ImpulsE

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Aus Forschung und Lehre

ImpulsE

12. Jahrgang - Dezember 2007

Aus dem Inhalt

Ivonne Stresius, Ina Holzapfel, Nina Krause, Matthias Grottker
- Verbesserung und Sicherstellung der Badegewässerqualität im Kreis Rendsburg-Eckernförde — Seite 2

Benjamin Heemeier, Arno Patzelt, Matthias Grottker
- Wasserwirtschaft der Oasenstadt Tayman: Untersuchungen und Ergebnisse der Feldkampagne 2007 — Seite 10

Felicidad Romero-Tejedor
- Farbe - Argumente für eine intelligente Ästhetik — Seite 27

Reinhard Kegel
- Planung feldarmer Freileitungs- und Kabeltrassen — Seite 33

Reinhard Kegel
- Erfolgreiche AGW-Sanierung von Transformatorstationen in der Schweiz — Seite 39

Reinhard Kegel
- Das induktive, parasitäre Streufeld des Drehstrom-Verteilungstransformator im räumlichen Fernbereich — Seite 44

Erwin Langheld
- Mit dem Fehler leben oder Über geschlossenen und offene Systeme — Seite 48

Wolfgang Kümmel
- Albert Betz: Pionier der Windenergienutzung — Seite 59

Wolfgang Kümmel
- 60 Jahre bemannter Überschallflug — Seite 65

Klaus-Peter Wolf-Regett
- Kompetenzzentrum Kunststofftechnik in der Hochschulstrategie der FHL — Seite 69

Andreas Wittke
- LMS independent content production by oncampus — Seite 81

Rolf Granow
- Strategic E-Learning Implementation at Lübeck University of Applied Sciences — Seite 84

Aus den Fachbereichen

Stefanie Bünning, Annette Listmann, Joachim Litz
- Deutsch-chinesisches Studienmodell — Seite 87

Sabine Herrmann, Matthias Grottker
- Versuchs- und Ausbildungskläranlage Reinfeld — Seite 90

Henning Schwarz
- Neue Bücher — Seite 92

Vorwort

Die Fachhochschule Lübeck hat sich in vielen Bereichen ihrer Tätigkeit an die Spitze der Hochschulen in der Bundesrepublik gesetzt. Ein Zeichen hierfür ist der Zuspruch durch die Studenten mit gut gefüllten Studiengängen, sind die guten Benotungen der Lehrbeauftragten in den Medien und die umfangreichen F + E-Tätigkeiten mit Prämierungen. Hierzu sei nur auf den erst kürzlich verliehenen Preis des deutschen Stifterverbandes verwiesen.

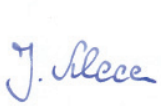
Diese Spitzenstellung soll und muss weiter ausgebaut werden. Nicht aus einer Eitelkeit, der an der Hochschule Tätigen, sondern als Grundvoraussetzung eines langfristig angelegten strategischen Wachstums.

Dabei darf diese Weiterentwicklung nicht getrennt für Lehre, Forschung und Verwaltung gesehen, sondern muss im Zusammenhang betrachtet werden.

Nur Professoren, die neben ihrer Lehre auch aktiv am Markt in der Forschung und Entwicklung tätig sind, können künftig den Anforderungen eines zukunftsorientierten Lehrprogrammes genügen, nicht nur theoretische Erfahrungen, sondern vielmehr darüber hinaus auch praktische Erfahrungen sind Grundvoraussetzung, um eine attraktive und berufs- und bedarfsgerechte Lehre zu entwickeln.

Forschung und Entwicklung bieten den Studenten auch einen ersten Eindruck in den zukünftigen beruflichen Alltag eines Ingenieurs. Dabei wird künftig nicht das Auseinandersetzen mit dem Normalen und dem Bewährten, sondern eher das Beherrschen neuer technischer Lösungen und gestalterischer Herausforderungen zu den allgemeinen Berufsanforderungen zählen. Dabei sollte beachtet werden, dass nicht nur technische Herausforderungen, sondern auch das Beherrschen wirtschaftlicher Randbedingungen nicht nur in der Wirtschaft, sondern auch in der Verwaltung und damit an den Hochschulen eine zunehmende Bedeutung erlangt. Es hat seinen besonderen Reiz, dass Forschung und Entwicklung nicht in einem bequemen Agieren über feste öffentlich-rechtliche Grundfinanzierungsbudgets möglich wird, sondern die Hochschulen sich diese Mittel über Drittmittelforschung, über Wettbewerbe in Forschungsprogrammen aneignen müssen.

Ich muss feststellen (ich bin schon seit Längerem für die Hochschule in beratender Funktion tätig), dass sich die Fachhochschule für diese Bereiche - Forschung und Entwicklung - exzellent aufgestellt hat. Neben den fachlichen Kompetenzen der Professoren sind ein Großteil der nötigen gesellschaftsrechtlichen Organisation geschaffen worden, die Fachhochschule ist auf einem sehr guten Weg. Ich wünsche ihr dabei weiterhin viel Erfolg!



Prof. Dr.-Ing. Jochen Scheuermann
Vorsitzender des Hochschulrats der Fachhochschule Lübeck

Verbesserung und Sicherstellung der Badegewässerqualität im Kreis Rendsburg-Eckernförde

Ivonne Stresius, Ina Holzapfel, Nina Krause und Matthias Grottker

Zusammenfassung:

An Badestellen im Kreis Rendsburg-Eckernförde kam es in den vergangenen Jahren zeitweise zu erhöhten hygienische Belastungen, zum Teil mit Überschreitungen der gesetzlichen Grenzwerte. Im Rahmen eines dreijährigen Forschungsprojektes sollen die Quellen und Ausbreitungswege der mikrobiellen Verunreinigungen identifiziert und bewertet werden. Basierend auf diesen Daten werden dann Maßnahmen für ein Sanierungskonzept zur Minderung der Belastung der Badestellen und des Gesundheitsrisikos der Badegäste erstellt. Zu den Maßnahmen gehört auch ein Frühwarnsystem, das Badegäste über mögliche gesundheitliche Risiken informiert.

Die räumliche Ausdehnung des Kreisgebietes, die Vielzahl potentieller Quellen sowie die unklaren Ausbreitungswege der hygienischen Belastung erfordern ein Monitoringprogramm mit sowohl zeitlich als auch räumlich engmaschigem Untersuchungsraster. Ein signifikanter Anstieg der Belastungen wird während Regenwettersituationen erwartet. Aus diesem Grund wird ein radargestütztes Niederschlagsvorhersagesystem in Kooperation mit der Firma einfalt & hydrotec aufgebaut, das einerseits eine kurzfristige Beurteilung des Niederschlagsgeschehens für die Messeinsätze erlaubt und darüber hinaus Daten zur Modellierung der Ausbreitung der hygienischen Belastung für das Frühwarnsystem zur Information der Badegäste zur Verfügung stellt.

Nach Ende des ersten Untersuchungsjahres konnten die ersten Verschmutzungsquellen im Untersuchungsgebiet identifiziert und teilweise auch schon saniert werden.

Einführung und Zielsetzung des Projekts

An den Badestellen des Kreises Rendsburg-Eckernförde kam es in den vergangenen Jahren zeitweise zu erhöhten hygienischen Belastungen, zum Teil mit Überschreitungen der gesetzlichen Grenzwerte.

Die Badegewässerqualität an den Badestellen ist für den Tourismus, einen der wichtigsten Wirtschaftszweige im Kreis Rendsburg-Eckernförde, von entscheidender Bedeutung.

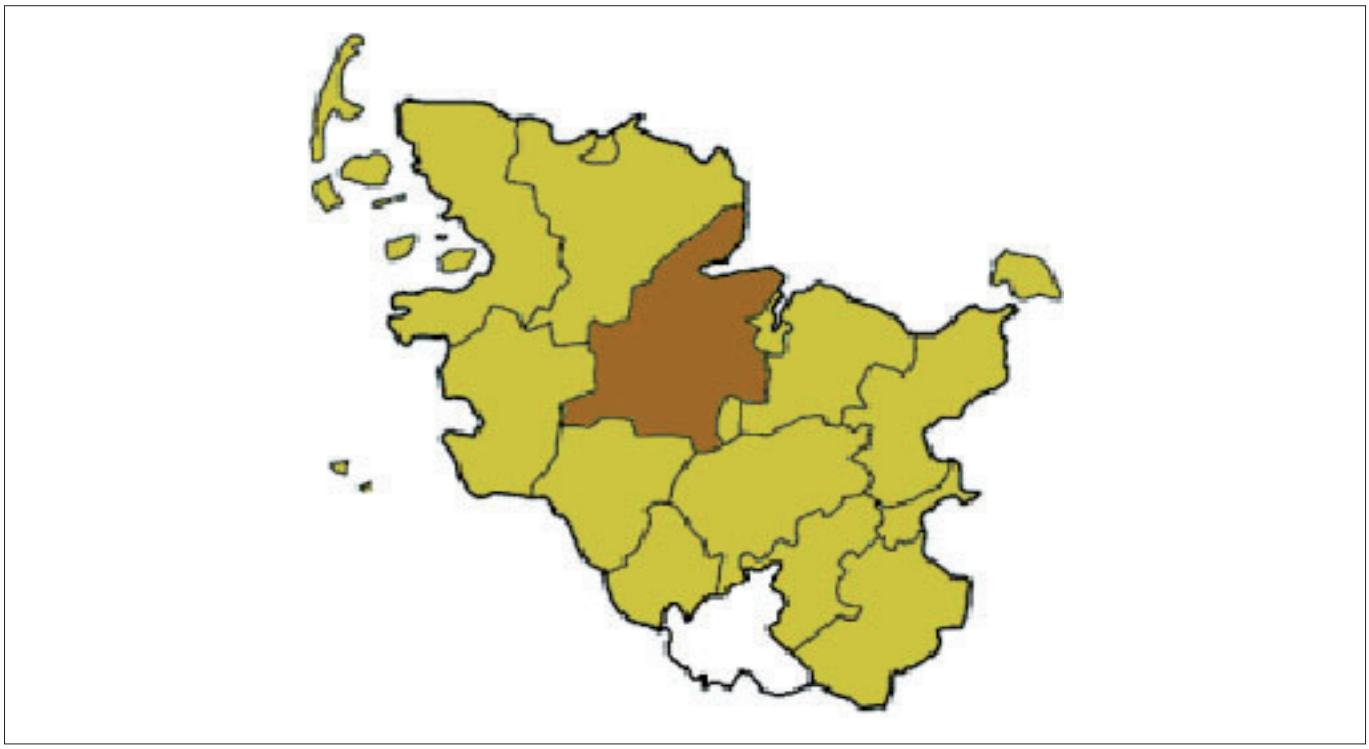


Abbildung 1: Lage des Kreises Rendsburg-Eckernförde

Mit Inkrafttreten einer novellierten europäischen Richtlinie im März 2006 gibt es veränderte und zum Teil strengere gesetzliche Anforderungen an die Qualität und Bewirtschaftung von Badegewässern. In dieser neuen Richtlinie steht zusätzlich zur bloßen Datensammlung und Bewertung der Badegewässer die aktive Verbesserung der Badegewässerqualität im Mittelpunkt. Zwingend gefordert werden die Bestandsaufnahme möglicher Verschmutzungsquellen und deren Sanierung.

Eine weitere Zielsetzung ist die Information und Beteiligung der Öffentlichkeit.

Als Vorbereitung auf die erhöhten Anforderungen der neuen Badegewässerrichtlinie wurde das Labor für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik vom Kreis Rendsburg-Eckernförde mit der Durchführung eines dreijährigen Forschungsprojektes zur Verbesserung der Badegewässerqualität beauftragt. Die Umsetzung des Forschungsprojektes erfolgt in einer grenzübergreifenden Zusammenarbeit mit einem dänischen Projektpartner, dem Miljøcenter Fyn / Trekantområdet im Bereich des ehemaligen Fyns Amt, und wird durch ein INTERREG-Förderungsprogramm der EU unterstützt.

Ziel des Projektes ist die Identifizierung und Bewertung von Quellen und Ausbreitungswegen mikrobieller Verschmutzung in den Fließgewässern des Einzugsgebietes und der Badestellen. Schwerpunkte bei den Untersuchungen sind die zeitliche und räumliche Variabilität der hygienischen Belastung, die Unterschiede bei Trockenwetter und Regenwetter und der Einfluss von Sedimenten und Schwebstoffen.

Basierend auf diesen Untersuchungsergebnissen soll ein Sanierungskonzept mit Maßnahmen zur Verringerung der hygienischen Belastung der Badestellen erstellt werden. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen ist die Installierung eines Frühwarnsystems zur Vorhersage der gegenwärtigen und zukünftigen Badegewässerqualität in Verbindung mit einer radargestützten Niederschlagsvorhersage geplant.

Material und Methoden

Untersuchungskonzept:

Die Ursachen für die hygienische Belastung von Badegewässern können vielfältig und von Badestelle zu Badestelle sehr unterschiedlich sein. In erster Linie zu nennen sind hier Verschmutzungen menschlichen Ursprungs. Dazu gehören Einleitungen von großen zentralen Kläranlagen bis hin zu Hauskläranlagen mit zum Teil erheblichen Bakterienfrachten ebenso wie Regenentlastungen von Mischwassersystemen und die Einträge von Badenden selbst. In ländlichen Gebieten muss mit diffusen Einträgen von Bakterien durch die Landwirtschaft über Düngung und Tierhaltung gerechnet werden. In der Literatur werden auch immer wieder Wildvögel als Quelle hygienischer Verschmutzung genannt. Abgesehen von den Quellen für Einträge von Bakterien in die Gewässer, haben die Lebensbedingungen, die Ausbreitungswege und die Transportmechanismen der Bakterien entscheidende Bedeutung für die Qualität der Badegewässer.

Frühere Untersuchungen der Badegewässerqualität im Kreis Rendsburg-Eckernförde befassten sich hauptsächlich mit der Wasserqualität der Badestellen direkt. In den meisten Fällen zeigte sich keine Systematik zwischen den Quellen und Pfaden der Einzugsgebiete der einleitenden Gewässer und der mikrobiologischen Verschmutzung an den Badestellen selbst. Ein wichtiger Schwerpunkt für die Erstellung des Untersuchungskonzeptes ist daher die Erfassung der zeitlichen und räumlichen Variabilität der mikrobiellen Belastung entlang der Gewässerläufe mit hoher Auflösung der Probenahmehäufigkeit. Um die Lebensbedingungen, die Ausbreitungswege und die Transportmechanismen bewerten zu können werden die Einflüsse von meteorologischen und hydrologischen Größen auf die Höhe der Belastung und die Rolle von Gewässersedimenten und Schwebstoffen untersucht.

Untersuchungsprogramm:

Die Zielsetzung des Projektes und die zu klärenden Fragestellungen führten zu einem Monitoringprogramm mit folgendem Grundgerüst:

- Neben den Daten zur mikrobiologischen Belastung werden chemische, physikalische, hydrologische und meteorologische Parameter bestimmt, um Zusammenhänge zwischen hygienischer und stofflicher Fracht des Wassers und deren Variabilität zu untersuchen
- Das Untersuchungsprogramm setzt sich aus einem Grundprogramm und einem Intensivprogramm zusammen. Im Grundprogramm werden alle Einleitungen kurz vor der Mündung in die Badegewässer an drei aufeinander folgenden Tagen pro Woche untersucht. Im Intensivprogramm wird an drei aufeinander folgenden Tagen pro Woche mögliche Verschmutzungsquellen entlang eines Gewässerlaufs mit der dazugehörigen Badestelle zu verschiedenen Tageszeiten beprobt. Das Intensivprogramm wird bei Trockenwetter und Regenwetter durchgeführt.
- Es werden nur wenige automatische Messungen durchgeführt, hauptsächlich wird von Hand vor Ort gemessen.
- Zur Planung der Probenahme bei Regenwetter werden Daten einer radargestützten Niederschlagsvorhersage hinzugezogen.

Um die Analysen möglichst zeitnah zur Probenahme durchführen zu können, auf Wetteränderungen möglichst kurzfristig reagieren zu können und der Menge der Proben gerecht zu werden, wurde ein mobiles Labor eingerichtet, das im jeweiligen Untersuchungsgebiet platziert werden kann. Damit werden Transportwege und –zeit möglichst klein gehalten.

Abbildung 2: Mobiles Labor

Parameter und Methoden

Probenahme

Die Probenahme wurde in Anlehnung an die Norm DIN EN ISO 19458 zur Probenahme für mikrobiologische Analysen durchgeführt. Die zu beprobenden Fließgewässer waren zum größten Teil von geringerer Tiefe als die geforderte Probenahmetiefe, sodass die Probenahme hier von der Norm abweicht.

Mikrobiologische Parameter

Um die mikrobiologische Qualität des Wassers zu bestimmen, werden die Untersuchungsparameter der neuen Badegewässerrichtlinie Escherichia coli und intestinale Enterokokken analysiert. Die Analysen wurden mit Colilert-18 bzw. Enterolert-E in Verbindung mit dem Quantifizierungsverfahren QuantiTray 2000 durchgeführt. Vorteil dieser Analysenmethoden ist die schnelle, einfache Handhabung, die schon nach 18 bzw. 24 h Ergebnisse liefern. Da sich in einer Vergleichsuntersuchung zwischen dieser Schnellmethode und dem Referenzverfahren der EU-Badegewässerrichtlinie, ISO 7899-1 (ISO) herausstellte, dass diese beiden Methoden für den Parameter intestinale Enterokokken deutlich unterschiedliche Ergebnisse liefern, werden in der zweiten Messkampagne 2007 beide Methoden zur Bestimmung herangezogen, um eine größere Menge an Vergleichsdaten zu erhalten.

Chemisch-physikalische Parameter

Neben den mikrobiologischen Parametern wurden folgende chemisch-physikalischen Parameter untersucht:

- pH-Wert, Leitfähigkeit, Trübung und Sauerstoffgehalt durch sensorische Messung mit Multiparametersonden bei der Probenahme und während des Intensivprogramms an mehreren Stellen des Messgebietes
- Stickstoffparameter (Gesamtstickstoff, Nitrat, Nitrit, Ammonium), Gesamt- und ortho-Phosphat und Chemischer Sauerstoffbedarf durch photometrische Messung mit Küvetten-Schnelltests einmal wöchentlich

Hydrologische Parameter

Die Durchflussgeschwindigkeit wurde mit einem Strömungsmesser nach dem magnetisch-induktiven Prinzip gemessen. Weiterhin wurden der Pegelstand und die Wassertemperatur bestimmt.

Meteorologische Parameter

Neben den Niederschlagsdaten der Radarmessung und der Regenschreiber des LANU wurden von einer im Messgebiet stationierten Wetterstation Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und –richtung und die Globalstrahlung gemessen.

Niederschlagsvorhersage

Warnkonzept für die Probenahme

Die Probenahme muss zu jeder beliebigen Tageszeit stattfinden können. Für den Regenwetterfall erfordert die Entfernung zwischen den Probenahmestellen und dem Standort des Probenahmeteams eine Vorhersage des heranziehenden Niederschlages. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die Probenahme zu spät beginnt und der erste erhöhte Abfluss bereits vorbei ist.

Die Niederschlagsmessung mit dem Wetterradar ist ein indirektes Messverfahren, bei dem die Reflektion von elektromagnetischen Pulsen an Hindernissen (typischerweise Regentropfen, Hagel, etc.) in der Atmosphäre gemessen wird. Radarmessungen bieten den Vorteil, besonders detaillierte Informationen zu liefern, weil sie eine hohe flächenmäßige Auflösung (1 x 1 km) mit einem kurzen Zeitschritt verknüpfen. Die daraus resultierende Datendichte ist mit einem herkömmlichen Messnetz nicht zu erreichen.

Die hohe räumliche Auflösung der Radarmessung erlaubt es, Niederschlagsfelder als Bilder zu betrachten und mittels Bildverarbeitungsmethoden zu bearbeiten (Einfalt et al., 1990). Dabei werden Niederschlagszellen von Bild zu Bild beobachtet, wieder erkannt und in die Zukunft extrapoliert. Die Radarvorhersage wird für einen Vorhersagehorizont von einer Stunde berechnet, automatisch ausgewertet und in eine SMS umgewandelt, wenn ein vorgegebener Schwellwert für eine der Probenahmestellen überschritten ist. In 2006 war die Warnschwelle 2 mm in einer Stunde (gemessen + vorhergesagt) (Einfalt et al., 1990).

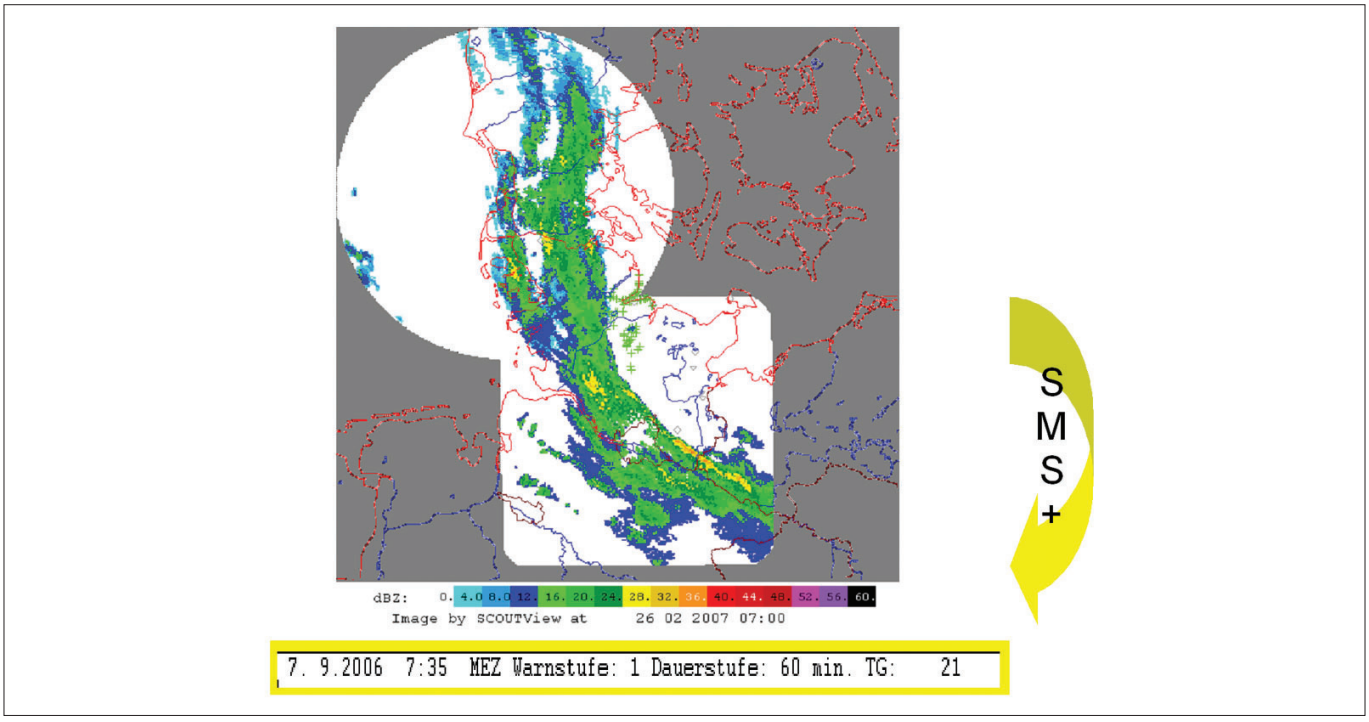


Abbildung 3: Radargestützte Niederschlagsvorhersage

Untersuchungsgebiete

Das Untersuchungsgebiet umfasst 30 Badestellen sowohl an der Ostseeküste als auch an Binnengewässern, die über einen Zeitraum von drei Jahren jeweils von Mai bis Oktober untersucht werden. Die räumliche Ausdehnung des Kreises Rendsburg-Eckernförde, die Vielzahl potenzieller Quellen, sowie die unklaren Ausbreitungswege hygienischer Belastungen erfordern eine sehr detaillierte flächenhafte Untersuchung vor Ort. Daher wurden die zu untersuchenden Badestellen in drei Untersuchungsregionen aufgeteilt die nacheinander zu bearbeiten sind. Während der Messkampagne im Jahr 2006 wurden Badestellen an der Ostseeküste zwischen Damp und Eckernförde untersucht, in der Messkampagne 2007 werden Badestellen an Binnenseen, hauptsächlich am Wittensee und Vollstedter See untersucht. Im Jahr 2008 ist der Untersuchungsschwerpunkt an Badestellen an der Schlei angesiedelt.

Das Untersuchungsgebiet 2006 beinhaltet 17 Badestellen, acht davon mit zeitweise erhöhter hygienischer Belastung. In diesem Bereich münden dreizehn Fließgewässer bzw. Einleitungen, deren Einzugsgebiete untersucht wurden. Alle Gewässer sind kleinere Bäche oder Gräben mit Längen zwischen einem und sieben Kilometern. Die Einzugsgebiete sind hauptsächlich landwirtschaftlich genutzte Gebiete mit einer geringen Bevölkerungsdichte im Winter, die während des Sommers durch Touristen stark ansteigt. Alle Gewässer dienen als Vorfluter für kommunale oder private Kläranlagen.

