten die ausgewerteten Ergebnisse und/oder der qualitative Rückmeldebogen mit der Stellungnahme des Evaluierten an den Studiendekan weitergeleitet werden, der darüber im FBR oder im AK Evaluation berichtet. Diese Empfehlung hat sich anscheinend nicht durchgesetzt, sondern der Studiendekan erhält sehr unterschiedliche Evaluationsunterlagen.

Die Mehrzahl der Befragten wurde vom Studiendekan oder von Kollegen in die Durchführung der Evaluation eingewiesen. Die DiZ-Broschüre ist bei etwa 73 Prozent der Befragten bekannt, allerdings geben nur 55,7 Prozent an, sie gelesen zu haben. Die Bewertung der Broschüre bewegt sich dabei im positiven Bereich.

Die Erfahrungen der befragten Studentengruppe unterscheidet sich teilweise deutlich von derjenigen der ProfessorInnen: Sie bedauern, dass die Ergebnisse nur teilweise bekannt gemacht werden, dass sie zu selten diskutiert werden, dass zu wenige Konsequenzen beobachtbar sind und dass die Lehrveranstaltungen häufiger evaluiert werden sollten. Ihre Hoffnung besteht darin, die Qualität der Lehrveranstaltungen durch ihre Rückmeldung verbessern zu können; ihre Befürchtung darin, dass die Evaluation nichts bewirkt. Hier sollten die ProfessorInnen für mehr Transparenz sorgen und deutlich machen, dass die Ergebnisse der studentischen Befragungen auch berücksichtigt und umgesetzt werden. In diesem Zusammenhang können sie auch gut begründen, warum sie welche Anregungen nicht berücksichtigen können bzw. wollen.

Versucht man nach gut zwei Jahren der Evaluation an bayerischen Fachhochschulen auch auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchung ein Fazit zu ziehen, so kann man unserer Meinung nach festhalten: Auch bei vorsichtiger Interpretation der vorliegenden Daten erweist sich der „bayerische Weg einer Evaluation im Dialog mit den Studierenden“ als sinnvolle Strategie zur Qualitätsentwicklung und –sicherung der Lehre, die weiter ausgebaut und optimiert werden sollte. Ob dies allerdings noch möglich sein wird, wenn die Evaluation der Lehre die Funktion einer besoldungsrelevanten „Leistungsbeurteilung“ erhält, möchten wir – wie auch früher schon geschehen - stark bezweifeln.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht die Resonanz auf die Einführung der Evaluation der Lehre bei Lehrenden und Studierenden zu analysieren. Zu diesem Zweck wurden vom Didaktikzentrum (DiZ in Kempten) alle ProfessorInnen der bayerischen Fachhochschulen angeschrieben und gebeten einen entsprechenden Fragebogen zu beantworten. Parallel dazu wurde (nur) an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg eine repräsentative Stichprobe Studierender zu ihren Erfahrungen befragt.

Die generelle Resonanz auf die Einführung der Lehrevaluation ist bei Lehrenden und Studierenden überwiegend positiv. Von den meisten Befragten wird die Evaluation als hilfreiches Instrument bezeichnet, um Rückmeldung über Stärken und Schwächen der Lehre zu erhalten bzw. geben zu können, die Kommunikation zwischen Lehrenden und Studierenden zu verbessern und das eigene Lehr- als auch das Lernverhalten zu reflektieren.

Unterschiedliche Sichtweisen bestehen über die tatsächlich abgeleiteten Veränderungen und Konsequenzen, Evaluationshäufigkeit und -zeitpunkt, oder den richtigen Umgang mit den Ergebnissen. Hier sind in jedem Fall noch genügend Potenziale vorhanden, die ausgeschöpft werden können. Wichtig ist aber in jeder Hinsicht, dass die studentische Befragung, wie sie vom DiZ empfohlen wird, ein guter Weg zur Qualitätssicherung und –entwicklung der Lehre an Fachhochschulen ist.

7. Anhang

7.1 Literaturverzeichnis

Barz, A. (1998): Strategische Positionierung und Organisationsentwicklung: Projekte des CHE, In: HRK (6/1998), S.49-55.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (1996)(Hrsg.): *Lehrevaluation und studentische Veranstaltungskritik. Projekte, Instrumente und Grundlagen*, Bonn, bmb+f.

Busse, J. (2002): Qualitätsmanagement im Hochschulbereich. Ergebnisse und Erfahrungen mit der Evaluation aus Sicht der Studenten und Dozenten an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg. Nürnberg: Unveröffentlichte Diplomarbeit im Fachbereich Soziale Arbeit der G-S-O-FH Nürnberg.

Donabedian, A. (1982): Explorations in Quality - Assessment and Monitoring. Vol. II: The Criteria and Standards of Quality. Ann Harbor: Health Adm. Press.

Fischer- Bluhm, K. (1998): *Evaluation im Verbund Norddeutscher Universitäten*, In: HRK (6/1998), S.25-33.

Frank, C., Kägler, S., Meindel, U. & Wittmann, P. (2001): Evaluation der Evaluation - Resonanz der Studierenden der Georg- Simon- Ohm Fachhochschule Nürnberg auf die Evaluation der Lehrveranstaltung. Unveröffentlichte Studienarbeit im Fach „Sozialwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen“, G-S-O-FH Nürnberg, FB Soziale Arbeit.

Fuhr, Horst (1998): *Qualitätsmanagement im Bildungssektor*, In: HRK, 5, S.47-65.

Heiner, M. (1996)(Hrsg.): *Qualitätsentwicklung durch Evaluation*, Freiburg im Breisgau, Lambertus Verlag.

HIS/HRK (1998): „Evaluations- Netzwerk, Qualität an deutschen Hochschulen“
a)
http://evanet.his.de/evanet/knowhow/kh.grund/kh.evalarten.html
b)
http://evanet.his.de/evanet/knowhow/kh.grund/kh.faq.html

Hoffmann, K.-H. (1995): *Transparenz, Evaluation und Qualitätssicherung: Lehre auf dem Prüfstand*, In: Müller- Böling, D. (1995)(Hrsg.), S.137-147.

HRK (5/1998): Qualitätsmanagement in der Lehre TQL 98. Tagung des hessischen Arbeitskreises „Qualitätsmanagement in der Lehre“ und der Hochschulerektorenkonferenz, Wiesbaden, HRK.

HRK (6/1998): Evaluation und Qualitätssicherung an Hochschulen in Deutschland- Stand und Perspektiven. Nationales Expertenseminar der Hochschulrektorenkonferenz, Bonn, HRK.

Kamiske, G. F. & Brauer, J.-P. (1995): *Qualitätsmanagement von A-Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements*, 2. überarb. und erw. Aufl., München, Wien, Hanser Verlag.

Klockner, C. & Barz, A. (1995): *Qualitätssicherung in der Lehre- Versuch einer Systematisierung*, In: Müller-Böling, D. (1995)(Hrsg.), S.119-123.

Lüthje, J. (1995): *Evaluation im Verbund*, In: Müller-Böling, D.(1995)(Hrsg.), S.148-185.

Meier-Ziegler, R. (1993): *Lean Management und Lean Production.* In: Archiv für Wissenschaft und Praxis der Sozialen Arbeit, 24 (19), S. 48-63.

Meinhold, M. (1998): Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement in der Sozialen Arbeit: Einführung und Arbeitshilfen, 3., erg. Aufl., Freiburg im Breisgau, Lambertus Verlag.

Michl, W. (1995)(Hrsg.): Evaluation und Lehrbericht-Empfehlungen für Studiendekane, Augsburg, ZIEL.

Müller-Böling, D. (1995)(Hrsg.): Qualitätssicherung in Hochschulen: Forschung- Lehre- Management. Eröffnungsveranstaltung des CHE Centrum für Hochschulentwicklung, Gütersloh, Bertelsmann Stiftung.

Müller-Böling, D. (1995)(Hrsg.): *Tagungserkenntnisse und zukünftige Arbeit des CHE Centrum für Hochschulentwicklung*, In: Müller- Böling, D. (1995)(Hrsg.), S.357-370.

Paffenberger, H. (1997): *Evaluation*, In: Becker, R., Mulot, R. & Wolf, M.: Fachlexikon der Sozialen Arbeit, deutscher Verein für öffentliche und private Fürsorge, 4., vollst. überarb. Aufl., Stuttgart, Berlin, Köln, Kolhammer Verlag, S. 307.

Raes, K.-H. & Unkelbach, H. D. (1998): *Zu diesem Band*, In: HRK (5/1998), S.5/6.

Reinhart, G., Lindemann, U. & Heinzl, J. (1996): *Qualitätsmanagement: Ein Kurs für Studium und Praxis*, Berlin, Springer Verlag.

Reissert, R. & Carstensen, D. (1998): *Handbuch zur Evaluation*, In: HIS-Kurzinformation, Praxis der internen und externen Evaluation- Handbuch zum Verfahren.

Reuke, H. (1998): Evaluation von Lehre und Studium an niedersächsischen Hochschulen, In: HRK (6/1998), S.41-48.

Rothgang, G.-W. & Wellhöfer, P.R. (2002): Evaluation der Evaluation. Resonanzanalyse bei Lehrenden und Studierenden. DiNa, 2-10.

Rühl, W. (1998): ISO 9000- Erfahrungsbericht aus einem technischen Entwicklungszentrum, In: HRK (5/1998), S.21-46.

Stawicki, M. (1998): Qualitätsmanagement an Hochschulen- 9 Thesen samt Pro- und Epilog, In: HRK(6/1998), S.215-222.

Stawicki, M. (1998): Ansätze zu einem Qualitätsmanagement in der Lehre. Grundsätzliche Überlegungen zu Möglichkeiten, Nutzen und Problemen, In: HRK (5/1998), S.67-78.

Wellhöfer, P.R. & Rothgang, G.-W. (1999): Evaluation durch studentische Lehrveranstaltungskritik an Fachhochschulen in Bayern, In: Michl, W. (1999)(Hrsg.), S. 7-16.

Wellhöfer, P.R. (2001): Kurzbericht „Befragung der AbsolventInnen des Studiengangs Sozialwesen an der Georg-Simon-Ohm- Fachhochschule Nürnberg“ Studienjahre 1996/97 bis 1999/00. Unveröffentlichtes Untersuchungsmanuskript. G-S-O-FH Nürnberg, FB Soziale Arbeit.

Wottowa, H. & Thierau, Heike (1998): *Lehrbuch Evaluation.* 2. Auflg., Bern: Huber

7.2 Fragebogen der DozentInnenbefragung

Im BayHSchG wird die Evaluation der Lehre durch studentische Befragungen verbindlich vorgeschrieben. Mit der vorliegenden Untersuchung wollen wir die Resonanz auf die Einführung der Beurteilung der Lehre durch Studierende analysieren. Die Ergebnisse werden mit interessierten Studiendekanen im Didaktikzentrum der bayerischen Fachhochschulen besprochen und sollen zu einer weiteren Verbesserung des Verfahrens beitragen.
Wir versichern Ihnen, daß bei der Auswertung der Fragebögen und der Darstellung der Untersuchungsergebnisse keine Rückschlüsse auf einzelne Personen möglich sein werden und ihre Angaben streng vertraulich behandelt werden.
Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

G.W. Rothgang / P.R. Wellhöfer

1. Bitte ergänzen Sie spontan den folgenden Satz: Wenn ich an die Evaluation der Lehre durch Studierende denke, dann denke ich als erstes:
"_____
_____
_____"

2. Wie viele Lehrveranstaltungen haben Sie im vergangenem Semester gehalten?

_____Lehrveranstaltungen

3. Wie viele dieser Lehrveranstaltungen haben Sie durch studentische Befragungen evaluiert?

_____Lehrveranstaltungen

4. Wann haben Sie diese Befragungen durchgeführt? (Entsprechende Antwort bitte ankreuzen)

o Mitte des Semesters
o Ende des Semesters
o unterschiedliche Zeitpunkte
o Sonstiges:
_____

5. Welchen Zeitpunkt ist aus Ihrer Sicht am besten geeignet?

o Mitte des Semesters
o Ende des Semesters
o unterschiedliche Zeitpunkte

Bitte begründen Sie kurz Ihre Antwort:
_____
_____
_____
_____
_____

6. Haben Sie die Ergebnisse bekannt gemacht (Entsprechende Antworten bitte ankreuzen)

o Nein (gleich weiter zu Frage 8)
o Ja, wurden anonym/verschlüsselt ausgehängt (z.B. "schwarzes Brett")
o Ja, wurden namentlich ausgehängt
o Ja, ich habe sie in der Lehrveranstaltung kurz dargestellt
o Ja, ich habe sie in der Lehrveranstaltung ausführlich dargestellt
o Sonstiges:
_____

7. Haben Sie mit den beurteilenden Studierenden Konsequenzen diskutiert/abgeleitet?

o Nein
o Ja, diskutiert und (wenn möglich) Verbesserungsvorschläge abgeleitet
o Sonstiges:
_____
_____

8.Haben Sie nach den Befragungsergebnissen Ihre Lehrveranstaltungen verbessern können?

o Nein (gleich weiter zu Frage 10)
o Ja, manchmal
o Ja, häufig
o Ja, eigentlich immer

9. Was haben Sie verändert (bitte möglichst konkret beschreiben)?

_____
_____
_____
_____

10. Welche Erfahrungen haben Sie insgesamt mit der Evaluation der Lehre gemacht?

Positiv:
_____
_____
_____

Negativ:

11. Innerhalb von 4 Semestern soll jede Lehrveranstaltung (mindestens) einmal evaluiert werden. Was halten Sie von dieser Frequenz? (bitte Antwort ankreuzen)

- o zu selten
- o akzeptabel
- o zu häufig
- o Sonstiges:

12. Wie wurden Sie in das Verfahren der Lehrevaluation eingeführt?

- o Informationsveranstaltung des Studiendekans
- o Seminar im DiZ (Kempten)
- o SelbststudiumInformation durch KollegInnen
- o Sonstiges:

13. Haben Sie die Empfehlungen des Didaktikzentrums ("DiZ-Broschüre") gelesen?

- o Nein, kenne sie nicht (gleich weiter zu Frage 15)
- o Nein, bekannt, aber nicht gelesen (gleich weiter zu Frage 15)
- o Ja, habe sie gelesen
- o Sonstiges:

14. Wie hilfreich finden Sie die DiZ-Empfehlungen? (bitte entsprechenden Skalenwert ankreuzen)

überhaupt nicht teils/teils sehr
hilfreich o-----o-----o-----o-----o-----o-----o hilfreich

Begründen Sie bitte kurz Ihre Einstufung:

15. Welche Unterlagen geben Sie an den Studiendekan weiter? (bitte ankreuzen)?

- o ausgefüllte Fragebögen
- o (quantitative) Auswerte- und Ergebnisbögen
- o Ergebniszusammenfassung im (qualitativen) Rückmeldebogen
- o Sonstiges:

16. Für unsere Auswertung benötigen wir noch einige persönliche Daten. Wie schon anfangs betont werden
(alle Angaben streng vertraulich behandelt)

(1) Geschlecht: o weiblich o männlich

Alter in Jahren:
- o unter 40 Jahre
- o 40 bis 50 Jahre
- o 51 bis 60 Jahre
- o über 60 Jahre

(3) In welcher Ausbildungsrichtung lehren Sie?
- o Technik
- o Betriebswirtschaft
- o Sozialwesen
- o Gestaltung

17. Sie haben bei diesem Fragebogen verschiedene Aspekte der Lehrevaluation bewerten können. Keine Erhebungsmethode kann allen individuellen Einstellungen entsprechen. Beschreiben Sie bitte im folgenden noch die Aspekte, die im Fragebogen nicht angesprochen wurden, die für Ihre persönliche Beurteilung der Lehrveranstaltungskritik aber wichtig sind:

- o Eigentlich wurde für mich alles Wesentliche angesprochen
- o Folgende Punkte sind mir noch besonders wichtig:

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

7.3 Fragebogen der StudentInnenbefragung

Die Evaluation der Lehre durch studentische Befragungen wurde verbindlich für die bayerischen Hochschulen vorgeschrieben und im Wintersemester 1999/2000 eingeführt. Mit der vorliegenden Untersuchung wollen wir die Resonanz auf die Einführung der Beurteilung der Lehre durch Studierende analysieren. Die Ergebnisse werden mit interessierten Studiendekanen im Didaktikzentrum der bayerischen Fachhochschulen diskutiert und sollen zu einer weiteren Verbesserung des Verfahrens beitragen.
Wir versichern Ihnen, daß bei der Auswertung der Fragebögen und der Darstellung der Untersuchungsergebnisse keine Rückschlüsse auf einzelne Personen möglich sein werden und ihre Angaben streng vertraulich behandelt werden.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

G.W. Rothgang / P.R. Wellhöfer

1. Bitte ergänzen Sie spontan den folgenden Satz: Wenn ich an die Evaluation der Lehre durch Studierende denke, dann denke ich als erstes:
"_____
_____
_____
_____
_____"

2. Wie viele Lehrveranstaltungen besuchten Sie im vergangenem Semester?
_____Lehrveranstaltungen

3. Wie häufig haben Sie im vergangenem Semester an Befragungen zur Beurteilung von Lehrveranstaltungen teilgenommen?
_____mal

4. Wann wurden die Befragungen durchgeführt? (Entsprechende Antwort bitte ankreuzen)

o Mitte des Semesters
o Ende des Semesters
o unterschiedliche Zeitpunkte

5. Welchen Zeitpunkt ist aus Ihrer Sicht am besten geeignet?

o Mitte des Semesters
o Ende des Semesters
o unterschiedliche Zeitpunkte

Bitte begründen Sie kurz Ihre Antwort: .
_____
_____
_____
_____

6. Wurden die Ergebnisse bekannt gemacht? (Entsprechende Antworten bitte ankreuzen)

o Nein (gleich weiter zu Frage 9)
o Ja, wurden anonym/verschlüsselt ausgehängt (z.B. "schwarzes Brett")
o Ja, wurden namentlich ausgehängt
o Ja, wurden in der Lehrveranstaltung kurz dargestellt

o Ja, wurden in der Lehrveranstaltung ausführlich dargestellt
o Ja, wurde aber von den Lehrenden sehr unterschiedlich gehandhabt.

7. Wie sollte aus Ihrer Sicht mit den Ergebnissen umgegangen werden?

o Sollten anonym/verschlüsselt ausgehängt (z.B. "schwarzes Brett") werden
o Sollten namentlich ausgehängt werden
o Sollten in der Lehrveranstaltung kurz dargestellt werden
o Sollten in der Lehrveranstaltung ausführlich dargestellt werden
o Sollten in der Lehrveranstaltung ausführlich diskutiert werden

o Sollte man den Lehrenden überlassen
o Sonstiges:
_____
_____
_____
_____

8. Wurden Konsequenzen aus den Ergebnissen diskutiert/abgeleitet?

o Nein o Ja o Teils/teils
o Sonstiges:

9. Haben Sie nach den Befragungen eine Veränderung in der Lehrveranstaltungen feststellen können?

- o Nein (gleich weiter zu Frage 11)
- o Ja, manchmal
- o Ja, häufig
- o Ja, eigentlich immer

10. Welche Veränderungen haben Sie festgestellt?
In negativer Richtung:

_____
_____
_____
_____

In positiver Richtung:

_____
_____
_____
_____

11. Was finden Sie an der Evaluation der Lehre gut?

_____
_____
_____
_____

12. Welche Anregungen haben Sie für die Durchführung zukünftiger studentischer Befragungen zur Qualität der Lehre

_____
_____
_____
_____

13. Innerhalb von 4 Semestern soll jede Lehrveranstaltung (mindestens) einmal evaluiert werden.
Was halten Sie von dieser Frequenz?

- o zu selten
- o akzeptabel
- o zu häufig
- o Sonstiges:

_____
_____
_____
_____

14. Für unsere Auswertung benötigen wir noch einige persönliche Daten. Wie schon anfangs betont werden
(alle Angaben streng vertraulich behandelt.)

(1) Geschlecht: o weiblich o männlich
(2) Alter in Jahren:_____
(3) In welchem Studiensemester studieren Sie?
_____
(4) In welchem Studienabschnitt befinden Sie sich?
- o Grundstudium
- o Hauptstudium

(5) In welcher Ausbildungsrichtung studieren Sie?
- o Technik
- o Betriebswirtschaft
- o Sozialwesen
- o Gestaltung

15. Sie haben bei diesem Fragebogen verschiedene Aspekte der Lehrevaluation bewerten können. Keine Erhebungsmethode kann allen individuellen Einstellungen entsprechen. Beschreiben Sie bitte im folgenden noch die Aspekte, die im Fragebogen nicht angesprochen wurden, die für Ihre persönliche Beurteilung der Lehrveranstaltungskritik aber wichtig sind:

- o Eigentlich wurde für mich alles Wesentliche angesprochen
- o Folgende Punkte sind mir noch besonders wichtig:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

7.3 Fragebogen der StudentInnenbefragung

Die Evaluation der Lehre durch studentische Befragungen wurde verbindlich für die bayerischen Hochschulen vorgeschrieben und im Wintersemester 1999/2000 eingeführt. Mit der vorliegenden Untersuchung wollen wir die Resonanz auf die Einführung der Beurteilung der Lehre durch Studierende analysieren. Die Ergebnisse werden mit interessierten Studiendekanen im Didaktikzentrum der bayerischen Fachhochschulen diskutiert und sollen zu einer weiteren Verbesserung des Verfahrens beitragen.
Wir versichern Ihnen, daß bei der Auswertung der Fragebögen und der Darstellung der Untersuchungsergebnisse keine Rückschlüsse auf einzelne Personen möglich sein werden und ihre Angaben streng vertraulich behandelt werden.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

G.W. Rothgang / P.R. Wellhöfer

1. Bitte ergänzen Sie spontan den folgenden Satz: Wenn ich an die Evaluation der Lehre durch Studierende denke, dann denke ich als erstes:
"_____
_____
_____
_____
_____"

2. Wie viele Lehrveranstaltungen besuchten Sie im vergangenem Semester?
_____Lehrveranstaltungen

3. Wie häufig haben Sie im vergangenem Semester an Befragungen zur Beurteilung von Lehrveranstaltungen teilgenommen?
_____mal

4. Wann wurden die Befragungen durchgeführt? (Entsprechende Antwort bitte ankreuzen)

o Mitte des Semesters
o Ende des Semesters
o unterschiedliche Zeitpunkte

5. Welchen Zeitpunkt ist aus Ihrer Sicht am besten geeignet?

o Mitte des Semesters
o Ende des Semesters
o unterschiedliche Zeitpunkte

Bitte begründen Sie kurz Ihre Antwort: .
_____
_____
_____
_____

6. Wurden die Ergebnisse bekannt gemacht? (Entsprechende Antworten bitte ankreuzen)

o Nein (gleich weiter zu Frage 9)
o Ja, wurden anonym/verschlüsselt ausgehängt (z.B. "schwarzes Brett")
o Ja, wurden namentlich ausgehängt
o Ja, wurden in der Lehrveranstaltung kurz dargestellt

o Ja, wurden in der Lehrveranstaltung ausführlich dargestellt
o Ja, wurde aber von den Lehrenden sehr unterschiedlich gehandhabt.

7. Wie sollte aus Ihrer Sicht mit den Ergebnissen umgegangen werden?

o Sollten anonym/verschlüsselt ausgehängt (z.B. "schwarzes Brett") werden
o Sollten namentlich ausgehängt werden
o Sollten in der Lehrveranstaltung kurz dargestellt werden
o Sollten in der Lehrveranstaltung ausführlich dargestellt werden
o Sollten in der Lehrveranstaltung ausführlich diskutiert werden

o Sollte man den Lehrenden überlassen
o Sonstiges:
_____
_____
_____
_____

8. Wurden Konsequenzen aus den Ergebnissen diskutiert/abgeleitet?

o Nein o Ja o Teils/teils
o Sonstiges:

9. Haben Sie nach den Befragungen eine Veränderung in der Lehrveranstaltungen feststellen können?

o Nein (gleich weiter zu Frage 11)
o Ja, manchmal
o Ja, häufig
o Ja, eigentlich immer

10. Welche Veränderungen haben Sie festgestellt?
In negativer Richtung:

_____
_____
_____
_____

In positiver Richtung:

_____
_____
_____
_____

11. Was finden Sie an der Evaluation der Lehre gut?

_____
_____
_____
_____

12. Welche Anregungen haben Sie für die Durchführung zukünftiger studentischer Befragungen zur Qualität der Lehre

_____
_____
_____
_____

13. Innerhalb von 4 Semestern soll jede Lehrveranstaltung (mindestens) einmal evaluiert werden.
Was halten Sie von dieser Frequenz?

o zu selten
o akzeptabel
o zu häufig
o Sonstiges:

_____
_____
_____
_____

14. Für unsere Auswertung benötigen wir noch einige persönliche Daten. Wie schon anfangs betont werden
(alle Angaben streng vertraulich behandelt.)

(1) Geschlecht: o weiblich o männlich
(2) Alter in Jahren:_____
(3) In welchem Studiensemester studieren Sie?
_____
(4) In welchem Studienabschnitt befinden Sie sich?
o Grundstudium
o Hauptstudium
(5) In welcher Ausbildungsrichtung studieren Sie?
o Technik
o Betriebswirtschaft
o Sozialwesen
o Gestaltung

15. Sie haben bei diesem Fragebogen verschiedene Aspekte der Lehrevaluation bewerten können. Keine Erhebungsmethode kann allen individuellen Einstellungen entsprechen. Beschreiben Sie bitte im folgenden noch die Aspekte, die im Fragebogen nicht angesprochen wurden, die für Ihre persönliche Beurteilung der Lehrveranstaltungskritik aber wichtig sind:

o Eigentlich wurde für mich alles Wesentliche angesprochen
o Folgende Punkte sind mir noch besonders wichtig:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit

Die Zahlungsbilanz

Prof. Dr. Karlheinz Ruckriegel

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
Fachbereich Betriebswirtschaft
Bahnhofstraße 87, 90402 Nürnberg
E-mail: karlheinz.ruckriegel@fh-nuernberg.de
Homepage: www.ruckriegel.org

Abstract

Der Beitrag beschäftigt sich mit Aufbau und Logik der Zahlungsbilanz vor dem Hintergrund der von der Deutschen Bundesbank für Deutschland bzw. der von der Europäischen Zentralbank für das Euro-Währungsgebiet erstellten Zahlungsbilanz.