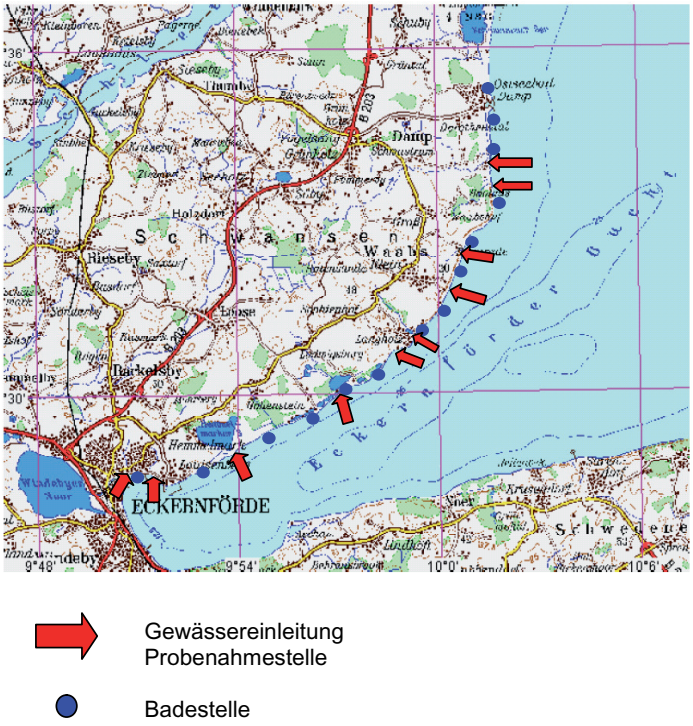


Abbildung 4: Untersuchungsgebiet 2006

Ergebnisse

Für die Messkampagne 2006 stehen die ersten Ergebnisse zur Verfügung. Während der Messkampagne wurden 1650 Wasserproben in der Zeit vom 28. Juni bis zum 31.Oktober untersucht. Es konnten mehrere Quellen für hygienische Belastungen im Untersuchungsgebiet identifiziert werden. Dabei wird zwischen Punktquellen und diffusen Quellen unterschieden. Als Punktquellen konnten ganz eindeutig Kläranlagen identifiziert werden.

Abwasserart	E-Coli/ 100ml
Rohabwasser	10^6-10^8
Nach mechanisch-biologischer Reinigung	10^4
UV-Desinfektion	10^1

Abbildung 5: Bakterienkonzentrationen im Abwasser

Im Untersuchungsgebiet gibt es drei größere zentrale Kläranlagen mit Einwohnergleichwerten zwischen 12.000 - 20.000 im Sommer. Eine der Kläranlagen, die mit 15.000 Einwohnergleichwerten größte Kläranlage ist mit einer Sandfiltration und einer UV-Desinfektion ausgestattet, die die Keimkonzentration auf 10 Keime pro 100ml reduzieren soll. Der Auslauf der Kläranlage ist über eine Rohrleitung mit einem Hafenbecken verbunden. Abgesehen vom Auslauf der Kläranlage wird diese Rohrleitung außerdem noch von Regenwasserabläufen gespeist. Während der Untersuchungen gab es zwei technische

Störfälle in der Kläranlage, die durch die Untersuchungen identifiziert und behoben werden konnten. Auch die Funktion der UV-Röhren war nicht optimal und diese wurden im Rahmen von Wartungsarbeiten erneuert. Danach lag die Keimkonzentration im Ablauf der Kläranlage unter der Nachweisgrenze von einem Keim pro 100 ml sowohl für E.coli als auch für Enterokokken.

Trotzdem wurde ein kontinuierlicher Anstieg der Keimgehalte im Verlauf der Rohrleitung vom Auslauf der Kläranlage bis hin zum Einlauf in das Hafenbecken um zwei Zehnerpotenzen festgestellt, ohne das eine weitere Verschmutzungsquelle identifiziert werden konnte. Ursache dafür sind vermutlich Biofilme von Umweltbakterien und Fäkalbakterien, die in den Rohrleitungen optimale Lebensbedingungen vorfinden und einen stetigen Nachschub von Bakterien und Nährstoffen erhalten. Aus diesen Biofilmen werden bei entsprechender Dicke des Belags und erhöhter hydraulischer Belastung Bakterienflocken abgerissen und weitertransportiert.

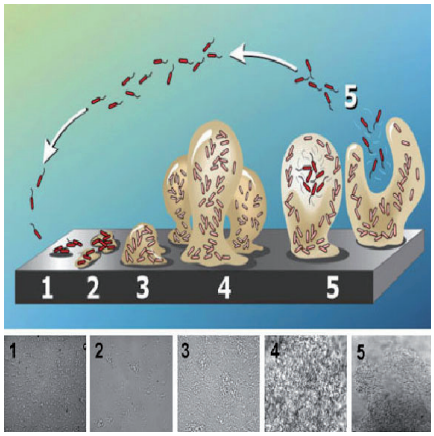


Abbildung 6: Bildung eines Biofilms (Flemming et al., 2001)

Weiterhin zu bedenken ist, dass auch bei einer niedrigen Konzentration von 10 Keimen pro 100 ml Wasser bei einer Wassermenge von ca.1100m^3 pro Tag 11 x 10^7 Keime in das Hafenbecken transportiert werden.

Eine weitere Kläranlage, die untersucht wurde, ist eine Teichkläranlage mit 5000 Einwohnergleichwerten, der eine UV-Desinfektion nachgeschaltet ist. Auch dort steigt die Konzentration von E.coli und Enterokokken vom Ablauf der Kläranlage bis zum Einlauf in die Ostsee deutlich an. Der Gewässerverlauf ist hier jedoch zum Teil offen und verläuft durch landwirtschaftlich genutztes Gebiet. Festgestellt wurde, dass der Rohrdurchmesser der Zuleitung zur UV-Desinfektion bei Regenwetter nicht ausreichend groß ist und ein Teil des Wassers an der Anlage vorbei in den Graben und weiter in die Ostsee geleitet wird.

Die dritte größere Kläranlage mit 12.000 Einwohnergleichwerten im Sommer wird ohne Desinfektion betrieben. Trotzdem wurden hier im Auslauf durchschnittliche Konzentrationen von nur E.coli 220 MPN/100 ml und 240 MPN/100 ml für Enterokokken gemessen. Die Reduzierung der Keimzahl wird vermutlich in den ausreichend dimensionierten Nachklärbecken durch Sedimentation und Sonneneinstrahlung erzielt.

In der Schmutzwasserzuleitung zum diesem Klärwerk konnte eine weitere Verschmutzungsquelle identifiziert werden. Am tiefsten Punkt der Abwasserleitung in 50 Meter Entfernung zur Ostsee wird das Abwasser durch ein Pumpwerk zur Kläranlage gepumpt. Bei starken Regenereignissen war die Wassermenge für die Pumpen zu groß, das Wasser staute sich zurück, drückte den nächstgelegenen Gullideckel nach oben und das Schmutzwasser lief direkt in die Ostsee und wurde in einer großen Schmutzwolke nach Osten, entlang der Küste, verdriftet. Während der Messkampagne wurde dies zweimal beobachtet.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich zahlreiche Klein- bzw. Hauskläranlagen, von denen einige als potentielle Verschmutzungsquellen untersucht wurden. Dabei handelt es sich um Kläranlagen, an die maximal sechs Wohneinheiten angeschlossen waren und zwar einen Filtergraben, zwei Pflanzenbeete, drei Nachklärteiche und eine Tropfkörperanlage.

Die beste Reinigungsleistung zeigten die Pflanzenbeete. Die Nachklärteiche variierten zwischen 600 und 52.000 Keimen pro 100 ml und die schlechtesten Reinigungsleistungen wiesen Filtergraben und Tropfkörper auf.

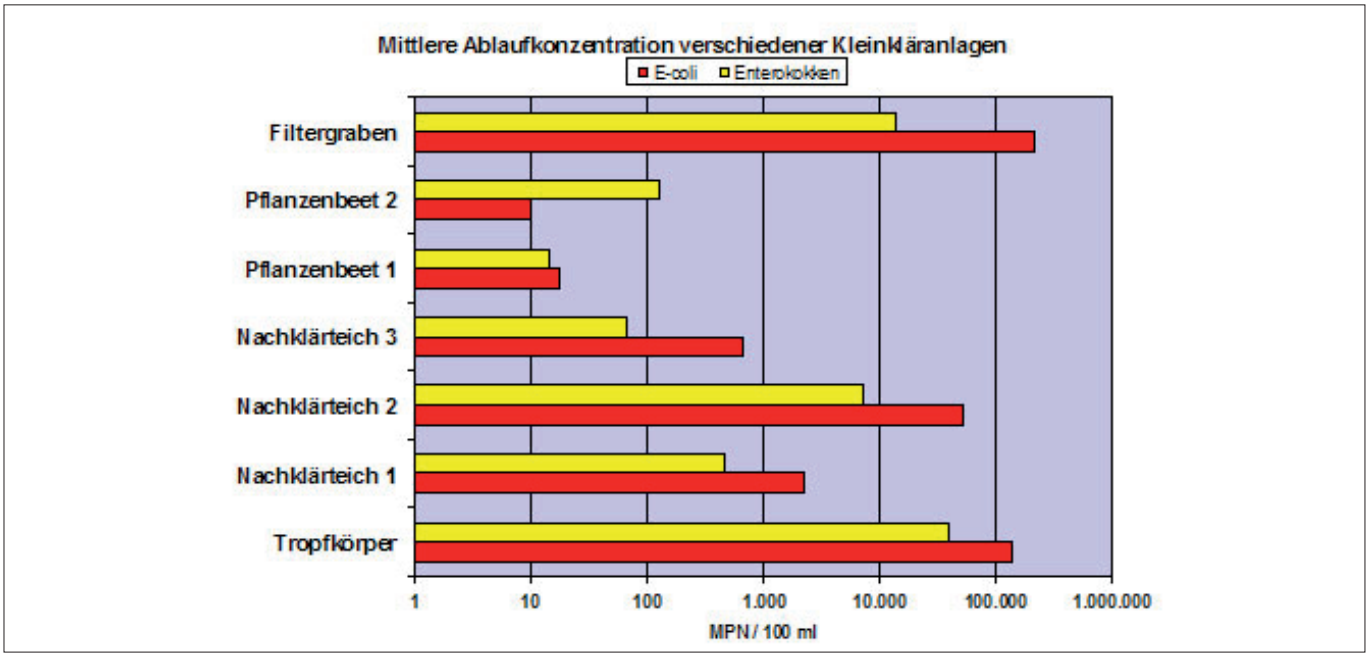


Abbildung 7: Vergleich Kleinkläranlagen

Eindeutige Zusammenhänge sind zwischen Regenwettersituationen und erhöhten Keimfrachten festzustellen. Bei Regenmengen, die Oberflächenabfluss produzieren, wurden an nahezu allen Probenahmestellen um ein bis zwei Zehnerpotenzen erhöhte Keimgehalte gemessen. Ausgenommen waren Ausläufe von Seen. Bei Regenwetter und erhöhter hydraulischer Belastung werden erhöhte Mengen von Partikeln transportiert. In Laboruntersuchungen wurde ein direkter Zusammenhang zwischen Partikelgehalt und Keimgehalt im Oberflächenwasser nachgewiesen. 50 bis 70 % der nachgewiesenen fäkalen Keime waren an die Sedimente und Schwebstoffe gebunden.

Ein übermäßiger Einfluss durch landwirtschaftliche Flächen konnte nicht nachgewiesen werden. An der Quelle der untersuchten Gewässer, die zum größten Teil in landwirtschaftlich genutzten Gebieten lagen und keine weiteren Verschmutzungsquellen aufzuweisen hatten, war die bakterielle Belastung durchweg niedrig. Belastungen sollen hier nur bei ausreichend großen Regenmengen innerhalb von 72 Stunden nach organischer Düngung auftreten (Jamieson et al., 2002).

Bewertung und Ausblick

Durch das Untersuchungsprogramm konnten in der untersuchten Region mehrere Ursachen für hygienische Belastungen von Badegewässern identifiziert werden. Daraus resultierend wurden die ersten Vorschläge für Maßnahmen zur Verbesserung der Badegewässerqualität zusammengestellt und teilweise wurde auch schon mit der Umsetzung begonnen.

In erster Linie führten technische und planerische Mängel an Anlagen zur Abwasserbehandlung und Abwassertransport zu hygienischen Belastung der Gewässer. Diese sollten bis zur nächsten Badesaison behoben werden. Desinfektion von Abwasser und regelmäßige mechanische Reinigung der Rohrleitungen zur Entfernung der Biofilme erniedrigen die Keimbelastung der Abflüsse in die Ostsee. Die Desinfektionsanlagen sollten im Winter nicht abgeschaltet werden um eine übermäßige Verkeimung der Rohrleitungen zu verhindern. Sinnvoll wäre eine regelmäßige Kontrolle von zentralen Kläranlagen, während der Badesaison in kleineren Zeitabständen als im Winter, um Störfälle zeitnah erkennen und abstellen zu können. Die Privatisierung von Abwasserbehandlungsanlagen und der damit oft einhergehende Personaleinsparungen sind in diesem Zusammenhang kritisch zu betrachten.

Bei Hauskläranlagen sind Pflanzenbeete zu bevorzugen und Nachklärteiche für eine ausreichende Sedimentation zu dimensionieren und Beschattung zu beseitigen.

Sedimente und Schwebstoffe sind als Zwischenspeicher und Quelle von Fäkalbakterien anzusehen. Maßnahmen zur Einschränkung von Transport von Partikeln wie z.B. Fließgeschwindigkeitsverringerungen und gezielte Sedimentation würden dem Transport von Bakterien und der erhöhten Belastung bei Regenwetter entgegenwirken.

Weiter vorangetrieben wird die Entwicklung eines Vorhersagesystems zur aktuellen Badegewässerqualität in Verbindung mit der Niederschlagsvorhersage. Hierzu werden die Niederschlagsdaten (vorhergesagte und gemessene) mit den Bakteriengehalten und Trübungswerten in Verbindung gebracht.

In der Messkampagne im Jahr 2007 werden hauptsächlich Binnenseen und ihre Einzugsgebiete untersucht. Inhaltliche Schwerpunkte sind die weitere Untersuchung von Sedimenten, Schwebstoffen und Biofilmen, der Einfluss von Regenwasserkanälen und Drainagen und Tiere (z.B. Pferde, Hunde, Wasservögel) als Quelle hygienischer Verschmutzung.

Literatur

Einfalt,T., Denoeux, T., Jacquet, G., (1990). A Radar Rainfall Forecasting Method Designed for Hydrological Purposes, Journal of Hydrology, 114, pp.229-244.

Flemming, H.-J., Wingender, J., (2001). Biofilme - die bevorzugte Lebensform der Bakterien. Biologie in unserer Zeit, 31, 196-180.

Jamieson, R.C., Gordon, R.J., Sharples K.E., Stratton G.W., Madani A., (2002).Movement and persistence of fecal bacteria in agricultural soils and subsurface drainage water: A review. Can. Biosys. Eng., 44, 1.1 – 1.9.

Danksagung

Bedanken möchten wir uns vor allem bei unseren studentischen Hilfskräften, die uns im Messeinsatz bei Wind und Wetter und bei Tag und Nacht tatkräftig unterstützt haben.

Kontakt

Fachhochschule Lübeck
Labor für Siedlungswasserwirtschaft
und Abfalltechnik
VAK Reinfeld
Hamburger Chaussee 47, 23858 Reinfeld

Ivonne Stresius
E-mail: stresius@fh-luebeck.de
Tel: 04533- 20 44 912
Mobil: 0170 – 57 80 521

Wasserwirtschaft der Oasenstadt Tayma: Untersuchungen und Ergebnisse der Feldkampagne 2007

Benjamin Heemeier, Arno Patzelt, Matthias Grottker

1. Einleitung

Die saudi-arabische Oasenstadt Tayma weist eine weit zurückreichende Siedlungsgeschichte auf. Die günstigen naturräumlichen Randbedingungen (Oase), die Lage an der Weihrauchstraße (Handelsstation) und schließlich die Residenz des babylonischen Königs Nabonit (Mitte des 6. Jh. v. Chr.) ließen Tayma entwicklungsgeschichtlich an Bedeutung gewinnen. Unterschiedliche Besiedlungsphasen lassen sich hierbei über einen sehr langen Zeitraum zurückverfolgen. Erste Hinweise auf menschliche Siedlungsaktivitäten sind vermutlich in das 4. Jt. v. Chr. zu datieren (Chalkolithikum). Bei archäologischen Ausgrabungen konnten Funde aus dem ausgehenden 2. Jt. v. Chr. entdeckt werden, die bis in die Islamische Periode reichen. Weiterhin ließen jüngste Analysen von Metallfunden eine Datierung bis in das ausgehende 3./beginnende 2. Jt. v. Chr. zu.

Die Orientabteilung des Deutschen Archäologischen Instituts (DAI) führt seit 2004 Grabungen im Bereich der Siedlung durch. Das interdisziplinär angelegte Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert. Neben den wasserwirtschaftlichen Untersuchungen des Labors für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Fachhochschule Lübeck (FHL) erfolgt die Erforschung der Siedlungsgeschichte zusammen mit Wissenschaftlern aus den Bereichen Archäologie, Geoarchäologie, Geologie, Mineralogie, Bauforschung, Paläozoologie und Paläobotanik.

Ein Aspekt, der bei bisherigen Forschungsprojekten in der Regel außer Acht gelassen bzw. nicht systematisch und umfassend dargestellt wurde, ist die Untersuchung der wasserwirtschaftlichen Versorgung der Siedlung. Dabei scheint offensichtlich, wie auch selbstverständlich, dass Menschen in einer Siedlung ohne Wasserversorgung nicht überleben können. In diesem Zusammenhang führte ein Team der FHL im Frühjahr 2005 eine zweitägige Vorerkundung in Tayma durch. Ziel war eine erste Analyse der wasserwirtschaftlichen Situation und die Vorbereitung künftiger detaillierter Untersuchungen. Im gleichen Jahr bewilligte die DFG schließlich den Projektantrag, so dass mit den Untersuchungen im Frühjahr 2007 im Rahmen einer dreiwöchigen Forschungskampagne begonnen werden konnte.

2. Oasenstadt Tayma

Tayma befindet sich im Nordwesten der Arabischen Halbinsel in einem von mehreren Hügelketten umgebenen flachen Becken auf einer Höhe von etwa 830 m ü. NN (Abb. 1). Das vorherrschende aride Klima ist durch geringe Niederschläge und hohe Temperaturen geprägt.

Aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten und der damit verbundenen siedlungsgeschichtlichen Entwicklung lässt sich das Untersuchungsgebiet in vier Bereiche untergliedern: die moderne Stadt, die Palmenoase, die historische Stadt und schließlich die Sabkha, eine Salzpfanne, die von mehreren episodischen Wadis gespeist wird (Abb. 2).

Während Tayma in der Vergangenheit eine der bedeutendsten Palmenoasen Arabiens war unterscheidet sich die moderne Stadt aufgrund ihrer Bebauung und ihrer Infrastruktur kaum noch von anderen Städten in der Region.

Im Bereich der alten Stadt und des Palmengartens deuten zahlreiche historische und moderne Brunnen auf eine intensive wasserwirtschaftliche Nutzung hin. Durch eine intensive Bewässerung ist es möglich diesen Bereich insbesondere für den Anbau von Datteln landwirtschaftlich zu nutzen. Gleichzeitig ist jedoch auch hier eine Wohnbebauung zu finden.

Nördlich des Palmengartens schließt sich das hydrologische System der Sabkha an. In dieser topografischen Senke fließen die gesamten Niederschläge des großen Einzugsgebietes (ca. 1000 km^2), so dass in früherer Zeit ein Binnensee bzw. Binnenmeer entstanden ist. Da die verdunstenden Wassermengen vermutlich größer waren als die oberflächig zufließenden, kam es zu einer Absenkung des Wasserstandes und einer damit einhergehenden Versalzung der Sabkha. Unterschiedliche Wasserstände sind an den umgebenden Felsstrukturen ablesbar. Aufgrund veränderter hydrologischer Randbedingungen wurde die Sabkha in einer zweiten Phase nur noch periodisch geflutet. Erst das damit verbundene Trockenfallen über längere Zeitabschnitte ermöglichte die landwirtschaftliche Nutzung und damit die besondere Entwicklung der Oase.

Im Bereich der historischen Stadt befindet sich der Kernbereich archäologischer Siedlungsspuren. Die Archäologen des DAI konnten hier mindestens fünf unterschiedliche Bauschichten nachweisen. Auffällig sind hier, wie auch im übrigen Untersuchungsgebiet, die hohe Zahl von Befestigungsmauern, die ebenfalls durch unterschiedliche Bauphasen charakterisiert werden. Während es im Kernbereich der historischen Stadt zunächst keine offensichtlichen Hinweise auf wasserwirtschaftliche Anlagen gibt, sind im südlichen Bereich nahe der Stadtmauer zwei Brunnenstrukturen zu erkennen.

Abb. 1 Lage der Oasenstädte Tayma, Al Jawf und Al Ula in Saudi-Arabien

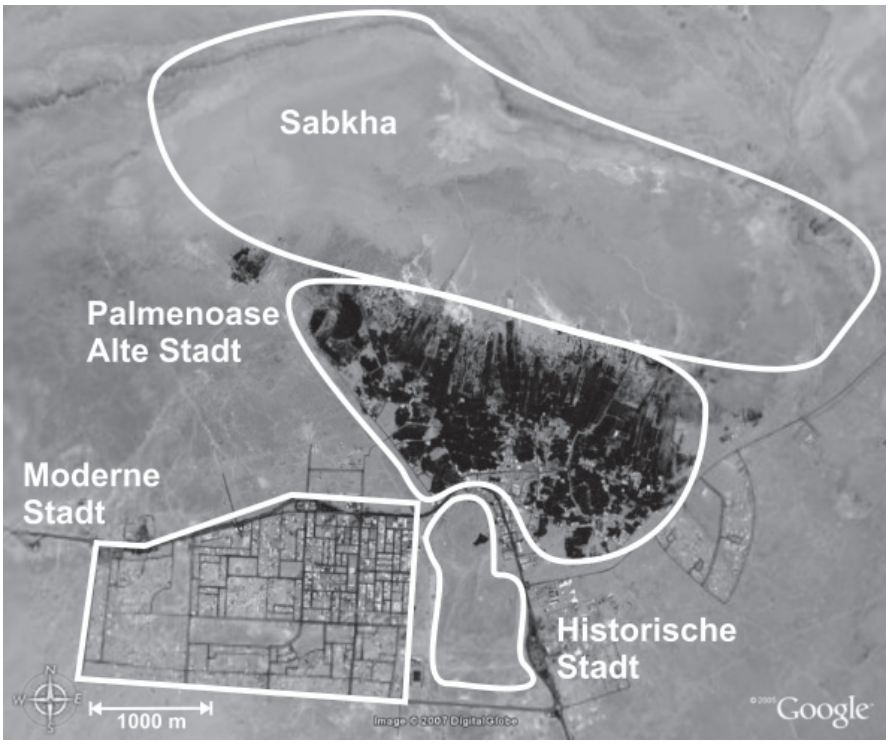


Abb. 2 Satellitenaufnahme von Tayma
Einteilung nach naturräumlichen Gegebenheiten in Sabkha, Palmenoase (Alte Stadt), moderne und historische Stadt

3. Forschungskampagne 2007

Die Forschungskampagne im Frühjahr 2007 fand in der Zeit vom 24. Februar bis zum 14. März statt. Neben jeweils zwei Tagen für die An- und Abreise standen somit zwei Wochen für die Untersuchungen vor Ort zur Verfügung. Die Arbeiten konzentrierten sich dabei in erster Linie auf das direkte Umfeld des zentralen Grabungsbereichs in der historischen Stadt. Hier erfolgten die Analyse der hydrologischen Gegebenheiten, die Bestimmung der Wasserressource und die Untersuchung der zugehörigen mutmaßlichen hydrotechnischen Installationen sowie die Betrachtung der Hochwassergefährdung.

Eine erste Bestandaufnahme der hydrologischen Situation im Palmengarten wurde begonnen. Da die Bewirtschaftung des Palmengartens bis heute anhält und zahlreiche hydraulische Installationen aus unterschiedlichen Zeiträumen vorhanden sind, lassen sich hieraus Rückschlüsse auf die zeitliche Entwicklung des Bewirtschaftungssystems ziehen. Insbesondere die Dokumentation von unterschiedlichen Brunnentypen soll es in Zukunft ermöglichen Rückschlüsse und Verknüpfungen auf die Wasserversorgung des Zentralbereichs der historischen Siedlung zuzulassen.

Gleichzeitig erfolgten die ersten Arbeiten am hydrologischen System der Sabkha, um deren Entstehung und den Beginn der möglichen Bewirtschaftung der Palmenoase zu untersuchen. In diesem Zusammenhang interessierten vor allem die Zusammenhänge zwischen Oberflächenabfluss, Volumen und Wasserstand, die nicht nur für die folgende Nutzung der Palmenoase wichtig waren, sondern auch als Indikator für eine mögliche Änderung der klimatischen Randbedingungen in der Region dienen können.

Während der Feldkampagne bestand die Möglichkeit eine weitere Oasenstadt auf der Arabischen Halbinsel zu besuchen. Al Jawf befindet sich etwa 270 km nordöstlich von Tayma und verfügt über ähnliche hydrologische Gegebenheiten, wie z.B. eine Sabkha. Hierdurch sollten mögliche Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede in der Entwicklung aufgezeigt werden. Im weiteren Verlauf des Projekts können mit der Analyse der jeweiligen naturräumlichen Gegebenheiten die daraus resultierenden Ähnlichkeiten und Besonderheiten, bezogen auf das jeweilige wasserwirtschaftliche System, dargestellt werden. Hierdurch soll neben dem zeitlichen Verlauf auch ein räumlicher Überblick gegeben werden, so dass die Wechselwirkungen des Wasserbewirtschaftungssystems der Oasenstadt mit seiner Umgebung verdeutlicht werden können.

4. Methodik

Die Untersuchungen basierten auf einem wasserwirtschaftlichen Survey, bei dem die naturräumlichen Gegebenheiten zunächst beobachtet, dokumentiert und schließlich bewertet wurden. Die hieraus entwickelten Methoden und Untersuchungsansätze wurden auch während der Arbeiten ständig überprüft und an die Randbedingungen angepasst. Oft ergaben sich aus Zwischenergebnissen neue Denkansätze, die im Gelände auf ihre Plausibilität überprüft wurden und somit eine weitere Anpassung der Methodik bezüglich der Fragestellung nach sich zogen.

Eine wichtige Art der Dokumentation bildete die Vermessung. Diese erfolgte aufgrund der großen räumlichen Ausdehnung des Untersuchungsgebietes zum einen GPS-gestützt unter Verwendung einer Referenzstation, wie auch bei entsprechenden Anwendungen tachymetrisch mittels einer Totalstation. Aufgrund der Aussendung eines Korrektursignals durch die Referenzstation, wurde bei der GPS-Vermessung eine innere Genauigkeit des Systems von 1-2 cm erreicht, die neben der hohen Reichweite auch eine ausreichende Datensicherheit ermöglichte. Hauptsächlich diente die Vermessung der topografischen Geländeaufnahme, aus deren Daten hydrologische Parameter abgeleitet werden konnten (Abb. 3). Gleichzeitig ermöglichte sie die Erfassung von Oberflächenstrukturen, hier insbesondere mutmaßlicher hydrotechnischer Installationen, und die Dokumentation von naturräumlichen Besonderheiten. Des Weiteren wurden notwendige Vermessungsarbeiten für die geophysikalischen Untersuchungen durchgeführt.

Geophysikalische Prospektionen werden vor allem zur zerstörungsfreien Erkundung des Untergrundes genutzt. Je nach Fragestellung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Anwendung fand die geoelektrische Multielektrodenkartierung entlang von Profilen. Ziel war es, das Vorkommen von Grundwasser sowie Wasserwegsamkeiten im Untergrund zu bestimmen. Die so genannte geoelektrische Tomografie (2D-Kartierung) ermöglicht dabei über die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands eine Aussage über die Beschaffenheit und den Aufbau des Untergrundes. Insbesondere für die Grundwassererkundung ist diese Methode gut geeignet, da sich mit einem steigenden Wassergehalt der elektrische Widerstand deutlich ändert. Über zwei Edelstahlelektroden, die ungefähr 20 cm in das Erdreich einbinden, wird ein elektrischer Strom (Stromstärke I) in den Untergrund eingespeist. Zwei weitere Sonden messen die Spannung (U), über die der spezifische elektrische Widerstand ($R = U/I$) berechnet werden kann. Werden mehrere Elektroden in Reihe geschaltet und die jeweilige Spannung zwischen ihnen gemessen, so ergeben sich Profile, die eine Aussage über die Widerstandswerte in einer bestimmten Auslage und in einer bestimmten Tiefe ermöglichen (Abb. 4). Das Ergebnis ist ein zweidimensionales Widerstandsprofil, das so genannte Tomogramm, das die tatsächliche Verteilung des elektrischen Widerstandes im Untergrund entlang des Profils bestmöglich annähern soll. Die Zuordnung einzelner geologischer Schichten zu den berechneten Widerstandswerten erfolgt mit Hilfe von einzelnen Bohrungen oder Aufschlüssen, bzw. anhand von Literaturwerten und eigenen Erfahrungswerten.

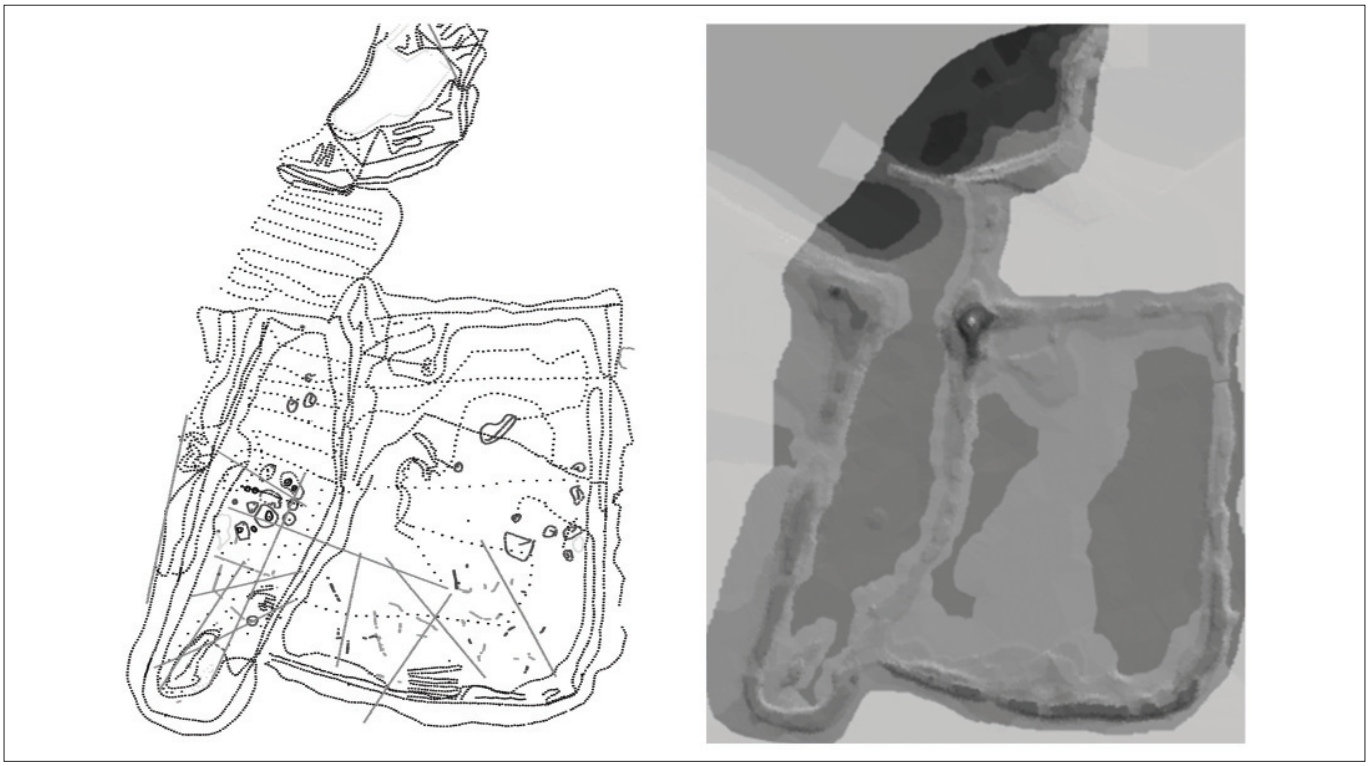


Abb. 3 Topografische Geländeaufnahme
Einzelne Messpunkte (links) und Geländemodell (rechts).

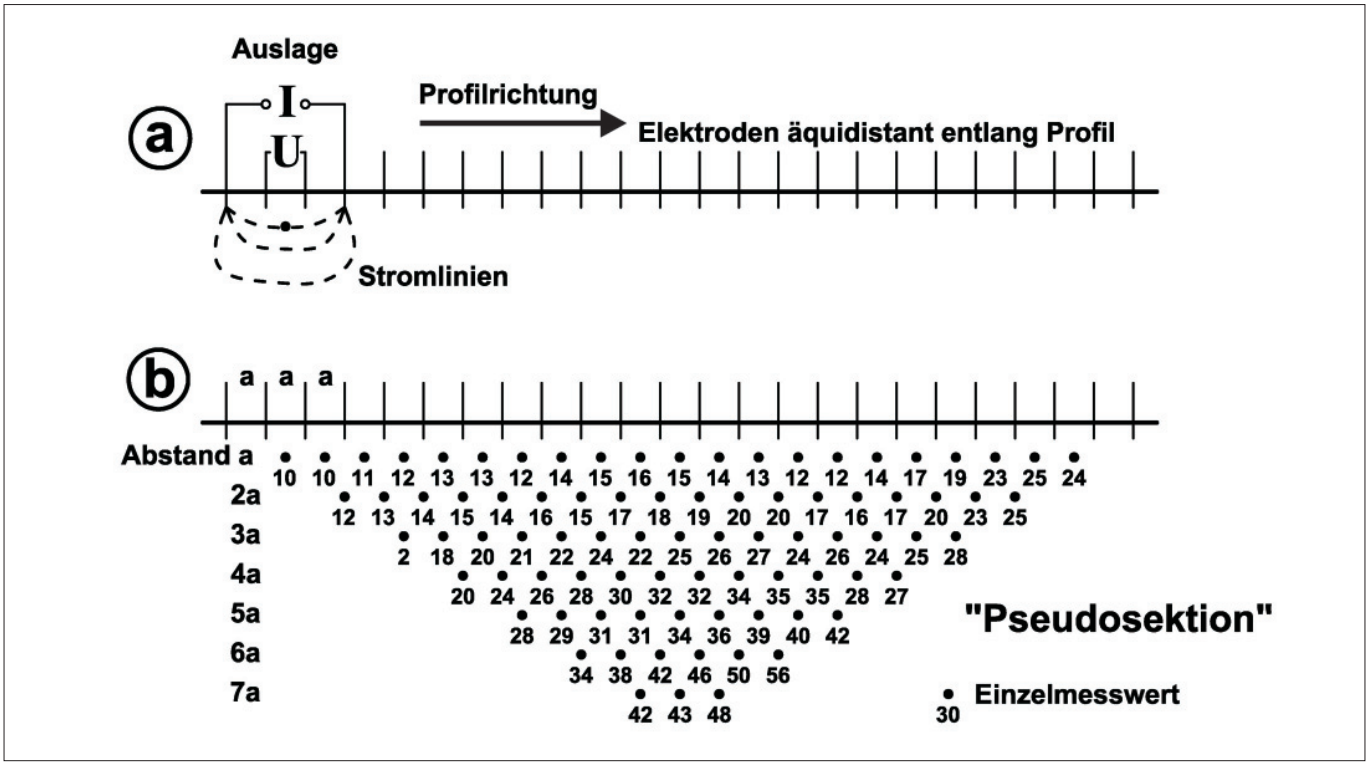


Abb. 4 Prinzip der geoelektrischen Multielektrodenkartierung entlang von Profilen (geoelektrische Tomografie)

5. Durchgeführte Arbeiten in Tayma

Wasserbewirtschaftung des zentralen Bereichs

Die Untersuchung der Wasserwirtschaft konzentrierte sich zunächst in dem südlichen Gebiet der Grabung, hier insbesondere in den Compounds A und B. In diesen Bereichen gab es bereits Anzeichen für hydrotechnische Strukturen. Im Compound B ist eine runde Mauerstruktur an der Oberfläche sichtbar, die als Brunnen beschrieben werden kann (Abb. 5). Bereits zuvor wurden im Compound A Untersuchungen mittels Bodenradar durchgeführt und Brunnenstrukturen unter der Eroberfläche vermutet (ArcheoProspections, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien).

Die Brunnenstruktur im Compound B wurde vermessungstechnisch und photographisch aufgenommen und entsprechend dokumentiert.

Südlicher Bereich der Grabung

Insgesamt wurden auf dem Grabungsgelände 13 geoelektrische Schnitte realisiert, von denen 11 im südlichen Bereich der Compounds A und B angeordnet sind (Abb. 6). In den Tomogrammen wurde der spezifische elektrische Widerstand dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass verfestigte Gesteine in der Regel höhere Widerstandswerte aufweisen als unverfestigtes Sediment oder verwittertes Gestein. Der Widerstandswert für eine Gesteinsart kann dabei über ein breites Spektrum variieren; insbesondere der Wassergehalt hat einen starken Einfluss. So führt das Vorhandensein von Wasser zu einer signifikanten Erniedrigung des Widerstandswertes eines Gesteins oder Sediments, abhängig von dem Elektrolytgehalt des Wassers, dem Porenraum und seiner Wassersättigung. Unter den Sedimenten haben bei gleichem Wassergehalt grobkörniger Kies den höchsten Widerstandswert, Schluff und Ton den niedrigsten.

Zumeist treten in den Tomogrammen oberflächennah Schichten mit niedrigen bis mittleren Widerstandswerten auf. Mit zunehmender Tiefe nahmen die Widerstandswerte rasch zu und erreichen Werte von 300 Ohm bis über 500 Ohm (Abb. 7). Teilweise traten diese hohen Widerstandswerte auch schon an der Geländeoberfläche auf. Es wird angenommen, dass es sich bei dem Material mit niedrigen bis mittleren Widerstandswerten überwiegend um mehr oder weniger stark verwitterte bzw. klüftige Tonstein-, Siltstein oder Sandsteinschichten handelte, die je nach Porosität einen mehr oder weniger hohen Wassergehalt besaßen. Höherer Wassergehalt, höhere Salinität der Porenwässer und ein höherer Anteil an Tonmineralen bewirkt dabei eine zunehmende Verringerung des elektrischen Widerstandswertes. Hohe bis sehr hohe Widerstandswerte entsprechen dagegen unverwittertem Festgestein. So konnten z.B. im mittleren Abschnitt von Profil 6 an der Oberfläche harte Sandsteinbänke beobachtet werden. In diesem Abschnitt lagen die Widerstandswerte entsprechend durchgehend bei über 400 Ohm. Neben dieser allgemein beobachteten Widerstandsverteilung traten in den Profilen 3 und 8 im Bereich der Brunnen jeweils trichterförmige, nach unten zulaufende Strukturen niedriger Widerstandswerte auf.

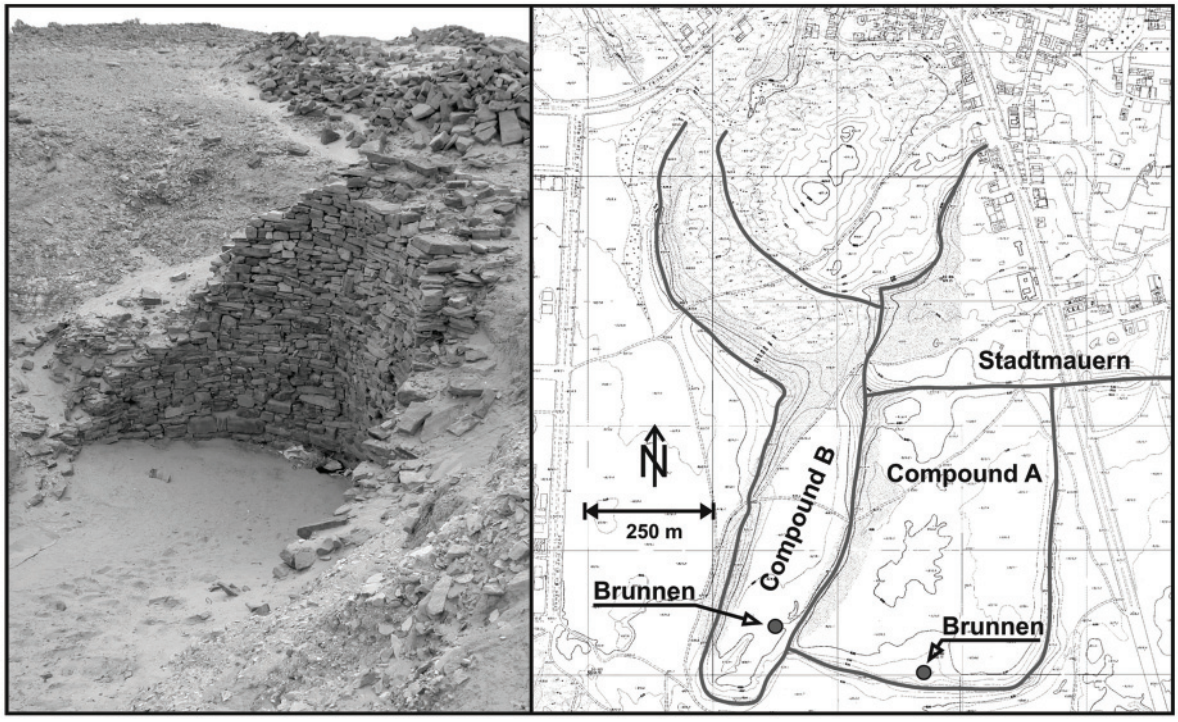


Abb. 5 Brunnenstruktur im Compound B (links). Lage der Compounds A und B in der historischen Stadt (rechts)

Abb. 6 Anordnung der geoelektrischen Profile in der historischen Stadt. Lage der Brunnen (B) in den Compounds A und B

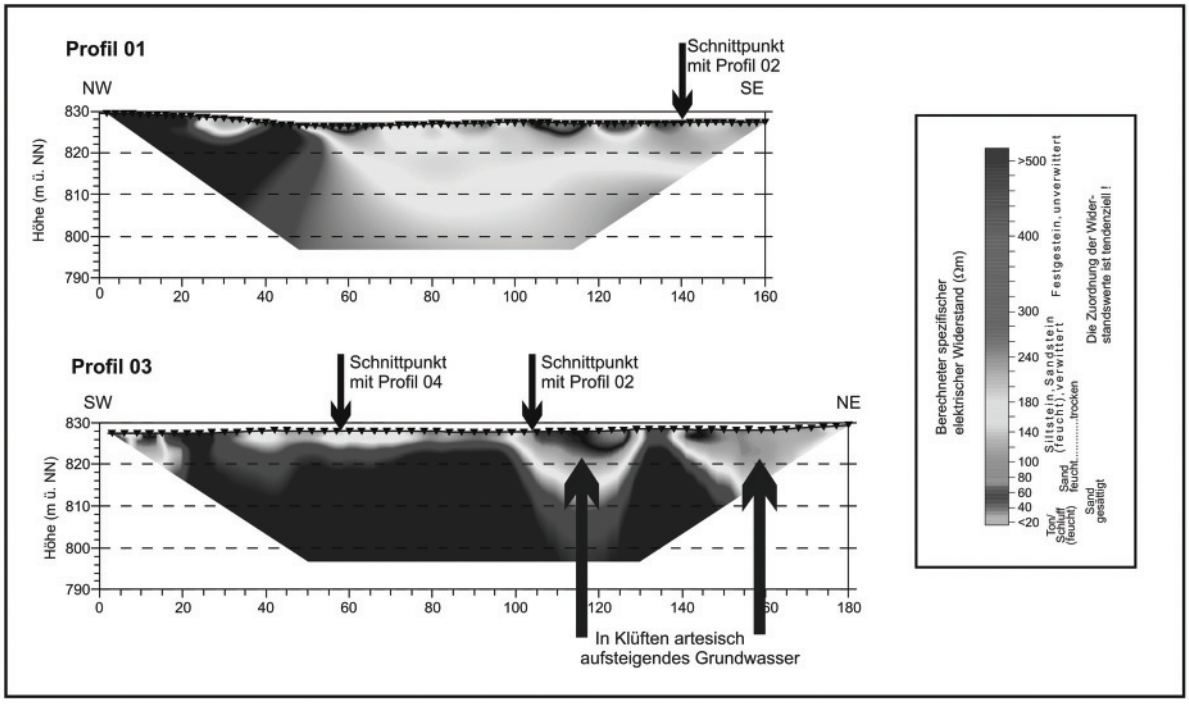


Abb. 7 Beispiele für die Tomogramme der geoelektrischen Profile (Profil 1 und 3)

Die trichterförmigen Strukturen niedriger Widerstandswerte im Bereich der Brunnen werden als tief reichende Klüfte im anstehenden Felsgestein interpretiert. An diesen Klüften kann das Grundwasser artesisch bis nahe an die Oberfläche aufsteigen. Ein deutlicher Hinweis für diese Annahme ist, dass bei Grabungen im mit losem Sand verfüllten Brunnen (Compound B) nach wenigen Dezimetern Tiefe bereits eine durchnässte Zone erreicht wurde, die hier eindeutig das Vorhandensein von freiem Wasser belegte. Als Wassereinzugsgebiet für die aufsteigenden Grundwässer sind die südlich gelegenen Hügelketten anzunehmen.

Da die geologischen Schichten leicht nach Nord-Nordost einfallen, kann das Grundwasser unterirdisch entlang von durchlässigen Schichten in nördliche Richtung fließen. Im zerklüfteten Gestein des Erkundungsgebietes steigt das Grundwasser dann artesisch bis nahe an die Oberfläche auf.

Die Brunnen wurden vermutlich deshalb an den beiden Orten erbaut, da hier aufgrund des aufsteigenden Wassers in prähistorischer Zeit die Vegetation wahrscheinlich besonders grün und lang anhaltend vorhanden war. Heutzutage zeichnen sich die Brunnenstandorte im Vergleich zur Umgebung jedoch nicht mehr durch eine üppigere Vegetation aus.

Es ist wahrscheinlich, dass beide Brunnen durch denselben oberflächennahen Aquifer versorgt wurden, der über Klüfte im Felsgestein auch heute noch durch einen tiefer liegenden, gespannten Grundwasserleiter gespeist wird.

Die Wasserversorgung der heutigen Stadt Tayma erfolgt durch Tiefbrunnen, die Wasser aus großer Tiefe fördern. Umso bemerkenswerter ist es, dass auch derzeit noch oberflächennahes Grundwasser im Bereich des Brunnens im Compound B vorhanden ist.

In den Compounds A und B waren an verschiedenen Stellen Strukturen an der Oberfläche zu erkennen, die möglicherweise über einen hydrotechnischen Hintergrund verfügten. Dabei unterschieden sich die Formationen in Bezug auf ihren Aufbau jedoch deutlich voneinander.

Im Compound B handelte es sich um die Reste von massiven, einschalig ausgeführten Mauerstrukturen, die jedoch nur über eine geringe Gründungstiefe verfügen (Abb. 8). Gleichzeitig erhoben sich diese Bauwerksreste heute nur noch minimal über das anstehende Gelände. Das Fehlen von Fundamenten und Gründungselementen ließ dabei die Frage aufkommen, ob die einfache Einbindung in das Erdreich den Belastungen, die auf wasserbauliche Elemente einwirken, Stand gehalten hätte.

Bei den Strukturen im südlichen Compound A handelte es sich dagegen in der Regel um zweischalige Mauerstrukturen, die aus aufrecht stehenden, plattigen Steinen gefertigt waren (Abb. 8). Der Abstand dieser parallel verlaufenden Steinsetzungen ließ vermuten, dass es sich hierbei um Kanalwangen und somit um Reste eines wasserwirtschaftlichen Systems, eventuell zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen, gehandelt haben könnte. Allerdings waren der Erhaltungszustand und die Vollständigkeit dieser Strukturen sehr schlecht, so dass die Interpretation eines möglichen zusammenhängenden Bewirtschaftungssystems schwer fiel.

Die unterschiedliche Ausbildung der Oberflächenstrukturen in den beiden Arealen lassen aus wasserwirtschaftlicher Sicht entsprechende Interpretationen zur Nutzung der beiden durch die Stadtmauer umschlossenen Gebiete zu. Demnach könnte es sich bei Compound A aufgrund der offensichtlichen Kanalstrukturen um ein landwirtschaftlich genutztes Areal gehandelt haben. Dieses verfügte über ein entsprechendes Kanalsystem zur Wasserverteilung, welches für die Bewässerung genutzt und durch den Brunnen im südlichen Bereich des Compound A gespeist wurde.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Siedlung aufgrund ihrer Funktion als Handelsstandort zahlreichen Reisenden mit ihren Tieren als Zwischenstation diente. Demnach musste es entsprechend geschützte Flächen geben, auf denen die Tiere beherbergt werden konnten und die über die Möglichkeit der Viehtränke verfügten. Die heute noch sichtbaren einschaligen Mauerstrukturen könnten folglich Reste von Begrenzungen einzelner Viehzellen bzw. Umzäunungen darstellen. Der Brunnen im südlichen Bereich könnte dann zur Versorgung der Tiere mit Wasser gedient haben.

Nördlicher Bereich der Grabung

Zwei geoelektrische Profile wurden im nördlichen Bereich des Grabungsgeländes realisiert. Das Profil 12 befand sich nordöstlich eines kleinen Palmengartens, der intensiv bewässert wurde. Der nördliche Teil des Profils lag mit etwa 820 m ü. NN niedriger als die Profile im Compound A und B (Höhenlagen hier um 830 m ü. NN). Nach Nordosten hin nahm die Topographie nochmals etwas ab.

Das Profil 13 befand sich westlich des inneren Ruinenbereichs und verlief über die mittlere Stadtmauer und einen davor liegenden, dazu parallel verlaufenden Graben hinweg. In unmittelbarer Nähe zum Profil war diese etwa 12 m breite und 6 m tiefe Grabenstruktur im Jahr 2006 bereits von den Archäologen des DAI untersucht worden. Die Grabenfüllung bestand aus einer sandigen, dicht gelagerten, trockenen Matrix, in die Mauersteine und Gesteinsschutt eingelagert waren. In dem Grabungsschnitt fand sich am unteren Ende der Grabenstruktur etwas Wasser. Zum Zeitpunkt der Messungen war er dagegen durchgehend trocken. Etwa 40 m nordwestlich, nahe dem Profil 13, befand sich aufgrund einer archäologischen

Abb. 8 Steinstrukturen an der Oberfläche. Einschalige Mauer im Compound B (links). Zweischalige Steinstruktur im Compound A (rechts)

Grabung ein weiterer Bodenaufschluss bis zu etwa 2 m Tiefe vor. Hier zeigten sich Schluffschichten, die im unteren Bereich feucht waren und Salzausblühungen aufwiesen. Auch am Profilende deuteten sich diese Schichten etwa 1 m unter der Geländeoberkante an und verfügten hier über eine Mächtigkeit von mindestens 2 m. Die Unterkante der Schluffschichten wurde mit den archäologischen Grabungen nicht erreicht.