Die Zahlungsbilanz

Die Zahlungsbilanz für Deutschland wird von der Deutschen Bundesbank erstellt. Seit Anfang 1999 wird von der Europäischen Zentralbank (zusätzlich) eine gemeinsame Zahlungsbilanz für den Euro-Währungsraum veröffentlicht. Die hierzu notwendigen Daten werden von den Institutionen geliefert, die für die nationalen Zahlungsbilanzstatistiken zuständig sind. Da für Zwecke der Finanz-, Wirtschafts-, und Strukturpolitik, die in der Verantwortung der einzelnen Mitgliedsstaaten verbleiben, weiterhin auf nationaler Ebene Informationen über die außenwirtschaftlichen Transaktionen mit Ländern der EWWU erforderlich sind, werden nationale Zahlungsbilanzen weiterhin benötigt.
In der Zahlungsbilanz werden die **Transaktionen**, die während eines bestimmten Zeitraumes (monatlich, vierteljährlich, jährlich) **zwischen In- und Ausländern** stattfinden, abgebildet. Hierbei gelten Gebietsansässige als Inländer, Gebietsfremde als Ausländer. Die Zahl der Gebietsansässigen ändert sich naturgemäß mit der Abgrenzung des Berichtsgebietes (z.B. Deutschland vs. Euro-Währungsraum). Entgegen dem traditionell mit dem Begriff „Bilanz“ verbundenen Verständnis handelt sich bei der Zahlungsbilanz nicht um eine Bestandsrechnung (Erfassung von Beständen zu einem bestimmten Zeitpunkt), sondern um eine **Stromrechnun***g* (Bewegungen während eines Zeitraumes). Die Erfassung erfolgt nach dem **Prinzip der doppelten Buchführung** zu Transaktionswerten. Zweiseitige Transaktionen, die den überwiegenden Teil ausmachen, werden mit Leistung und Gegenleistung erfaßt. Bei einseitigen Transaktionen erfolgt die Gegenbuchung bei „Laufenden Übertragungen“ bzw. unter der Rubrik „Vermögensübertragungen“. Statistisch muß die Zahlungsbilanz als Ganzes folglich immer ausgeglichen sein, d. h. die **Salden der einzelnen Teilbilanzen müssen sich zu Null addieren.**
Grundlage für die Erstellung der Zahlungsbilanz sind die vom Internationalen Währungsfonds formulierten Prinzipien zur Zahlungsbilanzerstellung aus dem Jahre 1993. Um veränderten wirtschaftlichen Bedingungen und erhöhten analytischen Anforderungen Rechnung zu tragen, fand dabei eine Reihe von Neuerungen Eingang in die Zahlungsbilanzstatistik.
In der vorstehenden Darstellung besteht die Zahlungsbilanz aus **vier Teilbilanzen**: der **Leistungsbilanz** (LB), dem Saldo der **Vermögensübertragungen** (VÜB), der **Kapitalbilanz** (KB) und der **Devisenbilanz** (DB). Die korrespondierenden Salden aus der VGR sind fett hervorgehoben in das Zahlungsbilanzschema eingefügt.

Leistungsbilanz

Die Leistungsbilanz wird normalerweise in die vier wiedergegebenen Unterbilanzen unterteilt. Alternativ gebräuchlich ist es mittlerweile aber auch, die Leistungsbilanz in die Positionen **Außenhandel** (Warenaus- bzw. -einfuhr) und **Saldo der „unsichtbaren“ Leistungstransaktionen** aufzuteilen. In letztere (Sammel-) Position gehen die Dienstleistungen, die Erwerbs- und Vermögenseinkommen sowie die Laufenden Übertragungen ein.Eine erste Änderung in der Aufteilung der Leistungsbilanz gegenüber dem früheren Vorgehen liegt dabei in der Herauslösung der grenzüberschreitenden Faktoreinkommen (Kapitalerträge und Einkommen aus unselbständiger Arbeit) aus den Dienstleistungen. Grenzüberschreitende Faktoreinkommen werden nun als **Erwerbs- und Vermögenseinkommen** separat erfaßt.
Eine zweite Änderung wurde bei den Übertragungen vorgenommen. Während früher die Leistungsbilanz alle unentgeltlichen Übertragungen enthielt, wird nunmehr zwischen **Laufenden Übertragungen** (z. B. Zahlungen an den Haushalt der Europäischen Union, Heimatüberweisungen der in Deutschland lebenden ausländischen Arbeitnehmer, Entwicklungshilfe) und Vermögensübertragungen (z. B. Erbschaften, Schuldenerlasse) unterschieden. Nur noch die erste Kategorie wird jetzt der Leistungsbilanz zugeordnet.

	Struktur der Zahlungsbilanz	
	Einnahmen und Kapitalimporte	**Ausgaben und Kapitalexporte**
LB	Warenausfuhr Dienstleistungen (Einnahmen)	Wareneinfuhr Dienstleistungen (Ausgaben)
	Außenbeitrag zum BIP	
LB	Erwerbs- und Vermögenseinkommen (empfangene Faktoreinkommen)	Erwerbs- und Vermögenseinkommen (geleistete Faktoreinkommen)
LB	Laufende Übertragungen (empfangen)	Laufende Übertragungen (geleistet)
	Saldo aus Sparen und Nettoinvestitionen	
VÜB	Vermögensübertragungen (empfangen)	Vermögensübertragungen (geleistet)
	Finanzierungssaldo	
KB	Kapitalimporte (Zunahme der Verbindlichkeiten gegenüber dem Ausland bzw. Abnahme von Forderungen an das Ausland)	Kapitalexporte (Zunahme von Forderungen an das Ausland bzw. Abnahme von Verbindlichkeiten gegenüber dem Ausland)
DB	Abnahme der Währungsreserven der Notenbank	Zunahme der Währungsreserven der Notenbank

Hinter dieser differenzierten Betrachtung der Übertragungen steht der Gedanke, daß nur noch solche Übertragungen im Rahmen der Leistungsbilanz betrachtet werden sollen, die über eine unmittelbare Veränderung des „verfügbaren Einkommens“ Einfluß auf Einkommen und Verbrauch haben. Bei **Vermögensübertragungen**, die sich durch einen „einmaligen“ Charakter auszeichnen, ist dies nicht direkt der Fall, da diese zunächst nur das Vermögen der beteiligten Länder verändern, nicht jedoch unmittelbar das „verfügbare Einkommen“. In einem zweiten Schritt können allerdings „**Vermögenseffekte**“ wirksam werden, d. h. eine Änderung der Vermögensposition kann ökonomisch betrachtet auch hier auf das Nachfrageverhalten der Wirtschaftssubjekte und somit auf Einkommen und Verbrauch zurückwirken. Ökonomisch ist die Unterscheidung in Laufende Übertragungen und Vermögensübertragungen also eher zweifelhaft.
Die Notwendigkeit einer Rubrik für Übertragungen ist unmittelbar einsichtig, da bei Transfers sonst keine Möglichkeit zur Gegenbuchung bestünde. Dies soll anhand eines einfachen Beispiels erläutert werden. Angenommen, im Zuge der Entwicklungshilfe erfolgt eine unentgeltliche Lieferung von Transportfahrzeugen. Im Rahmen der Zahlungsbilanz wird dies zunächst als Ausfuhr von Waren erfaßt. Wäre diese Ausfuhr gegen Entgelt durchgeführt worden, so hätte die Gegenbuchung in der Kapitalbilanz erfolgen müssen, und zwar als Kapitalexport (Zunahme der Forderungen gegenüber dem Ausland). Im Falle der unentgeltlichen Lieferung steht der Ausfuhr jedoch kein entsprechender Zuwachs an Forderungen gegenüber. Um diese Gegenbuchung vornehmen zu können, ist vielmehr außerhalb der Kapitalbilanz eine eigene Rubrik notwendig. Der Zunahme der Ausfuhren steht also eine Zunahme der geleisteten Laufenden Übertragungen gegenüber. Anders liegt der Fall, wenn die Bundesregierung Zahlungen an den EU-Haushalt leistet. Diese Transaktion stellt eine geleistete Laufende Übertragung dar, die ihre Gegenbuchung als Kapitalimport findet.
Der **Leistungsbilanzsaldo** entspricht dem Saldo aus gesamtwirtschaftlicher Ersparnis und Nettoinvestitionen. Unter Einbeziehung des Saldos der Vermögensübertragungen gelangt man zum **Finanzierungssaldo**. Ist der Saldo aus Leistungsbilanz und Vermögensübertragungen positiv, so hat dies per Saldo eine Zunahme der Forderungen, also eine Erhöhung der **Nettoposition** gegenüber dem Ausland zur Folge. Im umgekehrten Fall hingegen hat in der Berichtsperiode per Saldo die Zunahme der Verbindlichkeiten überwogen, was zu einem Rückgang der Nettoposition gegenüber dem Ausland führt. Der Finanzierungssaldo ist somit identisch mit der transaktionsbedingten Veränderung der Nettoposition gegenüber dem Ausland oder - anders formuliert – der transanktionsbedingten Veränderungen des Netto-Auslandsvermögens.

Kapitalbilanz

Beim Kapitalverkehr („Kapitalbilanz“) wurde im Zuge der Revision der IWF-Empfehlungen die herkömmliche Unterscheidung in lang- und kurzfristige Transaktionen (weitgehend) aufgegeben. Die Gliederung des Kapitalverkehrs erfolgt bei der Vorgehensweise der Deutschen Bundesbank nach funktionalen Kriterien in Direktinvestitionen, Wertpapieranlagen und Finanzderivate sowie Kreditverkehr (einschl. sonstiger Anlagen), die Veränderungen der (offziellen) Währungsreserven, die bei der Deutschen Bundesbank gehalten werden, werden in einer separaten Position außerhalb der Kapitalbilanz (im Folgenden als Devisenbilanz bezeichnet) erfaßt. Im Gegensatz dazu werden bei der Erstellung der konsolidierten Zahlungsbilanz für den Euro-Währungsraum durch die Europäische Zentralbank die Veränderungen bei den Währungsreserven als Teil der Kapitalbilanz ausgewiesen. Hier wird der Vorgehensweise der Deutschen Bundesbank gefolgt.
Unter den Begriff **Direktinvestitionen** werden diejenigen wirtschaftlichen Beziehungen subsumiert, die ihrer Natur nach durch ein besonders intensives, auf anhaltende Einflußnahme gerichtetes unternehmerisches Engagement geprägt sind. Hierunter fallen vor allem Beteiligungen (in Form von Aktien und anderen Kapitalanteilen), aber auch damit zusammenhängende langfristige Darlehen und der Erwerb von Immobilien.
Im Rahmen der Kapitalbilanz werden Kapitalimporte Kapitalexporten gegenübergestellt. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um Euro- oder um Fremdwährungstransaktionen handelt. Da die deutsche Zahlungsbilanz in Euro erstellt wird, werden **Fremdwährungstransaktionen** - z. B. der Kauf von US-$ Anleihen eines ausländischen Emittenten durch Gebietsansässige oder der Erwerb von US-$ Anleihen, die von einer inländischen Bank emittiert wurden, durch Gebietsfremde mit ihrem Euro-Gegenwert in der Zahlungsbilanz erfaßt.
Unter **Kapitalimporten** versteht man dabei Transaktionen, die entweder zu einer Zunahme der Verbindlichkeiten gegenüber dem Ausland oder zu einer Abnahme der Forderungen an das Ausland führen. Kapitalimporte verändern die Nettoposition (Saldo aus Forderungen – Verbindlichkeiten) gegenüber dem Ausland. Da Kapitalimporte entweder zu einer Zunahme der Verbindlichkeiten gegenüber dem Ausland oder zu einer Abnahme der Forderungen gegen das Ausland führen, ziehen Kapitalimporte für sich genommen einen Rückgang der Nettoposition gegenüber dem Ausland nach sich. Bezieht etwa ein deutscher Importeur ausländische Waren auf Ziel, so stellt diese Lieferantenverbindlichkeit ebenso einen Kapitalimport dar wie beispielsweise der Erwerb von Bundesanleihen durch Ausländer oder die Auflösung von Auslandsbeteiligungen durch ein inländisches Unternehmen.
Kapitalexporte hingegen umfassen die Zunahme von Forderungen bzw. die Abnahme von Verbindlichkeiten gegenüber Ausländern. Auch Kapitalexporte verändern für sich genommen die Nettoposition des Inlands gegenüber dem Ausland. Da Kapitalexporte entweder zu einer Zunahme der Forderungen an das Ausland oder zu einer Abnahme der Verbindlichkeiten gegenüber dem Ausland führen, kommt es zu einer Erhöhung der Nettoposition gegenüber dem Ausland. So fällt unter Kapitalexporte z. B. der Lieferantenkredit, den ein inländischer Exporteur seinem ausländischen Kunden einräumt. Analog stellt der Erwerb von Einlagen bei ausländischen Banken durch Inländer sowie die Auflösung von Auslandseinlagen oder eine Kreditaufnahme von Gebietsfremden bei den Geschäftsbanken im Inland einen Kapitalexport dar.
Übersteigen in der Berichtsperiode die Kapitalexporte die Kapitalimporte, so spricht man von **Nettokapitalexporten**, im umgekehrten Fall von **Nettokapitalimporten**.
Kapitalverkehrskontrollen, also staatlich verfügte Beschränkungen des Kapitalverkehrs, richten sich i. d. R. nicht gegen Direktinvestitionen, sondern gegen kurzfristig ausgerichtete Kapitalströme (**Portfolioinvestitionen**), da sich diese Kapitalbewegungen im Gegensatz zu Direktinvestitionen als besonders volatil erwiesen haben, was - bei entsprechenden Größenordnungen - nicht ohne Rückwirkungen auf den Wechselkurs einer Währung bleibt. So kann etwa der Erwerb von Wertpapieren durch Gebietsfremde verboten werden. Die Abschottung gegen bestimmte ausländische Kapitalzuflüsse führt zwar dazu, daß es kein „Material“ gibt, welches ausländische Investoren kurzfristig abstoßen können, so daß von dieser Seite kein Druck auf die Währung ausgeübt werden kann. Die Kehrseite der Medaille ist aber, daß sich ein Land mit solchen Maßnahmen Finanzierungsmöglichkeiten im Ausland verschließt, was gerade für Länder mit hohem Kapitalbedarf besonders schmerzlich ist, da dadurch der Industrialisierungsprozeß behindert wird.
Im Rahmen des Kapitalverkehrs werden zwei Arten von Transaktionen erfaßt: zum einen leistungsbilanz- bzw. von Vermögensübertragungen induzierte, zum anderen autonome Kapitalbewegungen, also reine Finanztransaktionen. Während erstere zu einer Veränderung der Höhe der Nettoposition gegenüber dem Ausland führen, können autonome Kapitalbewegungen, da sie reine Finanztransaktionen darstellen und somit auch ihre Gegenbuchung in der Kapitalbilanz erfolgt, die Höhe der Nettoposition nicht verändern. Angenommen, ein deutsches Unternehmen entschließt sich, im Ausland eine Beteiligung zu erwerben, so hat dies für sich genommen eine Zunahme der Forderungen gegenüber dem Ausland zur Folge, stellt also einen Kapitalexport dar. Auf der anderen Seite muß dieses Unternehmen aber auch eine Gegenleistung erbringen. Diese kann

beispielsweise darin bestehen, daß es zur Bezahlung des Kaufpreises Bankguthaben im Ausland abbaut. Damit jedoch nehmen die Forderungen an das Ausland ab, was einen Kapitalimport darstellt. Reine Kapitaltransaktionen (Finanztransaktionen) können also nicht zu einer Veränderung der Nettoposition führen, da beide Seiten der Kapitalbilanz gleichzeitig angesprochen werden.

Devisenbilanz

In der **Devisenbilanz** bzw. in der Rubrik „***Veränderungen der Währungsreserven***“ werden nur transaktionsbedingte Veränderungen, nicht hingegen bewertungsbedingte Veränderungen der Währungsreserven der Notenbank erfaßt. Die **Währungsreserven** bestehen dabei aus den Goldbeständen, der IWF-Position und liquiden Fremdwährungsforderungen gegenüber Ansässigen außerhalb des Euro-Währungsgebietes. Im Rahmen der Devisenbilanz werden also Transaktionen abgebildet, die vom Prinzip her der Kapitalbilanz zuzuordnen sind. Nur um auf den ersten Blick Informationen über Veränderungen bei den von der Notenbank gehaltenen offiziellen Währungsreserven zu erhalten, kommt es zu einem separaten Ausweis in der Devisenbilanz. In der Devisenbilanz werden aber nur Veränderungen bei den Währungsreserven der Notenbank, nicht jedoch die Veränderungen der Verbindlichkeiten der Notenbank gegenüber dem Ausland erfaßt. Letztere finden ihren Niederschlag in der Kapitalbilanz. Niederschlag in der Kapitalbilanz finden auch Veränderungen bei Forderungen der Notenbank gegenüber dem Ausland, die nicht zu den Währungsreserven zählen (z. B. Kredite an die Weltbank).
Kauft die Deutsche Bundesbank Währungsreserven von Gebietsfremden, so nehmen folglich ihre Forderungen ans Ausland zu. Andererseits aber steigen zugleich die Verbindlichkeiten der Notenbank gegenüber dem Ausland, da die Deutsche Bundesbank - als Gegenleistung für die Überlassung der Währungsreserven - den Gebietsfremden den entsprechenden Euro-Gegenwert auf deren Konten bei ihr gutschreiben muß. Die Transaktion findet also Niederschlag in der Devisenbilanz (Zunahme der Währungsreserven der Notenbank) und in der Kapitalbilanz als Kapitalimport (Zunahme der Verbindlichkeiten der Notenbank gegenüber Gebietsfremden). Wenn die Notenbank die Devisen nicht von Gebietsfremden, sondern von Gebietsansässigen, also in der Regel von inländischen Kreditinstituten, erwirbt, so erhöhen sich zwar auch die Währungsreserven der Notenbank (Devisenbilanz). Zugleich aber vermindern sich die Devisenbestände der Geschäftsbanken, d. h. ihre Forderungen gegenüber von Gebietsfremden sinken. In der Zahlungsbilanz erfolgt deshalb die „Gegenbuchung“ als Kapitalimport (Abnahme der Forderungen der Geschäftsbanken an das Ausland) in der Kapitalbilanz. Hierbei handelt es sich zahlungsbilanztechnisch allerdings um einen Spezialfall, da bei dieser Transaktion unmittelbar keine Gebietsfremden beteiligt sind.
Eine exemplarische Übungsaufgabe zur Zahlungsbilanz findet sich in Görgens/Ruckriegel 2002.

Zahlungsbilanzen für das Jahr 2001

Die nachstehende Tabelle zeigt die von der Deutschen Bundesbank erstellte Zahlungsbilanz für Deutschland und die von der Europäischen Zentralbank erstellte Zahlungsbilanz für das Euro-Währungsgebiet für das Jahr 2001. Aufgrund von Leistungsbilanztransaktionen und Vermögensübertragungen nahm im Berichtszeitraum transaktionsbedingt die Nettoposition der Bundesrepublik gegenüber dem Ausland (das Netto-Auslandsvermögen) um 1,3 Mrd. Euro, die des Euro-Währungsgebietes gegenüber dem Rest der Welt um 0,2 Mrd. Euro zu.
Allerdings entspricht diese transaktionsbedingte Veränderung nicht zwangsläufig der tatsächlichen Veränderung des Netto-Auslandsvermögens, da dieses auch bewertungsbedingten Einflüssen ausgesetzt ist. Bewertungsbedingte Veränderungen des Netto-Auslandsvermögens, die naturgemäß in Zeiten starker Kursschwankungen auf den Finanzmärkten (Aktien-, Devisen-, Rentenmärkte) nicht zu vernachlässigen sind, werden im Rahmen der Zahlungsbilanz nicht erfaßt.

Zahlungsbilanz 2001[a] (in Mrd. Euro)	Deutschland	Euro-Währungsgebiet
I. Leistungsbilanz		
1. Außenhandel[b]	+ 89,4	+ 74,1
2. Dienstleistungen	– 47,8	+ 1,5
3. Erw. u. Verm.-Eink.	– 12,6	– 37,7
4. Lauf. Übertrag.	– 26,7	– 47,1
II. Vermögensübertragungen	– 1,0	+ 9,4
III. Kapitalbilanz (Nettokapitalexport: -)		
1. Direktinvestitionen	– 12,8	– 93,9
2. Wertpapiere	– 15,8	+ 40,9
3. Kreditverkehr[c]	– 17,5	– 39,7
IV. Veränderung der Währungsreserven (zu Transaktionswerten) (Zunahme: -)	+ 6,0	+ 17,8
V. Restposten[d]	+ 38,7	+ 74,7

a) Deutsche Bundesbank, Monatsbericht März 2002, S. 42; Europäische Zentralbank, Monatsbericht März 2002, S. 57* (Rundungsdifferenzen). Bei der Kapitalbilanz liegt das Konzept der Deutschen Bundesbank zugrunde.
b) einschl. Ergänzungen zum Warenverkehr
c) einschl. sonstige Kapitalanlagen und Finanzderivate
d) Da die Angaben, die zur Erstellung der einzelnen Teilbilanzen herangezogen werden, aus verschiedenen nicht aufeinander abgestimmten Quellen stammen und Erfassungslücken, Erfassungsfehler sowie Bewertungsdifferenzen unvermeidbar sind, ist ein Restposten notwendig, um die Zahlungsbilanz statistisch zum Ausgleich zu bringen.

Literaturempfehlungen:

Brümmerhoff, D.: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, 7. Auflage, München – Wien 2002, Kapitel 9; Brümmerhoff, D./Lützel, H.: Lexikon der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, 3. Auflage, München – Wien 2002;
Caspers, R.: Zahlungsbilanz und Wechselkurse, München – Wien 2002;
Görgens, E./Ruckriegel, K.: Grundzüge der makroökonomischen Theorie, 8. Auflage, Bayreuth 2002, Kapitel II und Übungsaufgaben.

Fahrzeugantriebe - Stand der Technik und Perspektiven

Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Tretow

Institut für Fahrzeugtechnik der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg

Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg

Dr.-Ing. Miroslaw Weclas

Invent GmbH

Am Weichselgarten 21
91058 Erlangen

Abstract

Nach einer kurzen systemtechnischen Einführung in die Problematik der Antriebe der Räderfahrzeuge, insbesondere hinsichtlich des Energiewandlungsprozesses, werden kurz die Grundlagen der Antriebstechnik dargestellt. Es folgt eine ausführliche Darstellung des Standes der Technik der Antriebsstränge sowohl der straßen- als auch der schienengebundenen Fahrzeuge. Dabei stellt die Entwicklung der Verbrennungsmotoren einen Schwerpunkt dar, insbesondere wegen der Bedeutung dieses Energiewandlers für die Räderfahrzeuge. Aus dieser Gesamtdarstellung der heutigen Antriebstechnik werden die aus Sicht der Autoren notwendigen Entwicklungsziele für zukünftige Antriebe abgeleitet.

1. Einleitung

Die Fahrzeugtechnik heute ist geprägt von Anforderungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit, Sicherheit und Bedienungskomfort. Diese Aspekte werden zu einem großen Teil vom Antriebsstrang beeinflusst, über den überwiegend das Zugkraftangebot, der Kraftstoffverbrauch, die Zuverlässigkeit, die Lebensdauer, die Geräuschemission und die Bedienung definiert werden. Um den gestiegenen Anforderungen gerecht werden zu können, ist der Antrieb als funktionale Einheit zu betrachten, die Komponenten sind also auch im Hinblick auf ihre gegenseitige Beeinflussung zu optimieren, was im Automobilbereich als "powertrain-matching" bezeichnet wird.

Mit der vorliegenden Ausarbeitung unternehmen die Autoren den Versuch, den heute erreichten Stand in der Systembetrachtung darzustellen und darüber hinaus nicht nur den Antriebsstrang einer Gattung von Fahrzeugen, z.B. der Personenkraftwagen, zu analysieren, sondern die übergreifenden Systemmerkmale sowohl der straßen- als auch der schienengebundenen Fahrzeuge zu betrachten.

2. Grundlagen Fahrzeugantriebe

2.1 Eingrenzung Fahrzeuge

Fahrzeuge werden im allgemeinen entsprechend Bild 1 eingeteilt. Im Rahmen dieser Abhandlung sollen speziell die Antriebe der Landfahrzeuge behandelt werden. Wesentliches Merkmal der Landfahrzeuge im Vergleich zu den Wasser- bzw. Luftfahrzeugen ist die Verwendung des Rades zur Übertragung der Kräfte zwischen dem Fahrzeug und seinem Fahrweg. Die drei grundsätzlichen Aufgaben, die von dem Verbindungselement zwischen Fahrzeug und Fahrweg wahrzunehmen sind, sind die Einzelfunktionen

- Tragen, d.h. Aufnahme der Vertikalkräfte,
- Führen, d.h. die Übertragung von Querkräften,
- Antreiben, d.h. die Übertragung von Längskräften.

Bei den Wasser- und Luftfahrzeugen wird die Funktion Tragen durch Auftrieb des Fahrzeuges gegenüber dem "Fahrweg", die Funktion Führen durch Beeinflussung der Umströmung des Fahrzeuges und die Funktion Antreiben durch Schiffsschrauben, Propeller oder Strahltriebwerke, also im Wesentlichen eine fluidmechanische Kraftübertragung durch Strömungsmaschinen bewerkstelligt. Dies ist beim Landfahrzeug anders, hier übernimmt das Rad als zentrale Komponente alle drei Funktionen, wobei bei den einzelnen Ausführungsformen der Landfahrzeuge zusätzliche Komponenten einen Anteil übernehmen können. Zum Beispiel übernimmt das Gleis Aufgaben der Führung bei den Schienenfahrzeugen, bei anderen Fahrzeugen nimmt die über Trag- und Antriebsrollen laufende Kette eine unterstützende Funktion zum Tragen und Antreiben der Fahrzeuge ein.

Die vorliegende Abhandlung befasst sich mit dem gegenwärtigen Stand der Antriebstechnik, dies meint die Verwirklichung der Grundfunktion Antreiben mit allen ihren zur funktionalen Realisierung notwendigen Komponenten. Im engeren Sinne soll im Rahmen dieser Abhandlung die Antriebstechnik landgestützter Fahrzeuge betrachtet werden.

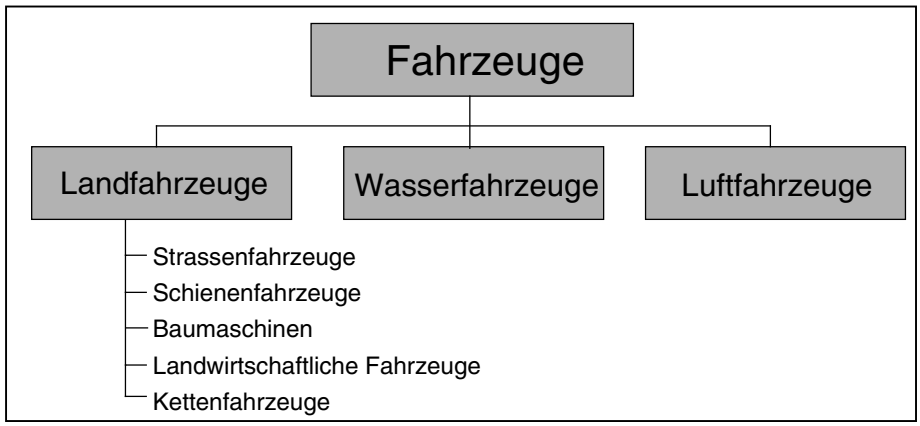


Bild 1: Einteilung der Fahrzeuge

2.2 Grundsätzlicher Aufbau der Fahrzeugantriebe

Der Antrieb bedarf zunächst Energie, die in verschiedenen Formen bereit gestellt werden muss. Dies kann mitgeführter Kraftstoff unterschiedlichster Art oder aber von außen zugeführte Energie sein. Diese Energie ist in mechanische Energie umzuwandeln und anschließend an die Bedürfnisse des Fahrzeuges hinsichtlich Drehmoment und Drehzahl anzupassen. Dieses System der Energiewandlung und Anpassung, der Antriebsstrang, ist Gegenstand dieser Ausarbeitung.