In den Tomogrammen der zwei Profile dominierten durchgehend sehr niedrige Widerstandswerte. Die Zonen niedriger Widerstandswerte erstrecken sich hierbei bis zur maximal erzielten Eindringtiefe (ca. 20 m). Bemerkenswert ist weiterhin, dass der mit Schutt verfüllte Graben im Profil 13 höhere Widerstandswerte aufwies als das umgebende Material. Im Vorfeld der Messungen wurde noch davon ausgegangen, dass sich der mit Schutt verfüllte Graben als Bereich niedriger Widerstandswerte im Vergleich zum umgebenden Festgestein im Tomogramm abzeichnete. Die derart niedrigen Widerstandswerte konnten nur durch feuchte Schluff- und Tonschichten bzw. feuchte, stark verwitterte Tonstein- und Schluffsteinschichten erklärt werden, die großflächig zumindest 10 m bis 20 m tief in den Untergrund reichten. Ob die Durchfeuchtung der schluffig-tonigen (Gesteins-) Schichten durch aufsteigendes Grundwasser oder aber durch saisonal einsickerndes Wasser aus dem Wadi gespeist wurde, konnte nicht beurteilt werden. Denkbar wäre auch ein Zusammenspiel beider Prozesse. Für das Profil 13 war der Nachweis für das Vorhandensein von oberflächennahen Schluffschichten durch die dort befindlichen archäologischen Grabungen erbracht. Am Profil 12 könnte die jahrzehntelange, intensive Bewässerung der unmittelbar südwestlich gelegenen Palmenanlage eine tiefreichende Verwitterung und Versalzung der Ton- und Schluffsteinschichten zusätzlich begünstigt haben.

Hochwasserschutz

Der Hochwasserschutz stellte neben der Wasserversorgung eine zentrale Bedeutung für die Entwicklung der Siedlung dar. Die Hochwassergefährdung durch den unmittelbaren Verlauf von Wadis im Umfeld der Siedlung erforderte entsprechende Schutzmaßnahmen. Die heutige Lage des Wadis entspricht jedoch offensichtlich nicht mehr dem ursprünglichen Verlauf. Die künstliche Verlagerung des Flussbettes schien insbesondere mit dem Aufbau der Stadtmauer und den unterschiedlichen Bauphasen verknüpft zu sein. Neben den Stadtmauern deutete gleichzeitig die Grabenstruktur im Nordwesten als ein Element des Hochwasserschutzkonzepts auf eine mögliche (künstliche) Umlagerung des Flussbettes hin. Wird in diesem Zusammenhang die Topografie betrachtet, so könnte der ursprüngliche Verlauf des Wadis zunächst östlich des zentralen Siedlungsbereiches gewesen sein (Abb. 9). Das aus der Betrachtung der Höhenlinien resultierende starke Gefälle der Oberfläche in Richtung Norden lässt quasi keinen anderen Verlauf des Wadis zu. Mit Errichtung der in SO-NW-Richtung verlaufenden Stadtmauer wurde dieser natürliche Verlauf dann unterbrochen und die Wassermassen schließlich in westliche Richtung entlang der Stadtmauer geleitet. In diesem Zusammenhang könnte dann auch die Errichtung der Grabenstruktur erfolgt sein, die ein definiertes Bett für das Wadi darstellen sollte, um ein kontrolliertes Abfließen des Wassers zu ermöglichen. Hierbei muss beachtet werden, dass zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung der Bereich, der heute als Compound B bezeichnet wird, noch nicht von einer Stadtmauer umschlossen sein konnte. Erst mit der Nutzung von Compound B musste dann in einer dritten Phase das Wadi erneut umgelenkt worden sein, so dass es schließlich westlich der Siedlung, nahe dem heutigen Flussbett, verlief. Die Stadtmauern verhinderten nun den ursprünglichen Verlauf des Wadis durch das Gebiet des Compounds B.

Diese Hypothese bedarf der weitergehenden Diskussion. Aus wasserwirtschaftlicher Sicht scheint dieser zeitlich Ablauf möglich zu sein. Die Erörterung dieser Frage liefert insbesondere Verknüpfungen mit den Untersuchungen der Stadtmauern in Tayma. Die bisherigen Datierungen sprechen zum Teil gegen diese o. a. Hypothese, so dass genauere Untersuchungen notwendig sind, um diesen Widerspruch zu klären.

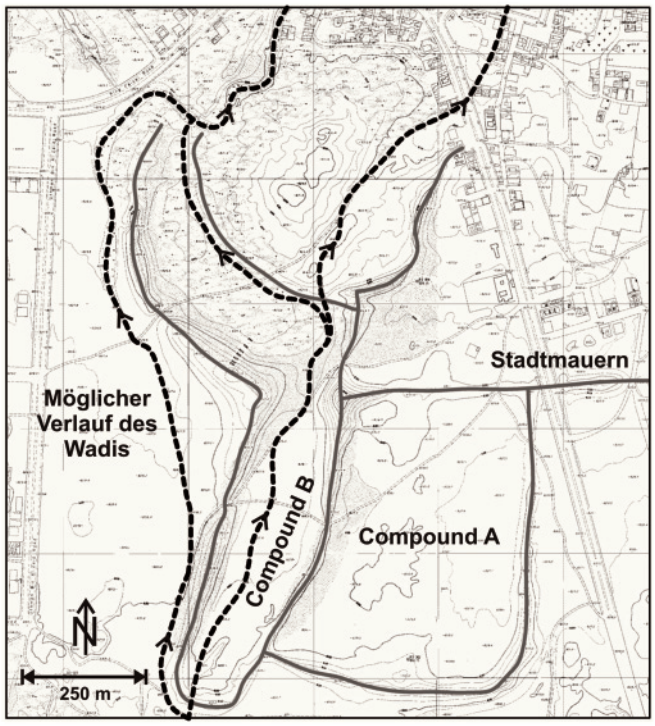


Abb. 9 Lage der Stadtmauern und möglicher Verlauf des Wadis

Hydrologie des Palmengartens

Der Palmengarten bildet ein wasserwirtschaftliches System, welches einen langen Nutzungszeitraum aufweist, der bis heute anhält. Die Untersuchungen können daher Aufschluss über die zeitliche Entwicklung und möglicherweise über die Änderungen der naturräumlichen Gegebenheiten bis in die heutige Zeit geben.

Im Palmengarten gibt es eine Vielzahl von Brunnenstrukturen, die auch heute für die Bewirtschaftung, insbesondere für die landwirtschaftliche Bewässerung, genutzt werden. Interessanterweise ergeben sich hierbei direkte Vergleiche zwischen der modernen Anwendung und dem historischen Gebrauch, da beide Elemente häufig in direkter Nachbarschaft zu finden sind. Die Nutzung unterscheidet sich jedoch vor allem bei der Verwendung unterschiedlicher Grundwasserleiter. Während die historischen Brunnenbauwerke einen höheren Aquifer anschneiden, pumpen die modernen Anlagen das Wasser aus

einem tiefer liegenden Grundwasserleiter (Abb. 10). Offensichtlich hat sich die Wasserqualität des oberen Aquifers im Laufe der Zeit, aber wahrscheinlich erst seit der Wandlung zur Konsumgesellschaft und einer intensiveren landwirtschaftlichen Nutzung innerhalb der letzten 100 Jahre, verschlechtert. Bis dahin konnte der obere Aquifer mittels einfacher Ziehbrunnen genutzt werden; die heutige Nutzung des unteren Aquifers erfordert dagegen Diesel- oder Elektropumpen.

Der Beginn einer Dokumentation von unterschiedlichen Brunnentypen lieferte unterschiedliche Baustrukturen der Anlagen. Ein großer Teil der Brunnen orientierte sich an dem Aufbau des inzwischen restaurierten Bir Haddaj, auch wenn der überwiegende Teil sehr viel kleinere Abmessungen aufwies (Abb. 11). Insbesondere der Vergleich zu der Brunnenstruktur im Bereich des Compound B kann hier in Zukunft möglicherweise bei der zeitlichen Einordnung und der Bestimmung der Nutzungsperiode helfen.

Abb. 10 Brunnen im Palmengarten: Traditioneller Brunnen (links), mit einem Dieselmotor betriebene Pumpe (rechts)

Abb. 11 Bir Haddaj. Restaurierter Ziehbrunnen in Tayma

Das häufig erwähnte Vorhandensein von Qanaten in Tayma scheint sich auf den ersten Blick nicht zu bestätigen. Qanate sind komplexe Systeme zur Nutzung des Grundwassers. In der ursprünglichen Bedeutung bestehen sie aus einem unterirdischen Kanal, der mit geringem Gefälle nahezu horizontal in einen Grundwasserleiter hineingetrieben wird. Das Grundwasser kann auf diese Weise an die Oberfläche geführt und zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen verwendet werden. Zur einfacheren Herstellung der Qanate werden in bestimmten Abständen vertikale Schächte abgeteuft, von denen aus die Abschnitte des horizontalen Kanals in den Boden getrieben werden. Für solche Bauwerke gab es bei den bisherigen Untersuchungen in Tayma bisher keine Anzeichen. Auch scheinen die hydrologischen Randbedingungen für ein solches System nicht gegeben zu sein. Möglicherweise wird der Begriff „Qanat" übergeordnet für einen horizontalen Stollen verwendet. In diesem Zusammenhang sind an der Sohle einzelner Brunnen horizontale Vortriebe beobachtet worden, die scheinbar die Sickerfläche des Brunnens erhöhen sollten, um somit eine größere Wassermenge bereitstellen zu können.

Hydrologisches System der Sabkha

Die Sabkha bildet eine hydrologische Senke zur Aufnahme der Oberflächenabflüsse des gesamten Einzugsgebietes. In früherer Zeit konnte hieraus die Entstehung eines Binnensees bzw. Binnenmeeres erfolgt sein. Ab einem bestimmten Zeitpunkt scheinen die verdunstenden Wassermengen größer gewesen zu sein als die oberflächig zufließenden. Hierdurch kam es zu einem Absinken des Wasserstandes und schließlich zu einer Versalzung der Sabkha (Abb. 12). Erst mit dem Absinken des Wasserspiegels war dann eine entsprechende Entwicklung und Nutzung der Palmenoase möglich. Die Entwicklung eines Niederschlags-Abfluss-Modells bzw. eines Niederschlags-Volumen-Modells für die Sabkha soll die Randbedingungen für diese Entwicklung näher erläutern. Hierzu muss das Volumen in Abhängigkeit von dem Wasserstand möglichst genau bekannt sein. In Verbindung mit der Größe des Einzugsgebiets und den charakteristischen Gebietsmerkmalen können dann Rückschlüsse auf den Abfluss geführt werden, der notwendig war, um einen gewissen Wasserstand in der Sabkha zu halten. Gleichzeitig gilt es den Grenzwert zu bestimmen, ab wann ein Wasserstand niedrig genug war, um eine entsprechende Bewirtschaftung der Palmenoase zu ermöglichen (ggf. unter Errichtung eines nördlich des Palmengartens gelegenen Erdwalls). In diesem Zusammenhang können über die Betrachtung geänderter Abflussparameter schließlich Rückschlüsse auf die Niederschlagsmenge zugelassen werden, deren Änderung möglicherweise aus wandelnden klimatischen Randbedingungen resultierte.

In diesem Zusammenhang wurde bei der Kampagne im Frühjahr 2007 mit einer topografischen Geländeaufnahme begonnen, um ein dreidimensionales Abbild der Sabkha zu schaffen. Die bisherigen Vermessungsarbeiten sind als Vorarbeiten zu betrachten, um künftige Messungen zu planen, insbesondere die Abstimmung zwischen Messaufwand und zu erreichender Genauigkeit, da es sich hierbei um ein relativ großes Areal handelt.

Abb. 12 Versalzte Flächen in der Sabkha von Tayma

6. Durchgeführte Arbeiten in anderen Oasenstädten (Al Jawf)

Die einzelnen wasserwirtschaftlichen Elemente in Tayma, wie die Hydrologie der Sabkha, die Hydrologie des Palmengartens und die Wasserwirtschaft des Siedlungsbereiches bilden ein eng verknüpftes System mit den entsprechenden Wechselwirkungen. Vergleichende Untersuchungen zu anderen Oasenstädten auf der Arabischen Halbinsel können die Interpretation absichern und gemeinsame, aber auch unterschiedliche Entwicklungen in der Siedlungsgeschichte auf Basis der naturräumlichen, hydrologischen Randbedingungen und deren wasserwirtschaftliche Nutzung aufzeigen. In diesem Zusammenhang erfolgte eine vergleichende Erkundung der naturräumlichen Randbedingungen der Oase Al Jawf.

Struktur des Siedlungsbereichs bezüglich der natürlichen hydrologischen Bedingungen

Gemäß den natürlichen hydrologischen Randbedingungen kann das Siedlungsgebiet, ähnlich der Oasenstadt Tayma, in vier verschiedene Bereiche eingeteilt werden: die Sabkha, der Palmengarten, die städtische Siedlung und das Wassereinzugsgebiet (Abb. 13). Dabei muss beachtet werden, dass sich diese Elemente auf verschiedenen topographischen Ebenen befinden: die Sabkha auf der niedrigsten Ebene (580 m ü. NN), die Siedlung auf der höchsten (630 m ü. NN). Der Palmengarten befindet sich zwischen diesen beiden Bereichen. Das Einzugsgebiet für den Aquifer, der die Brunnen versorgte, befindet sich westlich der Siedlung in einer Höhenlage von 630 m bis etwa 690 m ü. NN.

Das hydrologische System der Sabkha stellte wahrscheinlich die Randbedingung der Wasserbewirtschaftung und Kultivierung in Al Jawf dar. Oberflächenwasser sammelte sich auch hier in einer topographischen Depression und bildete einen (vorläufigen) Binnensee. Die verdunstenden Wassermengen überstiegen jedoch den Zufluss, der Wasserstand nahm ab, so dass hieraus eine langsame Versalzung der Sabkha resultierte (Abb. 14, nächste Seite).

Der Palmengarten stellte einen wichtigen Teil der landwirtschaftlichen Nutzung in der Oase von Al Jawf dar. Falls der Wasserstand in der Sabkha für eine längere Periode auf einem höheren Niveau verblieb, verhinderte dies womöglich die Entwicklung des Palmengartens. Wahrscheinlich ermöglichte gerade das Absinken des Wasserstands schließlich die landwirtschaftliche Nutzung des Palmengartens und somit eine besondere Entwicklung der Oase. Hierfür waren aufgrund der klimatischen Randbedingungen allerdings eine Be- und Entwässerung der landwirtschaftlichen Flächen notwendig und lassen somit auf das Vorhandensein einer entsprechenden Wasserressource schließen. Aufgrund der Vielzahl von Brunnen scheint es sich hier, vergleichbar mit Tayma, um eine Versorgung auf der Basis von Grundwasser zu handeln.

Die städtische Siedlung befand sich auf einer höheren Ebene über der Sabkha und dem Palmengarten. Demnach ist es wahrscheinlich, dass dieser Bereich über eine eigene Wasserversorgung verfügte, die von den anderen Bereichen unabhängig war.

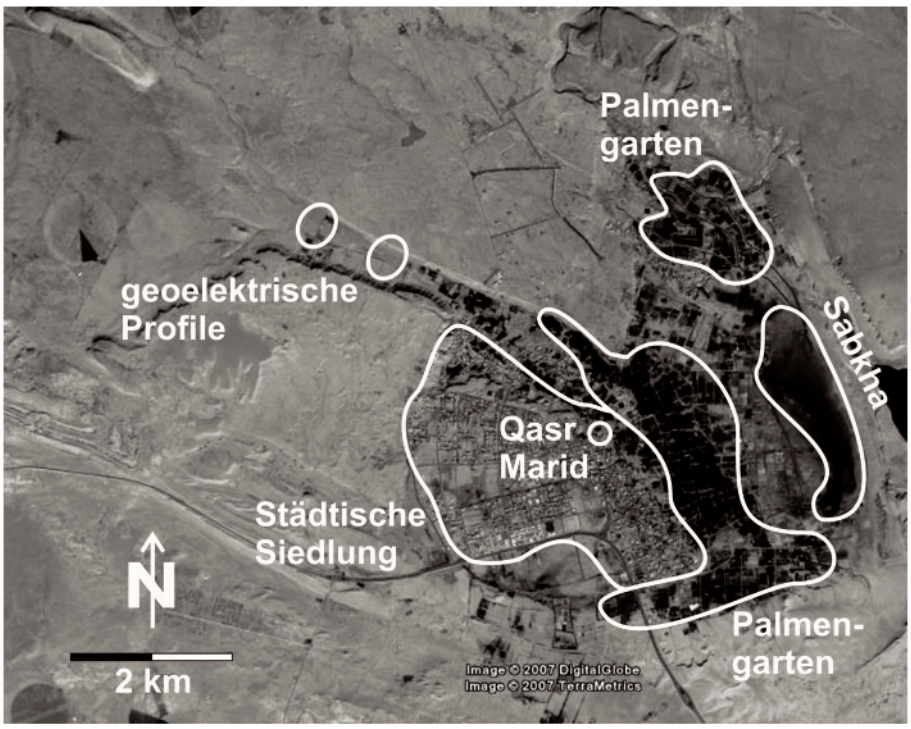


Abb. 13 Satellitenaufnahme von Al Jawf. Einteilung nach naturräumlichen Gegebenheiten in Sabkha, Palmengarten und städtische Siedlung. Lage der geoelektrischen Profile.

Abb. 14 Versalzte Flächen in der Sabkha von Al Jawf

Versorgung der Siedlung

Während der Untersuchungen konnten mehrere Elemente der Wasserversorgung identifiziert werden. Die Arbeiten konzentrierten sich zunächst auf zwei Bereiche: das westliche Gebiet nahe der Stadtmauer und das Areal im Umfeld der Festung Qasr Marid (Abb. 15).

In dem westlichen Gebiet nahe der Stadtmauer konnten vier Brunnen nachgewiesen werden. Sie befinden sich auf einem Niveau von 630 m bis 650 m ü. NN am südlichen Ende des Tals, nahe dem begrenzenden Berghang. Die Struktur der einzelnen Brunnen ist in der Regel vergleichbar. Sie bestehen aus einer kreisförmigen Mauerstruktur, die einen Durchmesser von 5 m bis 10 m aufweist. Die Wände sind aus regelmäßigen Quadersteinen gefertigt. Die abschätzbare Maximaltiefe der noch Wasser führenden Brunnen hängt vom Niveau des jeweiligen Wasserstandes (von 1 m zu 20 m) ab. Es ist anzunehmen, dass alle Brunnen von demselben Grundwasserleiter gespeist werden. Dieser scheint unter dem in westliche Richtung verlaufenden Wadi angeordnet zu sein. Die Analyse eines vor Ort erstellten digitalen Geländemodells scheint dies zu bestätigen. Geophysikalische Untersuchungen zur Bestimmung der Mächtigkeit des Grundwasserleiters, der Durchlässigkeit des Untergrundes sowie der Fließrichtung mögen diese These in Zukunft untermauern.

Zwei von vier identifizierten Brunnen weisen ein interessantes Baumerkmal auf, welches in Tayma bisher nicht nachzuweisen ist. Hinter der Brunnenmauer angeordnete Niedergänge ermöglichen es auf Zwischenebenen wie auch an die Sohle des Brunnens zu gelangen (Abb. 16). Um Zweck und Aufgabe dieser Treppen zu klären sind allerdings weitergehende Untersuchungen notwendig.

In dem unmittelbaren Umfeld der Festung konnten vier weitere Brunnenbauwerke beobachtet werden. Sie befinden sich auf einem Niveau von ca. 610 m bis 630 m ü. NN, so dass sie wahrscheinlich von demselben Grundwasserleiter gespeist werden. Auffällig ist die Konzentration der Brunnen auf einer vergleichsweise kleinen Fläche von lediglich 100 m x 100 m. Ein Brunnen war zum Teil noch mit Wasser gefüllt, die anderen mit Sand und Bauschutt verfüllt.

Aufgrund der hohen Anzahl von Brunnen in diesem Bereich scheint es offensichtlich, dass diese in erster Linie der Wasserversorgung der Bewohner dienten. Die Förderung des Wassers erfolgte anscheinend wie in Tayma mit Hilfe von Zugtieren, z. B. Kamelen. Reste von Kanalstrukturen an der Oberfläche deuten auf ein System zur Wasserverteilung hin. Aus der Topografie resultiert ein starkes Oberflächengefälle, welches möglicherweise die Entwicklung eines ausgeprägten Verteilungssystems begünstigte. In Tayma konnten bisher noch keine Anzeichen einer vergleichbaren Wasserverteilung nachgewiesen werden.

Abb. 15 Festung Qasr Marid (im Hintergrund). Modernes Wasserbecken zur Bewirtschaftung des Palmengartens (im Vordergrund)

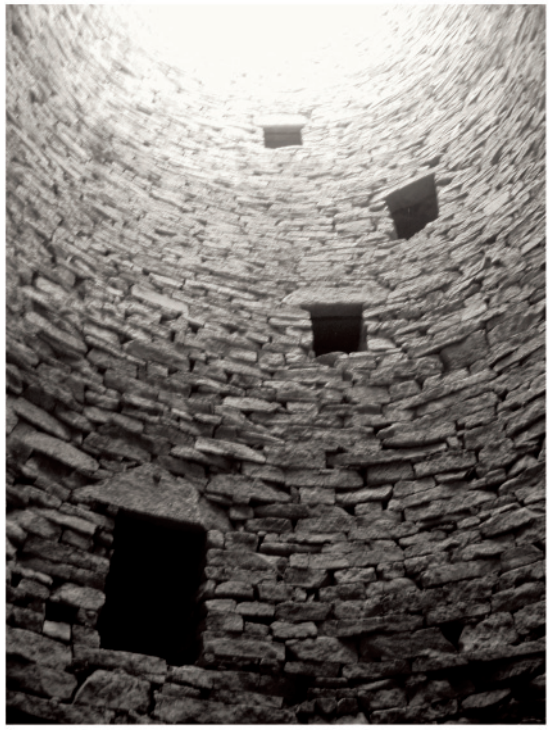


Abb. 16 Sicht von der Brunnensohle auf die Zwischenebenen

Hochwasserschutz / Verlauf der Wadis

Einen weiteren Schwerpunkt bildete die Untersuchung des Hochwasserschutzes des Siedlungsgebietes. Dabei ist zu beachten, dass es aufgrund der topografischen Randbedingungen für die höher gelegenen Gebiete kaum eine Hochwassergefährdung gab. Für den Palmengarten und eventuell tiefer liegende Bereiche der Siedlung stellte zumindest ein Wadi eine potentielle Gefahr dar. Die Analyse der Topographie westlich der Stadtmauer sollte Information zu dem ursprünglichen Verlauf des Wadis und zu mutmaßlichen Schutzbauwerken wie Mauern oder Dämmen geben. Insbesondere die Lage, der Verlauf und die Datierung der doppelten Stadtmauer sind hierfür relevant.

Es scheint eindeutig, dass die Stadtmauer in diesem Bereich Teil des Hochwasserschutzkonzeptes war. Möglicherweise existierte etwa 300 m vor der Stadtmauer in einer Depression eine natürliche Senke zur Zwischenspeicherung von Hochwasser (Abb. 17). Dadurch hätte eine herannahende Flutwasserwelle verlangsamt werden können, so dass sie mittels Leitdämmen und Schutzmauern gelenkt und kontrolliert werden konnte.

Der anstehende Boden an der Erdoberfläche (bis zu ca. 40 cm unter der Geländeoberkante) besitzt eine hohe Durchlässigkeit, die zu einer hohen Infiltrationskapazität führt. Hierdurch versickert schon während des Hochwasserereignisses eine gewisse Wassermenge, so dass durch die Volumenreduzierung eine Reduzierung der Abflussgeschwindigkeit erfolgte.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden zwei geoelektrische Profile senkrecht zum Verlauf des Wadis realisiert. Ein Profil wurde mit einer Länge von 120 m unmittelbar westlich der Stadtmauer gemessen, das zweite Profil (Gesamtlänge: 320 m) befand sich etwa 1000 m westlich davon.

Das Tomogramm nahe bei der historischen Stadtmauer weist eine maximale Eindringtiefe von etwa 15-20 m auf. Ein großer Bereich mit sehr niedrigen Widerstandswerten erstreckt sich nahe der Erdoberfläche bis in Tiefen von bis zu etwa 12 m. Dieser Bereich besteht wahrscheinlich aus feuchten Lehm- und Schwemmsandschichten, die von gut durchlässigen Sandschichten überlagert sind.

Das Tomogramm des zweiten Profils zeigt eine maximale Erkundungstiefe von etwa 40 m. Die nördliche Grenze des Wadis wird durch hohe Widerstandswerte gekennzeichnet. Dagegen zeigt sich im mittigen Bereich des Wadis ein sehr niedriger Widerstandsbereich. Diese Zone korreliert wie zuvor am wahrscheinlichsten mit feuchten Lehm- und Schwemmsandschichten, die von gut durchlässigen Sandschichten überlagert sind.

Ähnliche großflächige und tief greifende Zonen niedriger Widerstandswerte wurden auch bei den Messungen in Tayma beobachtet (Profil 11), so dass hier Ähnlichkeiten bei den hydrogeologischen Gegebenheiten vermutet werden, die im Einzelnen jedoch genauer untersucht werden müssen.

Abb. 17 Depression im Verlauf des Wadis. Teile der Stadtmauern von Al Jawf (im Hintergrund)

7. Ausblick

Die Ergebnisse der Forschungskampagne 2007 konnten schon Fragestellungen einiger Teilbereiche beantworten, wie z.B. die Wasserversorgung des südlichen Bereichs der historischen Siedlung. Andere Aspekte, wie z.B. die Wasserversorgung des Zentralbereichs konnten bisher nur kurz angerissen werden und sollen in kommenden Forschungskampagnen vertieft werden.

Die Aufnahme der Strukturen der wasserwirtschaftlicher Anlagen innerhalb des Stadtmauerbereiches soll hierbei vervollständigt werden, indem die im Süden der Oasenstadt (Compound A und B) durchgeführten Untersuchungen auf die nördlichen Bereiche ausgedehnt werden. Dabei sollen schwerpunktmäßig die Identifikation von Brunnen sowie der Verlauf der Wadi-Arme bzw. der Hochwasserschutz bearbeitet werden. Dafür sind die wasserwirtschaftlichen Strukturen vermessungstechnisch und die hydrogeologischen Bedingungen mittels geophysikalischer Messungen aufzunehmen.

Die Hydrologie des nördlich der historischen Oasenstadt gelegenen Palmengartens ist durch eine Vielzahl von Brunnen geprägt. Einige davon wurden 2007 schon aufgenommen. Die Brunnen wurden bis in die jüngere Vergangenheit für die Bewässerung der Dattelpalmen verwendet. Aufgrund ihrer individuell geprägten Ausführungen, konnte bisher kein zusammenhängendes Konzept identifiziert werden. Auch die erwähnten Qanate konnten nicht erkundet werden. Da die Brunnen jedoch über den gemeinsam genutzten Grundwasserleiter in ihrer Bewirtschaftung vernetzt betrachtet werden müssen, ist in folgenden Feldkampagnen eine erheblich dichtere Aufnahme der Brunnen geplant.

Zur Beurteilung der hydrologischen Randbedingungen der Sabkha soll die Aufstellung einer Volumen–Höhen–Beziehung erfolgen. Schneckenfunde an verschiedenen Stellen im Uferbereich belegen, dass hier der Wasserstand für längere Zeit vergleichsweise stabil gewesen sein muss. Aus der Höhenlage kann die Wasseroberfläche und damit die Verdunstungswassermenge abgeschätzt werden. Für einen stabilen Wasserhaushalt müssten die Zuflüsse zur Sabkha mindestens die Verdunstungsverluste kompensieren. Sind die Zuflüsse bekannt könnte eine grobe Schätzung des jährlichen Niederschlages im Wassereinzugsgebiet durchgeführt werden (Niederschlag-Abfluss-Modell). Auf diese Weise können ggf. unterschiedliche Höhenlagen von Schneckenfunden auf unterschiedliche hydrologische Gleichgewichtszustände hindeuten. Diese klimatischen Randbedingungen sind für die Entwicklung des Lebensraumes der Siedlung Tayma von zentraler Bedeutung.

Oasenstädte wie Tayma, Al Jawf und Al Ula waren über Handelswege miteinander verbunden. Ein Vergleich der Wasserbewirtschaftungssysteme kann der Schlüssel zum tieferen Verständnis der hydrologischen Verhältnisse werden. Die in der Kampagne 2007 begonnenen Untersuchungen in Al Jawf sollen soweit wie möglich fortgesetzt und auf Al Ula ausgedehnt werden, um eine möglichst breite Datenbasis für den Vergleich der Systeme zu erhalten. Die unterschiedlichen naturräumlichen Randbedingungen der drei Siedlungen sind zwar offenkundig, sie können jedoch zu sehr unterschiedlichen Schwerpunkten in der Wasserbewirtschaftung in jeder Siedlung führen. Im Detail sollen exemplarisch vergleichbare Untersuchungen wie in Tayma stattfinden.

Teilnehmer der Feldkampagne 2007

D. Fauter, M. Grottker, M. Hamann, B. Heemeier, P. Keilholz (alle FHL), A. Patzelt (Terrana Geophysik, Mössingen)

Geophysikalische Untersuchungen

Dipl.-Geophys. Dr. A. Patzelt, Terrana Geophysik, Mössingen

Literatur

Abu Duruk, H.I. 1986:

Introduction to the Archaeology of Tayma. Riyadh.

Bawden, G., Edens, C., Miller, R. 1980:

Preliminary archaeological investigations at Tayma. ATLAL 4: 69-106.

Eichmann, R., Hausleiter, A., Götzelt, T. 2006:

Einstmals an der Weihrauchstraße, Forschung - Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft 4/2006, 3-9.

Eichmann, R., Schaudig, H., Hausleiter, A. 2006:

Archaeology and Epigraphy at Tayma (Saudi-Arabia), Arabian Archaeology and Epigraphy 17, 163-176.

Hausleiter, A. 2006

Tayma, North-West Arabia. The context of archaeological research. Special Issue of Oriental Studies. Collection of papers on Ancient Civilizations of Western Asia, Asia Minor and North Africa, Peking, 160-182.

al-Najam, M.H. 2000:

Irrigation system and ancient water resources in Tayma area. ATLAL 15: 191-200.

Bildnachweis

Abbildungen 1, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17

Fachhochschule Lübeck, Labor für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Projektteam „Tayma“

Abbildungen 2, 6, 13

nach: Google Earth 2007

Abbildung 5, 9

nach: Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of Municipal and Rural Affairs, Deputy Ministry for Town Planning, Survey and Cadastral Department: Tayma 1:2500, Sheet 13 NW 14

Farbe.
Argumente für eine intelligente Ästhetik.

Felicidad Romero-Tejedor

Farbe scheint ja eine Thematik zu sein, bei der jeder mitreden kann – oder wenigstens glaubt, mitreden zu können. Dass aber das Thema Farbe weit über Geschmacksfragen hinausgehen soll, stellt für Studienanfänger oft eine Überraschung dar. Unsere Studenten in Informationstechnologie und Gestaltung (IGi) sowie Medieninformatik (OSMI) müssen den Zugang zu Farben erst neu erlernen. Wir sprechen nicht mehr über Farbvorlieben, sondern wir argumentieren über Farbgestaltung, die zur interaktiven Orientierung beitragen soll.

Obwohl Designer Entscheidungen über Farben häufig auf der untersten Stufe ihrer Argumentation mit dem Begriff Vorliebe oder Stil verbinden, geht es bei der Farbproblematik im Design durchaus um mehr. Es genügt nicht, dass der Anwender die Farbe als «angenehm», «elegant», «geschmackvoll», «cool» usw. empfindet. Im Cognition Design – das Design zum Erkennen und Interagieren – dürfen Farbfragen nicht mehr auf bloße Geschmacksfragen reduziert werden. Farben im Design müssen sogar über die seit den achtziger Jahren praktizierte Produktsemantik hinaus funktional bestimmt werden. Farben müssen argumentativ im Dienst der Handlungsorientierung festgelegt werden. Form, Material und Farbe ordnen sich heute den Gesichtspunkten des Cognition Designs unter. So gewinnen wir ein Farbdesign der Handlungsorientierung.

Farben im Alltag sind Farben in Kombination

Man trifft häufig auf so etwas wie einen «Mythos der Farbe», besonders bei Studienanfängern. Der Mythos besteht darin, dass die Fähigkeit, mit Farben umzugehen, eine exklusive Sache von Professionellen wäre, die ihre Geheimnisse nicht verraten wollen – oder können.

Doch die Realität sieht ganz anders aus. Viele professionelle Designer verfügen tatsächlich über kein spezifisches Farb-Know-how. Sie beurteilen Farbfragen häufig genauso wie der Laie im Alltag. Täglich gestaltet und arrangiert jeder von uns – ob Designerin, Künstlerin, Architektin oder Hausmann – intuitiv die Farben der eigenen Umgebung. Am Morgen suchen wir die passende Farbstimmung unserer Kleidung aus, bevor wir das Haus verlassen. Hier praktizieren wir die Farbkombinationen, die wir seit unserer Kindheit als passend lernten. Und im Zweifelsfall greifen wir zu so genannten «neutralen» Farben.

Auf dem Straßenmarkt stellt der Verkäufer von Lippenstiften wie selbstverständlich eine visuelle Anordnung seiner Produkte zusammen, die durch «sinnvolle» Kombination der Farben geometrische Muster – Formen – erzeugt. Der Händler präsentiert keine in Schachteln vollkommen durcheinander stehenden Lippenstifte. Aus dem Farbchaos könnte der Käufer nicht wählen. Bevor der Kunde die Ware auf dem Markt zu sehen bekommt, hat der Verkäufer die Produkte bereits unter naiven Begriffen der Farbklassifizierung wie Farbverwandtschaft, Farbkontrast, Farbharmonie usw. einsortiert. Mit den Farben der Lippenstifte erzeugt der Verkäufer so ein kompositorisches Gesamtbild, das nachher die Käufer als geordnet – d.h. als angenehm – empfinden sollen. Auch der Gemüsehändler legt gern die grüngelben Zitronenfrüchte in die Nähe von zitrusgrünen Limetten und von warmgelben Pampelmusen. Auf dem weltweit bekannten Lebensmittelmarkt «La Boquería» in Barcelona bauen die Gemüsehändler mit den Waren wahrhaft großornamentale Formen auf, die durch die Farben der Obstsorten bestimmt werden. Die Anordnung von Farben bei den Waren steigert offensichtlich den Appetit der Käufer.

Es ist eigentlich überraschend zu sehen, wie die Leute an Feiertagen ihrer ästhetischen Empfindung bei der Tischdekoration freien Lauf lassen. Am ersten Weihnachtstag vorigen Jahres wurde ich Zeuge, als die versammelten Gäste den schön gestalteten Weihnachtstisch der Gastgeber wiederholt lobten. Eine weiße Tischdecke und weiße Tuchservietten, weiße Teller mit hellblauer Schmuckfarbe, die zu dem kühlen bläulichen Glanz der Trinkgläser passten. Dabei glänzte das Besteck in traditioneller Silberfarbe. Den Mittelpunkt des Tisches bildeten essbare Kleinigkeiten – eine lebhafte Konzentration von

Farben. Sie bezweckte, den Magen der Gäste schon während des Wartens auf das Festessen zu beschäftigen. Das Erscheinungsbild des Tisches war in eher zurückgenommenen Farben gehalten, bis zu dem Moment, als der dunkle Rotwein die Gläser füllte und die bunten Speisen aus der Küche gebracht wurden. Da ergab sich eine wahre Symphonie der Farben. Die dunkelsattgelbe Weihnachtssuppe, die bräunlichen Champignons, das zart gerötete Lammfleisch mit roten Tomaten und goldenen Kartoffeln. Zum Dessert champagnerfarbener Sekt mit bunten Obst-Weihnachtsküchlein. Dazu Liköre in Farbvariationen wie orange, grün, blau, braun, gelb, zusammen mit den Naturfarben der Nüsse.

Am zweiten Weihnachtstag ergab sich eine davon ganz verschiedene Konstellation bei anderen Gastgebern. Der Tisch triumphierte in Buntheit. Die Tischdecke allerdings war auch weiß; sie hob sich von den matt rot-orangen Wänden im Kontrast mit den schwarzen Möbeln des Esszimmers ab. Ein Teller mit hellgelben Chips und zwei Teller mit gelbem Käse standen im Zentrum des Tisches, umrahmt von schwarzen Oliven auf zwei Tellern, und wiederum von zwei Tellern mit grünen Oliven, dunkelorangen Muscheln auf zwei Tellern, zwei Teller mit dunkelrotem Serranoschinken – alles symmetrisch angeordnet. Die Zweier-Wiederholung erzeugte gestalterische Ordnung. Der einzige Chips-Teller gründete die zentrale Symmetrie auf dem Tisch, die durch das Schwarz, Rot und Dunkelorange der Speisen im Kontrast noch betont wurde. Diese «Tappas-Appetitmacher», sollten durch Buntheit und Symmetrie das Sammeln von roten Kirschen, blauschwarzen Heidelbeeren oder essbaren Blumen in der Natur nachahmen. Es fällt dann schwer zu warten. Man guckt nach links, nach rechts, und … bevor mich jemand sieht, habe ich ein Stückchen roten Serranoschinken im Mund.

Auch am Silvesterabend kamen etwa zwanzig Gäste zusammen. Die Vorspeisen standen schon auf dem Tisch. Sie bildeten wie vorher einen Teil der Tischdekoration. Jeder Teller enthielt ein rosa Lachs-, ein grünes Spinat-, und ein gelbbraunes Pilz-Küchlein. Ein hellgrünes Chicoreeblatt, zwei weiße Spargelstangen in rosa gekochtem Schinken eingerollt und dunkelgelbe Eiraspeln schmückten jeden Teller. Viele Soßen sollten die Küchlein begleiten, hellrosa, rot oder grün. Natürlich waren die Kleinigkeiten mitten auf dem Tisch platziert: roter Schinken, rote Garnelen, weiße, rötliche, gelbe und blaue Käsesorten, hellere und dunklere Pasteten. Alles war in Rhythmen gruppiert.

Unser Alltag kann Gestaltung gar nicht vermeiden. In dem Augenblick, da vielerlei Sachen zusammen zu stellen sind, ordnen wir sie nach einfachen Gestaltungsmerkmalen. Es geht nicht um Auswahl der Farben – die Farben der Speisen sind natürlich weit gehend vorgegeben, sondern darum, Unordnung im Arrangement zu vermeiden. Mit farbigen Variationen bilden wir Zonen der Orientierung. Aus den gegebenen Farben bilden wir «Farbpaletten», worin Harmonie und Kontraste zu finden sind. Das Auge «sucht» die Zusammenhänge. Es handelt sich um Symmetrien und Kompositionen, die unsere Wahrnehmung unterstützen, in einzelnen beziehungslosen Elementen eine Ganzheit erkennen zu können.

Auf die «richtige Farbe» kommt es nicht an!

In meiner Jugend lernte ich Ölmalerei bei dem argentinischen Maler Fernando Elizalde. Immer wieder saßen wir lange vor einem neuen Ölbild, an dem ich gerade arbeitete. Nach schweigsamer Betrachtung fragte er häufig: «Welche Farbe kommt jetzt?» Immer wusste ich, welche Farbe kam. Er bestätigte dies mit einem enthusiastischen «Genau!». Jahre später verriet er mir, er habe sich dabei nie eine konkrete Farbe gedacht, nur mich dazu bringen wollen, Farben im Kontext zu sehen.

«Das Grün wirkt eindeutig zu grün und das Rot ist mir zu farbig.» So kann man eigentlich nicht über Farben reden. Ein grünes Grün ist immer besser als ein grünes Rot – oder doch eher nicht? Niemand kann einen Maler kritisieren, weil das Schwarz, das er benutzt hat, zu schwarz sei. Es gibt nicht ein Grün oder ein Rot, es gibt unendlich viele Grüns, Rots und Blaus. Man kann über eine Farbe nur im Bezug auf eine andere sprechen. Vor kurzem gestalteten zwei meiner Studentinnen eine Werbekampagne als Designprojekt; sie kamen durch Analyse der Zielgruppe auf die Farbe Pink – obwohl sie selbst die Farbe nicht ausstehen konnten. Eine andere Studentin sagte beiläufig, sie müsste sich die ausgehängten Plakate nur deswegen immer wieder angucken, weil sie Pink abscheulich fände. Die Plakate hingen nicht lange an der Fachhoch-

schule aus, sie wurden geklaut – trotz (oder wegen?) Pink. Kontextlose Farben, die geschmacklich verurteilt werden, sind an sich uninteressant; dennoch erhalten sie im Kontext die Möglichkeit, eine bestimmte Wirkung zu entfalten.

Im Zeitalter des Computers sind Spielereien mit Farbkombinationen allen Leuten gegenwärtig. Es scheint eine große Verführung für Laien zu sein, einen Text möglichst mit Hintergrundfarbe und mehreren Schriftfarben plakativ zu «schmücken». Wir lesen in selbst gebastelten Drucksachen schwarzen Text mit einzelnen blauen, grünen, gelben und roten Wörtern. Dabei möchte der Gelegenheitsautor auf Unterschiede aufmerksam machen, aber versteht der Leser sie auch? Der Autor hat die Farben grundlos ausgewählt, hauptsächlich deswegen, weil sie eben möglich sind. Er selbst weiß oft, dass seine Farbkombination schwer erträglich ist, aber er sei schließlich «kein Künstler». Statt dem bewährten Satz «Weniger ist mehr» zu folgen, erleben wir heute eine breite Inanspruchnahme des Satzes «Mehr kostet nix extra».

Dies ist aber kein Fehler nur von Laien. Auch Designer wählen Farben oft kontextlos aufgrund geschmacklicher Entscheidungen aus. Viele haben eine persönliche Farbpalette, mit der sie immer arbeiten und ihren Stil prägen; hierbei verhalten sich die Designer wie Künstler. Gleichgültig, wie man diese Tatsache bewerten möchte, so gibt sie doch Auskunft darüber, dass viele Designer kein privilegiertes Wissen über Farben haben und dementsprechend auch nicht für ihre Farbwahl argumentieren können. Für diese Designer gibt es die «richtige Farbe» nur als geglückte Wahl.

«Geglückte Wahl» ist jedoch kein methodisches Verfahren für die Gestaltung intelligenter Systeme. Bei dem Farbproblem geht es um viel mehr als eine mögliche Farbpalette zu erstellen und damit eine Farbstimmung zu erzeugen. Es ist zu wenig, den Umgang mit Farben auf Fragen zu reduzieren wie: Wirken die Farben zueinander kontrastschwach oder kontrastreich, harmonisch oder schrill? Produzieren sie eine zurückhaltende, plakative, melancholische oder heitere Stimmung? Sind sie Ton-in-Ton? Haben sie eine weiche oder harte Kombinationswirkung? Eine solche Farbgestaltung konzentriert sich auf die Farbselektion der Gesamtpalette. Doch auf diese Weise werden Farben lediglich in ihrem Ausdruck bewertet. Sie haben noch keine kognitive Funktion. Farbkombinationen, die auf punktuellen Entscheidungen beruhen, können im Design einer Interaktion nicht bestehen.

In Kommunikationssystemen geht es nicht bloß um die Farbpalette, sondern letztlich um semiotische Farbsemantik-Systeme. Dieselbe Farbe verhält sich je nach Szenario verschieden, wie der Philosoph Ludwig Wittgenstein erkannte: «In einem Bild, in welchem ein Stück weißes Papier seine Helligkeit vom blauen Himmel kriegt, ist dieser heller als das weiße Papier. Und doch ist in einem andern Sinne Blau die dunklere, Weiß die hellere Farbe» (Bemerkungen über die Farben, I-2). Weil der Wert einer bestimmten Farbe je nach dem Kontext variiert, kommt es nicht auf das ganz bestimmte Rot, Gelb oder Grün an. Es gibt nicht «die» richtige Farbe.

Farbsemantik im Dienst kultureller Differenzierung.

Farben übertragen häufig semantische Inhalte, die im Zusammenhang mit traditionellen, sozialen Konventionen festgelegt wurden. Farben im Zusammenhang kultureller Sitten dienen der Vereinfachung von Wahrnehmung in der Gesellschaft.

Stirbt jemand, tragen die Familienmitglieder und andere Trauernde hierzulande schwarz – oder weiß in anderen Kulturen. Solche Farbkonnotationen sind wichtig, aber sie sind nicht universell. Es gibt keine universelle Farbsemantik – trotz der Tatsache, dass in vielen Büchern über Farbe stillschweigend so getan wird, als wäre dies der Fall («Grün wirkt beruhigend»). Entscheidend ist, dass es in jedem kulturellen Netz ein kognitives Schema für Farben gibt, welches der sozialen Orientierung dient. Es ist eigentlich erstaunlich, dass eine uns schon überall begegnende Farbe wie schwarz in der Lage ist, zu signalisieren: «Hier liegt eine emotionale Ausnahmesituation vor». Das Schwarz der Schuhe beim Gang in die Oper ist ein «anderes» Schwarz als das der Schuhe beim Gang zu einer Beerdigung.

Durch die ganze Geschichte hindurch haben Farben zu gesellschaftlichen Differenzierungen beigetragen. Adlige unterscheiden sich vom übrigen Volk durch ihr «blaues Blut». Farben haben zu einer sozialen Kleiderordnung geführt, um Klassenunterschiede deutlich zu machen. Farben wurden in teure – und daher exklusive – und nicht teure – alltägliche – differenziert.

Reine Farben waren teurer, weil die Naturfarbstoffe schwieriger von Unreinheiten zu trennen waren. Wie im Altertum die Farbe Purpur wertvoll war (auf Grund der Seltenheit der Pupurschnecke) und dadurch nur für Fürsten in Frage kam, wurde im Mittelalter Rot nur für Adlige zugelassen, während Blau jedermann tragen durfte – obwohl im Einzelnen nicht jede Nuance von Blau für jeden zulässig war. Je leuchtender das Blau war, umso höher der gesellschaftliche Status. Ein dunkles, stummes Blau war für Dienstboten gedacht, auch für Waisen oder Almosenempfänger, während ein klares, leuchtendes Blau für die vornehme Welt bestimmt war. Je einfacher eine Farbe zu produzieren war, desto weniger edel erschien sie in der gesellschaftlichen Wahrnehmung. Als es möglich wurde, den Farbton Indigo billig herzustellen, verlor er prompt seine vormalige Hochschätzung. Von einer kostspieligen Farbe für die höheren Klassen wandelte sich Indigo zu einer Farbe für die Einfärbung von Arbeitskleidung. Im Mittelalter konnte man durch die Farbgebung der Kleidung den hohen vom niedrigen Adel unterscheiden, auch den hohen vom niedrigen Klerus, den reichen vom armen Bürger, den reichen Bauer vom armen Bauer. Wer Rot tragen durfte, heiratete auch in Rot. Wer unstandesgemäß Rot trug, musste mit schwerer Strafe rechnen.

Farben dienen also zur Symbolisierung von gesellschaftlicher Bedeutung. Der strukturalistische Anthropologe Claude Lévi-Strauss studierte die Rolle der Farben in «primitiven» Gesellschaften. Er verglich z.B. die Farbsymbolik bei den Luvale aus dem damaligen Rhodesien mit der Farbsymbolik eines australischen Stammes aus dem Nordosten der Südprovinz. Bei letzterem bemalen sich die matrilinearen Verwandten eines Verstorbenen mit rotem Ton, während die patrilinearen Verwandten sich mit weißem Lehm bemalen. Für die Luvale hingegen dient weißer Lehm und weißes Mehl als Opfergaben für die Geister der Vorfahren. Rot ist für Pubertätsriten reserviert und ist die Farbe des Lebens und der Zeugung. (Das wilde Denken, S. 81)

Es gibt auch in unserer Kultur viele soziale Hinweise auf gesellschaftliche Strukturen durch Farben. Jeder weiß, was das Rotlichtmilieu bedeutet. Es gibt auch Farben, um die «politische Marke» zu identifizieren. In Deutschland haben wir die rote SPD, die schwarze CDU/CSU, die gelbe FPD oder die Grünen – die ihre Partei direkt nach einer Farbe benannt haben. Möchten wir eine namenlose Limonade oder lieber die rote Marke der Coca-Cola? Nehmen wir jede Handsalbe oder suchen wir gezielt das Blau der Niveacreme? Schokolade oder lila Schokolade? Die Farben verführen, wenn wir Produkte konsumieren.

Durch Farben werden wir also in der Konsumwelt orientiert. Die Farbkombination – Farbpalette – sendet Zeichen, die dem Produkt sozialen Wert hinzufügen. Ein Produkt, das preisgünstig ist, darf in unkonventionellere, ungewöhnlichere Farben «gekleidet» werden. Wenn wir einkaufen gehen, wissen wir, dass rote Preise die Preisnachlässe bedeuten. Heute ist Rot also ganz weit von seiner Bedeutung im Mittelalter entfernt: Das Rot hat seinen Status verloren. Soll es exklusiver wirken, müssen die Farben dezenter und seriöser wirken, man muss ja mit dem Produkt auch länger leben.

Die Farbsemantik ist häufig also kulturell bedingt. Die kulturelle Farbsymbolik ist im Raum und in der Zeit beschränkt, sie ist nicht zeitlos und nicht überall gleich geltend. Auch aus Modegründen ändern die Farben ihre Bedeutung. Im Design hat diese Semantik die Produkte «sprechen» lassen (nach dem Motto: Welche Farbe hat Milch? Fettarme Milch? Und Wasser?). Die Farben mussten Anschluss an die Umgebung, die Kultur und die Wahrnehmung des Klienten erzielen.

Die Farben der Produktsemantik bilden «zusammenaddierte» Farben. Sie werden als Farbpalette neben dem Produkt entschieden. Sie dienen der semantischen Orientierung, aber noch nicht der Handlungsorientierung. Die Farbsemantik der achtziger Jahre wurde vom Design mit dem Ziel erfunden, die Handlung des Konsumenten in eine gewünschte Richtung zu steuern. Anders wird das erst bei der «intelligenten» Farbkodierung: Sie unterstützt die Handlung, indem sie der Erreichung interaktiver Ziele des Klienten dient.

Intelligente Farbästhetik: Farbe im Dienst universeller Komplexitätsreduzierung.

Gäbe es etwas Schrecklicheres, als unseren besten Freund, der zu uns nach Hause kommt und während unserer Abwesenheit, statt die Blumen zu gießen, die Bücher der Bibliothek neu ordnen zu sehen? Unser Freund – ein überzeugter «Ästhet» und «Nichtleser» – wollte immer schon unsere Bücher «endlich mal» sortiert sehen – und zwar nach Farben. In den oberen Bereich des Regals hat er in Form eines Farbverlaufs die Farben zwischen Hellgelb bis Dunkelrot angeordnet. Weiter unten stehen jetzt alle dunkelblauen Bücher. Es gab weniger grüne, sie kommen also an den unteren Rand des Regals. Nach unserer Rückkehr würden wir den Skandal sofort bemerken, da das Gehirn ein gespeichertes «Colormapping» hat.