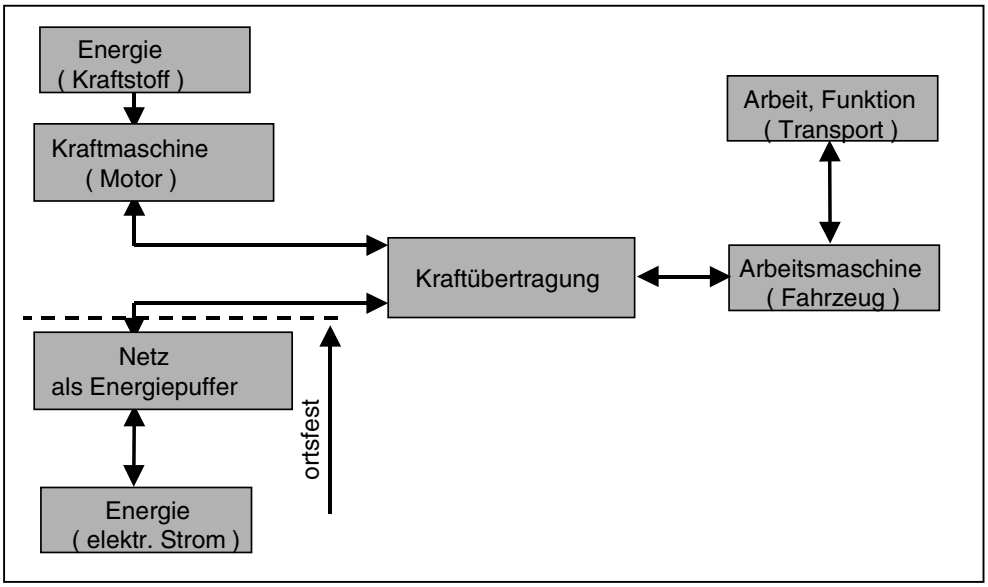


Bild 2: Struktur von Fahrzeugantrieben

Der Antriebsstrang ist der Teil des Fahrzeuges, der es selbstbeweglich, also "automobil" macht. Die Art der eingesetzten Energie bestimmt weitgehend die Elemente des Antriebsstranges, dies in einem sehr viel weiter gehendem Maße, als etwa die Unterschiede des Antriebsstranges zwischen Kraftfahrzeugen und Schienenfahrzeugen.

Mit der allgemein für Maschinensysteme geltenden Strukturbeschreibung lassen sich entsprechend Bild 2 auch Fahrzeuge beschreiben. Eine Kraftmaschine (Motor), die mit Energie versorgt wird, treibt eine Arbeitsmaschine (Fahrzeug) an, welche die gewünschte Funktion (Transport) ausübt. Wenn sich die Betriebsweisen und Kennfelder von Kraft- und Arbeitsmaschinen nicht decken, was in der Regel der Fall sein wird, muss durch eine Kraftübertragung (Getriebe o.ä.) eine geeignete Anpassung erreicht werden. Die Pfeile in Flussrichtung in Bild 2 deuten an, dass der Energiespeicher im Fahrzeug immer nur entladen, aber nicht von der Arbeitsmaschine über die Kraftmaschine wieder aufgeladen werden kann. Dagegen findet eine wechselseitige Beeinflussung von Kraftmaschine, Kraftübertragung und Arbeitsmaschine statt.

Bei elektrischen Schienenfahrzeugen hat man Systeme entwickelt, die sehr wohl einen umkehrbaren Energiefluss realisieren. Dies ist im unteren Teil von Bild 2 dargestellt. Zu beachten ist dabei aber, dass bei diesen Systemen zum einen nicht Primärenergie verwendet wird, diese auch nicht wirklich zurückgewonnen sondern zwischengespeichert wird, zum anderen der Energiespeicher nicht fahrzeugfest sondern ortsfest ist, was zu einer gewissen Einschränkung der "Selbstbeweglichkeit" dieser Fahrzeuge führt.

Bild 2 gibt auch einen Hinweis darauf, dass zur optimalen Konzeption des Antriebsstranges dieser nicht isoliert, sondern stets im Umfeld des Gesamtsystems zu betrachten ist. Dies bedeutet, dass Kenntnisse über Energieart, Kraftmaschine und Arbeitsmaschine vor allem aber über die verlangte Funktion unerlässlich sind.

Die verwendeten Energiearten sind durchaus unterschiedlich. Deswegen seien einige grundsätzliche Bemerkungen zu den möglichen Energiearten vorangestellt.

2.3 Primärenergieträger

Es sind eine Reihe von Energiearten, besser Primärenergieträger bekannt, die für den Landverkehr genutzt werden können. Dabei sind nicht alle Primärenergieträger direkt für den Fahrzeugantrieb

nutzbar, sie müssen in stationären Anlagen, den Kraftwerken, umgewandelt werden und zwar in elektrischen Strom, der dann als Sekundärenergieträger für den Fahrzeugantrieb

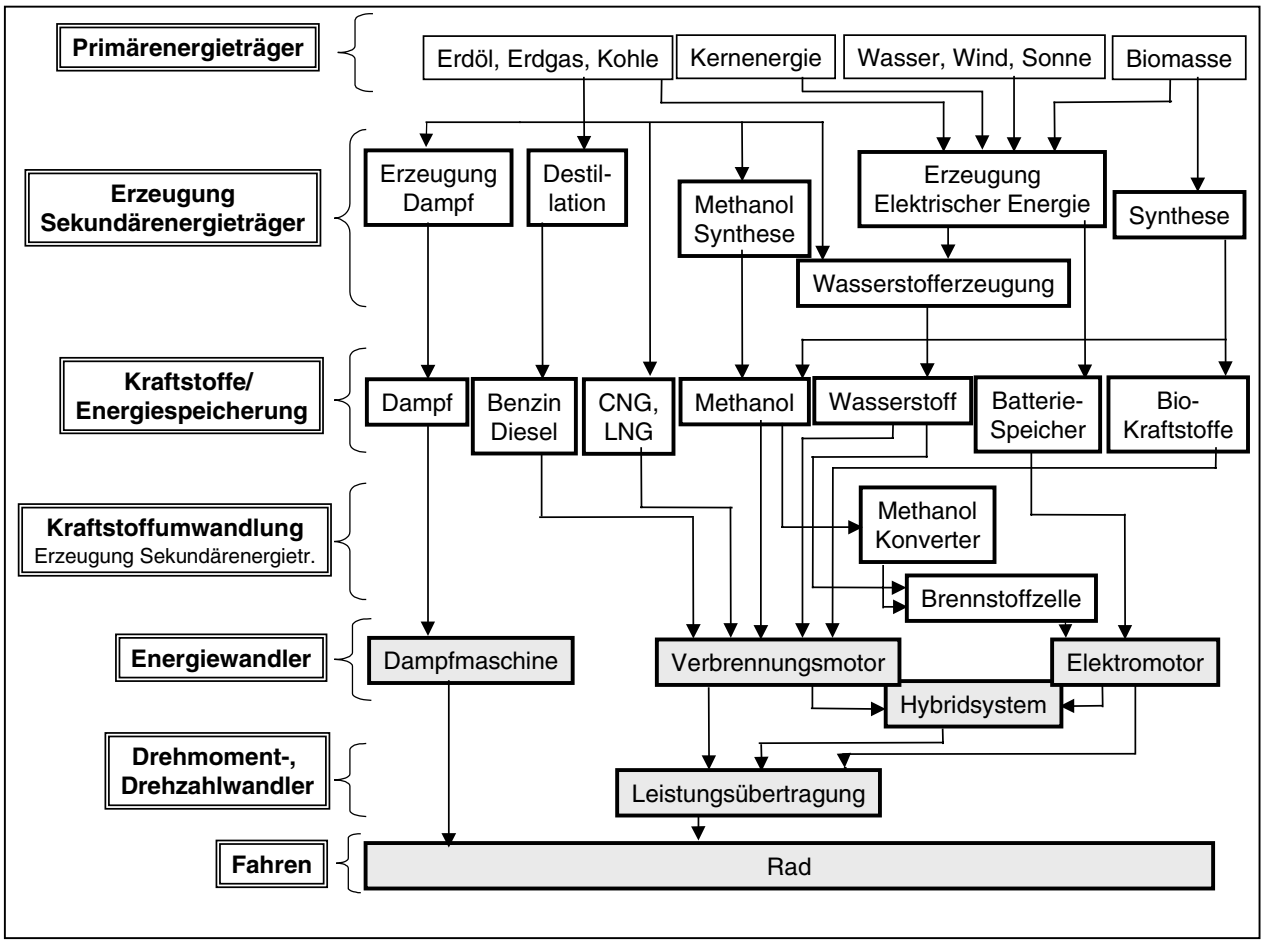


Bild 3: Energiearten für den Fahrzeugeinsatz

nutzbar gemacht werden kann.

Die Auswahl an Antriebsaggregaten ist begrenzt, der Energiewandler ist entweder ein Verbrennungsmotor oder ein Elektromotor, gegebenenfalls auch die Kombination von beiden als Hybridantrieb.

Heute häufig geführte Diskussionen über „alternative“ Antriebe betrachten zum einen die Alternativen auf der Primärenergieebene, hauptsächlich jedoch die Vielfalt der möglichen Treibstoffe, etwa Benzin, Diesel, Methanol, Gas, Wasserstoff.

2.4 Beurteilung von Antrieben

Um Antriebe beurteilen zu können, ist primär die Kenntnis des Verlaufes des Drehmomentes über der Drehzahl (Kennlinie) wichtig, dies sowohl für den Energiewandler als auch an der Schnittstelle zur Umgebung, dem Kontakt Rad / Fahrweg. Des weiteren sind für den Fahrzeugbauer Fragen wie:

- Gewicht und Raumbedarf
- Leistungsvermögen
- Wirkungsgrad
- Preis
- Unterhaltungskosten
- Lebensdauer
- Umweltverträglichkeit

von Bedeutung.

Die Notwendigkeit, diese Anforderungen ganzheitlich zu beurteilen, soll am Beispiel des mitzuführenden Vorrates an Primärenergie verdeutlicht werden. Der mitzuführende Energievorrat ist nicht nur hinsichtlich der Energiedichte der Stoffe selbst zu bewerten, sondern auch die erforderlichen Einrichtungen zur Mitnahme (Behälter, etc.) sind in die Bewertung einzubeziehen. Untersuchungen für Pkw zeigen, dass viele Energiearten für den Fahrzeugeinsatz geeignet sind, also als transportabel bezeichnet werden können, sie zeigen aber auch,

dass die zur Mitnahme an Bord erforderlichen Speicher die nutzbare Energiedichte nach Masse und Volumen wesentlich, d.h. in diesem Falle negativ beeinflussen können. Bild 4 zeigt das spezifische, auf die Masse bezogene Arbeitsvermögen verschiedener Primärenergieträger am Rad, wobei die Erhöhung der Fahrwiderstände durch das zusätzliche Gewicht von Energievorrat und Speicher noch nicht berücksichtigt sind.

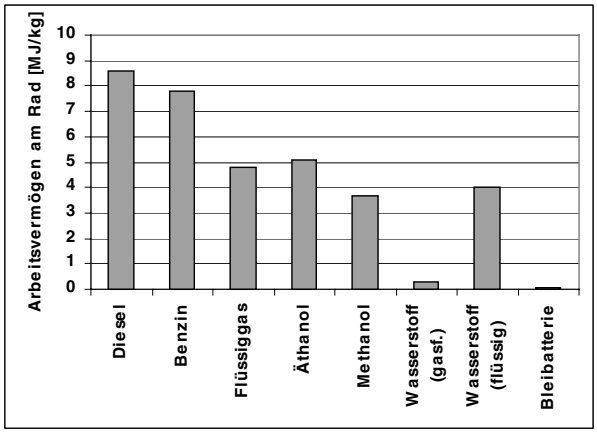


Bild 4: Spezifisches Arbeitsvermögen am Rad verschiedener Primärenergieträger (nach [8])

Nach dieser Untersuchung haben Diesel- und Ottokraftstoffe klare Vorteile hinsichtlich der Transportabilität. Neuere Entwicklungen zeigen aber auch, dass alternative Kraftstoffe, etwa Erdgas oder Wasserstoff, weiter aufholen werden, diese Alternativen aber durch andere Merkmale, etwa das Emissionsverhalten, zusätzliche Vorteile erzielen können.

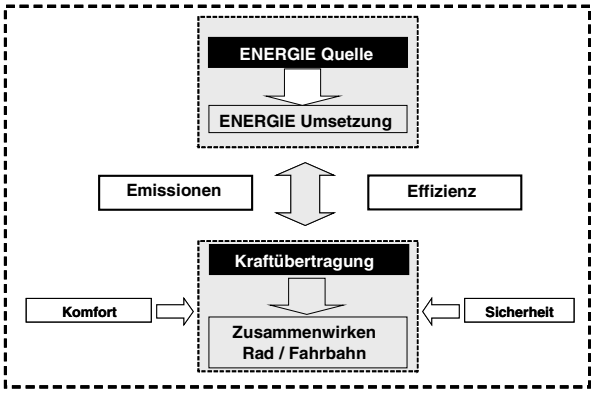


Bild 5: Hauptkomponenten der Antriebe

Der Antrieb von Fahrzeugen umfasst grundsätzlich immer:

- Wandlung eines Primärenergieträgers in mechanische/elektrische Energie
- Übertragung/Anpassung dieser Energie an die Erfordernisse des Fahrbetriebes
- Darstellung der Energie in Form von Drehmoment und Drehzahl am Rad
- Übertragung des Drehmomentes vom Rad auf die Fahrbahn

Bild 5 verdeutlicht diese Aufgabenstellung. In das Bild sind auch aufgenommen die wesentlichen Einflussgrößen, die aus heutiger Sicht die Antriebe der Fahrzeuge beeinflussen. Damit stellt diese Grafik im Allgemeinen die heutige Situation der Antriebe mit ihren Beeinflussungen dar.

Antriebe in diesem umfassenden Sinne meint also die Gesamtheit der Einrichtungen, die aus dem Primärenergieträger als "Kraftquelle" den Vortrieb des Fahrzeuges im Sinne der Übertragung der Kräfte zwischen Rad und Fahrbahn erzeugt.

3. Anforderungen an Antriebe

3.1 Einführung

Um fahren zu können, müssen alle Bewegungswiderstände überwunden werden, d.h. das Fahrzeug muss eine Zugkraft (Z) aufbringen, die der Summe der Bewegungswiderstände (W_i) entspricht.

$$Z = \sum_{i=1}^{n} W_i$$

Üblicherweise geht man von der erforderlichen Zugkraft bei Höchstgeschwindigkeit (v_{max}) aus und ermittelt die notwendige Leistung (P) über

$$P = Z \cdot v$$

Um die installierte Leistung konstant auszunutzen, muss die Zugkraft entsprechend einer Hyperbel verlaufen (Bild 6).

Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, würde die Zugkraft für $v \rightarrow 0$ gegen Unendlich ansteigen. Dies ist - wie die Erfahrung lehrt - in der Praxis nicht durchführbar:

zum einen, weil diese Kräfte ja auch bis zum Rad übertragen werden müssen und die Übertragung großer und größter Kräfte bzw. Momente hinsichtlich der Bauteilfestigkeit Grenze erfährt, etwa für Zahnräder, Gelenkwellen, Fahrmotoren, um nur einige zu nennen,
zum anderen, weil der Kontakt Rad/Fahrbahn nur eine begrenzte Kraft zu übertragen in der Lage ist.

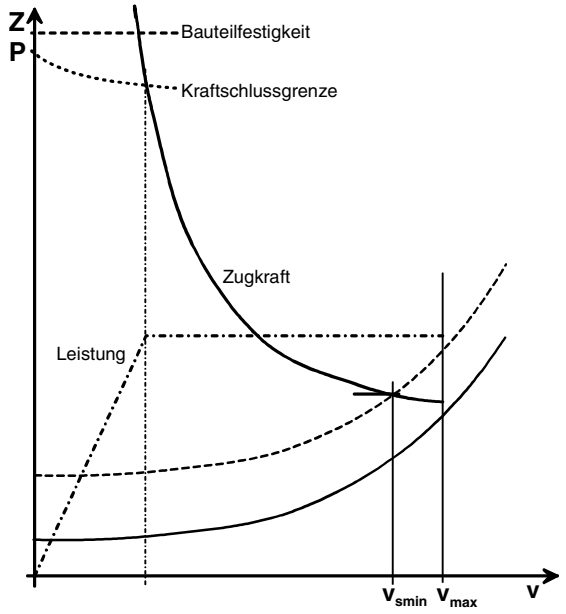


Bild 6: Zugkraft/Leistung über der Fahrgeschwindigkeit

Während die Frage der Bauteilgrenzfestigkeit eher ein Problem der konstruktiven Auslegung ist, ist die Frage der übertragbaren Zugkraft im Zusammenhang der Fahrdynamik von großem Interesse. Die Übertragung von Zugkräften zwischen Rad und Schiene wird bekanntlich durch den Kraftschlussbeiwert μ_{KS} beschrieben. Der Kraftschlussbeiwert ist abhängig von einer Reihe von Größen, etwa dem Schlupf, also der auf die Fahrgeschwindigkeit bezogene Gleitgeschwindigkeit oder der Fahrgeschwindigkeit.
Für Schienenfahrzeuge liegt das Maximum des Kraftschlussbeiwertes bei etwa 1 ... 1,3 % Schlupf, für Kraftfahrzeuge etwa eine Zehnerpotenz höher. Werte für den Kraftschlussbeiwert liegen für Gummiräder auf trockener Betonfahrbahn bei etwa 0,8 ... 1,0, für Stahlräder auf trockenen Stahlschienen bei etwa 0,3 ... 0,4.

Die bisherigen Angaben beziehen sich auf den Radaufstandspunkt. Infolgedessen ist eine aus Zugkraft am Radumfang und Fahrgeschwindigkeit ermittelte Leistung ebenfalls auf den Radumfang bezogen. Üblicherweise gibt man für Fahrzeuge die installierte Leistung als Kenngröße an, d.h. für elektrische (Schienen-) Fahrzeuge die am Stromabnehmer (für Traktion) aufgenommene Leistung, für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotorantrieb die Nennleistung des Antriebsmotors. Für das Gesamtsystem ist jedoch abweichend hiervon die mögliche Leistung, die der Primärenergieträger erbringen kann, heranzuziehen. Um also von der Leistung am Radumfang zur benötigten Leistung zu gelangen, sind alle Verluste zu berücksichtigen. Es ergibt sich die aufzubringende Leistung zu

$$P = \frac{1}{\eta} \cdot Z \cdot v$$

wobei η den Gesamtwirkungsgrad vom Primärenergieträger bis zum Radumfang beschreibt, ein Umstand, der insbesondere bei der elektrischen Traktion gerne verschwiegen wird.

Aus dem Wunsch nach konstanter Leistung am Radumfang ergibt sich die Aufgabe des Antriebes, nämlich mit geringstmöglichen Emissionen und Verbrauch die Zugkraft so komfortabel und sicher wie möglich auf den Fahrweg zu übertragen.

3.2 Emissionen und Verbrauch

Das grundsätzliche Dilemma aller Antriebe zeigt Bild 7. Dies gilt grundsätzlich für alle Antriebe mit Verbrennungsmotoren, es gilt - wenn man den Primärenergiewandlungsprozess im Kraftwerk mit in die Betrachtung einbezieht - auch für die elektrische Traktion der Eisenbahn.

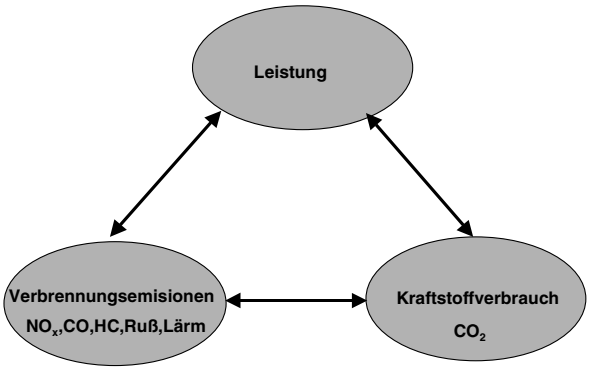


Bild 7: Magisches Dreieck der Antriebe

Die Komponenten der Verbrennungsemissionen werden direkt durch die Qualität des Verbrennungsprozesses definiert (Bild 8).
Der Kraftstoffverbrauch und damit die CO_2-Emission wird durch den Wirkungsgrad des Antriebes und durch Fahrzeugmasse, Fahrstil, elektrischen Energieverbrauch im Fahrzeug, Form des Fahrzeuges und Fahrwiderstand beeinflusst (Bild 8). So ergibt eine Verringerung der Fahrzeugmasse um 100 kg bei durchschnittlicher Fahrweise eine Reduktion des Kraftstoffverbrauches um etwa 0,6 l / 100 km (Benzin) und etwa 0,4 l / 100 km (Diesel), und 1 kW elektr. Energieverbrauch an Bord benötigt etwa 1,7 l / 100 km (Benzin) bzw. etwa 1,5 l / 100 km (Diesel).

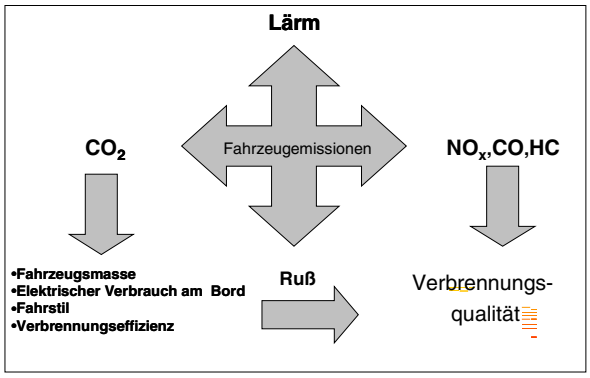


Bild 8: Hauptquellen der Fahrzeugemissionen

Die Bemühungen, die Emissionen zu senken, werden durch stetig verschärfte Abgasgesetzgebungen vorangetrieben, die CO_2-Senkung wird durch eher unverbindliche politische Absichtserklärungen (Kyoto-Protokoll) und steuerliche Maßnahmen begünstigt.

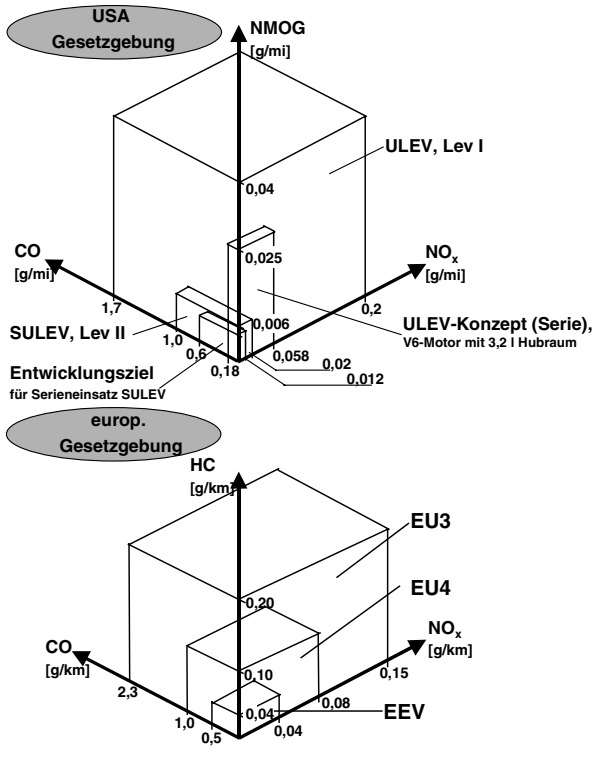


Bild 9: Emissionsregelungen für Pkw in USA und Europa

Bild 9 zeigt die Entwicklung der Abgasgesetzgebung in USA und Europa in den letzten Jahren. Die Grenzwerte sind stetig verschärft worden, weitere Grenzwertsenkungen sind geplant. Der damit erreichte Stand führt zu außerordentlich niedrigen Werten, die in die Nähe der Nachweisgrenze führen. Man bedenke bei den Zahlen stets, dass die Schadstoffanteile am Abgas ohne Nachbehandlungsmaßnahmen lediglich etwa 1% des Abgases ausmachen. Die Einhaltung der Grenzwerte wird heute durch motorische, vor allem aber durch Nachbehandlung der Abgase erreicht.

Durch viele motorische Maßnahmen und Wirkungsgradverbesserungen der Leistungsübertragungen konnte der relative Verbrauch der Fahrzeuge wesentlich reduziert werden, der absolute Verbrauch hat aber durch stetig wachsende Leistung und / oder Masse der Fahrzeuge, nicht zuletzt durch zusätzliche Ausrüstungen, aber auch durch steigende Sicherheitsstandards diese Verbrauchsverbesserung nicht in dem möglichen Rahmen nachvollzogen.

Bild 10 veranschaulicht exemplarisch die Entwicklung des Fahrzeuggewichtes vom Golf I bis zum Golf IV. Dieses Mehrgewicht resultiert aus dem insgesamt größer gewordenem Fahrzeug und aus zusätzlichen Ausrüstungen, nicht zuletzt wegen der gestiegenen Emissionsgrenzwerte und höherer Komfortansprüche. Im gleichen Zeitraum wurde der Kraftstoffverbrauch durch verschiedenen Maßnahmen wesentlich gesenkt.

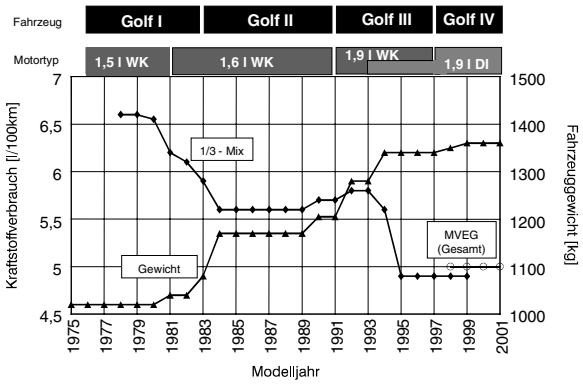


Bild 10: Entwicklung Kraftstoffverbrauch und Fahrzeuggewicht beim Golf Diesel

3.3 Komfort und Sicherheit

Wesentliches Merkmal der Fahrzeugentwicklung der letzten 20-30 Jahre war die Steigerung des Komforts und die Verbesserung der Sicherheit der Fahrzeuge. Dies gilt für Straßen- wie auch für Schienenfahrzeuge. Herausragender Beleg für die bessere sicherheitstechnische Ausstattung insbesondere der Pkw ist die Zahl der getöteten Verkehrsteilnehmer: in den sechziger Jahren lag die Zahl der Verkehrstoten in den alten Bundesländern - bei wesentlich niedrigerer Verkehrsdichte - in der Größenordnung von nicht ganz 20.000, derzeit liegt

die Zahl für das Gebiet der alten und der neuen Bundesländer bei rund 7.000.

Die Verbesserung der passiven Sicherheit der Fahrzeuge wurde im wesentlichen durch Optimierungen der tragenden Strukturen, insbesondere hinsichtlich des Verformungsverhaltens (Crash), durch neue Materialien und durch verbesserte ergonomische Bedingungen für die Fahrer erreicht.