Hier stellt sich eindrucksvoll heraus, wie unwichtig Farben sind, wenn sie keine Dienstleistung anbieten. Farben sind nur wichtig, wenn sie die Komplexität unserer Umwelt reduzieren und nicht das Chaos steigern. Die Bücher, nach Farbe für die Wahrnehmung geordnet, bilden für den Intellekt ein Chaos. Die Kognition benötigt eine Ordnung, die uns vor dem Chaos – und entsprechender Desorientierung – bewahrt. Jede Systemgestaltung versucht, Orientierung durch Ordnung zu ermöglichen. Die Ordnung soll nicht bloß ästhetisch, sondern vor allem semantisch und pragmatisch, also handlungsbezogen, wirksam sein. Eine bloß ästhetische Ordnung dient nicht schon ohne weiteres der Orientierung, häufig steht sie ihr sogar im Wege. Aufgrund semantischer Ordnung finden wir die Bücher im Regal schneller wieder – die Semantik dient hierbei der Pragmatik. Bücher, nach Themen sortiert, reduzieren die Komplexität unserer Bibliothek. Dass die Farben dabei zufällig kombiniert werden, stört uns nicht, weil die semantische Orientierung bei der Buchsuche Priorität hat.

Bücher können ihrer Erscheinung nach nicht von ihrem intellektuellen Inhalt getrennt werden. Wir sortieren sie daher sinnvoller Weise nach Sparten oder Genres. Dabei «übersehen» wir, ob sie farbig gut zu einander passen oder nicht. Die Farbästhetik kann aber ihrerseits eindeutig einer Funktion unterliegen. Die Funktion von Farben in der Gestaltung geht über die Farbsemantik hinaus. Eine Farbgestaltung, die der Differenzierung der Semantik und der Pragmatik dient, erreicht ihre Ziele besser als es z.B. alphanumerische Zeichen vermögen. Eine intelligente Ästhetik muss also auf der kognitiven Ebene wirken. Eine «kognitive» Farbe muss sich von den anderen Farben in der Palette mehr als nur visuell unterscheiden, sie muss die Handlung vorweg anzeigen.

Jeden Tag halten wir an der Ampel bei Rot, da diese Farbe uns «Halt!» sagt. Aber genauso drücken wir den roten Link im Internet, da diese Farbe uns «Achtung! Hier gehst du weiter!» sagt. Wir haben uns deswegen noch nie blockiert gefühlt, auch kein Durcheinander erlebt, nur weil die gleiche Farbe je nach Kontext konträre Botschaften schickt. Jeder neue Kontext «deutet die Zeichen» neu. Eine intelligente Ästhetik verwechselt gerade nicht die konkrete lokale Symbolik mit universellen kognitiven Systemen.

Die heute gefragte intelligente Ästhetik ist nicht mehr an Kulturdifferenzierung gekoppelt. Es handelt sich nicht mehr um eine Produktsemantik der Produktsprache, wo die Produkte selbst zum Ausdruck kamen. Die intelligente Farbsymbolik spricht nicht etwas aus, sondern sie reduziert die Komplexität der Interaktion. Die intelligente Farbsymbolik muss die Handlung in aktuellen Kommunikationssystemen produktiv unterstützen, so dass diese Systeme für den Nutzer nicht zu komplex werden. Intelligente Farbsymbolik endet nicht bei der Semantik, sie leitet die interaktive Pragmatik.

Intelligente Farbsymbolik befreit sich also von der bloß kulturellen, lokalen Farbsymbolik. Die intelligente Farbsemantik ist aus der Pragmatik gewonnen und für die interaktive Handlung bestimmt. Eine intelligente Farbsymbolik für das Internet richtet sich inzwischen häufig nach ähnlichen Gesichtspunkten wie z.B. die Farbgestaltung der U-Bahnlinien in London. Das U-Bahnnetz von London war historisch das erste, das für den Nutzer in einem idealisierten Farbschema des Netzes dargestellt wurde – für uns heute eine Selbstverständlichkeit, die aber erst einmal erfunden werden musste (siehe André Baumunk, Übersicht im Untergrund. Die Karte der Londoner U-Bahn). Die Farbzuweisungen stehen im Dienst einer kognitiven Handlungsorientierung, die es dem Fahrgast ermöglicht, sicher an sein Ziel ohne große gedankliche Komplikation zu gelangen. Diese intelligente Form der Orientierung – universell verständlich – dient der Komplexitätsreduktion, insofern der Fahrgast nicht mehr zu wissen und zu beachten braucht, wie die Gleise physikalisch real untereinander verbunden sind und auch nicht, wie ein Engländer die Farbe Rot empfindet. Die Metapher eines farbig markierten «U-Bahnnetzes» lässt sich gut in andere interaktive Kommunikationssysteme übernehmen.

Farben müssen also vor allem die Handlungsausführung leiten. Um sie kognitiv auszuwerten, verwandeln sie sich in Zeichen. Farbpaletten der intelligenten Ästhetik erobern damit den Status eines Zeichensystems. Sie sind kognitive Werkzeuge, die als funktionale Operatoren dienen. Jede Farbe ist dadurch mit einer kognitiven Operation verknüpft, die uns Orientierung schafft.

Bibliografie:

Baumunk, André, «Übersicht im Untergrund. Die Karte der Londoner U-Bahn», in: Holger van den Boom, Hg., Öffnungszeiten. Papiere zur Designwissenschaft, 19+20/2005, Braunschweig, Hochschule für Bildende Künste, S. 33 - 41

Heller, Eva, Wie Farben wirken. Farbpsychologie. Farbsymbolik. Kreative Farbgestaltung, Reinbek bei Hamburg, Rowohlt 2002

Lévi-Strauss, Claude, Das wilde Denken, Frankfurt am Main, Suhrkamp 1968

Romero-Tejedor, Felicidad, Der denkende Designer. Von der Ästhetik zur Kognition. Ein Paradigmenwechsel, Hildesheim, Olms 2007

Wittgenstein, Ludwig, Bemerkungen über die Farben in: Schriften, Frankfurt am Main, Suhrkamp 1960

Planung feldarmer Freileitungs- und Kabeltrassen

Reinhard Kegel

Institut für elektromagnetische Verträglichkeit –IEV– GmbH

Strecknitzer Tannen 46, 235562 Lübeck, iev@iev.de

1. Einleitung

Seit Anfang 2000 müssen in der Schweiz alle elektrischen Anlagen über 1 kV, hinsichtlich der magnetischen Felder, den Anlagengrenzwert mit 1 µT an Orten der empfindlichen Nutzung einhalten. Dieser Grenzwert ist 100-fach geringer als in Deutschland.

Im Vortrag wird aufgezeigt, dass der Anlagengrenzwert bei Freileitungen meist eine Breite von bis zu 300 Meter aufweist, in denen sich keine Menschen dauerhaft aufhalten dürfen. Da jedoch der Grund und Boden in der Schweiz nicht vermehrbar ist, wäre es wünschenswert, den räumlichen Bereich des Anlagengrenzwertes so zu verkleinern, dass eine möglichst geringe Fläche verloren geht. Durch spezielle digitale Neukonstruktionen der Tra-versen ist es möglich, die magnetische Bodenflussdichte in 1m Höhe um den Faktor 200 zu verkleinern. Bei Nennströmen bis zu 2 kA pro Phasenleitern, beträgt die magnetische Flussdichte dann nur noch ca. 200 nT [1]. In Zukunft werden diese neuen feldarmen Leitungen in der Schweiz auf Lizenzbasis gebaut.

Das gleiche gilt für Kabeltrassen, die im Rahmen einer dynamischen Schirmung, unter Ausnutzung der Phasenauslöschung, den Anlagengrenzwert von 1 µT bei Nennströmen von 1 kA in 70 cm Entfernung von der Trassenmitte bereits erreicht. Die mathematische Umsetzung mittels der Momentengleichung nach Kaden wird skizziert und anhand der digitalen Nachbildung einer Kabeltrasse gezeigt. Die erste Umsetzung einer derartigen 220-kV-Kabeltrasse wurde durch einen großen Energieversorger in Norddeutschland realisiert.

2. Minimierungsprozess

Elektrische und magnetische Felder energietechnischer Anlagen können, je nach zeitlichem Lastfluss und Spannungspegel, unter Umständen störende Wirkungen auf technische und biologische Systeme ausüben. Während das niederfrequente magnetische Feld einer Leitung nahezu ungestört bauliche Einrichtungen und biologische Systeme durchdringen kann, wird das elektrische Feld innerhalb von Gebäuden weitestgehend abgeschirmt. Im Vordergrund der nachstehenden Betrachtungen steht daher das niederfrequente Magnet-feld.

Niedrige Vorsorge-Grenzwerte verursachen bei einer Sanierung und Feldreduktion stets hohe Kosten. Während hochfrequente, elektromagnetische Felder relativ leicht zu reduzieren bzw. abzuschirmen sind, ist eine Feldreduktion niederfrequenter magnetischer Felder nur sehr schwer durchzuführen.

Die IEV hat in den vergangenen Jahren 1996 bis 2007 intensiv untersucht, inwieweit die Emissionen von Freileitungen minimiert werden können, wobei die Kosten ebenfalls ein Minimum betragen sollten.

Eine erste Zusammenfassung von Reduktionsmöglichkeiten erfolgte im Rahmen einer Veröffentlichung auf der Fachtagung BEMS in den Vereinigten Staaten [2]. Danach blei-ben alle bekannten Reduktionsmöglichkeiten für das magnetische Feld unterhalb des Fak-tors 10. In der Regel weist die Höhe der magnetischen Flussdichte von Freileitungen am Ort des größten Durchhanges, in 1m Höhe Werte zwischen 10 –60 auf, so dass eine neue Reduktionstechnik gefunden werden musste.

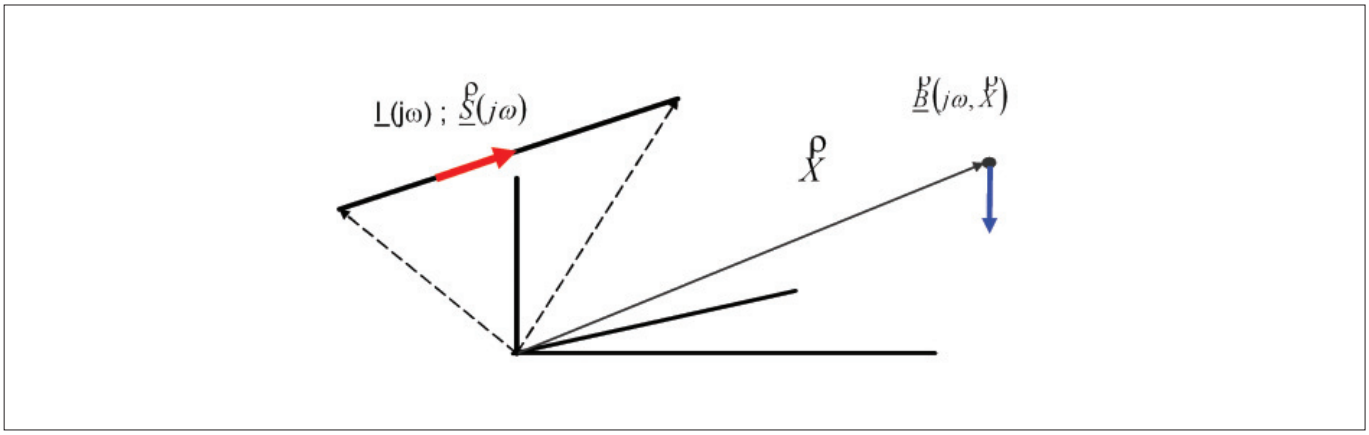


Abb. 1 Abbildung des komplexen Stromes eines Drahtsegmentes auf den komplexen, magnetischen Flussdichte-Vektor in einem Aufpunkt $\vec{X}$.

Die einfachste Feldreduktion liefert die Phasenauslöschung. Ein Traversenumbau braucht hier nicht zu erfolgen. Es reicht die spezielle Verdrillung einer zweisträngigen Leitung. Hier liegen jeweils die Phasen L1 und L3, L2 und L2 sowie L3 und L1 sich gegenüber. Die Reduktion ist minimal und setzt voraus, dass die Stromrichtung für beide Systeme gleichsinnig ist und sie die gleichen Stromhöhen aufweisen. Diese Methode wird vor allem für alte Trassen angewendet. Die weiteren Maßnahmen wie Mittenabstandsverkleinerung oder Masterhöhung führen zu keiner befriedigenden Feldreduktion.

Erst der Ansatz über die Abbildungsgesetze führt zu einem zufriedenstellenden Minimierungsprozess, dessen Reduktionshöhe den Faktor 60 zum Teil überschreitet. Ohne Phasenauslöschung beträgt die maximale magnetische Flussdichte bei 2 kA Betriebsstrom pro Phase, am Ort des größten Durchhanges, in 1m Höhe ca. 12 µT (oberer blauer Kurvenverlauf in Bild 2), mit Phasenauslöschung 10 µT (roter Kurvenverlauf) und nach dem Minimierungsprozess nur noch 0,2 µT (siehe unterste braune Kurve in Abb. 2). Nach der Leitungsverordnung [3] muss der grüne Bereich (ca. ±10 m seitlich der Trasse) aus Brandschutz- und Sicherheitsgründen frei bleiben.

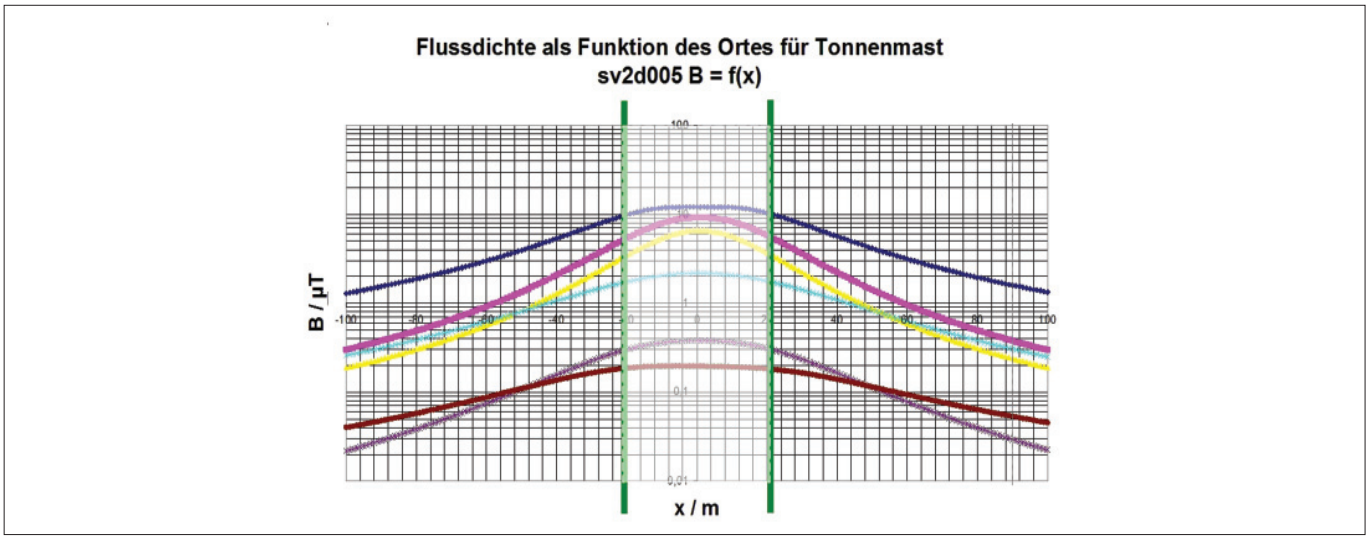


Abb. 2 Verlauf der magnetischen Flussdichte quer zur Trassenachse.

Es wird im Folgenden an zwei realen Beispielen die Anwendung gezeigt.

Beispiel 1

Es sollen zwei 380-kV-Freileitungstrassen über ein topologisches Gelände geführt werden, wobei in nächster Nähe „Orte empfindlicher Nutzung“ vorhanden sind. Das Bild 3 zeigt die Realisierung, die im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (Erfüllung der nicht ionisierenden Strahlungsverordnung [1]) vorgeschrieben sind. Der Anlagengrenzwert beider Trassen endet bereits in 12 Meter Höhe über EOK. Aus Sicht der Anwohner liegen nahezu feldfreie Leitungen vor.

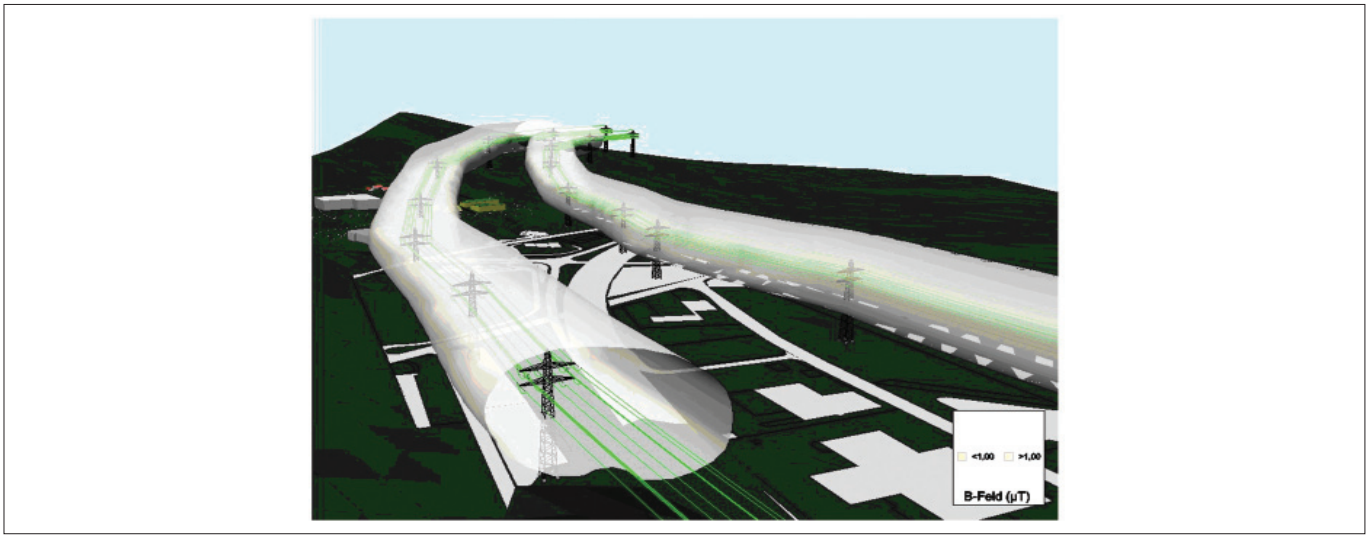


Abb. 3 Zwei 380-kV-Freileitungstrassen (jeweils zweisträngig) die über ein topologisches Gelände geführt werden, wobei in unmittelbarer Nähe Orte empfindlicher Nutzung vorhanden sind.

Beispiel 2

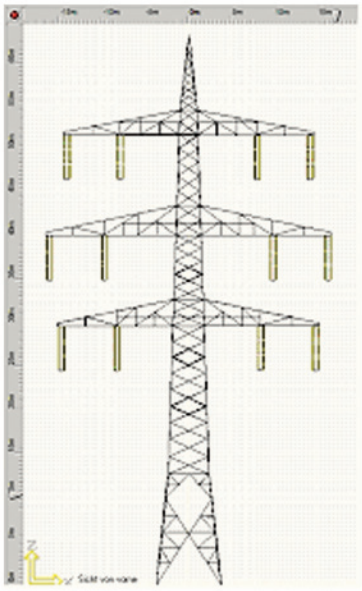
Schon in der Vorstufe der Planung soll eine viersystemige 380-kV-Freileitungstrasse (siehe Abb. 4) so konstruiert werden, dass keine Konflikte mit den Kantonen und Gemeinden auftreten können. Die Trasse soll für eine Nennscheinleistung von 5,44 GVA ausgelegt werden. Als Mast wird ein viersystemiger 380-kV-Tonnenmast vorgeschlagen.

Die ersten Optimierungsprozesse liefern die folgenden Korridorbreiten:

1. Ohne Optimierung 360 Meter Korridorbreite
2. mit Einzeloptimierung 180 Meter Korridorbreite
3. mit Spezialoptimierung 146 Meter Korridorbreite
4. mit dem IEV-cg-Verfahren® 0 Meter Korridorbreite

Zu Beachten ist, dass der Sicherheitsabstand nach der LeV [3] vom äußersten Leiter zu den Gebäuden einzuhalten ist. Die unterlegte Karte als Pixelkarte (PK25) wurde dem Kartenmaterial des Bundesamtes für Landestopografie entnommen. Im Falle der Topologie wird das Matrix-Modell in x-y-z-Darstellung (DHM25) verwendet.

Diese viersystemige Mastanordnung benötigt ohne Maßnahmen eine Korridorbreite von 360 m und ist in der Abb. 5. wiedergegeben. Darin wird ein 3D-Modell mit den Gebäuden und den korrekten Höhen dargestellt, die aus den Datensätzen des Landesamtes entnommen werden können. Statt Isolinien werden 3D-Hyperflächen erzeugt, die anschaulich die Immissionen im Bereich des Gebietes Heitersche bei Wängi (Ostschweiz) als „Elektro-smog“ darstellen.



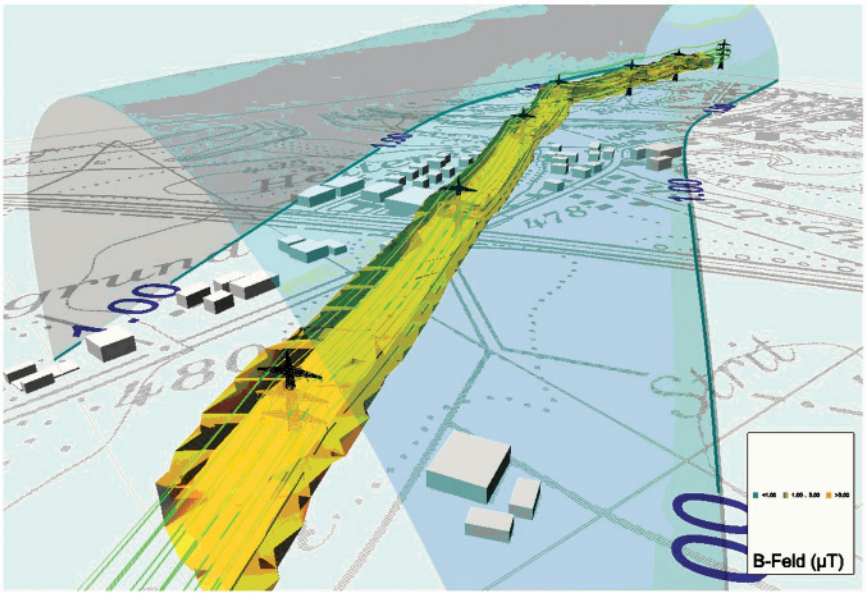


Abb. 4 Viersystemige 380-kV Mastanordnung

Abb. 5 Hyperflächendarstellung des Anlagengrenzwertes (AGW). Die gelbe Röhre gibt den Immissionsgrenzwert (100µT) wieder.

Die Abb. 5 gibt dreidimensional die Feldstruktur wieder, die nahezu die gesamte Ortschaft überspannt. Die Feldstärken innerhalb dieser Raumfläche betragen mehr als 1 µT, während sie außerhalb dieser Fläche 1 µT nicht überschreiten. Im Inneren der gelben Isofläche hingegen, wird der 100 µT Grenzwert überschritten (hier gelb gekennzeichnet). Die Häuser sind mit einer durchschnittlichen Höhe von 9 Metern nachgebildet. Gemäß der NIS-Verordnung [1] dürfte die neue Leitung mit dieser Trassenwahl nicht gebaut werden, da sie nach aktuellem Stand der Technik feldarm errichtet werden könnten. Dieser Zwang wird in der Vollzugshilfe [4] und in [1] als neuer Stand der Technik vorgeschrieben.

Abb. 6 zeigt die neue, feldarm konstruierte Freileitung bei Volllast. In 10-11 Meter Höhe verläuft die 1µT-Hyperfläche.

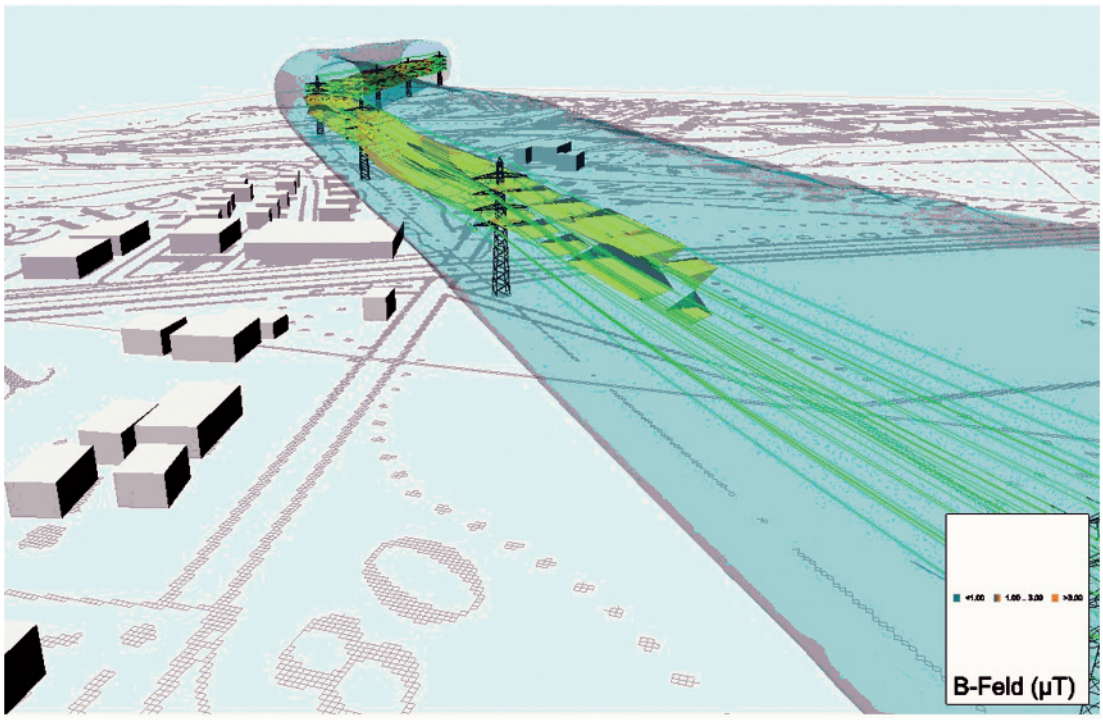


Abb. 6 Die gleiche Trasse feldarm ausgeführt. Sämtliche Orte empfindlicher Nutzung sind nun mehr nahezu feldfrei.