Im Bereich der aktiven Sicherheit konnte insbesondere durch Einführung ergänzender, meist elektronisch gesteuerter Systeme eine Verbesserung erreicht werden. Beispielhaft seien hier genannt:

- Sicherheitsgurte
- Antiblockiersysteme
- Traktionssteuerungen
- Airbags

Interessanterweise sind viele dieser Systeme, etwa ABS, Traktionssteuerungen, lange Zeit vor der Einführung im Straßenfahrzeug in Schienenfahrzeugen realisiert worden.

Die Steigerung des Komforts der Fahrzeuge ist in mancherlei Hinsicht durchaus kritisch zu betrachten. Zwar ist grundsätzlich nichts gegen komfortable Fahrzeuge einzuwenden, etwa im Bereich des Sitzkomforts oder bei entsprechenden klimatischen Verhältnissen der Einbau von Klimaanlagen, aber viele zur Steigerung des Komforts dem Kunden insbesondere der automobilen Oberklasse angediente Einrichtungen können durchaus als überflüssig bezeichnet werden, zumal sie dem wirtschaftlichen Betrieb der Fahrzeuge entgegenstehen. Wenn heute in Oberklassefahrzeugen bis zu 90 Elektromotoren (bei steigender Tendenz) zum Einstellen von Sitzen, Scheiben, Spiegeln, etc. verbaut werden, so trägt dies in nicht unerheblichem Maße zur Gewichtssteigerung bei.

Man kann einwenden, dass diese Komfortpakete nur einen sehr kleinen Teil der Fahrzeuge betrifft, aber es gibt eine sehr ausgeprägte Tendenz, Merkmale der Oberklasse über die obere Mittelklasse auch in die weit verbreitete Mittelklasse einzuführen (siehe weiter oben das Beispiel Golf).

3.4 Leistung

Eine weitere, viel diskutierte Anforderung an den Antriebsstrang ist die Leistung. Grundsätzlich wird die notwendige Leistung definiert über:

- die gewünschte maximale Fahrgeschwindigkeit,
- die erforderliche Beschleunigung,
- die in "normalen" Steigungen für notwendig erachtete Mindestgeschwindigkeit.

Die Fahrgeschwindigkeit in der Ebene (Beharrungsgeschwindigkeit) ergibt sich aus dem Gleichgewicht von Bedarfsleistung (Produkt aus Bewegungswiderständen und Geschwindigkeit) und verfügbarer Leistung am Rad. Wenn man eine deutliche Beschleunigungsreserve berücksichtigt, so ergibt sich für einen Mittelklasse-Pkw eine erforderliche Leistung von max. ca. 30 kW für eine Fahrgeschwindigkeit von 120 km/h (Bild 11).

Um diese Fahrgeschwindigkeit zu steigern ist die Leistung weit überproportional zu steigern, eine Verdoppelung der Fahrgeschwindigkeit erfordert eine sechs- bis achtfach höhere Leistung. Der genaue Steigerungsfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis des konstanten Fahrwiderstandsanteiles zum Luftwiderstandsanteil, der bekanntlich proportional zum Quadrat der Fahrgeschwindigkeit ist.

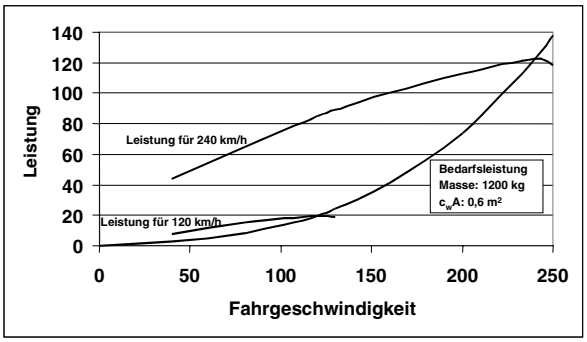


Bild 11: Erforderliche Fahrzeugleistung (Leistung in kW)

Die Masse des Fahrzeuges geht in die Leistung ein über

- den Fahrwiderstand,
- die Beschleunigung.

In beide Widerstandsanteile geht die Masse linear ein, die erforderliche Leistung steigt jedoch - bei konstanter Fahrgeschwindigkeit - unterproportional mit der Masse des Fahrzeuges, weil der Luftwiderstand von der Masse unbeeinflusst ist.

4. Stand der Technik

4.1 Stand der Verbrennungsmotorentechnik

Die Emissionsbestandteile werden primär durch dieVerbrennungsprozessqualität, die Emissionsmenge wird zusätzlich auch durch Antrieb und Fahrzeug definiert . Auch der Kraftstoffverbrauch (CO_2 -Emissionen) wird durch den Wirkungsgrad

des Antriebes, darüberhinaus auch durch Fahrzeugmasse, Fahrstil, Energieverbrauch der Hilfssysteme, Aerodynamik und Kontakt Rad / Fahrbahn definiert (Bild 8). Die wichtigste Aspekte des Verbrennungsmotors als Antriebsquelle für Fahrzeuge werden unabhängig von spezifischen Anwendungen analysiert.

Es gibt eine ganze Reihe von Technologien die für moderne Verbrennungsmotoren angewandt werden, um den Kraftstoffverbrauch und die Abgasemissionen zu senken. Diese Technologien können in zwei Gruppen unterteilt werden:
- innermotorische Maßnahmen, und
- außermotorische Maßnahmen.

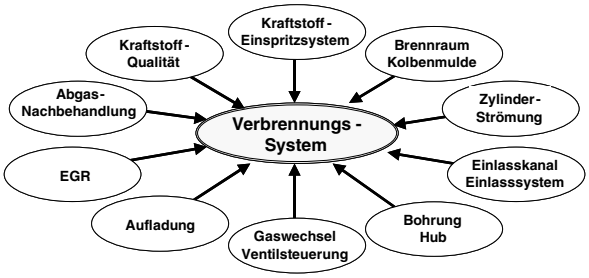


Bild 12: Technologien zur Optimierung des Verbrennungsmotors

Die wichtigsten Maßnahmen beider Gruppen sind in Bild 12 aufgelistet:
- Kraftstoffeinspritzungssystem und Steuerung
- Brennkammer und Ventilsteuerung
- „Down sizing" und Zylinderabschaltung
- Abgasrückführung
- Aufladung und Ladeluftkühlung
- Homogenisierung des Gremisches, und homogenisierung der Verbrennung
- Abgasnachbehandlung
- Kraftstoff.

Zukünftige Motoren müssen sehr niedrige (quasi-Null) Abgasemissionen bei möglichst niedrigem Kraftstoffverbrauch (Bild 13) aufweisen.

Dabei muss der Verbrennungsmotor als Antriebsquelle für Straßenfahrzeuge in einem breiten Bereich von Drehzahl und Last arbeiten, wobei der gewünschte niedrige Kraftstoffverbrauch und die Abgasemissionen in allen Betriebsbereichen realisiert werden sollen. Für Straßenfahrzeuge sind dabei folgende Betriebsbedingungen für den Verbrennungsmotor wünschenswert (Abb.13):
- Motor betrieben mit quasi-stöchiometrischem und homogenem Gemisch für maximale Leistungsdichte
- Motor betrieben mit magerem und homogenem Gemisch für niedrigen spezifischen Kraftstoffverbrauch bei Teilllast
- Motor mit homogener Verbrennung (für quasistöchiometrisches und mageres Gemisch) für sehr niedrige (bis nahe-Null) Abgasemissionen.

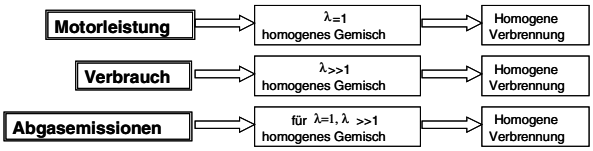


Bild 13. Gewünschte Betriebsbedingungen für Motoren der Zukunft

Besonderes attraktiv ist die Anwendung von magerhomogenem (λ>>1) Gemisch für Teilllast-Betrieb. Das bedeutet, daß der spezifische Kraftstoffverbrauch (b_e) deutlich reduziert werden kann:

$$b_e \cdot \lambda \approx const.$$

Zur Zeit realisiert man die Verbrennung von nichthomogen magerem Gemisch mit dem Ziel, den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Leider geht dies zu Lasten der Abgasemissionen.

Die Autoren sind überzeugt, daß die weitere Entwicklung und die Anwendung von Abgasnachbehandlungssystemen zwar helfen kann, die Probleme der Verbrennungsemissionen zu reduzieren, diese Systeme werden aber die Probleme nicht lösen, insbesondere im Hinblick auf die nach 2005 geltenden Grenzwerte (siehe Bild 9) [17]. Um diese Emissionsnormen zu erfüllen, ist direkt in den Verbrennungsprozess des Motors einzugreifen.

Für Pkw-Fahrzeuge mit Ottomotor wurden die NO_x und HC Emissionen um 40% (EURO 3) bzw. um 70% (EURO 4) reduziert (bezogen auf EURO 2) [1]. Daneben wurden die CO Emissionen um 30% bzw um 70% reduziert. Für dieselbetriebene Pkw- bzw. kleine Lkw-Fahrzeuge sind die Partikel Emissionen um 40% (EURO 3) bzw. 70% (EURO 4) reduziert. Weiterhin sind die NO_x und HC Emissionen um 12% bzw.um 56%, die CO-Emissionen um 40% bzw.um 50% reduziert worden. Das zeigt insbesondere, wie wichtig das Dieseldilemma: NO_x – Ruß für die Erfüllung der zukünftigen Emissionsnormen ist.

Für große Lkw-Fahrzeuge sind die Partikelemissionen um 30% (EURO 3) bzw. um 80% (EURO 4/5) reduziert. Daneben sind die NO_x-Emissionen um 30% bzw. um 50% (EURO 4) und 70% (EURO 5) reduziert. Die CO-Emissionen sind um 40% und 50% (EURO 3 bzw. 4) reduziert.

Neben dem Verbrennungsmotor als Antriebsquelle, trägt auch das Fahrzeug durch sein Gewicht und seine Aerodynamik, der Fahrer durch seinen Fahr-

still zum Kraftstoffverbrauch bei. Von verbrennungsmotorischer Seite sind noch zusätzliche Aspekte wie Leistungsdichte (pro Volumen), Motordynamik, Lärm und Zuverlässigkeit von großen Bedeutung.

Alle herkömmliche Verbrennungssysteme können nach Art der Gemischbildung und Zündung in einer der folgenden fünf Gruppen eingeordnet werden. Das Potential für Abgasemissionen und Kraftstoffverbrauch Reduktion wird analysiert.

1. *Verbrennungsmotor mit homogenem, stöchiometrischem Gemisch, und lokaler Zündung (z.B. Benzindirekteinspritzer mit stöchiometrischem Gemisch).*

Dieses Verbrennungssystem bietet hohe Leistungsdichte, hohen spezifischer Kraftstoffverbrauch, hohe Roh-Emissionen (insbesondere NO_x und CO) und sehr niedrige (oder keine) Ruß-Emissionen. Die Verfügbarkeit des Dreiwegekataly

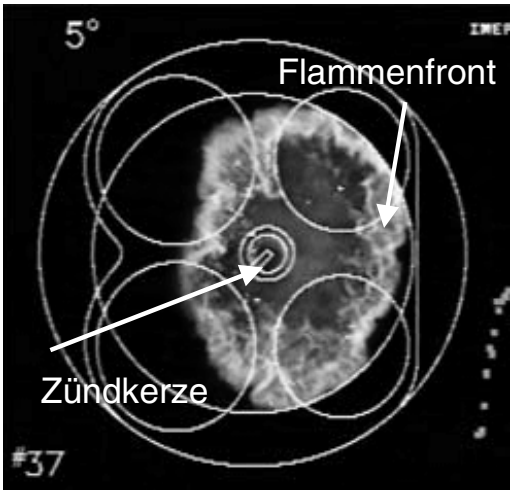


Bild 14: Beispiel Flammenfront bei Fremdzündung des homogenes Gemisches

sators erlaubt die hohe Roh-Emissionen signifikant zu senken. Der Verbrennungsprozess ist nicht homogen, mit einer Flammenfront, die sich vom Flammenkern durch den Brennraum ausbreitet (Bild 14). Dieses Verbrennungssystem ist in starkem Maße vom verwendeten Kraftstoff abhängig.

2. *Verbrennungsmotor mit nicht-homogenem-mageren Gemisch, und lokaler Zündung (z.B. Benzindirekteinspritzer mit geschichtetem Gemisch).*

Dieses Verbrennungssystem erlaubt es, den spezifischen Kraftstoffverbrauch unter Teilllastbetriebsbedingungen durch Verbrennung von geschichtet - magerem Gemisch zu senken. Hohe NO_x- und HC-Roh-Emissionen und signifikante Ruß-Emissionen charakterisieren das Verbrennungssystem. Zur Zeit gib es nur technisch noch nicht zufriedenstellende Abgasnachbehandlungssysteme zur Senkung der hohen Roh-Emissionen. Der Verbrennungsprozess ist nicht homogen, teilweise diffussionskontrolliert mit einer Flammenfront, die sich vom Flammenkern durch den Brennraum ausbreitet (Bild 15). Auch dieses Verbrennungssystem ist sehr vom verwendeten Kraftstoff abhängig.

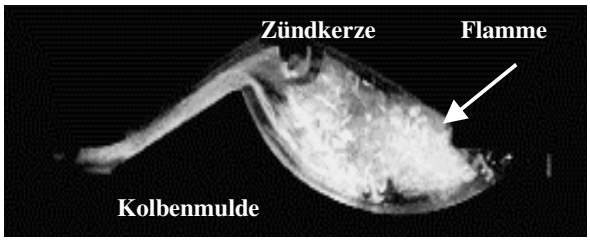


Bild 15: Beispiel Verbrennung in einem geschichtetem GDI-System (GDI-Mitsubishi)

3. *Verbrennungsmotor mit nicht-homogenem-magerem Gemisch, und selbst-(Kompressions) Zündung (z.B. direkteinspritzender Dieselmotor).*

Dieses Verbrennungssystem garantiert sehr niedrigen spezifischen Kraftstoffverbrauch unter Nutzung nicht-homogenen Gemisches. Die lokal hohe NO_x-Roh-Emissionen und signifikante Ruß-Emissionen charakterisieren die Qualität des Verbrennungsprozesses.

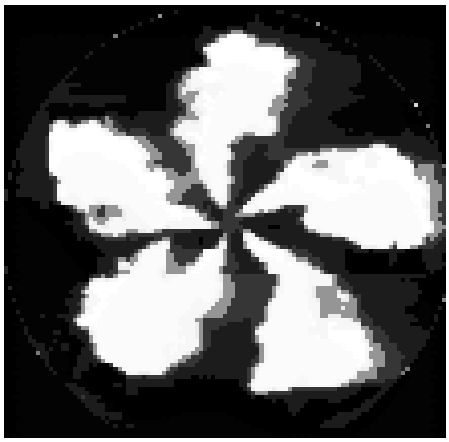


Bild 16: Beispiel Brennender Spray in Dieselmotor

Zur Zeit gib es noch kein zufriedenstellendes Abgasnachbehandlungssystem, um die hohe Roh-Emissionen (NO_x und Ruß) zu senken. Der Verbrennungsprozess ist nicht homogen und stark diffusionskontrolliert. (Bild 16). Auch dieses Verfahren ist vom verwendeten Kraftstoff abhängig.

4. *Verbrennungsmotor mit homogenem, mageren Gemisch, und Selbst- (Kompressions-) Zündung (z.B. HCCI Konzept- Homogeneous Charge Compression Ignition).*

Dieses Verbrennungssystem hat Potential für niedrigen spezifischen Kraftstoffverbrauch unter Teilllastbetriebsbedingungen und nutzt ein homogenes Gemisch. Die Kombination von kompressionsindizierter Selbstzündung und homogenen Gemisches garantiert ein homogenes Temperaturfeld (keine lokale Temperaturspitzen) und sehr niedrige NO_x-Roh-Emissionen (für mageres Gemisch). Wenn der Kraftstoff vor der Zündung vollständig verdampft wird, sind kaum Ruß-Emissionen zu erwarten. Dieses System kann derzeit noch nicht mit höherer Last bzw. nicht unter nicht-stationären Bedingungen arbeiten [9, 10, 12, 22].

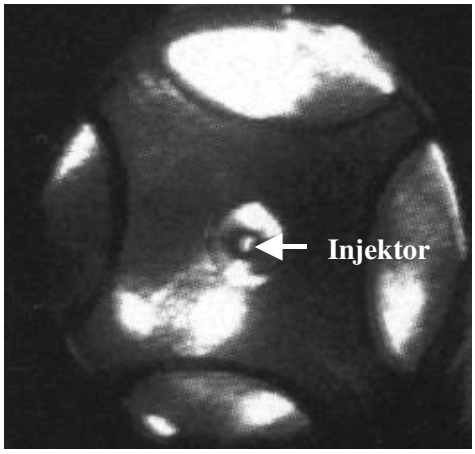


Bild 17: Beispiel homogene Verbrennung in Dieselmotor (HCCI) (Quelle: DaimlerChrysler)

Das System reagiert sehr empfindlich auf lokale Gemischinhomogenitäten, auch lokales Flammenquenching (z.B. in Wandnähe) ist möglich. Große Probleme macht das Zündtiming und die Anpassung der Lastpunkte. Der Verbrennungsprozess ist quasi-homogen (Bild 17). Dieses Verbrennungssystem zeigt geringere Abhängigkeiten vom verwendeten Kraftstoff.

5. *Verbrennungsmotor mit homogen- magerem Gemisch, und selbst-(„radical auto-ignition") Zündung z.B.. Radical Combustion Konzept.*

Dieses Verbrennungssystem bietet niedrigen spezifischen Kraftstoffverbrauch unter Teilllastbetriebsbedingungen und nutzt ein homogenes Gemisch. Der Verbrennungstemperaturfeld ist nahezu homogen ohne Temperaturspitzen. Die chemisch- (durch aktive Radikale) indizierte Selbstzündung (volumetrische Zündung) und homogenes Gemisch garantieren sehr niedrige NO_x-Roh-Emissionen [14]. Wenn der Kraftstoff vor Zündung vollständig verdampft wird, sind kaum Ruß-Emissionen zu erwarten. In konventionellen Systemen wird die chemische Aktivität des Gemisches durch Abgasrückhaltung im Zylinder (meistens in 2-Takt Motoren) unterstützt. Deswegen sind höhere Lasten derzeit nicht möglich. Neue Möglichkeiten eröffnet ein neues Gemischbildungskonzept, als MDI (Mixture Direct Injection) bezeichnet [24, 25].

Der Verbrennungsprozess (RC) ist quasi-homogen. Dieses Verbrennungssystem zeigt ebenfalls geringere Abhängigkeiten vom verwendeten Kraftstoff.

Im Rahmen dieser Arbeit werden nur konventionelle Verbrennungssysteme im Sinne einer Beschreibung des „Standes der Technik" analysiert. Völlig neue Konzepte für homogene Verbrennung im Motor, wie z.B. Porenmotorkonzept [4, 5, 6] werden in einer folgenden Abhandlung präsentiert und analysiert.

Die aktuellen F&E Aktivitäten im Bereich Abgasemissionsreduzierung betreffen in erste Linie Abgasnachbehandlungssysteme, die insbesondere für Magermotoren und Russfilter geeignet sind . Die wichtigsten Technologien auf diesem Gebiet sind:

- Dreiwegekatalysator
- Mager NO_x-Katalysator
- Selektiv Katalysator für NO_x
- NO_x adsorbers
- Plasma unterstützte Katalyse (niedrig Temperatur Prozess)
- Dieseloxidationskatalysator
- Partikel (Ruß) filter

Neben den Abgasnachbehandlungssystemen, die nur die „Ergebnisse" des Primärverbrennungsprozesses beeinflussen, sind auch direkte Verbesserungen am Verbrennungsprozess durch innermotorische Maßnahmen aktuelle Themen für den Verbrennungsmotor. Die wichtigste Technologien seien noch einmal kurz analysiert.

- ***Kraftstoffeinspritzungstrategien:***

- hoher Einspritzdruck (bis über 2000bar) (Pumpe-Düse, Common-rail, Verteilerpumpe)
- Düsenoptimierung (kleine Löcher, Mehrlochdüsen, Variable Düsengeometrie)
- Vor- und Nacheinspritzungsstrategien (für Verbrennungsgeräusche und Abgastemperatur)
- gestufter Einspritzverlauf (Mehrphasen, Mehrzahl)
- Einspritztiming
- Elektronische Steuerung
- Kraftstoff-Wasser Einspritzung.

- ***Mehrventiltechnik***
- 3,4,5 bis 8-Ventiltechnik (Bessere Durchströmung, höhere volumetrische Effizienz, begrenzte Brennraumgeometrie, limitierte Zündkerze- bzw. Injektorlage)
- gewünschte Luftströmungsstruktur (Tumble, Drall, Tipped)
- Variable Ansaugrohrlänge
- Schaltbare Einlasskanäle
- Variabler Hub (z.B. Valvetronic)
- Freisteuerbar (z.B. elektromagnetische Ventilsteuerung)
- Rotationsventil

- ***Ventiltiming und Ventilsteuerung:***
- Nockenwellen Steuerung (variabel timing) – z.B. Vanos
- Ventilhub Steuerung – z.B. Valvetronic
- Freiwählbares Ventilsteuerung (Timing und Hub) – z.B. elektromagnetische Ventilsteuerung EMV

- ***Kolbenmuldegeometrie:***
- Brennraumgeometrie
- Squish
- Gemischschichtung

- ***Abgasrückführung:***
- Kühlung
- Timing
- AGR-Rate

- ***Variable Kompression, Hochdruck - Aufladung und Zylinderabschaltung***

- ***Zündung:***
- Lokale Zündung (Fremd)
- Kompressionszündung nicht homogenen Gemisches
- Kompressionszündung des homogenen Gemisches
- Chemische Zündung des homogenen Gemisch
- 3D-thermische Zündung durch poröses Element.

Die Kombination zwischen Gemischhomogenität, Gemischzusammensetzung (Luftzahl und AG)und Art der Zündung definieren Verbrennungsmodi des Motors, d.h. sie definieren direkt Abgasemissionen und Effizienz.

Die herkömmlichen Verbrennungssysteme des Verbrennungsmotors mit Kraftstoffdirekteinspritzung, die das Potential niedriger Abgasemissionen und niedrigen Kraftstoffverbrauches haben, sind mit Kreisen in Bild 18 markiert.

Diese Abbildung zeigt, dass es kein System gibt, das in allen Betriebsbereichen die Optima hinsichtlich Emissionen und Kraftstoffverbrauch garantieren, wobei jedes System in einem anderem Betriebsbereich als optimal bezeichnet werden kann.

Daher sollen zukünftige Motoren eine Kombination verschiedener Verbrennungmodi nutzen, um Emissionen und Kraftstoffverbrauch in allen Betriebspunkten zu optimieren (siehe Konzept des Intelligenten Motors [25]).

Die wichtigste Probleme der GDI -Motoren liegen in folgenden Bereichen:
- Flüssiger Kraftstoff im Brennraum
- Kraftstoffverdampfung in Kolbenmulde
- Homogenisierung bzw. Schichtung des Gemisches
- Mager Zündgrenze für homogen-mageres Gemisch.

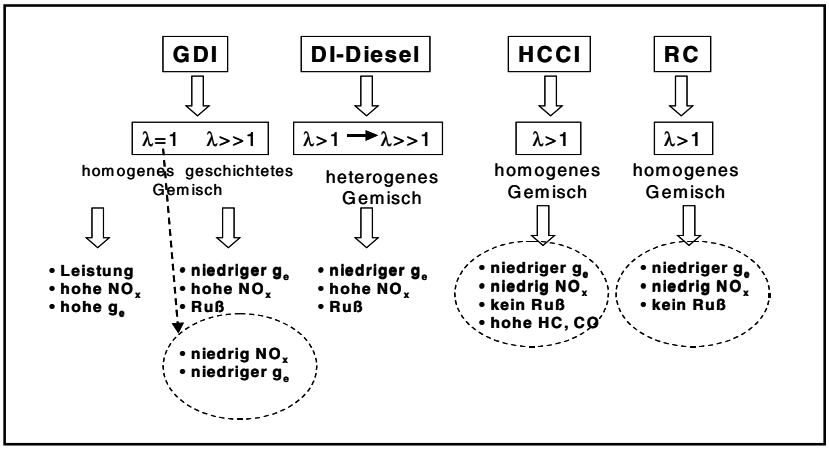


Bild 18: Wichtigste Merkmale des herkömmlichen Verbrennungsmotors

Die RC-Motoren haben bei vor allem bei folgenden Aspekten Probleme:
- Flüssiger Kraftstoff im Brennraum
- Kraftstoffverdampfung vor der Zündung
- Homogenisierung des Gemisches
- Kontrolle der chemischer Aktivität des Gemisches
- Grenze für fettere Gemische
- Konzentration der aktiven Radikalen Nutzung AGR im Zylinder.

Probleme der HCCI-Motoren liegen in folgenden Bereichen:
- Flüssiger Kraftstoff im Brennraum
- Kraftstoffverdampfung vor der Zündung
- Homogenisierung des Gemisches
- Zündfähigkeit des Gemisches nach Gemischzusammensetzung
- Kontrolle des Zündtimings in breiterem Bereich von Last und Drehzahl
- Leistungsdichte und Druckspitzen
- Hohe HC und CO Emissionen bei Teilllast.

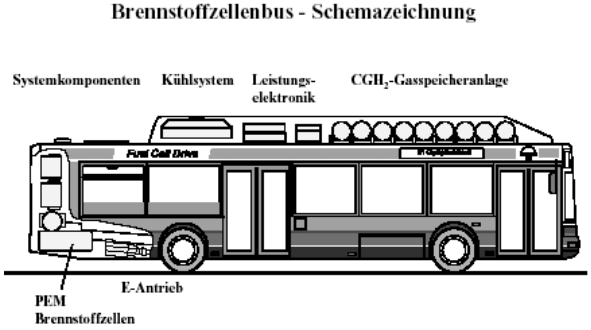
Die aufgelistete Probleme des herkömmlichen Verbrennungsmotor und verfügbare (inner- und außermotorische) Technologien zeigen, dass für den Motor der Zukunft die „einfache“ Kombination dieser Technologien nicht ausreichen wird, um die gewünschte Reduktion der Schadstoffe und des Kraftstoffverbrauches zu erreichen. Völlig neue Konzepte für Motor und Antrieb der Zukunft sind notwendig.

4.2 Stand der Brennstoffzellentechnik

Die Brennstoffzelle hat den besonderen Vorteil, dass sie aus Wasserstoff und Sauerstoff elektrische Energie emissionsfrei erzeugen kann. Es gibt verschiedene Typen von Brennstoffzellen: Die bei niedereren Temperaturen arbeitenden phosphorsauren Brennstoffzellen (PAFC, phosphoric acid fuel cell) und Brennstoffzellen mit Protonenaustauscher-Membran (PEMFC, proton exchange membrane fuel cell) sowie die bei hohen Temperaturen arbeitenden Schmelzkarbonatbrennstoffzellen (MCFC, molten carbonate fuel cell) und keramische Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC, solid oxide fuel cell). Früher wurden in der Raumfahrt auch Brennstoffzellen mit alkalischem Elektrolyten (AFC, alkaline fuel cell) eingesetzt, sie haben heute aber keine zivile Bedeutung.

Die Membran Brennstoffzelle ("Proton Exchange Membrane Fuel Cell" (PEMFC)) ist eine Niedertemperaturbrennstoffzelle. Sie arbeitet bei Betriebstemperaturen unter 100 Grad Celsius. Bei niedrigen Temperaturen sind Katalysatoren notwendig, um eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit der elektrochemischen Reaktion sicherzustellen. Verwendete Katalysatoren sowie Elektrolyte erfordern eine vergleichsweise hohe Brenngasreinheit.

Die Direktmethanol-Brennstoffzelle (DMFC) ist ebenfalls eine Niedertemperaturbrennstoffzelle. Sie arbeitet bei Betriebstemperaturen unter 100 Grad Celsius. Wie bei der PEM-FC sind Katalysatoren für eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit notwendig.



Fahrzeug	MAN Nutzfahrzeuge AG
Modell	NL 163 FC Niederflurbus
Länge	12 m
zul. Gesamtgewicht	18 t
Fahrzeugantriebssystem	**Siemens AG Transportation**
Antrieb	Asynchron Motor, 1 PV 5135
Ausgangsleistung Fahrmotor	2 x 75 kW über Summengetriebe und Gelenkwelle zur Hinterachse
Umrichter	IGBT Umrichter, Typ ELFA-DUO
Brennstoffzellensystem	**Siemens AG KWU**
Anzahl Module	4
Nennleistung	120 kW
max. Ausgangsspannung	400 V
Betriebstemperatur	60 °C
Betriebsdruck	0,15 MPa_{abs}
Wasserstoffverbrauch bei Nennleistung	8 kg / h
Wasserstoffvorratssystem	**MAN Technologie AG**
max. Fülldruck	25 MPa
Anzahl Behälter	9
Behälterkapazität	ca. 1548 l
Aktionsradius	> 250 km
Wasserstoffanlage	**Linde AG**
Fahrzeug – Vers.system	Hauptabsperrhahn, Füllkuppl., Druckreduzierer, Druckltg., etc
Wasserstoff - Füllsystem	Vorrats- und Füllsystem einschl. Sicherheitseinrichtungen

Bild 19: Brennstoffzellen-Bus von MAN

Die phosphorsaure Brennstoffzelle ist eine Mitteltemperaturbrennstoffzelle. Sie arbeitet bei Betriebstemperaturen von ca. 200°C mit einem Elektroly-

ten. Sie ist bezüglich der eingesetzten Brennstoffe deutlich flexibler als die Niedertemperaturbrennstoffzellen.

Die Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle ist eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle. Die MCFC arbeitet in einem noch eher moderaten Temperaturbereich bei ca. 650°C. Die einsetzbare Brennstoffbandbreite erweitert sich dabei nochmals deutlich gegenüber der Mitteltemperatur-Brennstoffzelle.

In zwei Bereichen wurde die Brennstoffzellen-Entwicklung in den letzten Jahren entscheidend gefördert: zum einen als stationäres Energieerzeugungssystem bei hohen Temperaturen (> 500°C), zum anderen als PEM-Zelle im Niedertemperaturbereich, die auch im mobilen Bereich eingesetzt werden kann. Die PEM Zellenspannung liegt bei etwa 1V, so dass zur Erzeugung höherer Spannungen viele Zellen als "Stack" in Reihe geschaltet werden müssen.

Der Sauerstoff kann aus der Luft entnommen werden, der Wasserstoff muss im Fahrzeug bereitgestellt werden. Im Wesentlichen gibt es dabei zwei Möglichkeiten: entweder wird der Wasserstoff in Wasserstoffflaschen (gekühlt oder unter hohem Druck) mitgeführt, wobei er in Tankstellen getankt werden muss, oder er wird an Bord des Fahrzeugs aus Methanol - z.T. auch aus Benzin oder Erdgas - hergestellt.

Im ersten Fall ist eine Wasserstoff-Tankstelleninfrastruktur notwendig, im zweiten Fall muss ein Reformer im Fahrzeug mitgeführt werden, der in einem Verbrennungsprozess den Wasserstoff aus dem Methanol gewinnt. Prototypen für den ersten Fall sind von praktisch allen Automobilfirmen aufgebaut worden: im Pkw-Bereich der NECAR 4 von DaimlerChrysler, Fahrzeuge von Ford, Opel und Volkswagen; im Busbereich der NEBUS von DaimlerChrysler, Busse von MAN und Neoplan. Die zweite Variante ist durch den NECAR 5 von DaimlerChrysler bekannt geworden.

Die Gründe für die zahlreichen Aktivitäten in Bereich Brennstoffzelle für Mobileinsätze liegen im Potenzial der Brennstoffzelle hinsichtlich Effizienz, Reduktion von Kraftstoffverbrauch und Emissionen sowie bei Innovationen in der Fahrzeugtechnik und der Möglichkeit der Diversifizierung und regionalen Differenzierung der Energiebasis des Verkehrswesens. Im Vergleich zu Verbrennungskraftmaschinen sind u.a. folgende Aspekte positiv hervorzuheben:

Hohe Wirkungsgrade im Teillastbereich führen zu einem höheren Gesamtwirkungsgrad und einem Verbrauchsvorteil. Brennstoffzellen-Antriebe haben das Potenzial, im spezifischen Kraftstoffverbrauch das niedrige Verbrauchsniveau zukünftiger Pkw mit Dieselmotoren zu erreichen oder zu unterbieten.

Beim Fahrzeugbetrieb werden bei der Nutzung von Wasserstoff als Brennstoff keine, bei der Nutzung von Methanol oder anderen Kohlenwasserstoffen - verglichen mit Verbrennungsmotoren - nur geringe Emissionen freigesetzt. Je nach eingesetztem Treibstoff und Brennstoffzellen-Konzept ergeben sich deutliche Vorteile in der Bilanz der Treibhausgase sowie bei weiteren ökologisch relevanten Parametern.

Der weitgehende Wegfall bewegter Teile im Antrieb führt zu mechanischer Einfachheit, Vibrations- und Geräuscharmut und geringerem Wartungsaufwand, der je nach Systemkonzept jedoch u.U. gegen Mehraufwendungen für die Peripherie des Brennstoffzellensystems aufzuwiegen ist. Zudem ermöglicht die Technologie eine leistungsstarke Bordenergieversorgung sowie einen weitaus größeren Spielraum beim Fahrzeugentwurf.

Für den Fahrzeugbereich wird die Realisierung dieser Potenziale am ehesten von der Membran-Brennstoffzelle (PEMFC) erwartet. Brennstoffzellen-Pkw mit Wasserstoff im Tank sind Nullemissionsfahrzeuge. Brennstoffzellen-Pkw mit Methanol und weitgehend auch solche mit Kohlenwasserstoffen als Kraftstoff werden den zukünftigen europäischen Emissionsstandard für Pkw EURO4 (ab 2005) und auch die strengen kalifornischen Emissionsstandards erfüllen und z.T. auch deutlich unterbieten [1, 2, 27].

Insgesamt ist die Entwicklung von Brennstoffzellen für mobile Anwendungen geprägt durch die Diskussion über den "richtigen" Kraftstoff, den Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Technik in der Anwendung - insbesondere im Langzeitbetrieb, die aus heutiger Sicht erforderliche massive Kostensenkung und die Frage nach der Markteinführung. Gegenwärtig liegen keine verlässlichen Angaben über zu erwartende Kosten (und Preise) von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen-Antrieben vor.

Im Mittelpunkt der Forschung Aktivitäten dürfte in den nächsten Jahren der Brennstoffzellen-Antrieb selbst stehen. Schwerpunkte in diesem Bereich sind u.a.

- Entwicklung von effizienten und dynamischen Antriebssystemen,

- Entwicklung von kompakten Einheiten sowie Miniaturisierung von Bauteilen und des Gesamtsystems,
- Entwicklung von Speichersystemen,
- Erhöhung der Betriebssicherheit und Verbesserung der Praxistauglichkeit.

Daneben sind Arbeiten am Gesamtsystem Brennstoffzellen-Fahrzeuge erforderlich. Der Schwerpunkt dürfte dabei die Reduktion der Kosten sein. Ansätze dazu sind - neben entsprechenden Effekten durch hohe Stückzahlen in der Fertigung - vor allem im Fertigungsprozess selbst zu finden, etwa durch den Einsatz neuer Materialien oder die Verringerung des Edelmetall-Einsatzes.

Ergänzend müssen die Fragen nach dem "richtigen" Energieträger und der Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur beantwortet werden. Forschungsschwerpunkte in diesem Bereich dürften u.a. zu erwartende Veränderungen von Kraftstoff-Herstellungsprozessen, Verfahren zur wirtschaftlichen und umweltverträglichen Bereitstellung regenerativer Kraftstoffe, die Definition weltweit vergleichbarer Kraftstoffspezifikationen, der Umgang mit Kraftstoff-Gefahrenpotenzialen, Erfordernisse beim Aufbau von neuen Kraftstoffinfrastrukturen und die Definition praxisnaher Vergleichskriterien sein.

Wasserstoffbetriebene Stadtbusse, basierend auf der Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle, befinden sich bereits kurz vor der Markteinführung (z.B. siehe Bild 19). Die völlige Kommerzialisierung dieser Technologie wird bis etwa 2010 erwartet. Die Verwendung des Brennstoffs Wasserstoff für Automobile in Kombination mit Brennstoffzellensystemen hat die positive Eigenschaft, dass diese Technologie die zwei- bis dreifache Effizienz eines konventionellen Verbrennungsmotors hat, mit Wasserdampf als einzigen Emittenten. Bei Verwendung von Erdgas als Energieträger würden sich die CO_2-Emission pro gefahrenen Kilometer - aufgrund der höheren Wirkungsgrade - auf etwa 35% reduzieren gegenüber benzin- bzw. dieselbetriebenen Fahrzeugen.

Die Perspektive von Personenkraftfahrzeugen ohne Emissionen (bei Verwendung von Wasserstoff) bzw. sehr niedrigen Emissionen (bei Verwendung von Methan oder Methanol) werden für einen Erfolg der Brennstoffzelle bei einer Kommerzialisierung als nicht ausreichend befunden.

Die Tatsache, dass die elektrochemische Energieumwandlung um 20-30 % effizienter abläuft als konventionelle benzin- bzw. dieselbetriebene Verbrennungskraftmotoren wird für die zukünftige Entwicklung jedoch als wesentlich angesehen.

4.3 Stand der Technik der Elektrofahrzeuge

Unter Elektrofahrzeugen sollen in diesem systemtechnischen Zusammenhang alle die Fahrzeuge verstanden werden, die mit ortsfest erzeugtem Sekundärenergieträger betrieben werden. Die elektrische Energie wird dem Fahrzeug entweder über einen Fahrdraht im Betrieb zugeführt oder aber einem geeigneten Speichermedium über einen Netzanschluss zugeführt und das Fahrzeug entnimmt im Betrieb diesem Speicher die notwendige Energie. Die technisch ähnlichen elektrischen Leistungsübertragungssysteme werden im Abschnitt 4.4. behandelt.

Der Antrieb von Elektrofahrzeugen wird heute vorzugsweise mit umrichtergespeisten Drehstromasynchronmotoren realisiert, Bild 20 zeigt den grundsätzlichen Aufbau dieser Antriebsstränge.

Die Fahrdrahtspannung beträgt im Vollbahnbereich 15 kV, 16,66 Hz oder 25 kV, 50 Hz. In kleineren Netzen werden auch Gleichspannungen verwendet, etwa 500 bis 800 V im Nahverkehrsbereich oder bis 3000 V im Vollbahnbereich.

Aus Wechselspannungsnetzen wird über einen Transformator der Gleichrichter, in der Regel ein Vierquadrantensteller, gespeist. Aus Gleichspannungsnetzen (Fahrdraht oder Batterie) wird über einen Eingangssteller eingespeist. Aus dem sich anschließenden Gleichspannungszwischenkreis wird der Umrichter gespeist, der den Drehstrom variabler Spannung und Frequenz bildet. Die Umrichter werden im Vollbahnbereich mit GTO – Thyristoren bestückt, die Zwischenkreisspannung beträgt bis 2800 V=. Insbesondere für Nahverkehrsfahrzeuge kommen zunehmend IGBT – Bausteine zum Einsatz.

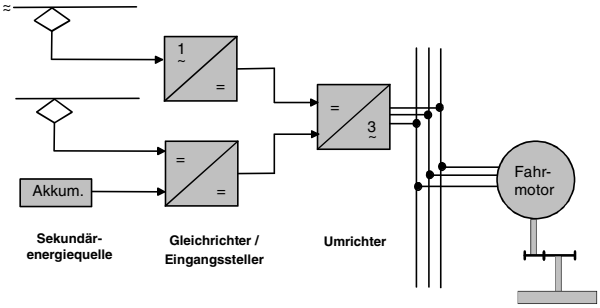


Bild 20: Schema Drehstromantrieb mit unterschiedlichen Sekundärenergiesystemen

Da fahrzeugseitig der Primärenergiewandler entfällt, erreichen fahrdrahtgespeiste Elektrofahrzeuge die höchste Leistungsdichte aller Räderfahrzeuge, Leistungen bis 6 MW bei vierachsigen Fahrzeugen mit Achslasten um 20 t sind heute realisiert.

Batteriegetriebene Fahrzeuge gibt es sowohl als Strassenfahrzeuge wie auch als Schienenfahrzeuge. Bei den Schienenfahrzeugen sei an den Akku – Triebwagen der DB erinnert.

Im Bereich der Strassenfahrzeuge werden heute Elektrofahrzeuge, die ihre Energie aus Batterien erhalten, vorzugsweise dort eingesetzt, wo Emissionen verboten oder nicht erwünscht sind, etwa in Kurorten, da diese Fahrzeuge am Betriebsort emissionsfrei sind.

Es sind verschiedene Batteriesysteme für den Traktionsbetrieb möglich: Die Bleibatterie ist nach wie vor die am meisten eingesetzte Batterie, weil sie die preiswerteste Lösung darstellt. Bleibatterien sind allerdings schwerer als z. B. Nickel-Metallhydrid- und Lithium-Ionen-Batterien, die es zwar schon in großen Mengen u.a. in Mobiltelefonen und Laptops gibt, die aber im hohen Leistungsbereich für Traktionszwecke bisher nur als Prototypen vorhanden sind und noch sehr teuer sind. Die Lithium-Ionen-Batterie wird vielfach favorisiert, weil man aufgrund der hohen Zellspannung von 3,6 V wesentlich weniger Zellen im Vergleich zu anderen Batterietypen braucht, um höhere Motorspannungen und damit niedrigere Ströme im Fahrzeug zu haben. Auch die Hochtemperaturbatterie ZEBRA - in der Schweiz hergestellt - hat gute Aussichten, in täglich genutzte Stadtfahrzeuge eingebaut zu werden.

Neben den hohen Gewichten der einzelnen Komponenten für Speicherung bzw. Zufuhr der elektrischen Energie und der Komponenten zur Anpassung der Fahrmotorkennlinie an die Erfordernisse des Traktionsbetriebes ist ein Schwachpunkt die Verbindung des Fahrmotors mit dem Rad. Insbesondere, wenn hohe Fahrgeschwindigkeiten für Eisenbahnfahrzeuge zu realisieren sind, sind aufwendige mechanische Systeme erforderlich, um die ungefederten Massen klein zu halten.

Ein großer Vorteil dieser Systeme liegt in der Möglichkeit, Bremsenergie in elektrische Energie umzuwandeln und zu speichern (im speisenden Netz oder in der mitgeführten Batterie), Dadurch kann eine wesentliche Steigerung des Systemwirkungsgrades erreicht werden.

4.4 Leistungsübertragungssysteme

Leistungsübertragungen sind immer dann notwendig, wenn die Kennlinie des Energiewandlers oder die Charakteristik des Drehmomentwandlers nicht mit den Erfordernissen des Fahrbetriebes entsprechend Bild 6 übereinstimmt [16, 21, 23]

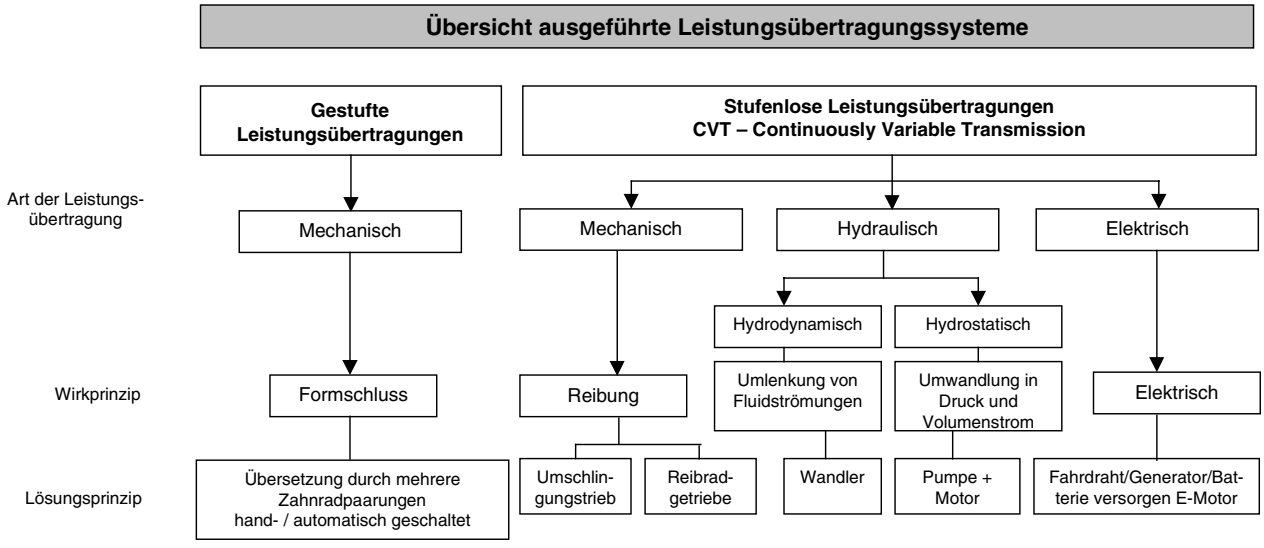


Bild 21: Ausgeführte Leistungsübertragungen

Die einfachste Form der Anpassung stellen die Schaltgetriebe dar, die auch heute noch als Standard im Pkw anzusehen sind. Mit der heute üblichen Zahl von 5 Gängen kann eine grobe aber dennoch ausreichende Annäherung an die Z,v – Hyperbel erreicht werden. Vorteil des Schaltgetriebes ist der von keiner anderen Form der Leistungsübertragung erreichte Wirkungsgrad von ca. 94 –

96 %, nachteilig ist die vor allem wegen der Schaltkräfte begrenzte übertragbare Leistung und die merkliche Zugkraftunterbrechung beim Schaltvorgang.

Eine bessere Anpassung an die Z,v – Hyperbel bei gleichen Wirkungsgraden bieten automatisierte Schaltgetriebe durch rechnergesteuerte Schaltvorgänge und meist leicht erhöhter Gangzahl.

Eine bessere Ausnutzung der installierten Leistung bieten die Systeme mit stufenloser Anpassung des Drehmomentes an die Z,v – Hyperbel.

Stufenlose Übertragungssysteme mit Umschlingungstrieb sind seit etwa drei Jahrzehnten bekannt, sie wurden erstmals als „Variomatic“ von DAF eingesetzt. Das Konstruktionsprinzip ist einfach: zwei bewegliche, kegelförmige Scheibenpaare werden über Riemen verbunden, durch gegensinniges Verschieben der Scheiben verändert sich der jeweilige Auflaufpunkt des Riemens und damit die Übersetzung. Begrenzten die verwendeten Keilriemen das übertragbare Drehmoment beträchtlich, so haben weiterentwickelte Systeme diesen Makel nicht mehr. Maßstäbe setzt das „Multitronic“ von Audi, das derzeit für Drehmomente bis 310 Nm ausgelegt ist, als Übertragungsorgan wird eine Laschenkette eingesetzt [15]. Zusätzlich wird beim „Multitronic“ je eine Lamellenkupplung für die Anfahrt vorwärts / rück-wärts, dadurch werden die Verluste bei der Drehzahlwandlung im Anfahrbereich deutlich reduziert.

Eine zweite Form der mechanischen stufenlosen Übertragungssysteme sind die Reibrad- oder Wälzgetriebe. Diese sind bislang im Fahrzeugeinsatz nur in Ausnahmefällen anzutreffen. So hat GM bereits in den 30er Jahren ein Toroid – Getriebe serienmässig angeboten, dies Getriebe konnte sich aber nicht durchsetzen. Nissan hat 1999 ein Toroid – Getriebe in die Serie eingeführt. Dieses Getriebe ist zwar hinsichtlich Drehmoment (350 Nm) und Spreizung (4,36) mit automatisierten Schaltgetrieben vergleichbar, ist aber wohl wegen des konstruktionsbedingt hohen Gewichtes und des hohen Preises im Nachteil.

Die zweite Gruppe der stufenlosen Leistungsübertragungen sind die hydraulischen Systeme. Die hydrostatischen Systeme sind in ihrem Einsatz auf Fahrzeugen im wesentlichen auf Baufahrzeuge beschränkt. Der Grund hierfür liegt vor allem in der begrenzten Lebensdauer, die bei Fahrzeugen mit ihren ständigen Lastwechseln, die wiederum zu starken Druckschwankungen führen, und den hohen Laufleistungen besonders niedrig ist.

Für den Fahrzeugeinsatz bedeutsamer sind die hydrodynamischen Systeme, bei denen im Gegensatz zur hydrostatischen Leistungsübertragung Strömungsmaschinen als Pumpen und Turbinen verwendet werde. Das Prinzip beruht auf dem von Föttinger im Jahre 1905 entwickeltem Konzept, Pumpe und Turbine in einem Spiralgehäuse zu einem Kreislauf zusammenzufassen. Wird zwischen Pumpe und Turbine ein Drehmoment aufnehmendes Leitrad angeordnet, so ist das System in der Lage, das Eingangsdrehmoment zu wandeln (Übersetzungen bis $i \approx 4$ sind möglich). Ohne Leitrad stellt das System eine hydrodynamische Kupplung dar, die keine Drehmomentwandlung ermöglicht. Leistungsübertragungssysteme nach diesem Prinzip finden sich vor allem in Schienenfahrzeuge, bei Lokomotiven meist als Getriebe mit zwei Wandlern, bei Triebwagen als Getriebe mit einem Wandler und ein oder zwei nachgeschalteten Hydr. Kupplungen.

Bei Strassenfahrzeugen wird der hydrodynamische Wandler meist in Getrieben als Anfahrwandler mit nachgeschalteten, mechanischen Übersetzungsstufen eingesetzt. Diese Getriebe schalten automatisch, je nach Aufbau auch ohne Zugkraftunterbrechung.

Die dritte Gruppe der stufenlosen Leistungsübertragungen sind die elektrischen Systeme. Hier besteht die Aufgabe – im Gegensatz zu den Elektrofahrzeugen, die ihre Sekundärenergie aus weitgehend konstanten Netzen beziehen – darin, die für die Traktion ungeeignete Kennlinie eines Verbrennungsmotors an die Bedürfnisse des Fahrbetriebes anzupassen. Auch hier hat sich die Drehstromtechnik weitgehend durchgesetzt (Bild 22).

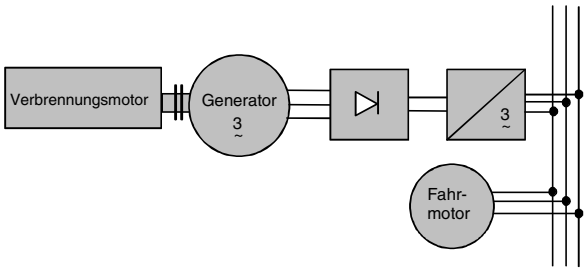


Bild 22: Dieselelektrische Leistungsübertragung in Drehstromtechnik

Die bereits bei den Elektrofahrzeugen angesprochen Nachteile
- Hohes Gewicht,
- Hohes Bauvolumen,
- Ungefederte Massen,

bleiben für dieses Übertragungssystem unverändert bestehen.

Interessant ist ein Vergleich der Wirkungsgrade der verschiedenen stufenlosen Systeme [20]. Im Lei-

stungsbereich um 400 bis 500 kW werden alle angeführten Systeme verwendet. Das mechanische Getriebe z.B. als am Dieselmotor angeflanschter Stufenautomat in Verbindung mit Gelenkwelle und einstufigem Achsgetriebe (einschl. Differential), die hydraulische Leistungsübertragung, z.B. mit einem Wandler und einer Kupplung, in Verbindung mit Gelenkwelle und zweistufigem Radsatzgetriebe und die dieselelektrische Leistungsübertragung z.B. mit einem einstufigen Rädertrieb in Tatzlageranordnung. Hierfür zeigt Bild 23 den Vergleich der Wirkungsgrade der drei Systeme. Hinsichtlich des Wirkungsgrades (nicht etwa hinsichtlich des Komforts) ist die mechanische Leistungsübertragung kaum zu übertreffen.

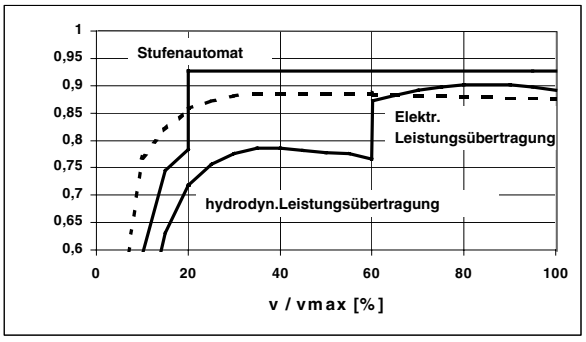


Bild 23: Wirkungsgradvergleich stufenloser Leitungsübertragungssysteme

5. Ausblick

Die vorstehenden Ausführungen geben den derzeitigen Stand der Fahrzeugantriebstechnik wieder. Abschließend sollen die aus den laufenden Entwicklungen zu ziehenden Schlussfolgerungen für die Fahrzeugantriebe der Zukunft aus Sicht der Autoren kurz erläutert werden. An zukunftsfähige Fahrzeugantriebe sind zwei Hauptforderungen zu stellen (Bild 24):

- quasi - Null Emissionen, und zwar für alle Schadstoffkomponenten,
- minimaler Energieverbrauch.

Die Realisierung beider Forderungen ist nach Auffassung der Autoren für zukünftige Fahrzeuge zwingende Vorraussetzung, wobei die Verfügbarkeit entsprechender Primärenergieträger einerseits und Sicherheit und Komfort andererseits wichtige Rahmenbedingungen darstellen.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird es nicht ausreichend sein, die bisher entwickelten Systeme zu optimieren, sondern es werden - zumindest in Teilbereichen - neue Konzepte und Technologien entwikkelt werden müssen. Dies schließt für die Zukunft auch heute noch völlig unbekannte Antriebskonzepte ein.

Auf der Basis der vorstehenden Analyse bestehender Antriebskonzepte wird deutlich, daß dem Primärenergiewandlungsprozess hinsichtlich des Emissionsverhaltens und des Verbrauches zentrale Bedeutung zukommt. Für diesen Prozess spielt derzeit der Verbrennungsmotor eine alles überragende Rolle. Es stellt sich aber die Frage, ob er diese Rolle auch weiterhin einehmen kann.