Die Vorteile im Überblick:

- Minimale Mast-Höhen sind möglich.
- Traversen sehr schmal konstruierbar.
- In 1 Meter Höhe über EOK herrschen nur noch 0,2 bis 0,3 µT am Ort des größten Durchhanges.
- Es existiert kein Freihaltebereich.
- Erhöhte Sicherheit bei den kantonalen und gemeindlichen Richtplänen ohne Konfliktpotenzial.
- Kein Wertverlust der überspannten Bodenfläche. Flächennutzung weiterhin möglich.
- Die öffentliche und private Hand kann bis zu 300.000 m^2 pro km Trassenlänge entsprechend Art. 16 NISV [1] weiterhin baurechtlich (Ausscheidung) Nutzen.

Planung feldarmer Kabeltrassen

In europäischen Ländern mit hoher Bevölkerungsdichte, wird es zunehmend schwieriger, 220-kV- und 380-kV-Freileitungstrassen zu planen und zu bauen. Dieser Sachverhalt gilt daher nicht nur für die Schweiz. Selbst in Norddeutschland wehren sich viele Gemeinden und Städte, in ihrer unmittelbaren Nähe neue Freileitungstrassen zu genehmigen. Im vorliegenden Fall hat ein Energieversorger viele Jahre um die Baugenehmigung einer neuen Freileitungstrasse für Höchstspannung gekämpft. Von einer Gesamtlänge von ca. 100 km fehlten nur noch 15 km, die allerdings durch ein Wohngebiet verlaufen sollte.

Als Alternativ-Lösung bietet sich an, das fehlende Stück durch eine Kabeltrasse zu ersetzen. Aufgrund der relativ geringen Länge hält sich die Selbstauslastung in Grenzen, mögliche Störausfälle durch Ferroresonanz und Ferranti-Effekte sind nicht zu erwarten, da das Kabel im 220-kV-Bereich betrieben wird.

Bleiben für den Trassenplaner nur noch zwei Punkte offen: Zum einen sollte eine Immission in Hausnähe kleiner gleich 0,2 µT herrschen (Vorgabe der Gemeinden und Bauämter), zum anderen sollten die thermischen Randbedingungen bei 1000 A Betriebsstrom eingehalten werden (ϑmax, Kabel < 80°Grad C). Die IEV hat für diesen Fall die kombinatorische Feldreduktion entwickelt: Zum einen werden die Kabel speziell gebündelt und zum anderen nach der Kaden-Theorie mit einer dynamischen Schirmung versehen (siehe Tabelle 1). Als Material wird das elektrisch und thermisch gut leitende Aluminium vorgeschlagen.

Als Durchmesser wird 500mm mit einer Dicke von 10mm bis 15 mm gewählt (Feldreduktion: ca. 30-fach bis 40-fach). Damit eine gute Wärmeabfuhr garantiert werden kann, sollte der untere Teil des Rohres einschließlich Kabel mit Beton ausgegossen werden. Eine weitere, zusätzliche Reduktionsmaßnahme wäre die phasenausgelöschte Verlegung. Es gilt:

$$S_{ges} \approx S_{phasenausl.} \cdot S_{dynamische\,Schirmung}$$

wobei die Phasenauslöschung den Schirmfaktor S = 10 erreicht. In der Regel reicht die dynamische Schirmung aus. Sie erreicht etwa den Schirmfaktor S = 40 oder besser.

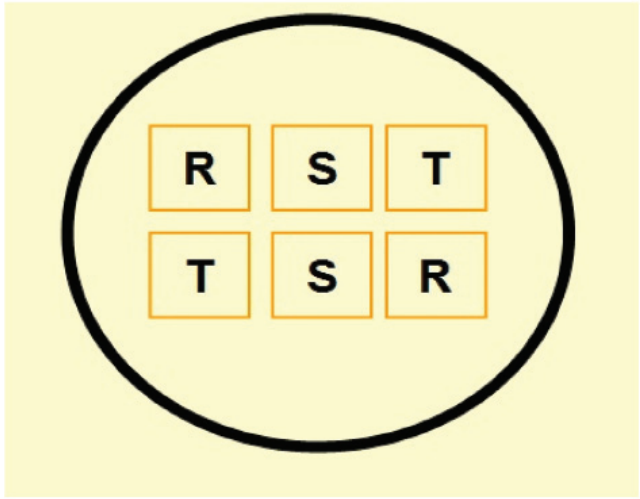


Abb. 7 Darstellung einer dynamisch geschirmten Kabeltrasse mit Kaden-Rohr und mit phasen-ausgelöschter Verlegung im Rohr. Der Reduktionsfaktor beträgt hier etwa 200. Die Reduktion ist optimal, wenn jeder Leiter den gleichen Stromanteil trägt.

Schirmfigur	Schirmfaktor	Abkürzungen
Hohlzylinder im Längsfeld	$\frac{\underline{H}_i}{\underline{H}_a} = \underline{S} = \frac{1}{\cosh\underline{k}d + \frac{1}{2}\underline{K}\cdot\sinh\underline{k}d}$	$\underline{k} = \sqrt{j\omega\mu\kappa}$ und $\underline{K} = \underline{k}\frac{\mu_0}{\mu}r_0$
Hohlzylinder im Querfeld	$\frac{\underline{H}_i}{\underline{H}_a} = \underline{S} = \frac{1}{\cosh\underline{k}d + \frac{1}{2}\left(\underline{K} + \frac{1}{\underline{K}}\right)\underline{K}\cdot\sinh\underline{k}d}$	$\underline{k} = \sqrt{j\omega\mu\kappa}$ und $\underline{K} = \underline{k}\frac{\mu_0}{\mu}r_0$

Tabelle 1 : Mathematische Berechnung des Schirmfaktors von elektrisch leitenden Rohren für den Fall einer dynamischen Schirmung

Ergebnis einer dynamischen Schirmung

- Inneres und äußeres Magnetfeld sind phasenverschoben
- Ha/Hi ist umso besser: je dicker das Rohr (d) ist,
- je größer der Innenraum (r0) ist,
- je höher die Frequenz (f) ist,
- je höher die Permeabilität μ ist,
- je höher die Leitfähigkeit κ ist,
- bei f=0 keine Schirmung vorhanden ist (Longitudinalfeld, beide Enden offen)

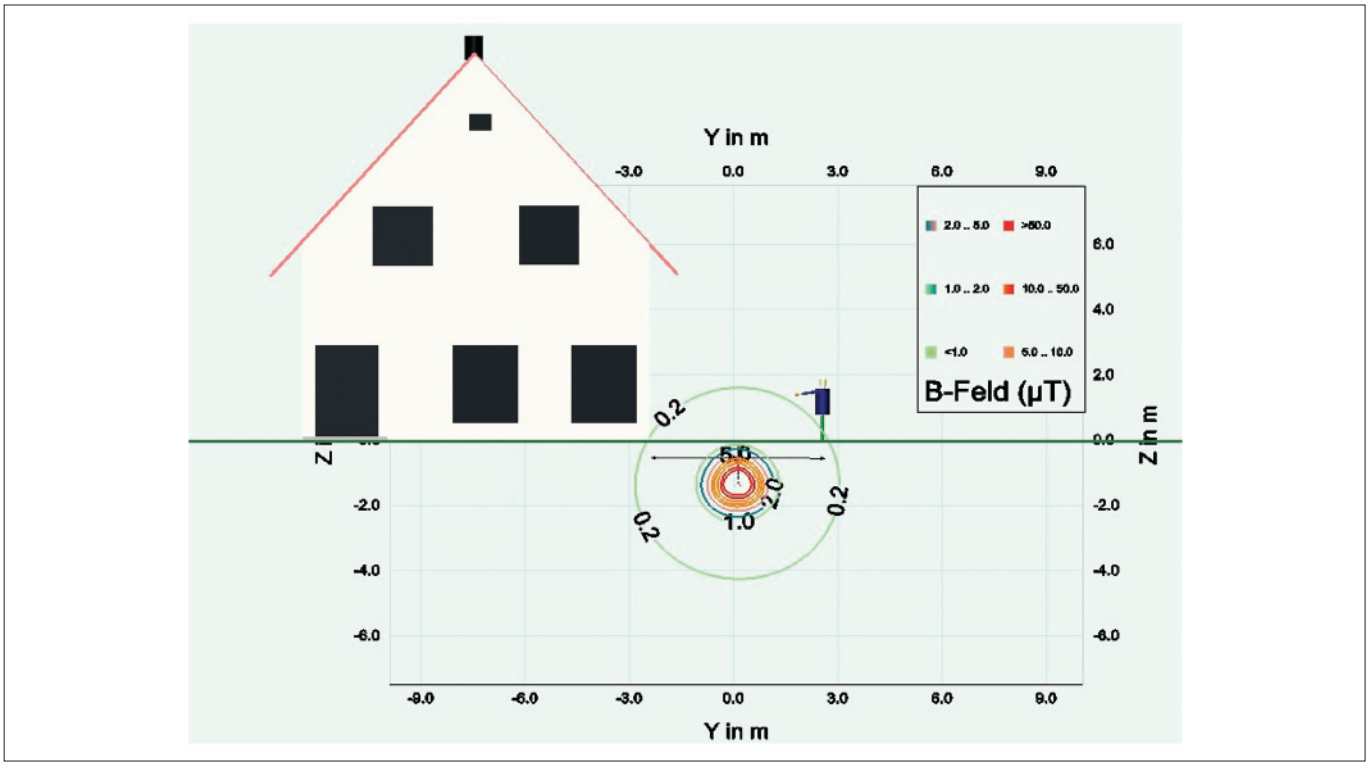


Abb. 8 220-kV-Kabeltrasse mit 1.600 qmm Kabelquerschnitt und 1 kA Betriebsstrom. Das Kabel ist in 1,2 Meter Erdtiefe verlegt, das Haus steht ca. 2,5 von der Kabeltrasse entfernt. Die Feldreduktion beträgt bei dieser IEV -Lösung etwa 40

Literatur

[1] BAFU; „Verordnung über den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung“, SR 814.01

[2] Kegel, R, Muchaier, M: COMPUTER-AIDED PLANNING AND CONSTRUCTION OVERHEAD AND UNDERGROUND LINES, IN ACCORDANCE WITH EMC THE ANNUAL REVIEW OF RESEARCH ON BIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS FROM THE GENERATION, DELIVERY & USE OF ELECTRICITY W/L ASSOCIATES LTD., San Antonio, Texas, USA, Nov. 1996

[3] BFE; „Verordnung über elektrische Leitungen (LeV)“; SR 734.31

[4] www.bafu.admin.ch/elektrosmog/01117 (Vollzugshilfe)

Erfolgreiche AGW-Sanierung von Transformatorstationen in der Schweiz

Reinhard Kegel
Institut für elektromagnetische Verträglichkeit –IEV– GmbH
Strecknitzer Tannen 46, 235562 Lübeck, iev@iev.de

1. Einleitung

Nach ausführlicher Diskussion in der Schweiz wurde Ende 1999 vom schweizerischen Bundesrat die Verordnung über den Schutz vor der nicht ionisierenden Strahlung [1] (NISV) erlassen und trat Anfang Februar 2000 in Kraft. Die NISV enthält zum einen den Immissionsgrenzwert (IGW, 100µT), der Mensch und Umwelt vor schädlichen und lästigen Einwirkungen vor der nicht ionisierenden Strahlung schützen soll, zum anderen eine vorsorgliche Strahlungsbegrenzung, die durch den sogenannten Anlagengrenzwert (AGW, 1µT) definiert wird und hundertfach kleiner ist als der Immissionsgrenzwert.

Während der Immissionsgrenzwert als Gefährdungsgrenzwert im Wesentlichen durch das bekannte thermische Wirkungsmodell nach ICNIRP definiert wird, gab es zum Zeitpunkt der Vorbereitung der NISV anhand der internationalen Literatur bereits eine Vielzahl von Hinweisen, dass auch athermische Wirkungsmodelle zu berücksichtigen seien. Aus diesem Grunde hat der Bundesrat im Sinne der Vorsorge nach USG festgelegt, dass die Strahlung dort, wo sich Menschen lange Zeit aufhalten (Orte empfindlicher Nutzung, OMEN), erheblich strenger begrenzt wird, nämlich so weit, wie dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Diesen Grundsatz hat der Bundesrat in Form eines sogenannten Anlagengrenzwertes (AGW) konkretisiert, der im Niederfrequenzbereich für energietechnische Anlagen um den Faktor 100 niedriger liegt als der Immissionsgrenzwert.

Der AGW muss nicht überall, sondern nur an Orten mit empfindlicher Nutzung eingehalten werden. Damit besitzt der AGW einen räumlichen Aspekt. Es spielen also nicht nur die technischen und betrieblichen Anlagendaten eine Rolle, auch der Standort der Anlage in Bezug auf den Ort der empfindlichen Nutzung ist von großer Bedeutung. Aus diesem Grunde sieht Anhang 1 der Verordnung spezielle Ausnahmen vor, wenn der Anlagenbetreiber nachweist, dass er alle Maßnahmen zur Strahlungsbegrenzung getroffen hat, die technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar sind, zum Beispiel die Wahl eines anderen Standorts oder Schirmungsmaßnahmen. Ansonsten müssen alle neuen und alten Anlagen im maßgebenden Betriebszustand (Betrieb mit Nennleistung) an Orten mit empfindlicher Nutzung den Anlagengrenzwert einhalten.

Besonders großer Wert wird auf die Möglichkeit einer zuverlässigen Abschätzung der Schirmwirkung und -prinzipien von Materialien gelegt. In diesem Punkt scheint ein hoher Informationsbedarf vorhanden zu sein. Im Vordergrund steht dabei die wichtigste Größe bei einer AGW-Sanierung: Die magnetische Störflussdichte vor der Sanierung und die Restflussdichte, die nach der Sanierung maximal am Ort Omen verbleibt. Sie stellt auch die wichtigste Größe hinsichtlich der Beschreibung des Schirmerfolges dar [7] bis [10]. Wenn diese beiden Größen nicht vorliegen, ist die erfolgreiche Umsetzung der NIS-Verordnung in Frage zu stellen.

2. Immissionsschutz in Europa

Entsprechend einer älteren EU-Richtlinie haben zwischenzeitlich eine Vielzahl von Ländern im Bereich des Immissionsschutzes ihre nationalen Grenzwerte für den Niederfrequenz- und Hochfrequenzbereich neu festgelegt. Der folgende Kurzauszug zeigt für den Niederfrequenzbereich aktuelle rechtsgültige Grenzwerte. Es ist damit zu rechnen, dass die europäische Kommission im Rahmen neuerer Erkenntnisse (z.B. Steward-Report) für den Bereich der Vorsorge noch tiefere Grenzwerte vorschlagen wird.

Land	Immissionsgrenzwert der magnetischen Flussdichte in µT	Anlagengrenzwert der magnetischen Flussdichte µT	Immissionsgrenzwert des elektrischen Feldes in kV/m
Deutschland (26. BImSchV)	**100 µT**	**-.-**	**5**
Stadt Bremen Deutschland	**100 µT**	**0,3 µT (Halblast)**	**5**
Schweiz (NISV)	**100 µT**	**1 µT (Volllast)**	**5**
Italien (Decreto No 36)	**10 µT**	**3 µT (Volllast)**	**5**
Frankreich	Entwurf	Entwurf	Entwurf
England	Entwurf	Entwurf	Entwurf

Tabelle 1 Aktuelle Darstellung des Immissionsschutzes in Europa

3. Aufgabenstellung

Schweizer Betreiber elektrischer Anlagen haben nach der „Verordnung über den Schutz vor der nicht ionisierenden Strahlung“ [1] die Pflicht, ihre Anlagen so zu betreiben, dass an Orten der empfindlichen Nutzung (OMEN) eine maximale Flussdichte von 1 µT eingehalten wird. Dabei wird der Ort OMEN als Aufenthalt von Personen über vier und mehr Stunden definiert. Besteht zwischen Station und dem Ort OMEN eine Wand oder Decke, so wird rechnerisch bzw. messtechnisch der Aufpunkt in 20 cm Entfernung von der Außenwand bzw. oberhalb der Decke definiert. Dieser Aufpunkt lässt sich allgemein mit dem Ortsvektor beschreiben. Die Aufgabenstellung lautet damit unter Beachtung der noch zu veröffentlichen Vollzungs-, Rechen- und Mess- Empfehlungen mathematisch wie folgt:

$$\left\| \vec{B}(\vec{X}) \right\| = B(x,y,z) \rightarrow \min \forall \vec{X} \in \Omega \wedge K(B(x,y,z) \rightarrow \min$$

In Worten: Der Betrag der magnetischen Flussdichte muss in den relevanten Aufpunkten des Raumes Ω ein Minimum annehmen, wobei gleichzeitig die dabei anstehenden Sanierungs-Kosten (die selber funktionell von der Höhe der zu reduzierenden Feldstärke abhängen) ebenfalls ein Minimum annehmen müssen.

Es handelt sich hier im Grunde genommen um eine mathematische Optimierungsaufgabe, die das Ziel hat, diejenigen Reduktionsmethoden auszusuchen, die einerseits die Kosten gegen ein Minimum streben lassen und gleichzeitig die magnetische Flussdichte am Ort OMEN mit B ± 1 µT effektiv minimiert.

Dabei ist es aus Sicherheitsgründen empfehlenswert, nicht auf den AGW-Grenzwert zu optimieren, sondern, wenn keine Kostengründe dagegen sprechen, möglichst um den Faktor 2 bis 10 tiefer zu wählen. Da noch keine hinreichenden Erfahrungen mit Sanierungen gesammelt wurden, sollte immer eine gewisse Reserve für Unsicherheiten eingeplant werden.

4. Technische Voraussetzungen für eine kostenminimale Lösung

Eine notwendige und hinreichende Bedingung ist, dass die Hersteller der energietechnischen Anlagenteile strahlungsarme Betriebsmittel zur Verfügung stellen. In diesem Sinne hat die IEV GmbH sich in den letzten vier Jahren bemüht, mit verschiedenen Herstellern entsprechende Betriebsmittel zu entwickeln. Zwischenzeitlich sind die folgenden Betriebsmittel erhältlich:

Strahlenreduzierte Drehstrom-Öl-Transformatoren

mit einer Nennscheinleistung zwischen 100-kVA bis 1.800-kVA.(sogenannte SR–ELIN -Transformatoren). Für viele Oberspannungen sind sämtliche Transformatoren in Copperfield® nachbildbar. Die AGW -Isolinien verlaufen in einem Abstand von 50cm bis 90 cm um den Transformator herum. Die Mehrkosten für einen strahlenreduzierten Transformator sind minimal.

Strahlenreduzierte Sammelschienen bis 4 kA

Sammelschienen lassen sich ebenfalls kostengünstig und strahlenarm in zwei Stufen herstellen. In der zweiten Stufe verläuft die AGW -Isolinie mit einem Radius von etwa 25 cm um die Sammelschiene herum, wenn der Strom 1.400 A beträgt. Wie bei Kabel-trassen sind kombinatorische Maßnahmen vom Vorteil, da die Schirmfaktoren S1 und S2 bei Kombination als Produkt von S1 * S2 auftreten.

Strahlenreduzierte Kabeltrassen bis 4 kA

Wie bei Sammelschienen können auch Kabeltrassen kostengünstig realisiert werden. Zunächst wird durch eine phasenausgelöschte Verlegung hochflexibler Kabel die magnetische Flussdichte um den Faktor 10 reduziert. Eine weitere Feldreduktion erreicht man mittels der Kaden-Theorie, die zu einer weiteren Reduktion um etwa den Faktor 40 führt. Insgesamt ist die Feldreduktion mit einem Schirmfaktor von 400 und höher mög-lich. Der AGW -Radius verläuft dann etwa zwischen 25 bis 30 cm im Raum.

Niederspannungsverteilungen

Wie wir in Versuchen zeigen konnten, lassen sich Niederspannungsverteilungen mittels der Kaden-Theorie so konstruieren, dass die magnetischen Felder mit einem Schirmfaktor von 40 bis 100 reduziert werden. Hier ist es extrem wichtig, den mathematischen Gegebenheiten der Kaden - Theorie beim Aufbau Rechnung zu tragen. Das Ergebnis ist ein Spezialschaltschrank, den Stationsbauer mit den jeweiligen Verteilungen bestücken können. In manchen Fällen reicht es das Feld oberhalb der Verteilung durch eine Spezialplatte zu reduzieren. Inhomogene Gehäuse erlauben eine semioffene Schrankstruktur mittels einer Kombination statischer und dynamischer Schirmung und möglicherweise auch kostengünstiger. Diese Schrank-Struktur befindet sich noch in der Entwicklung. Die Berechnung in-homogener Materialien erfolgt nach der Kistenmacher-Theorie.

Mittelspannungsverteilungen

Liegen kleine Ringströme bis etwa 200 A vor, so kann man durch Auswahl bestimmter MS-Verteilungen erreichen, dass diese Verteilungen (in der Regel SF6-Mittelspannungsverteilungen) eine so kleine Emission aufweisen, dass sie als feld-reduziert bezeichnet werden können. Dies gilt insbesondere bei GIS-Anlagen, die einen besonders kompakten Aufbau aufweisen. Sämtliche oben beschriebene Betriebsmittel-Klassen sind digital nachbildbar [2], [3], [4], [5], [6].

5. Das iterative Gradientenabstiegsverfahren

Das iterative Abstiegsverfahren sucht das Energieminimum einer elektrischen Anlage am Ort OMEN (Aufpunkt des Ortsvektors $\vec{x}$). Dies erreicht man, indem ein Katalog von feldreduzierenden Maßnahmen (siehe Tabelle 1) mit feldarmen Betriebsmittel-Klassen (siehe Abschnitt 4) kombiniert wird. Gleichzeitig sollte ein erfahrener Betriebsingenieur mittels eines Taschenrechners die aktuellen Sanierungskosten aufaddieren und nur diejenigen Kombinationen zulassen, die nicht nur zur Feldminimierung sondern auch zur Kostenminimierung führen.

Nr.	Maßnahmen Alt-Stationen	Richt- bzw. Schätz-kosten, ca.
1.	Neuverlegung phasenausgelöschter Kabel	2 h Montage
2.	Schirmung Transformator-Anschlüsse (statisch/dynamisch)	1 h Montage
3.	Örtliche Verlegung Transformator und/oder NS-Verteilung	4 h Montage
4	Örtliche Neu-Verlegung der Transformator-NS-Verbindung	2 h Montage
5	Tausch der Hochstromverbindung durch G-Seil (Brugg)	4 h Montage
6	Transformatortausch durch ein Transformator mit einem kleinerem u_k	4 h Montage
7	Austausch der Transformatoren durch ELIN-SR-Transformatoren	20 % Mehrkosten
8	Setzen einer Metallplatte im Nahbereich von Transformatoren oder NSV (Dicke z.B: 4mm bis 5 mm)	
9	Rohrschirmung einer eingegossenen Kabeltrasse	
10	Verwendung einer SR-NSV (strahlungsreduzierte NS-Verteilung z. B. Selmoni-SR-Verteilung. EWZ-SR-NS-Verteilung)	15-20 % Mehrkosten
11	Teilschirmung mit 5 mm ALU an Rückwand und Decke einer NSV	
12	Doppel-Transformatoren zueinander entgegengesetzt anordnen	4 h Montage
13	MS-Kabel grundsätzlich verdrillt verwenden	Mehrkosten
14	NSV mit Mitteleinspeisung	-.-
15	Transformator und NSV auf Kabelkeller-Niveau absenken	Montagekosten
16	Leistungsschalter oder Lasttrenner durch DIN2 Schaltleisten ersetzen	
17	Last möglichst nah an die Einspeisung der NSV legen	-.-
18	MS-Verteilung möglichst tief setzen	-.-
19	Rohrschirmung der NS-Abgänge nach draußen	-.-

Tabelle 2a Darstellung der Möglichkeiten für die Feldreduktion in einer Ortsnetzstation. Die Maßnahmen können in beliebiger Kombination durchgeführt werden.

20	Spezialschirmung der NSV-Einspeisung mit Vitrovac	-.-
21	Anschlüsse NS-Verteilung grundsätzlich unten, nicht oben	-.-
22	Sammelschienen-Anordnung von MS- und NSV möglichst tief wählen	-.-
23	Verbindung Transformator und NSV möglichst kurz wählen	-.-
24	Neue Schaltkonfiguration mit minimalem Störfeld	
	... wenn alles fehlschlägt, dann erst:	
25	NSV einhausen mit der IEV –Shield -Box®	5 bis 12 TCHF
26	Transformator(en) einhausen mit der IEV –Shield -Box®	5 bis 12 TCHF

Tabelle 2b Darstellung der Möglichkeiten für die Feldreduktion in einer Ortsnetzstation. Die Maßnahmen können auch durch beliebige Kombination durchgeführt werden.