Schon aufgrund seiner heutigen Verbreitung wird diese Rolle sicher lange Zeit erhalten bleiben. Die Chancen, diese Rolle auch weiterhin in gleichem Maße spielen zu können, werden steigen, wenn es gelingt, homogene Verbrennung in allen Betriebspunkten zu realisieren. Dabei ist homogene Verbrennung nicht zu verwechseln mit homogenem Gemisch. Für homogene Verbrennung sind drei Bedingungen Vorraussetzung:

- Homogenisierung des Gemisches,
- Dreidimensionale (räumliche) Zündung,
- Volumetrische Wärmefreisetzung.

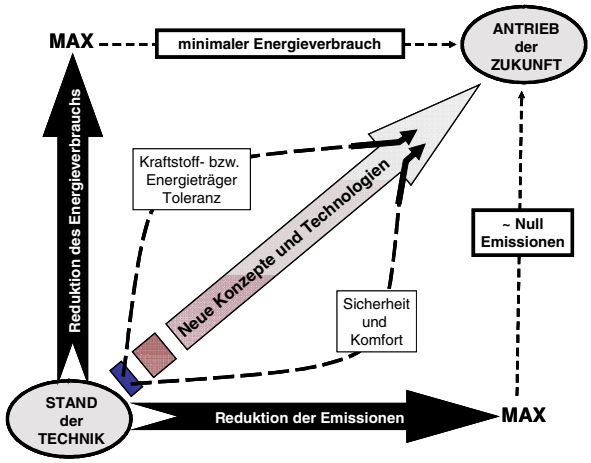


Bild 24: Anforderungen an zukünftige Antriebe

Um das Ziel einer quasi - Null - Emissionen Verbrennung zu erreichen, ist zusätzlich die Verbrennungstemperatur zu kontrollieren, insbesondere für nah - stöchiometrische Gemische. Ohne Temperaturabsenkung bei hohen Lasten sind die NO_x - Emissionen nicht kontrollierbar. Weiterhin muss das System in einem breiten Bereich von Last und Drehzahl arbeiten können, zumindest wenn Schaltgetriebe zur Leistungsübertragung verwendet werden sollen.

Im Abschnitt 4.1. wurden die wichtigsten Probleme der herkömmlichen Systeme erläutert. Die Frage ist, ob und wenn ja, welche dieser Systeme Potential in Richtung auf einen zukunftsfähigen Motor haben? Aus der Analyse der verschiedenen Systeme ergeben sich die notwendigen Bedingungen für einen sauberen Verbrennungsprozess zu:

- Bedingungen für Kraftstoffzufuhr und Kraftstoffverdampfung unabhängig von der Last,
- Flüssiger Kraftstoff ist vollständig verdampft vor Zündbeginn,
- Homogenisierung des gasförmigen Gemisches vor der Zündung,
- Kontrollierbare und variable thermodynamische Parameter des Gemisches während Kompression und Zündung (abhängig von Lastpunkt und Drehzahl),
- Erhöhte (chemische) Aktivität bzw. Zündfähigkeit des Gemisches (abhängig von Lastpunkt und Drehzahl),
- Erweiterte Magergrenze für mager - homogenes Gemisch
- Kontrollierbare Zündbedingungen des homogenen Gemisches.

wicklen, die in allen Betriebsbereichen unterschiedliche Verbrennungsmodi realisieren, um eine homogene Verbrennung zu erreichen, oder aber neue Motorenkonzepte zu entwickeln, die unabhängig von der Last mit homogener Verbrennung und kontrollierbarer Verbrennungstemperatur arbeiten.

Die Verwendung alternativer Kraftstoffe kann für den Verbrennungsmotor ebenfalls zukunftsträchtig sein. Dabei kommt dem Wasserstoff zweifellos eine überragende Rolle zu. Insbesondere die Emissionen lassen sich hiermit weitgehend reduzieren. Im Sinne einer Gesamtbetrachtung des Energiehaushaltes kommt bei der Anwendung von Wasserstoff der Energieaufwand für die Herstellung und den Transport dieses Sekundärenergieträgers allerdings zentrale Bedeutung zu. Die Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse bedarf zunächst der Erzeugung des Sekundärenergieträgers elektr. Strom. Die Erzeugung von 1GWh elektr. Energie durch erneuerbare Energieträger ermöglicht die Senkung des CO_2 – Ausstosses um 972 to verglichen mit der Erzeugung aus Kohle. Nutzt man die so gewonnene elektr. Energie zur Wasserstoffgewinnung, reduziert sich der CO_2 – Ausstoss „nur“ noch um 390 to [13].

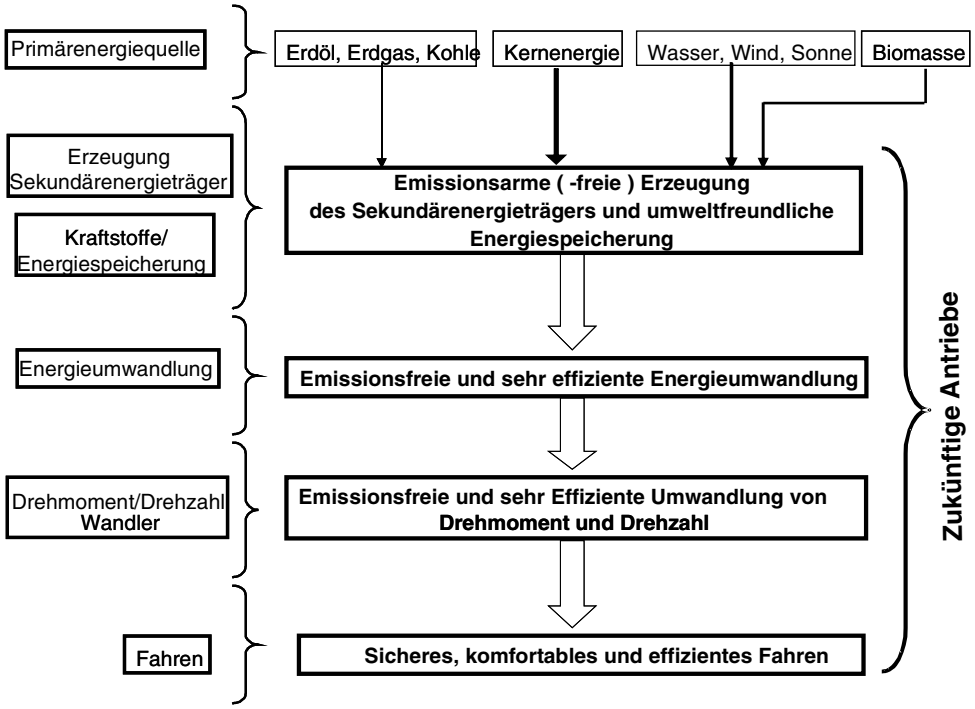


Bild 25: Anforderungen an zukünftige Antriebe

Alle heute eingesetzten Systeme erfüllen diese Voraussetzungen nur bedingt. Zwingend für den Verbrennungsmotor der Zukunft im Sinne der eingangs formulierten Ziele wird es also sein, auf der Basis bestehender Motorenkonzepte Systeme zu ent-

Auch für die Verwendung elektrischen Stromes als Sekundärenergieträger, der über ortsfeste Anlagen erzeugt und dem Fahrzeug zugeführt wird, oder aber bei Verwendung der Brennstoffzelle als Energiewandler auf dem Fahrzeug erzeugt wird, ist stets das Gesamtsystem zu betrachten. Bei den elektrischen Systemen ist zusätzlich das spezifisch hohe

Anlagengewicht auf dem Fahrzeug zu beachten, das in erheblichem Maße den Energieverbrauch der (Trieb-) Fahrzeuge erhöht.

Die Leistungsübertragungssysteme tragen nicht unerheblich zum Energieverbrauch der Fahrzeuge bei, indem für die Drehmoment- und Drehzahlwandlung Verluste in unterschiedlicher Höhe zu berücksichtigen sind. Leistungsübertragungssysteme sind in starkem Maße abhängig von der zu übertragenden Leistung. Leider können die hinsichtlich des Übertragungswirkungsgrades optimalen Schaltgetriebe nicht beliebig groß dimensioniert werden, so daß eine Übertragung auf andere Leistungsklassen nicht ohne weiteres möglich ist. Generell gilt aber auch für die Leistungsübertragungen, daß Gewicht und Wirkungsgrad für das Fahrzeug aus energetischer Sicht gleichermaßen wichtig sind.
Für zukünftige Antriebe einschließlich aller eingesetzten Primärenergieträger sind folgende Masstäbe anzulegen (siehe auch Bild 25):

- emissionsarme und hocheffiziente Erzeugung von Sekundärenergieträger,
- effektive und umweltfreundliche Energiespeicherungstechnologien,
- emissionsfreie und hocheffiziente Energieumwandlung,
- emissionsfreie und hocheffiziente Umwandlung von Drehmoment und Drehzahl,
- sicheres, komfortables und effizientes Fahren.

Zukünftige Antriebe sollten darüberhinaus auch berücksichtigen, daß Mobilität nicht Selbstzweck ist, sondern hiermit ein Grundbedürfnis zu befriedigen ist. Daher sollten Antriebe auch so gestaltet sein, daß sie für den jeweiligen Zweck hinreichend dimensioniert sind. Also nicht Leistung (und damit letztlich Höchstgeschwindigkeit) um jeden Preis, sondern Fahrzeuge mit bedarfsorientiert ausgelegter Leistungsdimensionierung. Wie gezeigt worden war, reichen für einen Pkw Leistungen um 30 kW für Fahrgeschwindigkeiten von ca. 120 km/h völlig aus, und das ist eine nach unserer Auffassung akzeptable Geschwindigkeit für den Pkw.

Nach unserer Überzeugung sind intensive Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen notwendig, um saubere und effiziente Antriebe für zukünftige Fahrzeuggenerationen zu realisieren. Die vorstehenden Ausführungen zeigen mögliche Entwicklungsrichtungen auf.

6. Literatur

[1] Advanced Fuell Cells Program: Strategy for the Period 1999-2003, Report International Energy Agency, July 1998
[2] Brennstoffzellenfahrzeuge, Workshop, TU Graz, November 1999.
[3] Beschluß der Bundesregierung vom 29.9.1994 zur Verminderung der CO_2-Emissionen und anderer Treibhausgasemissionen in der BR Deutschland auf der Grundlage des 3. Berichtes der Interministeriellen Arbeitsgruppe "CO_2-Reduktion"
[4] Durst, F., Weclas, M. Porous Medium (PM) Combustion Technology and its Application to Internal Combustion Engines: A new concept for a near-zero emission engine, [in:] Applied Optical Measurements, Ed. M. Lehner & D. Mewes, Springer, 1999.
[5] Durst, F., Weclas, M. A new type of internal combustion engine based on the porous-medium combustion technique, Proc. I. Mech.Engnrs, Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol. 215, 2001.
[6] Durst, F., Weclas, M. 2001, A new concept of I.C.engine with homogeneous combustion in porous-medium (PM), 5th Int. Symposium COMODIA-2001, Nagoya, Japan.
[7] Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" (11. Deutscher Bundestag), Schutz der Erde - Eine Bestandsaufnahme mit Vorschlägen zu einer neuen Energiepolitik, Economica Verlag, Bonn, 1990
[8] Förster, H.-J. Die Kraftübertragung im Fahrzeug vom Motor bis zu den Rädern, Verlag TÜV Rheinland, Köln, 1987
[9] Hanamura, K., Nishio, S. 2003, A feasibility study of reciprocating-flow super-adiabatic combustion engine, 6th ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conference, March, 16-20, Paper nr. TED-AJ03-547
[10] Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) Technology, US Department of Energy Report to US Congress, Aprill 2001.
[11] 2000, Integrierte Verkehrspolitik: Unser Konzept für eine mobile Zukunft, Bericht Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin 2000.
[12] Kusaka, J., Yamamoto, T., Daisho, Y. 2000, Simulating the homogeneous charge compression ignition process using a detailed kinetic model for n-heptane mixtures, Int. J. Engine Research, Vol. 1, No. 3, pp.281-289.
[13] Larive, J.F. Hydrgen – a CO2-free fuel?, CONCAWE Review, 10 (2001), S.16-18
[14] Lavy, J., Dabadie, J.C., Duret, P., Angelberger, C., Le Coz, J.F., Cherel, J. 2001, Controlled auto-ignition (CAI): A new highly efficient and near-zero NO_x emissions combustion process for gasoline engine application, IFP Int. Congress on the A New Generation of Engine Combustion Process, November 26-27. pp.101-114.
[15] Nowatschin,K., u.a., multitronic – Das neue Automatikgetriebe von Audi, ATZ 102 (2000) S. 548
[16] Neumann,K.-H. und K.-P.Schindler Zukünftige Fahrzeugantriebe, Jahrbuch 2001 Fahrzeug- und Verkehrstechnik, S. 335 - 356, VDI - Verlag, Düsseldorf, 2001
[17] Potential of exhaust aftertreatment and engine technologies to meet future emissions limits, CONCAWE Report No. 99/62, Brussels
[18] Review of Technical Progress of Goal 2 Research, Report Partnership for a New Generation of Vehicles, Mai, 2001(USA)
[19] Schallaböck, Petersen, R. 1999, Countdown für den Klima
schutz Wohin steuert der Verkehr? Bericht Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Wuppertal, Juli 1999
[20] Tretow, H.-J. Analyse des Energieeinsparungspotentiales von Diesellokomotiven der 2500 kW-Leistungsklasse, Dissertation Universität Hannover, 1989

[21] Tretow, H.-J. Eine neue sechsachsige dieselelektrische Universallokomotive modernsten Entwicklungsstandes, Ziele - Realisierung - Testergebnisse, ZEV+DET Glasers Annalen 114 (1991), S.11-17
[22] Urushihara, T., Hiraya, K., Kakuhou, A., Itoh, T. 2001, Parametric study of gasoline HCCI with various compression ratios, intake pressures and temperatures, IFP Int. Congress on the A New Generation of Engine Combustion Process, November 26-27. pp.77-84.
[23] Wagner, G. Einsatz von Getriebesystemen für unterschiedliche Triebstrangkonfigurationen in Personenkraftwagen, Jahrbuch 2001 Fahrzeug- und Verkehrstechnik, S. 383 - 421, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2001
[24] Weclas, M. Anwendung von hochporösen Schäumen in stationären und nicht-stationären Verbrennungsprozessen, Seminar Industrietag Schaumkeramik, Fraunhofer IKTS, Dresden, 2002
[25] Weclas, M., Strategy for intelligent combustion systems: from vision to reality, Bericht der INVENT GmbH, Januar 2002.
[26] Workshop FIST: Financing Sustainable Transport Infrastructure and Technology Focusing on CEEC and NIS Wien, 25-26 Januar 2001
[27] Wurster, R. 1997, Brennstoffzellenantriebe für Strassen- und Schienenfahrzeuge mit niedrigsten oder Null-Emissionen, ACHEMA 97.

Ehrenpromotion von Prof. Dr. Herbert Eichele

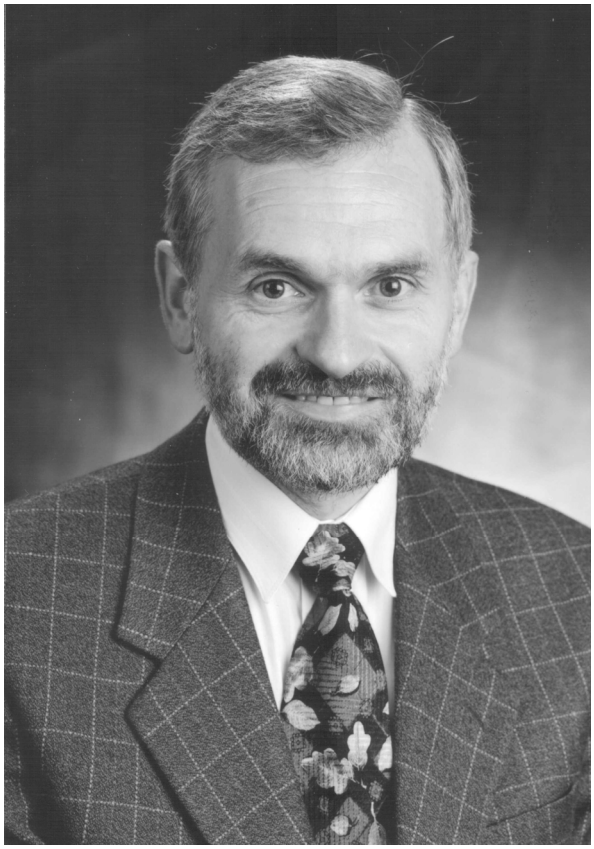
Prof. Dr. Dr. h.c. Herbert Eichele

Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg
University of Applied Sciences
Keßlerplatz
90489 Nürnberg
herbert.eichele@fh-nuernberg.de

Abstract

Anlässlich der Überreichung der Urkunde über die Ehrenpromotion des Rektors der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg, Prof. Dr. Herbert Eichele, durch die Staatsuniversität für Radioelektronik und Steuerungssysteme in Tomsk / Sibirien - Russland am 19. Juni 2002 hielt der Laureat im Rahmen eines Festakts in der Tomsker Universität die hier abgedruckte Dankesrede.

In dieser simultan ins Russische übersetzten Rede stellt er den zahlreichen Ehrengästen, zu denen auch der Konsul der Bundesrepublik Deutschland gehörte, die Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule und ihre vielfältigen Aktivitäten vor.



Herbert Erwin Eichele, Rektor
Герберт Эрвин Айхеле, Ректор

Inhalt

Inhalt....134

Einführung....135

Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland....137

Georg Simon Ohm....141

Eine kurze Geschichte der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule....146

Die Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule heute....150

Forschung und Entwicklung an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule....159

Содержание

Содержание....134

Введение....135

Высшая школа в Германии....137

Георг Симон Ом....141

Краткая история высшего учебного заведения им. Георга Симона Ома....146

Высшее учебное заведение им. Георга Симона Ома сегодня....150

Научные исследования и разработки института им. Георга Симона Ома....159

Einführung

Bei meinen Vorbereitungen zum Besuch Ihrer Hochschule habe ich mir lange überlegt, worüber ich berichten sollte. Ist ein wissenschaftlicher Vortrag zu einem speziellen Thema aus meinen fachlichen Interessen gewünscht? Würde das inhaltlich zu Ihren Erwartungen passen. Oder sollte ich versuchen dazu beizutragen, dass unsere schon seit einigen Jahren bestehenden Hochschulbeziehungen intensiver werden können? Wie könnte ich das erreichen?

Längere Zeit war ich unentschieden. Schließlich habe ich mich durchgerungen und festgelegt, über unsere Hochschule zu berichten und habe den Titel „Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule - 179 Jahre Ingenieurstudium für die Praxis“ gefunden.

Ich bin mir bewusst, dass damit wichtige Teilbereiche meiner Hochschule nicht angemessen berücksichtigt sind und mir das zuhause Kritik einbringen kann. Gleichwohl erscheint es mir angemessen, wenn ich mir die Tätigkeitsschwerpunkte Ihrer Hochschule vor Augen führe.

Meinen Beitrag habe ich dementsprechend thematisch strukturiert.

Zunächst möchte ich kurz auf die heutige Struktur des deutschen Hochschulsystems eingehen und die Bedeutung der Fachhochschulen herausarbeiten.

Danach ist es mir wichtig, Ihnen die Beziehung von Georg Simon Ohm zu unserer Hochschule vermitteln. Das mache ich in zwei kurzen Schritten. Ich berichte von einigen Fragmenten aus dem Leben der Person Ohm und der Institution Ohm.

Zwei Blicke auf unsere Hochschule folgen, nämlich ein Blick auf die Hochschule wie sie heute aussieht und ein exemplarischer Blick auf die Vielfalt der Forschung und Entwicklung bei uns.

Es gebietet sich von selbst, dass ich auch ein klein wenig erzähle, was ich denn so gerne machen würde, wenn mir nicht meine Aufgaben als Rektor so viel Zeit stehlen würden. Auch hier fiel mir die Auswahl schwer und erst recht fiel mir das schwer, das alles auf wenige Minuten des Vortrags bzw. wenige Seiten Text und Bilder zu verdichten.

Введение

Во время подготовки к визиту я долго обдумывал тему своего доклада. Быть может посвятить доклад узкоспециальной тематике мох собственных научных интересов? Будет ли это соответствовать Вашим ожиданиям? Или лучше остановиться на вопросах, способствующих развитию связей между нашими вузами, существующими уже несколько лет? И как добиться того, чтобы эти связи стали более интенсивными?

Довольно долгое время я оставался в нерешительности. В конце концов, я остановился на теме: «Высшее учебное заведение им. Георга Симона Ома – 179 лет ориентированного на практику обучения инженеров»

Я хорошо понимаю, что в докладе многие важные области деятельности моего вуза окажутся освещенными недостаточно полно, за что меня, возможно, будут критиковать на родине. Однако мой выбор, на мой взгляд, полностью оправдывается профилем Вашего института.

В соответствии с этим я разбил мой доклад на следующие разделы.

Сначала я хотел бы коротко ознакомить Вас со структурой немецкой высшей школы и подчеркнуть положение и назначение в ней вузов - институтов.

Затем я хочу рассказать о том, какое отношение имеет Георг Симон Ом к нашему вузу. Я сделаю это в два этапа. Сначала я расскажу о некоторых событиях из жизни Ома, а потом об вузе, носящем его имя.

Вы познакомитесь с нашим институтом с двух разных сторон: с позиции его сегодняшнего положения и с точки зрения проводимых нами многогранных научных исследований и разработок.

Само собой разумеется, что я немного расскажу о своих научных планах и о том, что ещё собираюсь сделать, если мои обязанности ректора не отнимут у меня слишком много времени. Здесь также трудно найти наиболее важное, чтобы уложится в короткое время доклада, на нескольких страницах текста и иллюстраций.

Wenn mein Beitrag Sie neugierig auf Nürnberg macht, dann bin ich zufrieden, denn dann können unsere Beziehungen weiter wachsen und können wir weitere Hochschulgäste in Nürnberg willkommen heißen, gemeinsame Projekte an-packen, mehr Professoren austauschen und Studenten hier und dort ausbilden.

Sie fragen sich vielleicht „Wo liegt Nürnberg?“, denn aus Ihrem Blickwinkel ist es weit weg.

Deshalb einige wenige Anhaltspunkte. Nürnberg ist eine Stadt in Nordbayern mit ca. 500.000 Einwohnern und das wirtschaftliche Zentrum der Region Mittelfranken mit etwa 1.8 Mio. Einwohnern. Bayern insgesamt stellt eine Teilbevölkerung von 12 Mio. Einwohnern von den insgesamt über 80 Mio. Bürgern in ganz Deutschland.

Deutschland ist ein Bundesstaat bestehend aus 16 Bundesländern mit jeweils einer eigenen Landesregierung und eigenem Parlament. Die Bundeshauptstadt ist Berlin, die Hauptstadt Bayerns ist München.

Die Zuständigkeit für die Hochschulen ist Ländersache, weshalb wir eine bayerische Hochschule sind.

Я буду очень рад, если мой доклад вызовет у Вас интерес к Нюрнбергу. Это будет способствовать развитию наших связей: взаимным визитам, разработке общих проектов, интенсивному обмену профессорами, обучению студентов, как в своем университете, так и в вузе-партнере.

Вы, вероятно, спросите: "Где находится Нюрнберг?", ведь от Вас он очень далеко.

Вот некоторые основные сведения: Нюрнберг - город с 500.000 жителями расположен в северной Баварии и является экономическим центр региона Средней Франконии с населением 1.8 миллиона человек. Из всего населения Германии, составляющего 80 миллионов человек, в Баварии проживает около 12 миллионов.

Германия – это федерация, состоящая из 16 федеральных земель, каждая с собственным правительством и собственным парламентом. Столица федерации - Берлин, столица Баварии - Мюнхен.

Вузы в Германии, это земельные структуры. Поэтому мы подчинены баварскому правительству.

Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland

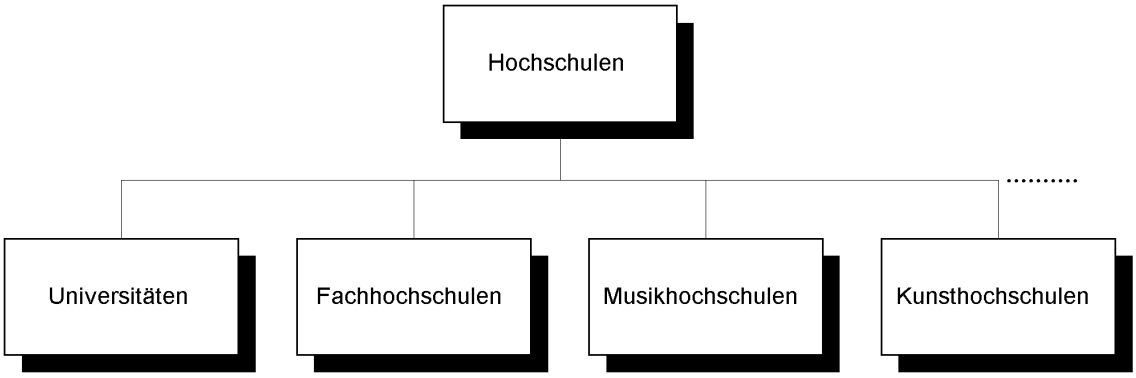
Als Kulturnation verfügt die Bundesrepublik Deutschland über eine lange Hochschulgeschichte. Wichtige Beiträge leisteten die deutschen Hochschulen in den Kultur- und Geisteswissenschaften, Natur- und Ingenieurwissenschaften. Die Erkenntnisse in den Natur- und die Ergebnisse in den Ingenieurwissenschaften waren immer die Grundlage des Wohlstands in Deutschland. Die Ingenieur- oder Technikwissenschaften sind hochschulgeschichtlich betrachtet junge Disziplinen. Dominant waren immer die außerhalb des Hochschulsystems stehenden Ingenieurschulen und deren Vorläufer, die den technischen Nachwuchs für Industrie, Wirtschaft und Verwaltung hervorbrachten. Sie waren letztlich Grundlage des technischen Fortschritts im Maschinenbau, der Elektro- und Nachrichtentechnik, dem Flugzeugbau und anderem mehr. Ähnliches lässt sich am Beispiel der höheren Handelsschulen für den Bereich der Betriebs- und Volkswirtschaft nachzeichnen.

Nur wenige technische Hochschulen entstanden im letzten Jahrhundert aus ihren Vorläufereinrichtungen den Ingenieurschulen. Im Verlauf der letzten dreißig Jahre dieses Jahrhunderts änderten sie wegen der Ausweitung ihres Fächerspektrums ihre Bezeichnung von technischer Hochschule zu Universität.

Высшая школа в Германии

Культурные традиции Федеративной республики Германии имеют богатую историю. Это относится и к высшей школе. Немецкая высшая школа сделала большой вклад в развитие культурных и гуманитарных наук, в естествознание и технические науки. Научные достижения и технический прогресс всегда составляли основу благосостояния Германии. Инженерно-технические науки являются сравнительно молодыми дисциплинами в истории высшей школы. Раньше в этой области доминировали инженерные школы, которые не относились к высшей школе, но готовили кадры для работы на производстве, в экономике и управленческие кадры. В конечном счете именно они и составляли основу технического прогресса в машиностроении, электротехнике, технике связи и авиастроении и пр. В аналогичной ситуации находились тогда, например, вся сфера экономики производства и народного хозяйства, кадры для которой готовились, в основном, не вузовскими торговыми образовательными учреждениями.

Лишь немногие технические вузы возникали в 19 столетии из предшествующих им инженерных школ.
В течение последних 30 лет 20 столетия, в связи расширением спектра изучаемых предметов, многие из них были преобразованы в технические университеты.



Das deutsche Hochschulsystem ist horizontal gegliedert. Jeder Hochschultyp hat einen spezifischen Bildungsauftrag, der im Hochschulrahmengesetz der Bundesrepublik Deutschland und ergänzend in den jeweiligen Landeshochschulgesetzen beschrieben ist.

Немецкая система высшей школы имеет горизонтальную структуру. Каждый тип вуза имеет свои образовательные задачи, описаные в законе о высшей школе ФРГ и дополненые в законодательствах соответствующих земель

Trotz des Aufkommens der technischen Hochschulen bzw. technischen Universitäten blieben die Ingenieurschulen für den Bereich der Technik und die Höheren Handelsschulen für den Bereich Betriebswirtschaft die dominierenden Ausbildungsstätten zur Befriedigung des Bedarfs von Industrie und Wirtschaft an hochqualifiziertem Nachwuchs. Gleichwohl zählten Ingenieurschulen und höhere Handelsschulen, trotz ihrer großen Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft, lange Zeit nicht zu den Hochschulen sondern zum Berufsbildungssystem.

Несмотря на появление технических институтов и университетов, инженерно-технические школы и высшие торговые школы в области экономики производства оставались доминирующими учебными заведениями, которые удовлетворяли потребности производства и экономики в высококвалифицированных кадрах. И все же названные инженерные и высшие торговые образовательные учреждения – школы и техникумы, несмотря на их большое значение для промышленности, долгое время относились не к вузовской, а к профессионально-технической системе обучения.

Erst im Oktober 1968 beschloss die Konferenz der Ministerpräsidenten der deutschen Bundesländer die Gründung der Fachhochschulen. Hierdurch sollten Hochschulen geschaffen werden, die Studenten auf wissenschaftlicher Grundlage praxis- und berufsorientiert ausbilden und zur selbständigen Berufstätigkeit befähigen.

Только в октябре 1968 на конференции премьер-министров германских федеральных земель было принято решение об образовании институтов. Таким образом, были создан еще один тип вузов с выраженной прикладной ориентацией обучения, необходимой для самостоятельной профессиональной деятельности.

Anlass waren Forderungen aus Industrie und Wirtschaft nach einer Stärkung der wissenschaftlich theoretischen Ausbildungsinhalte unter Beibehalt des Praxisbezugs einerseits und Forderungen der Studenten an Ingenieurschulen nach besseren Studienbedingungen andererseits. Bisherige Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialakademien, Höhere Technische Lehranstalten, Höhere Handelsschulen und Höhere Fachschulen wurden in den Jahren 1969 bis 1971 zusammengeführt und zu Fachhochschulen umgewandelt.

Поводом к этому послужили возросшие производственно-экономические требования к общетеоретической подготовке студентов инженерных школ при сохранении практической ориентации, с одной стороны, и потребность в улучшении условий обучения, с другой. В 1969-1971 годах начался процесс преобразования прежних технических, экономических и социальных академий, технические учебных заведений, высших торговых школ и высших техникумов в специализированные высшие учебные заведения.

Einschließlich zahlreicher Neugründungen in der Folgezeit gibt es heute rund 170 Fachhochschulstandorte in Deutschland mit 460.000 Studenten.

Сегодня в Германии насчитывается около 170 городов с вузами такого типа, в которых в общей сложности обучается 460.000 студентов.

Fachhochschulen oder *Hochschulen für Angewandte Wissenschaften,* mit der offiziellen englischsprachigen Bezeichnung *University of Applied Sciences*, betreiben Lehre und angewandte Forschung in den Bereichen

В настоящее время в институтах или иначе технических вузах (в английской транскрипции University of Applied Sciences) проводится обучение студентов, а также прикладные исследования в следующих областях:

- Ingenieurwissenschaften und Informatik
- Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
- Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften

- Mathematik und Naturwissenschaften
- Kunst und Kunstwissenschaften
- Sprach- und Kulturwissenschaften

- технические науки и информатика;
- экономические и социальные науки;
- аграрные, лесные и продовольственные науки;

- математика и естествознание;
- искусства и художественные науки;
- языковые и культурные науки.

Über eine Ausweitung des Fächerspektrums an Fachhochschulen über diese Bereiche hinaus wird seit Jahren diskutiert. Zuletzt im Januar 2002 hat der Wissenschaftsrat, eine Einrichtung zur Beratung der Bundesregierung in Hochschul- und Wissenschaftsfragen, eine diesbezügliche Empfehlung verabschiedet.

Ein Fachhochschulstudium hat eine Regelstudienzeit von vier Jahren und schließt mit akademischen Graden wie z.B. Diplomingenieur oder Diplombetriebswirt ab. Seit knapp vier Jahren führen Fachhochschulen auch Bachelor- und Masterstudiengänge mit anderen Studiendauern.

Fachhochschulen haben eine überragende Bedeutung für die deutsche Industrie und Wirtschaft, sind doch rund 2/3 aller Diplomingenieure Absolventen einer Fachhochschule. Bei Diplombetriebswirten und Diplominformatikern ist es die Hälfte.

Von Firmen werden Fachhochschulabsolventen deshalb ganz besonders geschätzt und meistens bevorzugt, weil sie anwendungsorientiert wissenschaftlich ausgebildet wurden und ohne lange Einarbeitungszeit im Unternehmen einsetzbar sind.

Heute wählen rund 30% aller Studienanfänger das Studium an einer Fachhochschule. Im Zusammenhang mit der Ausweitung des Fächerkatalogs soll diese Zahl auf 40% ansteigen.

Die an Fachhochschulen praktizierte anwendungsorientierte wissenschaftliche Hochschulausbildung ist nur möglich, wenn der Lehrkörper einschlägige Erfahrungen hat. Aus diesem Grund muss ein Bewerber um ein Professorenamt nicht nur eine herausragende wissenschaftliche Qualifikation nachweisen. Er muss auch über eine mehrjährige berufliche Praxis außerhalb des Hochschulbereichs verfügen und bewiesen haben, dass er in der Lage ist, wissenschaftliche Erkenntnisse in die praktische Anwendung überzuführen und umgekehrt technisch wirtschaftliche Problemstellungen wissenschaftlich anzupacken.

Необходимость расширение спектра предметов в технических вузах постоянно обсуждается и дискутируется. Недавно, в январе 2002 года, научный совет, организация, консультирующая федеральное правительство по вопросам высшей школы и научным вопросам, выпустила соответствующие рекомендации.

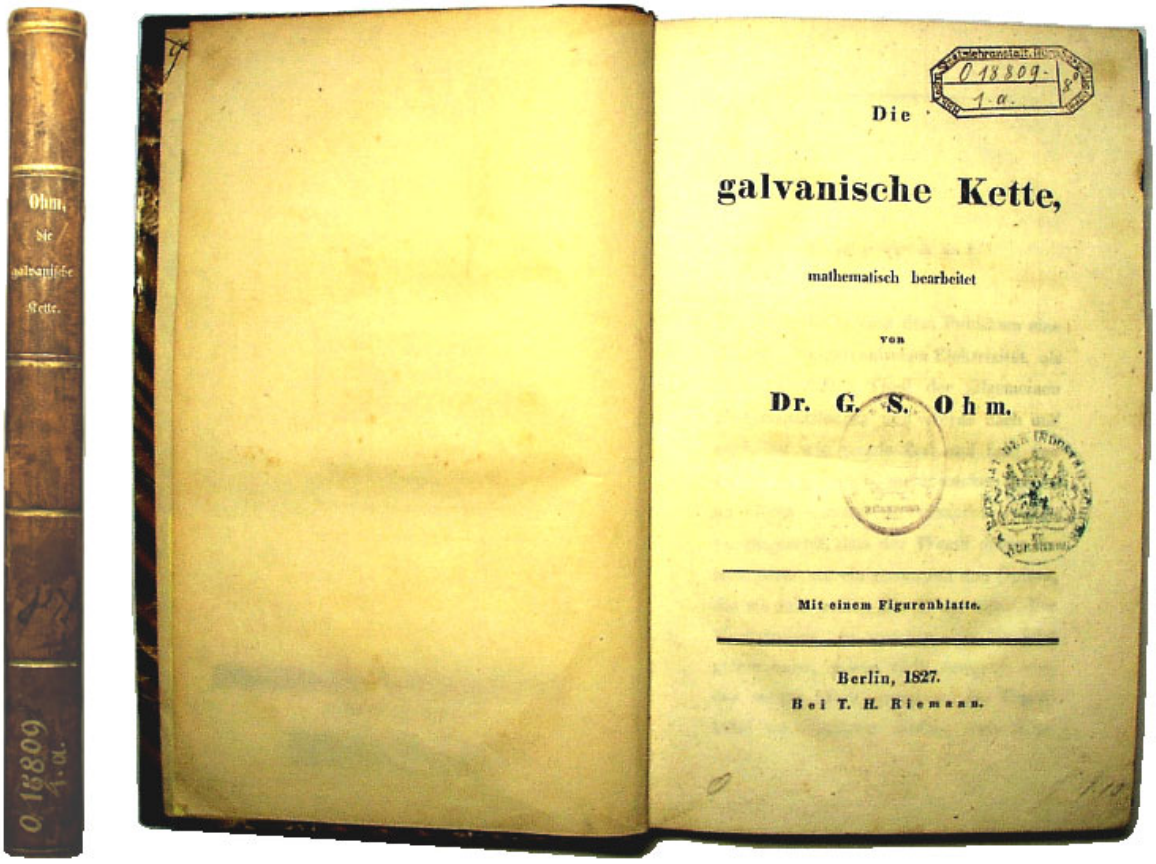
Период обучения в институте составляет 4 года, по окончании которого студенту присваиваются академическая степень инженера или специалиста по организации производства. В последние 4 года в институтах готовят также бакалавров и магистров с другими сроками обучения.

Институты имеют важнейшее значение для немецкой промышленности, для которых ими готовится около 2/3 всех инженеров. В таких ж вузах готовится половина инженеров по организации производства, информатике и вычислительной технике.

Выпускники институтов особенно ценятся в фирмах. Их обучение, ориентированное на практическое применение научных знаний, дает им преимущество при трудоустройстве, поскольку позволяет сократить адаптационный период на предприятии.

Сегодня около 30% всех вузовских абитуриентов выбирают учебу в институтах. В связи с расширением каталога специальностей это число должно возрасти на 40%.

Практикуемая в институтах ориентация на инженерную подготовку с практическим акцентом может быть реализована только при соответствующем опыте преподавательского состава. По этой причине претендент на должность профессора вуза должен обладать не только исключительно высокой научной квалификацией, но и опытом многолетней профессиональной деятельности на производстве. При этом он должен уметь одинаково успешно использовать как свой научный багаж для решения практических задач, так и наоборот, решать сугубо практические задачи на строгой научной основе.



Buchrücken und Titelseite des Hauptwerks von Georg Simon Ohm erschienen im Jahr 1827. Quelle: Bibliothek der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg

Обложка и титульная страница основного труда Георга Симона Ома изданного в 1827 году. Источник: библиотека института имени Георга Симона Ома в Нюрнберге.

Georg Simon Ohm

Es hieße *Eulen nach Athen tragen*, wollte ich Ihnen die Einheit des elektrischen Widerstands - das Ohm mit dem Formelzeichen Ω – erklären. Sicherlich ist Ihnen noch bekannt, dass Georg Simon Ohm ein deutscher Mathematiker und Physiker war. Sein Hauptwerk beschäftigte sich mit der so genannten galvanischen Kette und den dort geltenden Gesetzmäßigkeiten, die heute als Ohm'sches Gesetz bekannt sind.

Beeindruckend liest sich sein Vorwort zu diesem Buch, das ausdrückt, in welchen schwierigen Verhältnissen er lebte und unter welchen großen persönlichen Opfern dieses Werk entstanden ist.

Georg Simon Ohm wurde am 16. März 1789 in Erlangen geboren, einer Nachbarstadt Nürnbergs. Er promovierte 1811 mit einer Arbeit "Über Licht und Farben".

Das erste Buch, von dem er sich wissenschaftliche Reputation erhoffte, wird ein völliger Misserfolg. Als die Preußen in Köln ein neues Schulwesen aufbauen, wechselt Georg Simon Ohm 1817 dorthin als Betreuer der physikalischen Sammlung des Jesuitenkollegs und als Lehrer für Mathematik und Physik.

Георг Симон Ом

Как говорится, в Тулу со своим самоваром не ездят, поэтому я считаю лишним рассказывать Вам про единицу электрического сопротивления – Ом, обозначенную символом Ω. Наверняка, Вам так же хорошо известен тот факт, что Георг Симон Ом был немецким математиком и физиком. Свой главный труд он посвятил исследованию закономерностей в гальванической цепи, которые известны сегодня как закон Ома.

Глубокое впечатление производит предисловие к книге, отражающее тяжелый жизненный фон, на котором создавался труд, стоивший автору больших личных страданий и жертв.

Георг Симон Ом родился 16 марта 1789 в Эрлангене, городе, расположенном недалеко от Нюрнберга. Он получил ученую степень доктора наук в 1811 за работу "О свете и красках".

Однако, первая книга, от которой он ожидал научного признания, провалилась. В 1817 году, когда в Пруссии в Кёльне создается новая школьная система, Георг Симон Ом переезжает туда, как хранитель физического музея иезуитского колледжа и как преподаватель математики и физики.

durch welche folgende allgemein gültige Regel ausgesprochen wird: *Die Gröſse des Stromes in irgend einem homogenen Theile der Kette wird durch den Quotienten bestimmt, den man aus dem Unterschiede der an den Enden dieses Theils vorhandenen elektrischen Kräfte und aus seiner reduzirten Länge bildet.* Dieser Ausdruck für die Gröſse des Stromes wird später noch benutzt werden. Die zweite der vorigen Gleichungen geht durch die getroffene Abänderung über in

$$S = \frac{A}{L},$$

welche allgemein gültig ist und die Gleichheit der Gröſse des Stromes an allen Stellen der Kette schon durch ihre Form zu erkennen gibt; sie lautet in Worten so: *Die Gröſse des Stromes in einer galvanischen Kette ist der Summe aller Spannungen direkt, und der ganzen reduzirten Länge der Kette umgekehrt proportional,* wobei man sich erinnern muſs, daſs jetzt unter reduzirter Länge die Summe aller Quotienten verstanden wird, die aus den zu homogenen Theilen gehörigen wirklichen Längen

Seite 36 in Ohm's Buch über die galvanische Kette mit der Formulierung des heute als Ohm'sches Gesetz bekannten Zusammenhangs zwischen Stromstärke S, Spannung A und Widerstand L

Страница 36 в книге Ома о гальванической цепи с формулировкой связи между силой тока S, напряжением A и сопротивлением L, известной сегодня как закон Ома

Er gibt den größten Teil seines Einkommens für die heruntergekommene physikalische Sammlung und das chemische Labor aus und experimentiert eifrig.

In den Jahren bis 1826 findet er den grundsätzlichen Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Widerstand des Leiters. Vor allem erkennt Ohm – ganz im Gegenteil zu seinen Zeitgenossen – die universelle Bedeutung dessen, was er experimentell ermittelt hat. Er lässt sich für ein Jahr beurlauben, zieht zu seinem Bruder Martin, der seit 1821 in Berlin Professor ist, und schreibt sein allerdings erst später berühmt gewordenes Buch: "Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet".

Ohms völlige Abkehr von der naturphilosophischen Betrachtung der Elektrizität wird nicht verstanden. Man polemisiert gegen sein "zweckloses Spiel mit mathematischen Symbolen".

Endlich, nach weiteren Jahren, erhält Ohm 1833 die Professur für Physik am "Königlich-Bayerischen Polytechnikum" in Nürnberg, der heutigen Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule, das er von 1839 bis 1849 auch als Rektor leitet.

Он тратит большую часть своего личного дохода на создание физического музея и химической лаборатории, где много экспериментирует.

В течение следующих лет, вплоть до 1826 он исследует фундаментальную связь между силой тока, напряжением и сопротивлением проводника. В отличии от своих современников, Ом ясно осознает универсальное значение своих экспериментальных исследований. Он берет годовой отпуск и переезжает в Берлин к своему брату, профессору Мартину Ому, где и пишет свою ставшую позже знаменитой книгу: "Математическое исследование гальванической цепи".

Полный отказ Ома от философского рассмотрения электричества не понимают и не принимают его современники. Его критикуют за "бесцельную игру математическими символами".

Наконец, после долгих лет, в 1833 году, Ом получает профессуру физики в "Королевском баварском политехническом институте" в Нюрнберге, носящим сегодня его имя. Этим вузом Ом руководит как ректор с 1839 по 1849 годы.

Portrait von Georg Simon Ohm mit dem Ordenskreuz des Maximilians-Ordens für Wissenschaft und Kunst

Портрет Георга Симона Ома с крестом ордена Максимилиана за достижения в науке и искусстве

Die Royal Society in London ehrt Ohm 1841 mit der Copley-Medaille, die nach damaligen Vorstellungen dem heutigen Nobelpreis entspricht. Vor ihm hat sie als einziger deutscher Gelehrter nur Carl Friedrich Gauß erhalten. Im selben Jahr wird Ohm Mitglied der Akademie in Turin und 1842 auswärtiges Mitglied der Londoner Royal Society.

В 1841 году Королевское Общество в Лондоне награждает Ома медалью Копли, соответствующей в то время сегодняшней Нобелевской премии. До Ома этой награды был удостоен лишь один немецкий ученый - Карл Фридрих Гаусс. В том же самом году Ом становится членом академии в Турине, и в 1842 году - иностранным членом Лондонского Королевского Общества.

Diese Jahre des Erfolges haben ihn zu neuen wissenschaftlichen Arbeiten, vor allem auf dem Gebiet der Akustik, beflügelt. Seine "Theorie des Tones", in der er Tonfärbungen als Wirkung von Oberschwingungen erklärt, wird nicht geglaubt. Als etwa 15 Jahre später Hermann von Helmholtz seine Klanganalysen beschreibt, wird Ohms Theorie diesem zugeschrieben.

Эти годы успеха окрылили его на новые научные работы, прежде всего в области акустики. Его " теория звука ", в которой он объясняет окраски тона действием высокочастотных колебаний, не получает признания. Лишь позднее, спустя 15 лет, в работах Германа фон Гельмгольца используется теория анализа звукового поля, разработанная Омом.

Das einzige bekannte Porträt zeigt Ohm mit dem „Ordenskreuz des Maximilians-Ordens für Wissenschaft und Kunst vor der Halsbinde“ in seinen letzten Lebensjahren in der bayerischen Landeshauptstadt München. König Maximilian II. von Bayern hatte Ohm 1849 vom Polytechnikum in Nürnberg nach München geholt und ihn zum zweiten Konservator der mathematisch-physikalischen Sammlung und 1852 zum ordentli-chen Professor für Physik und Mathematik und Leiter des physikalischen Kabinetts der Universität München ernannt. Zugleich wird Ohm Minsterialreferent für die Telegrafenverwaltung. Die Stadt Nürnberg verleiht ihm 1850 das Ehrenbürgerrecht.

Единственный известный портрет изображает Ома с "крестом ордена Максимилиана за достижения в области науки искусства" в последние годы жизни в баварской столице Мюнхене. Король Максимилиан II Баварский пригласил Ома в 1849 из политехнического института в Нюрнберге в Мюнхен и назначил его хранителем математико-физического музея, а в 1852 -профессором физики и математики и руководителем физического отделения университета в Мюнхене. Одновременно Ом становится референтом министра по телеграфной связи. В 1850 году город Нюрнберг удостаивает его звания почетного гражданина города.

Georg Simon Ohm stirbt 1854 in München.

Георг Симон Ом скончался в Мюнхене в 1854 году.

Eine kurze Geschichte der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule

Die Geschichte der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg lässt sich lückenlos bis zu ihren Anfängen im Jahr 1823 zurückverfolgen. In diesem Jahr wurde von Nürnbergs zweitem Bürgermeister Johannes Scharrer die Polytechnische Schule eröffnet. Sie hatte die Aufgabe, „ *... die für Kunst und Gewerbe bestimmten Knaben zweckmäßig darauf vorzubereiten, die bereits in den Werkstätten aufgenommenen Lehrlinge durch fortgesetztes Studium in der Praxis zu unterstützen und Gesellen und Meistern Gelegenheit zu geben, sich wissenschaftlich auszubilden, sie zum Geschmack anzuleiten, auswärtige Erfindungen durch Beschreibung und Anschauen kennen zu lernen und dadurch Kunst und Gewerbe mehr zu heben.*“.

In heutigen Worten ausgedrückt sollte ein technisches Schulwesen Know-how und Design verbessern, um die städtische Wirtschaft konkurrenzfähig zu machen. Offensichtlich hatten die Begriffe Wissens- und Technologietransfer schon damals und nicht erst heute ihre Gültigkeit und Bedeutung.

Die erste Phase der aufstrebenden Polytechnischen Schule, die im Jahr 1833 zur Königlich Bayerischen Polytechnischen Schule wurde, war eine wahre Glanzzeit. Neben Georg Simon Ohm hatte sie berühmte Professoren und Pädagogen in ihrem Lehrkörper. Der Architekt Carl Alexander Heideloff, Conrad Georg Kuppler – Stahlbrückenbauer, Jacob Daniel Burgschmiet – Metall- und Erzgießen, Friedrich W. Hermann - Mathematik, der Chemiker Thomas Leykauf – Herstellung des synthetischen Ultramarin-Farbstoffs, der Elektrotechniker Boveri – Gründer des Vorläufers des heutigen Asea-Brown-Boveri-Konzerns ABB, ...

Die industrielle Revolution hielt Einzug. Professoren und Studenten der Polytechnischen Schule waren am Baubeginn des Ludwig-Donau-Main-Kanals und dem Bau der ersten Eisenbahn in Mitteleuropa – dem Adler – oder am Aufbau der Nürnberger Maschinenbauindustrie beteiligt.

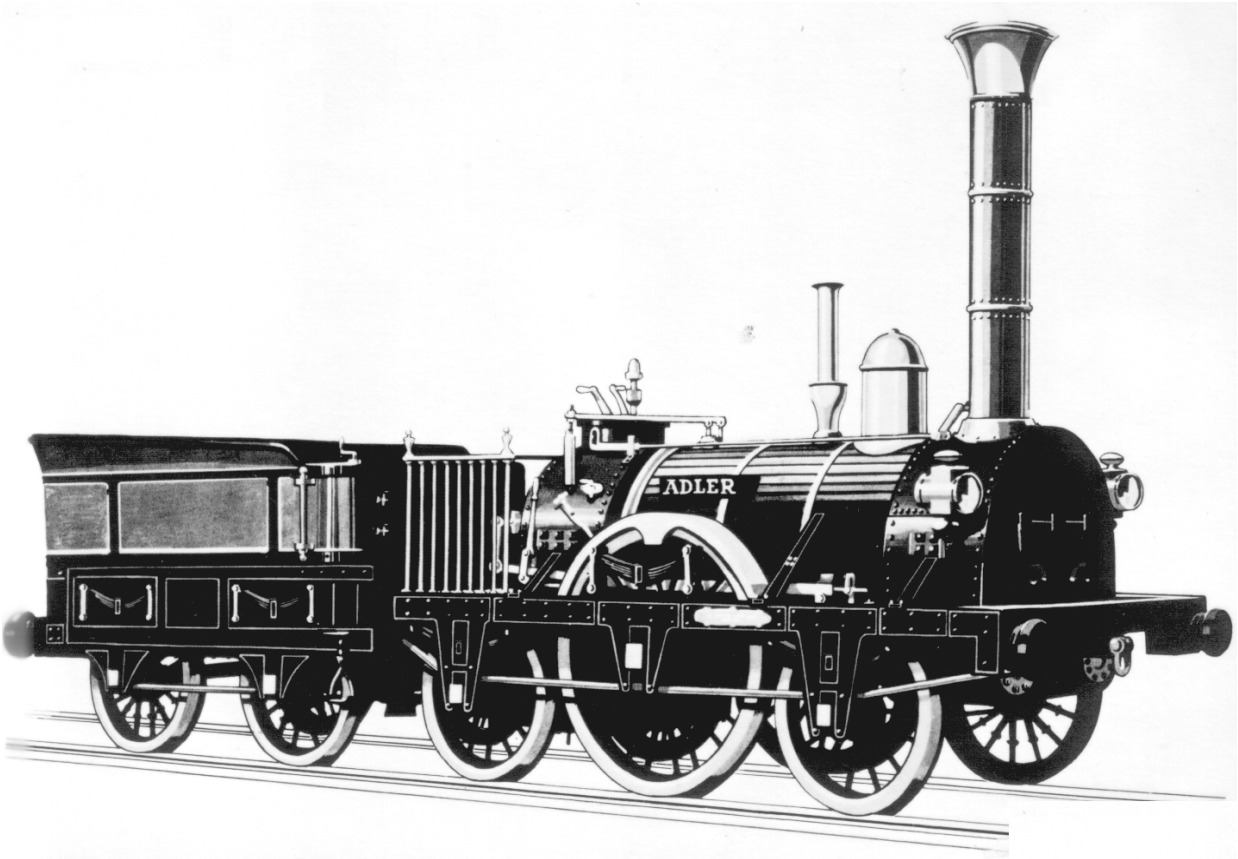
Краткая история высшего учебного заведения им. Георга Симона Ома

История политехнического института им. Георга Симона Ома в Нюрнберге прослеживается до ее истоков в 1823 году. В этом году политехническая школа была открыта тогдашним бургомистром Нюрнберга Йоханнесом Шаррером. В её задачи входило, "*...юношей коим занятия искусством и ремеслом предназначены, для сей цели сообразно подготовить, тех же, которые уже при мастерских учениками состоят посредством дальнейшего обучения поддерживать, а подмастерьям и мастерам случай предоставить наукам обучатся, дабы они вкус почувствовали с полезными изобретениями через их описание и осмотр ознакомиться, и тем искусство и ремесло возвысить.*".

Выражаясь современным языком техническое обучение нацеливалось на развитие производственного дизайна, ноу-хау, повышающими конкурентоспособность городской экономики. Как видим, уже тогда большое внимание уделялось обучению фундаментальным наукам и технологиям.

Начальная фаза развития Политехнической школы, преобразованной в 1833 году в Королевскую Баварскую Политехническую школу, стала для нее поистине золотой порой. Наряду с Георгом Симоном Омом в ее преподавательском составе были такие известные профессора и педагоги как: архитектор Карл Александр Хайделофф, строитель стальных мостов Конрад Георг Капплер, металлург Якоб Даниэль Бургшмит, математик Фридрих В. Герман, химик, разработчик синтетического ультрамаринового красителя Томас Леикауф, электротехник, учредитель концерна Азеа-Браун-Бовери АББ г-н Бовери и многие другие.

В ходе промышленной революции профессора и студенты Политехнического института принимали активное участие в строительстве канала Людвиг-Дунай-Майн, первой в Центральной Европе железной дороги, а также в создании нюренбергской машиностроительной индустрии.



Erste Eisenbahn in Mitteleuropa zwischen Nürnberg und Fürth mitmontiert von Studenten und Professoren des Polytechnikums. Die Initiative ging von Johannes Scharrer aus, dem Gründer des Polytechnikums.

Первая железная дорога в Центральной Европе между Нюрнбергом и Фюртом была проложена студентами и профессорами политехнического института. Инициатором проекта был его основатель Йоханнес Шаррер

Aus dem Königlichen Polytechnikum wurde 1868 die Königliche Industrieschule, 1906 das „Technikum“ und 1919 die Höhere Technische Lehranstalt, ab 1933 auch OHM-Polytechnikum genannt. Nach dem schrecklichen zweiten Weltkrieg wurde aus dem „Ohm“ die „Akademie für angewandte Technik“.

1971 schließlich wurden vorher selbstständige Höhere Fachschulen Nürnbergs mit dem OHM-Polytechnikum – Akademie für angewandte Technik zur Fachhochschule Nürnberg verschmolzen:

- Das OHM-Polytechnikum,
- Die Höhere Wirtschaftsfachschule,
- Die Höhere Fachschule für Sozialarbeit,
- Die Höhere Fachschule für Sozialpädagogik und
- Die Höhere Fachschule für Grafik und Werbung

В 1868 году королевский политехнический институт был преобразован в королевскую промышленную школу, в 1906 - в техникумом, и, наконец, в 1919-ом – в высшее техническое учебное заведение. С 1933 года вуз назывался политехнический институтом Ома, а после второй мировой войны - "Академией прикладной техники".

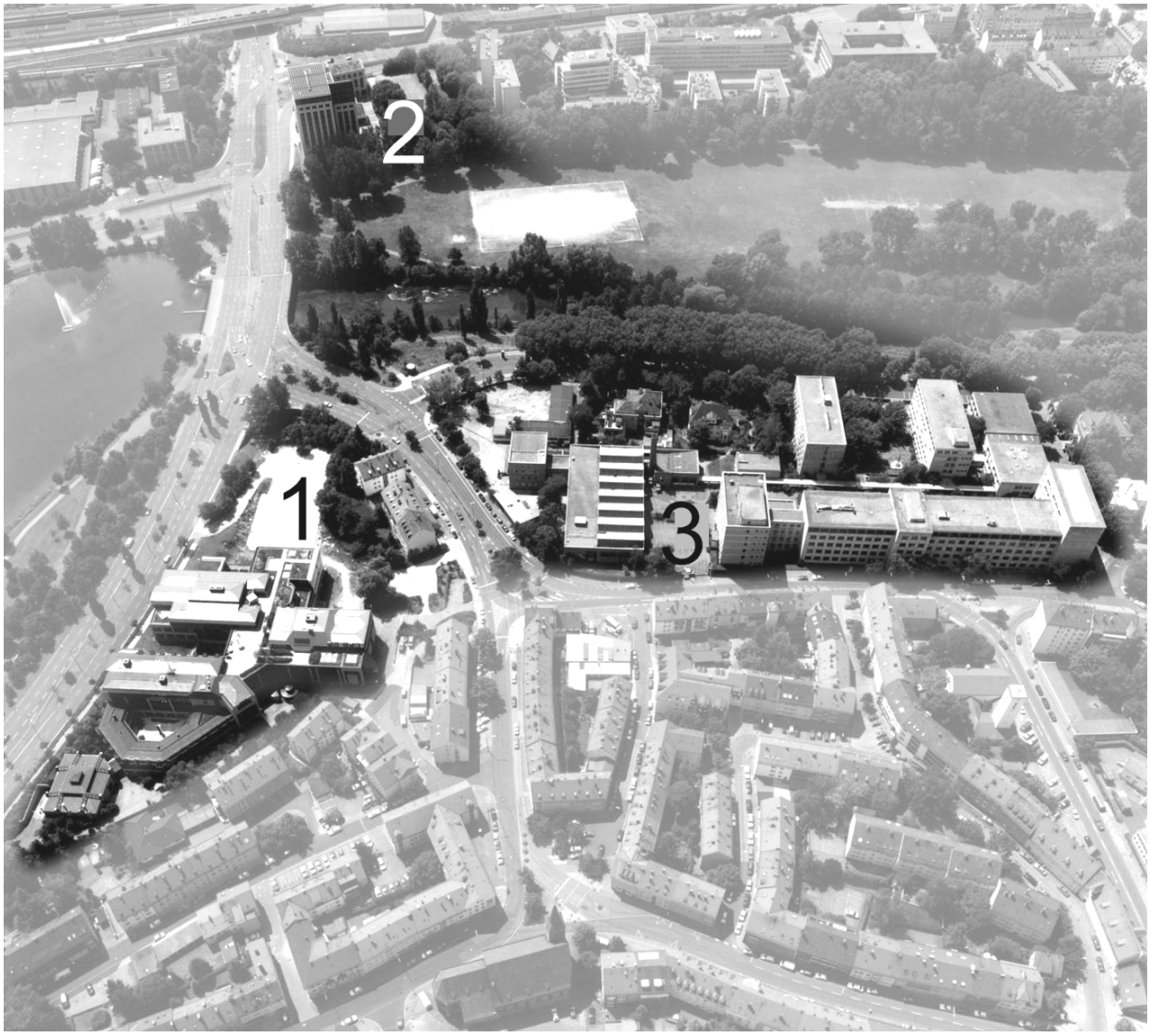
В 1971 году произошло слияние политехнической Академии имени Ома с рядом специальных учебных заведений Нюрнберга в единый политехнический вуз. В его состав вошли:

- политехническая академия,
- экономический техникум,
- техникум социальной работы,
- техникум социальной педагогики и
- техникум графики и рекламы

wurden zur Fachhochschule Nürnberg. Später kamen noch drei Fachschulen für Glas und Keramik hinzu.
1983 zum 150. Jahrestags des Amtsantritts ihres früheren Professors und Rektors Georg Simon Ohm verlieh der Bayerische Landtag den heutigen Namen Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule.

к которым позже присоединились еще 3 техникума по обработке стекла и керамики. В 1968 году в 150-ю годовщину вступления Георга Симона Ома в должность профессора и ректора баварский ландтаг присвоил вузу его сегодняшнее имя: Политехнический институт имени Георга Симона Ома г. Нюрнберга.

Leiter der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule Nürnberg und ihrer technischen Vorläufereinrichtungen	*Руководители Нюрнбергского политехнического института им. Георга Симона Ома и предшествующих ему образовательных учреждений*
Rektoren, Direktoren, Präsidenten Ректоры, директоры, президенты	Amtszeit / Период работы
Johannes Scharrer	1823-1839
Georg Simon Ohm	1839-1849
Michael Romig	1850-1868
Simon Füchtbauer	1868-1900
Friedrich Kapeller	1900-1920
Theodor Vetter	1920-1945
Joseph Pfriem	1945-1956
Wilhelm Kahlenberger	1956-1963
Friedrich Lauck	1963-1972
Udo G. Brandt	1972-1978
Helmut Stahl	1978-1994
Frieder Zander	1994-1998
Herbert Eichele	1998 -



Blick über den Hochschulcampus von Norden nach Süden im Jahr 1992. Mittlerweile sind weitere Gebäudekomplexe entstanden. Neu sind: Kunst und Design (1), Betriebswirtschaft und Sozialwesen (2), Zentralwerkstatt und Cafeteria (3)

1992 год. Взгляд на кампус ВУЗа с севера на юг. К этому времени построен ряд новых комплексов зданий: искусства и дизайна (1), заводского хозяйства и социальных наук (2), центральной лаборатории и кафетерия (3*)*

Die Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule heute

Mit derzeit über 7300 Studenten aus 88 Nationen gehört die Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule zur Gruppe der zehn größten Fachhochschulen in der Bundesrepublik Deutschland. Im Unterschied zu den kleineren Fachhochschulen bietet sie ein umfassendes Spektrum an praxisorientierten wissenschaftlich fundierten Studiengängen an auf den Gebieten

- Ingenieurwissenschaften
- Informatik
- Wirtschaftswissenschaften
- Sozialwissenschaften
- Design und Kunst

Die nominell vierjährigen Studiengänge werden mit dem akademischen Grad Diplomingenieur, Diplominformatiker, Diplombetriebswirt, Diplomsozialarbeiter oder Diplomdesigner abgeschlossen. In der Regel liegen die effektiven Studiendauern je nach individueller Studiengestaltung durch den Studenten jedoch zwischen 9 und 12 Semestern.

Seit wenigen Jahren werden auch einzelne Studiengänge angeboten, die zu Bachelor- oder Mastergraden führen mit Regelstudiendauern von 3 ½ Jahren (Bachelor) und bis weitere zwei Jahre (Master).

Neben diesen so genannten grundständigen bzw. konsekutiven Studiengängen führt die Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule berufsbegleitende Weiterbildungsstudiengänge. Deren Teilnehmer müssen neben einem einschlägigen Hochschulstudium auch über eine mehrjährige Berufspraxis verfügen.

Zur Zeit umfasst das Studienangebot der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule 30 Studiengänge mit insgesamt 64 individuellen Vertiefungsmöglichkeiten.

Die ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge sind den Fachbereichen

- Architektur (AR)
- Bauingenieurwesen (BI)
- Technische Chemie (TC)
- Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik (EFI)

Высшее учебное заведение им. Георга Симона Ома сегодня

Институт им. Георга Симона Ома принадлежит к группе 10 самых крупных специальных высших учебных заведений Федеративной Республики Германии. В отличие от более мелких вузов в нем студенты получают фундаментальную научную подготовку в весьма широком спектре практически ориентированных учебных программ в следующих областях:

- Инженерно-технические науки
- Информатика
- Экономические науки
- Социальные науки
- дизайн и искусство

Номинально четырехлетнее обучение в вузе завершается получением студентом академической степени дипломированного инженера, информатика, специалиста по организации производства, социального работника или дизайнера. Однако, как правило, реальные сроки обучения, в зависимости от индивидуального плана обучения, растягиваются на 9 –12 семестров.

В последние время для некоторых специальностей вузом организована подготовка специалистов с дипломами бакалавра или мастера со сроками обучения 3 ½ года и 5 лет соответственно.

Наряду с указанными базисными, а также их дополняющими учебными программами, институтом им. Георга Симона Ома разработаны и поддерживаются программы повышения квалификации, ориентированные на дипломированных специалистов, имеющих многолетней практический опыт.

В настоящее время в состав института им. Георга Симона Ома входит 30 факультетов, обеспечивающих подготовку студентов по 64 специальностям.

Инженерные специальности вуза обеспечиваются следующим факультетами:

- Архитектурный (АФ)
- Инженерно-строительный (ИСФ)
- Технической химии (ФТХ)
- Электротехники, точного приборостроения и информационной техники (ФЭТИ)

Helle Räume mit freiem Blick auf die Stadt vom Gebäude für Betriebswirtschaft und Sozialwissenschaften.

Светлые помещения с прекрасным видом на город из здания экономики производства и социальных наук

Blick in eine Vorlesung im Auditorium Maximum.

Лекция в аудитории максимум

Blick in einen der Biblio-theks-Lesesäle

Читальный зал библиотеки

Arbeiten im Chemielabor

Работы в химической лаборатории

Blick in das Labor für thermische Verfahrenstechnik

Вид лаборатории тепловой технологии

- Informatik (IN)
- Maschinenbau und Versorgungstechnik (MB)
- Verfahrenstechnik (VT)
- Werkstofftechnik (WT)

als verantwortliche Organisationseinheiten zugeordnet.

- Факультет информатики (ФИ)
- Машиностроения и Техники жизнеобеспечения (ФМТЖ)
- Технологии производственных процессов (ФПП)
- Факультет материаловедения (ФМ)

Zur Hochschule gehört neben dem Rechenzentrum eine Bibliothek mit rund 180.000 direkt verfügbaren Bänden. Ergänzt wird dieses Angebot durch 1850 Fachzeitschriften und Nachschlagewerke, die online an jedem der PCs innerhalb der Hochschule zugänglich sind. Datenbankgestützte Literaturrecherche und die Möglichkeit zur Online-Fernbestellung benötigter Literatur bei anderen wissenschaftlichen Bibliotheken runden dieses Angebot ab.

Институт располагает вычислительным центром и библиотекой, в которой насчитывается более 180 тыс. томов учебников и учебных пособий, 1850 специальных журналов и справочных пособий. Вся литература доступна пользователям институтской компьютерной сети, которые, кроме этого, имеют доступ к поисковой системе с обширной базой данных, возможностью online-заказов литературы по МБА и интернету.

Der Gebäudebestand ist überwiegend modern. Ältere Bauten werden nach und nach saniert oder durch neue ersetzt. Jüngst fertig gestellt wurden die neue Zentralwerkstatt und Cafeteria. In Vorbereitung ist ein Neubau für Chemie mit einem Investitionsvolumen von rund 20 Mio. US$.

Здания вуза в основном современные. Старые корпуса постоянно ремонтируются и перестраиваются. Недавно были построены здания центральной мастерской и кафетерия. Планируется строительство учебного корпуса химического факультета с объемом капиталовложений около 20 млн. долларов.

Der Kürze halber sollen nur einige wenige bildliche Eindrücke die große fachliche Breite unserer Hochschularbeit belegen.

Для краткости отмечу лишь несколько примеров из широкого спектра исследований, проводимых в нашем вузе.

Unsere Chemiker befassen sich z.B. mit Analytik, Polymerchemie und Polymerverarbeitung, Biochemie und Bioreaktionstechnik. Besonders bemerkenswert sind die dort entwickelten Techniken zur galvanischen Herstellung mikromechanischer Bauteile, mikrochemischer Reaktoren oder Subnanoliter-Titrierverfahren.

Наши химики занимаются, например, анализом и обработкой полимеров, биохимией и методами биохимических реакции. Особенно интересны их разработки по гальваническому изготовлению микромеханических конструкций, микрохимических реакторов или субнанолитровой титрометрической технологии.

Während sich unsere Chemiker im Labormaßstab „bewegen“, befassen sich unsere Verfahrenstechnik-Ingenieure mit der industriellen Stoffumwandlung und der Skalierung vom Labormaßstab hin zur großindustriellen Anlage. Entsprechend aufwändig sind die hierfür erforderlichen Labors in unserem Fachbereich Verfahrenstechnik.

Лабораторные разработки химиков далее развиваются и продвигаются нашими инженерами -технологами, специалистами по промышленной переработке материала, к масштабам промышленного производства. Для этого необходимо весьма сложное оборудование, имеющееся в лабораториях факультета технологии производственных процессов.

Vorstellung des schalldichten Motorenprüflabors hinter der geöffneten Tür und der Prüfstandsteuerung außerhalb des Motorenraums

Звуконепроницаемая лаборатория для проверки моторов (за открытой дверью) и внешний пульт управления испытательного стенда

Montage einer Materialprobe für die Röntgen-Analyse im Fachbereich Werkstofftechnik.

Монтаж пробы материала для рентгеноструктурного анализа на факультете материаловедения

Die Maschinenbauer unserer Hochschule befassen sich nahezu mit der vollen Breite dieses Gebiets. Fahrzeug- und Verbrennungsmotorentechnik bildet den Schwerpunkt unseres Instituts für Fahrzeugtechnik.

Mit aufwändigen Motoren- und Fahrzeugprüfständen werden dynamische Lastzyklen mit Automobilen und Verbrennungsmotoren gefahren, um sie einerseits zu optimieren und andererseits Versagensmechanismen zu ermitteln. Mit diesen Daten lassen sich konstruktive Verbesserungen vornehmen. Die Lebensdauer wird erhöht, Lärm wird gemindert, der Brennstoffverbrauch und die Schadstoffemmission werden gesenkt.

Ein wenig ausführlicher sei auf den Fachbereich *Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik* (EFI) und den Fachbereich *Werkstofftechnik* (WT) eingegangen. Hier scheint es die fachlich engsten Beziehungen zu Ihrer Hochschule zu geben.

EFI ist für die Studiengänge bzw. Studienschwerpunkte

- Allgemeine Elektrotechnik
- Automatisierungstechnik
- Energieanlagentechnik
- Feinwerktechnik
- Medientechnik
- Mikroelektronik
- Daten- und Informationstechnik
- Nachrichtentechnik
- Produktion und Automatisierung
- Software-Engineering
- Telekommunikation

Машиностроители нашего института занимаются почти всеми задачами этой области. Автотранспортная техника и двигатели внутреннего сгорания – предмет изучения и исследований в отделении автотранспортной техники.

На прецизионных испытательных стендах автомобили и двигатели внутреннего сгорания подвергается динамическим нагрузкам. Полученные данные используются для изучения причин и механизмов отказов, а также оптимизации конструкции: увеличения срока службы, снижения шума, расхода топлива и выбросов вредных веществ.

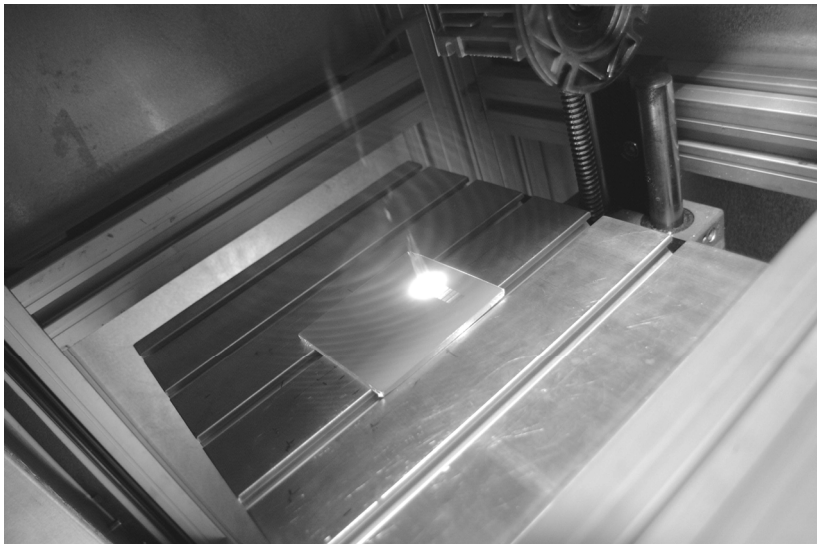
Несколько подробней стоит остановится на факультете электротехники, точного приборостроения и информационной техники (ФЭТИ), а также факультете материаловедения (ФМ). Профиль этих подразделений, на наш взгляд, наиболее близок к профилю Вашего вуза.

Студенты ФЭТИ обучаются по следующим специальностям / специализациям

- Общая электротехника
- Автоматика
- Энергетические установки
- Точное приборостроение
- Мультимедийные технологии
- Микроэлектроника
- Вычислительная и информационная техника
- Техника связи
- Автоматизация и производство
- Программное обеспечение
- Телекоммуникация

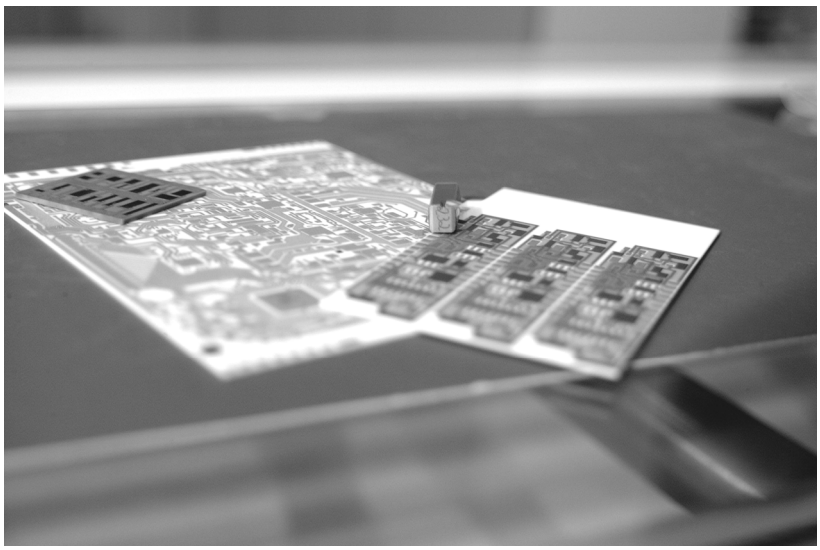
Keramische Multilayer Schaltungsträger mit verborgenen Durchkontaktierungen.

Керамическая многослойная плата со скрытыми контактами



Laserbearbeitung eines keramischen Werkstücks.

Лазерная обработка керамической детали



Maskenjustierung im Reinraumlabor

Юстировка маски в лаборатории «чистая комната»

Vorbereitung eines studentischen Experiments im Rahmen der Mikrowellenausbildung.

Подготовка студенческого эксперимента по теме СВЧ-радиоволны

Demonstrator für die regelungstechnische Stabilisierung instabiler Systeme am Beispiel der freien magnetischen Lagerung schwerer Bauteile. Das freischwebende Ω hat eine Masse von 0,5 kg.

Демонстрационная установка автоматической стабилизации неустойчивой системы на примере магнитного складирования тяжелых строительных конструкций. Магнитная подвеска управляет знаком Ω массой 0,5 кг

zuständig. Mit über 1100 Studenten, 48 Professoren und 36 Labors ist EFI unser größter ingenieurwissenschaftlicher Fachbereich.

Der Fachbereich Werkstofftechnik auf der anderen Seite ist unser kleinster. Er befasst sich mit der Technologie der nichtmetallisch anorganischen Werkstoffe. Dazu zählen alle modernen so genannten High-Tech-Keramiken und -Gläser.

Für die Leistungselektronik entstehen so neuartige Trägermaterialien z.B. mit hoher elektrischer Isolation und Durchschlagsfestigkeit bei gleichzeitig hoher Wärmeleitfähigkeit vergleichbar mit Kupfer.

Wegen gleichzeitig ausgezeichneter Korrosionsbeständigkeit können somit kompakte wassergekühlte Leistungselektronikbaugruppen realisiert werden.

Eine Spezialität ist das Gießen keramischer Folien ohne organische Lösungsmittel und das Herstellen keramischer Schaltungsträger mit kontrolliert hoher Dielektrizitätskonstante speziell für die Miniaturisierung planarer Mikrowellenbaugruppen.

Wie oben schon aufgeführt umfasst das Arbeitsgebiet des Fachbereichs Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik das ganze Gebiet der Elektrotechnik, der Gerätetechnik und der Nachrichtentechnik.

Dementsprechend breit ist die Laborausstattung. Ein modernes Hochspannungslabor für Spannungen bis etwa 750 Kilovolt gehört ebenso dazu wie ein Reinraum für Mikrotechnologien. Im Bereich der Mikrowellentechnik verfügt der Fachbereich EFI über moderne rechnergestützte Techniken für die Modellierung aktiver und passiver Mikrowellenschaltungen einschließlich Entwurfszentrierung, Prototypenbau und der messtechnischen Qualifizierung. Zur studentischen Grundausbildung gehört neben der Freifeldmikrowellenübertragung vor allem die leitungsgeführte Höchstfrequenzerzeugung, -übertragung und -verarbeitung.

ФЭТИ является самым крупным инженерным факультетом вуза. К нему относятся более 1100 студентов, 48 профессоров и 36 лабораторий.

Факультет материаловедения напротив - наш самый маленький факультет. На нем изучается технология неметаллических неорганических материалов, в том числе всех современных высокотехнологичных керамик и стекол.

Для электроники больших мощностей разрабатываются новые несущие материалы, обладающие, например, высокой электрической изоляцией, пробойным напряжением, при теплопроводности сравнимой с теплопроводностью меди.

Отличная коррозионная стойкость этих материалов позволяет создавать на их основе компактные, высокопроизводительные силовые электронные блоки с водяным охлаждаем.

Нашим коньком является оригинальная технология литья керамических пленок и керамических плат обладающих заданной высокой диэлектрической проницаемостью, специально разработанная для изготовления миниатюрных СВЧ блоков и плат.

Как было уже отмечалось, сфера интересов факультета электротехники, техники точных приборов и информационной техники (ФЭТИ) охватывает всю область электротехники, приборостроения и техники связи.

Соответственно весьма разносторонним должно быть и оснащение лабораторий. Хорошими примерами здесь являются лаборатория высоких напряжений с оборудованием до 750 киловольт, «чистая комната» для исследований в области микроэлектроники. Для моделирования активных и пассивных СВЧ схем на факультете широко используются современные CAD-системы, обеспечивающие разработку прототипа, анализ и оптимизацию технических параметров проекта. К основным предметам на факультете относятся распространение радиоволн, направляющие СВЧ – системы, устройства генерации и обработки СВЧ -сигналов.

Ein wichtiger Teil des Studiums ist der Regelungstechnik und der Systemmodellierung gewidmet. Dazu zählen auch moderne digitale Filter- und Transformationstechniken sowie Modellierungsverfahren bis hin zur automatischen Code-generierung für einzusetzende Signalprozessoren.

Forschung und Entwicklung an der Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule

Staatliche Hochschulen werden von den Wissenschaftsministerien der einzelnen Bundesländer grundfinanziert, dürfen jedoch keine Studiengebühren erheben. Das jährliche Budget setzt sich in Bayern nach einer ganzen Reihe von Kriterien zusammen. Die leistungsbezogene Komponente berücksichtigt dabei den Erfolg der jeweiligen Hochschule in Forschung und Entwicklung anhand des so genannten Drittmittelaufkommens und anderer forschungsbezogener Merkmale.

Drittmittel sind Geld- oder Sachzuwendungen, die nicht aus dem regulären staatlichen Hochschulhaushalt, sondern eben von „Dritten“ stammen. Mit ihnen werden die Kosten für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten abgedeckt. Solche Gelder zahlt z.B. die Industrie der Hochschule für die Durchführung von Forschungsaufträgen. Sie können auch von Forschungsfördereinrichtungen wie z.B. der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Bayerischen Forschungsstiftung oder dem Bundesforschungsministerium bereitgestellt werden.

технике автоматического регулирования и системному моделированию. Сюда относятся техника современной цифровой фильтрации и преобразований, а также методы моделирования, вплоть до автоматической генерации кода используемых сигнальных процессоров.

Научные исследования и разработки института им. Георга Симона Ома

Основное финансирование государственные вузов в ФРГ осуществляется министерствами науки федеральных земель. Вузы не имеют права взимать плату за обучение. Ежегодный бюджет Баварии формируется на основании целого ряда критериев. При этом достижения вуза в научных исследованиях и разработках учитывается посредством так называемого дохода от третичных средств, а также других показателей научно-исследовательских работ.

Третичные средства - это денежные пособия или материальная поддержка, которые можно получить не из регулярного государственного бюджета высшей школы, а именно от "третьих лиц". Ими покрываются издержки для проведения научных проектов и разработок. Такие средства для проведения НИР предоставляет вузам, например, промышленность. Поддержка научных исследований вузов осуществляется также и организациями, такими как Немецкое научно-исследовательское общество, Баварский исследовательский фонд или федеральное министерство по науке и исследованиям.