Beispiel

Es handelt sich um eine Ortsnetzstation mit zwei 630-kVA-Transformatoren und drei Niederspannungshauptverteilungen. Die Mittelspannungsverteilung steht räumlich weit entfernt und braucht für diese Feldreduktion nicht berücksichtigt zu werden. Der räumliche Aufbau wird in der Abb. 1 gezeigt. Gegenüber der Wand mit den Niederspannungsverteilungen liegt ein Büro der Gemeinde und stellt den Ort der empfindlichen Nutzung dar. Unter Volllast herrscht hier in 20 cm Entfernung von dieser Wand mehr als 25 µT (siehe Abb. 2). Nach Sanierung der Station sollte an dieser Stelle bei Volllast weniger als 1µT herrschen, um eine genügend hohe Sicherheit zu erreichen.

Im vorliegenden Beispiel wurde in der vierten Iteration mit insgesamt neun Maßnahmen die Sanierung durchgeführt, um zum Ziel zu kommen.

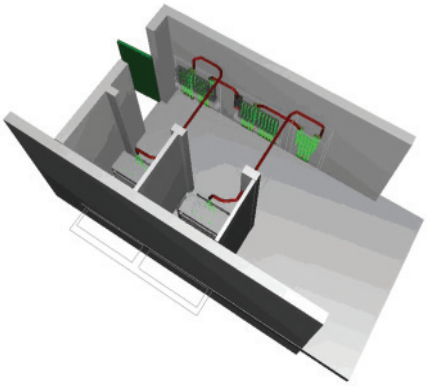


Abb. 1 Räumliche Struktur der Ortsnetzstation. Der Ort OMEN befindet sich hinter der oberen Wand.

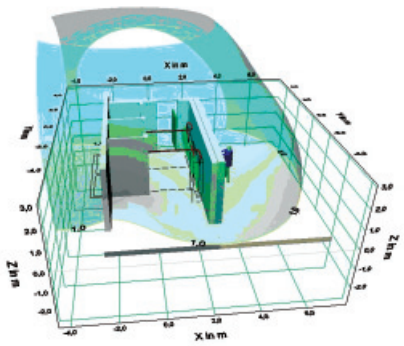


Abb. 2 Feldverteilung bei Volllast. Am Ort der empfindlichen Nutzung herrscht mehr als 25 µT (Standort der Person).

Iteration	Massnahmen Nr.	Weitere Massnahmen	B im OMEN-Bereich
1.	1, 2, 4, 5	NSV nicht verschoben	Magnetfeld viel zu hoch, B ≈ 10
2.	1, 2, 4, 5, 7, 21, 25	NSV nicht verschoben, aber eingehaust	Magnetfeld zu hoch, B ≈ 6
3.	1, 2, 4, 5, 7, 21, 25, 24	NSV nicht verschoben, aber eingehaust	Magnetfeld zu hoch, B ≈ 3
4.	1, 2, 4, 5, 7, 21, 25, 24, 3	NSV verschoben und eingehaust	Magnetfeld zu hoch, B <1µT

Tabelle 2 Beispiel einer „iterativen, digitalen Sanierung“ (Kosten nicht dargestellt) in vier Stufen

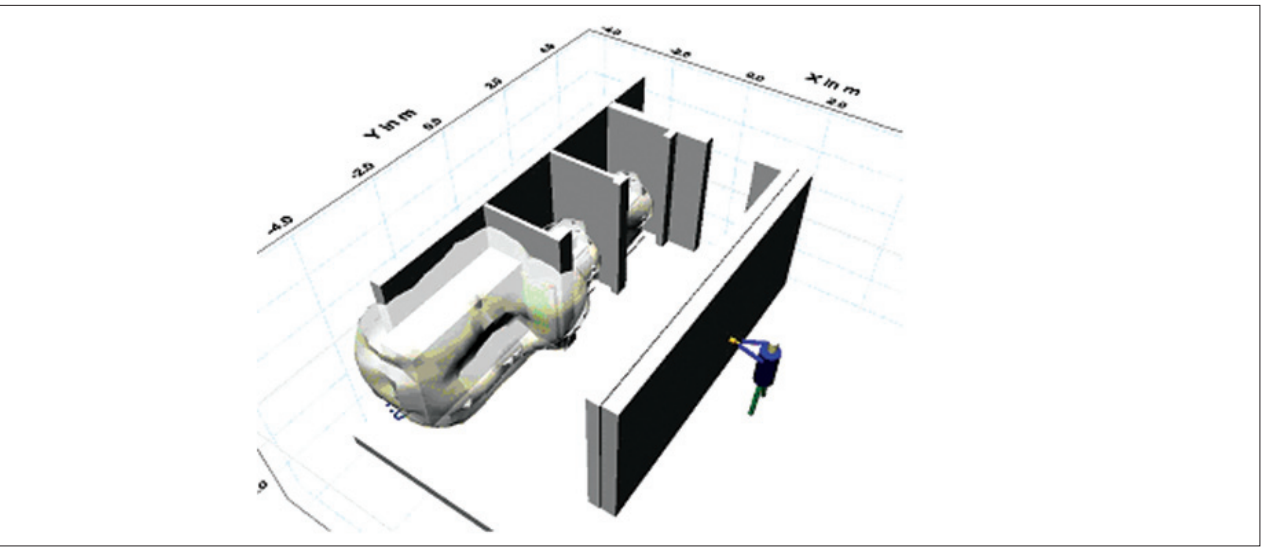


Abb. 3 Nach der Sanierung herrscht am Ort der empfindlichen Nutzung nur noch 0,03 µT, d.h., die magnetische Flussdichte wurde an dieser Stelle um den Faktor 830 reduziert. Die Kosten sind ebenfalls minimiert. Sie betragen nur etwa 25 % der Neubaukosten.

6. Zusammenfassung

Mit der modernen Programmentwicklung und Programmiersprachen wie C++ ist es heute möglich, auf der Basis der Schirmungstheorien sowie auf der Grundlage der mathematischen Physik Softwaresysteme für die Reduktion magnetischer Felder einzusetzen. Die Simulationssoftware Copperfield® erlaubt mit diesem Hintergrund die Reduktion von magnetischen Flussdichten von Anlagen, wie z.B. Ortsnetzstationen aber auch Umspannwerke und andere. Die Vorteile liegen bei dieser Vorgehensweise auf der Hand.

Das Hauptziel einer klugen und kosteneffektiven AGW-Sanierung wird durch die folgenden Einzelpunkte erreicht:

1. Die digitale Simulation der Anlage erfolgt bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung, obwohl die elektrischen Anlagen in der Regel nur mit maximal 60% betrieblich ausgelastet werden.
2. Die Ermittlung der magnetischen Feldbelastung unter Volllast kann am Ort der empfindlichen Nutzung vorgenommen werden.
3. Die Ermittlung des notwendigen Schirmfaktors SOMEN erfolgt am Ort der empfindlichen Nutzung bei Volllast.
4. Die maximale Feldausdehnung kann dreidimensional ermittelt werden. Damit ist es möglich besonders leicht eine effiziente Sanierungsstrategie zu entwickeln.
5. Nach 4. erfolgt die optimale Auswahl des Technologie- und Mitteleinsatzes gemäß des notwendigen Schirmfaktors SOMEN.
6. Die Überprüfung der dynamischen Schirmung und die Durchführung von Maßnahmen gemäss Tabelle 1a und 1b.
7. Die visuelle Endprüfung auf Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte im dreidimensionalen Raum unter Volllast am Ort der empfindlichen Nutzung.

Die ersten Transformatorstationen in der Schweiz konnten auf diese Weise kostengünstig saniert werden.

7. Literaturverzeichnis:

[1] BAFU; „Verordnung über den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung“, SR 814.01; Bundesamt für Umwelt

[2] Kaden, H.; Wirbelströme und Schirmung in der Nachrichtentechnik (Eddy Currents and Shielding in Communication); Springer-Verlag, Berlin 1959

[3] Kegel, R.; Ein robustes Verfahren zur numerischen Berechnung der Selbst- und Gegeninduktivitäten beliebiger räumlicher Leiterschleifen und Segmente; ImpulsE Jg.5 (2000), S. 21 - 37

[4] Kegel, R.; Praktische Anwendungen der Momenten-Methode in der numerischen Simulation metallischer Schirme in elektrischen Anlagen; ImpulsE 7. Jg. Dezember 2002; Seite 45 - 70

[5] Kegel, R.; Das neue IEV -Shield-Verfahren®; Fachtagung „AGW-Sanierung von Transformatorenstationen“ in CH-Horgen am 27. Juni 2003

[6] Kegel, R.; Heterogene Schirmgehäuse im quasistationären, niederfrequenten Magnetfeld elektrischer Anlagen; ImpulsE, 11. Jg. 2006, Seite 34 - 43

[7] Kost, A.; Ehrich, M.; Abschirmung magnetischer Störfelder mit Stahlplatten; EMV-Symposium 1992, Seite 421 - 432

[8] Kistenmacher, P.; Kimmel, M.; Schwab, A.; Schirmdämpfung inhomogener Metallgehäuse beliebiger Kontur im quasistationären Magnetfeld; Electrical Engineering 78 (1995) S. 339-344 Springer Verlag 1995

[9] Kistenmacher, P.; Schwab, A.; Schirmdämpfung mehrschichtiger und mehrwandiger Schirmgehäuse im quasistationären Magnetfeld; Electrical Engineering 79 (1996) S. 417-427 Springer Verlag 1996

[10] Gonschorek, K.H.; Singer, H.; Elektromagnetische Verträglichkeit Grundlagen, Analysen, Maßnahmen; B. G. Teubner Verlag 1992

Das induktive, parasitäre Streufeld des Drehstrom-Verteilungstransformators im räumlichen Fernbereich

Reinhard Kegel
Institut für elektromagnetische Verträglichkeit –IEV– GmbH
Strecknitzer Tannen 46 , 235562 Lübeck, iev@iev.de

Für eine beliebige Stromverteilung, die sich auf ein endliches Volumen V beschränkt, verschwindet der Einfluss der inneren Struktur auf das äußere Feld für große Entfernungen. Je kleiner der Abstand r < R zu der Stromverteilung ist, desto größer ist der Einfluss der inneren Struktur. Diese Tatsache macht man sich bei der Multipolentwicklung zunutze. Das Feld wird im Außenraum für r > R in eine Reihe zerlegt. Die Komplexität Reihenelemente nimmt zu, während ihr Einfluss in großen Abständen abnimmt, so dass oft nur die ersten Elemente zu berücksichtigen sind. Die Multipol-Reihe konvergiert im Außenraum der Stromverteilung gegen die exakte Lösung des Potenzials [1].

Die Multipolentwicklung einer Stromverteilung

Die Multipolentwicklung kann in beliebigen Koordinatensystemen durchgeführt werden; am häufigsten sind dabei kartesische und Kugelkoordinaten. Der Vorteil der kartesischen Entwicklung ist dabei die Beschränkung auf reelle Zahlen. Der Entwicklungsterm l-ter Ordnung ist ein Tensor l-ter Stufe. Die Anzahl unabhängiger Einträge in einem dreidimensionalen Tensor l-ter Stufe ist proportional l^2. Berechnungen mit einer Ordnung mit n > 2 sind daher extrem aufwendig und unübersichtlich. In Kugelkoordinaten wird nach Kugelflächenfunktionen entwickelt. Man nutzt dabei die Tatsache, dass sich die Greenfunktion nach Kugelflächenfunktionen entwickeln lässt. Die Kugelflächenfunktionen selber sind komplexe Tensoren l-ter Ordnung in Kugelkoordinaten, und die Anzahl unabhängiger Einträge ist nur proportional l. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit die Entwicklung in Kugelkoordinaten verwandt.

Die Reihenentwicklung des magnetischen Potenzials U einer auf das Gebiet r <R beschränkten zulässigen Stromverteilung mit

$$\sum_{\zeta=1}^{n} \underline{I}_{\zeta} = 0 \quad \text{bzw. } \nabla \cdot \underline{\vec{S}} = 0 \tag{1}$$

liefert für r > R das komplexe, magnetische Potenzial:

$$\underline{U}(r,\vartheta,\varphi) = \left(4 \cdot \pi \cdot \sum_{l=0}^{l=\infty} \cdot \sum_{m=-l}^{m=l} \left(\frac{1}{2 \cdot l + 1} \cdot \frac{\underline{M}_{l,m}}{r \cdot l + 1} \cdot Y_{l,m}(\vartheta,\varphi) \right) \right). \tag{2}$$

Beschränkt man sich auf $r > R_0$ und berücksichtigt man ferner, dass man nach der heutigen Maxwell-Theorie magnetische Monopole bei Spulenwicklungen ausschließen kann, fallen in der Reihenentwicklung die höheren $M_{l,m}$ - Glieder und $M_{0,0}$ weg [3]. Die Entwicklung liefert für l=0, 1, 2 den Zusammenhang

$$\underline{U}(r,\vartheta,\varphi) = 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{1}{r^2} \sum_{-l}^{l} \frac{\underline{M}_{l,m}}{3} \cdot Y_{l,m}(\vartheta,\varphi) + \frac{1}{r^3} \cdot \sum_{m=-2}^{2} \frac{\underline{M}_{2,m}}{5} \cdot Y_{2,m}(\vartheta,\varphi) + \ldots \right). \tag{3}$$

Die Aufgabe besteht nun in der Bestimmung $M_{l,m}$ - Glieder. Die Kugelflächenfunktionen sind bekannt und tabelliert. Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht in einfachen Bestimmung der magnetischen Flussdichte $\underline{\vec{B}}$ durch Gradientenbildung:

$$\underline{\vec{B}}(r,\vartheta,\varphi) = -\frac{\mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \nabla \underline{U}(r,\vartheta,\varphi) \quad \textit{für } r > R_0 \tag{4}$$

Ausführlich geschrieben und die Gradientbildung ausgeführt:

$$\underline{\vec{B}}(r,\vartheta,\varphi) = -\frac{\mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \begin{pmatrix} \frac{\partial \underline{U}}{\partial r} \\ \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \underline{U}}{\partial \vartheta} \\ \frac{1}{r \cdot \sin\vartheta} \cdot \frac{\partial u}{\partial \varphi} \end{pmatrix} \quad \textit{für } r > R_0 \tag{5}$$

Die oben erwähnte Stromdichteverteilung für r < R erzeugt durch Überlagerung aller Dipolmomente in den drei Transformatorschenkel ein Dipolmoment der Größe

$$\vec{\underline{m}} = \begin{pmatrix} \underline{m}_x \\ \underline{m}_y \\ \underline{m}_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{\mu=1}^{3} \underline{m}_x^{\mu} \\ \sum_{\mu=1}^{3} \underline{m}_y^{\mu} \\ \sum_{\mu=1}^{3} \underline{m}_z^{\mu} \end{pmatrix} = \left(R^2 \cdot \pi\right) \cdot \begin{pmatrix} \sum_{\mu=1}^{3} \underline{I}_x^{\mu} \\ \sum_{\mu=1}^{3} \underline{I}_y^{\mu} \\ \sum_{\mu=1}^{3} \underline{I}_z^{\mu} \end{pmatrix} \tag{6}$$

und den drei komplexen Komponenten m_x, m_y, m_z. Dabei kann gezeigt werden, dass für das erste Glied der Reihenentwicklung sich in $M_{l,m}$ Linearkombinationen der Multipolmomente in kartesischen Koordinaten darstellen lassen:

$$\underline{M}_{l,-1} = \sqrt{\frac{3}{8 \cdot \pi}} \cdot \left(\underline{m}_x + j \cdot \underline{m}_y\right)$$

$$\underline{M}_{l,0} = \sqrt{\frac{3}{8 \cdot \pi}} \cdot \underline{m}_z \tag{7}$$

$$\underline{M}_{l,+1} = \sqrt{\frac{3}{8 \cdot \pi}} \cdot \left(-\underline{m}_x + j \cdot \underline{m}_y\right)$$

$$\underline{U}(r, \vartheta, \varphi) = \frac{1}{r^2} \cdot \underline{m}_x \cdot \sin\vartheta \cdot \cos\varphi + \frac{1}{r^2} \cdot \underline{m}_y \cdot \sin\vartheta \cdot \sin\varphi + \frac{1}{r^2} \cdot \underline{m}_z \cdot \cos\varphi \tag{8}$$

Dieser Ausdruck lässt sich wesentlich einfacher als skalares Produkt beschreiben:

$$\underline{U}(r, \vartheta, \varphi) = \frac{1}{r^2} \cdot \begin{pmatrix} \underline{m}_x \\ \underline{m}_y \\ \underline{m}_z \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \sin\vartheta \cdot \cos\varphi \\ \sin\vartheta \cdot \sin\varphi \\ \cos\varphi \end{pmatrix} \tag{9}$$

oder

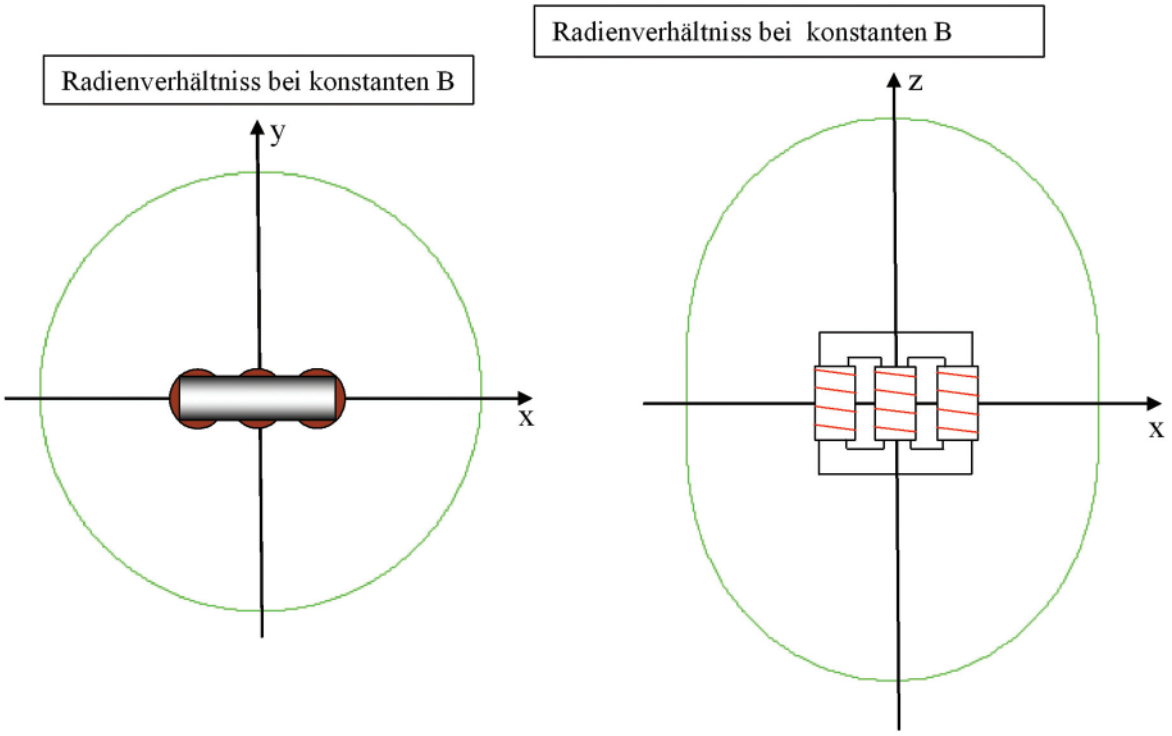
$$\underline{U}(r, \vartheta, \varphi) = \frac{1}{r^2} \cdot \vec{\underline{m}} \cdot \vec{r}_0 \,. \tag{10}$$

Wird nun ein Dipol angenommen, deren Momentenvektor in Richtung der z-Achse verläuft, so erhält man:

$$\vec{\underline{B}} = \begin{pmatrix} \underline{B}_r \\ \underline{B}_\vartheta \\ \underline{B}_\varphi \end{pmatrix} = \frac{\mu_0 \cdot \underline{m}_z}{4 \cdot \pi \cdot r^3} \cdot \begin{pmatrix} 2 \cdot \cos\vartheta \\ \sin\vartheta \\ 0 \end{pmatrix}. \tag{11}$$

Dabei stellt $\underline{\vec{m}_z}$ der resultierende, komplexe Momentenvektor des Dipolmomentes dar, wobei der Betrag definiert ist durch eine Leiterschleife mit dem komplexen Strom I und dem Radius R sowie der Fläche R^{2*} ∏. Da der Ansatz muss verallgemeinert über insgesamt drei Dipolmomente erfolgen, die wiederum durch die drei Komponentenströme mit unterschiedlichen Phasenlagen induziert werden:

$$\underline{\vec{m}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \underline{m}_z \end{pmatrix} = R^2 \cdot \pi \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sum_{\mu=1}^{3} \underline{I}_\mu \end{pmatrix} = A \cdot \vec{e}_z \cdot \underline{I}_s \qquad (12)$$



Die gleichen Isolinienbilder sind messtechnisch in einer Vielzahl von Veröffentlichungen bestätigt worden [2], [3], [4]. Sie lassen sich im Wesentlichen nach Gl. 12 bestimmen.

Literaturverzeichnis:

[1]	Kegel, R.	Numerische Berechnung und Kompensation von Eigenschwingungen in Spannungswandlern. – Der Meßwandler als EMV-Breitband-Meßsystem – 8. Symposium Maritime Elektronik, Universität Rostock, 1995
[2]	Alber, Friedrich	Verteilungstransformatoren und EMV Etz Bd 115 (1994) Heft 20
[3]	Hadrian, W.	Leitungen, Transformatoren und Schaltanlagen als Störquellen Elektrotechnik und Maschinenbau 101 (1983) H.1, S.21-28
[4]	Hadrian, W.	Der Transformator als Feldquelle – Theoretische Grundlagen und meßtechnischer Befund Elektrie, Berlin 45 (1991) Heft 6, Seite 235 - 237

Anhang

Kugelflächenfunktionen als Eigenfunktionen des Winkelanteils des Laplace-Operators.

Bekanntlich ist der Laplace-Operator in Kugelkoordinaten angewendet auf eine Funktion wie folgt definiert:

$$\Delta f(r,\vartheta,\varphi)=\left(\frac{1}{r^2}\left(\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial f}{\partial r}\right)+\frac{1}{\sin\vartheta}\cdot\frac{\partial}{\partial\vartheta}\left(\sin\vartheta\frac{\partial f}{\partial\vartheta}\right)+\frac{1}{\sin^2\vartheta}\frac{\partial^2 f}{\partial\varphi^2}\right)\right).$$

Im Folgenden wird die Funktion f trennbar nach zwei Funktionen, in g (r) und nach den Winkeln aufgefasst, so dass gilt:

$$\Delta f(r,\vartheta,\varphi)=g(r)\cdot f(r,\vartheta,\varphi).$$

Gesucht sind nun die Eigenfunktionen des winkelabhängigen Teiles, die die obige Gleichung erfüllt. Für die Funktion f wird dafür üblicherweise ein Separationsansatz mit

$$f(r,\vartheta,\varphi)=R(r)\cdot Y(\vartheta,\varphi)$$

gewählt.

Wird dieser Ansatz in die Partielle Differenzialgleichung eingesetzt, so erhält man nach einigen Umformungen:

$$-\frac{1}{Y}\left(+\frac{1}{\sin\vartheta}\cdot\frac{\partial}{\partial\vartheta}\left(\sin\vartheta\frac{\partial Y}{\partial\vartheta}\right)+\frac{1}{\sin^2\vartheta}\frac{\partial^2 Y}{\partial\varphi^2}\right)=\frac{1}{R(r)}\cdot\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial R}{\partial r}\right)-r^2 g(r)$$

Beide Seiten der Gleichung müssen konstant sein. Die Kugelflächefunktionen Y erfüllen die winkelabhängige Gleichung und es gilt der folgende Zusammenhang:

$$\Delta f(r,\vartheta,\varphi)=-\left(\frac{1}{\sin\vartheta}\cdot\frac{\partial}{\partial\vartheta}\left(\sin\vartheta\frac{\partial}{\partial\vartheta}\right)+\frac{1}{\sin^2\vartheta}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}\right)\cdot Y_{lm}(\vartheta,\varphi)=l(l+1)\cdot Y_{lm}(\vartheta,\varphi)$$

Bei näherer Betrachtung stellt man fest, dass der Eigenraum zum Eigenwert l(l+1) genau 2l+1 dimensional ist. Die Entartung wird über den Index m gekennzeichnet.

Mit-dem-Fehler-leben
oder
Über geschlossene und offene Systeme

Von Erwin Langheld

Zusammenfassung

Es geht um die Frage, wo man seine Fähigkeiten am besten einsetzen könnte, in geschlossenen oder in offenen Systemen?

Alles, was überhaupt gedacht werden kann, kann klar gedacht werden.
Alles, was sich aussprechen lässt, lässt sich klar aussprechen.
Wovon man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen.
Ludwig Wittgenstein [1]

Alles, was Wert hat überhaupt gesagt zu werden, lässt sich nur unklar sagen;
und was sich ganz klar sagen lässt, kann man auch verschweigen.
Peter Rechenberg [2]

Der Wissende redet nicht.
Der Redende weiß nicht.
Laotse, vor 2600 Jahren [3]

Was sind offene oder geschlossene Systeme und was haben Fehler damit zu tun?

Systeme kennzeichnen das Zusammenspiel von mehr oder weniger aktiven Komponenten.

Jedes System hat sein eigenes Momentum, statisch oder dynamisch. Bild 1 zeigt trivial, wie wir uns ein geschlossenes oder ein offenes System vorzustellen haben. Beim geschlossenen System ist vieles mit Regeln festgelegt und es fehlt die Wechselwirkung mit der Außenwelt, ein Beispiel wäre etwa die Gitterstruktur eines Kristalls. Beim offenen System ist diese Wechselwirkung da und Regeln sind flexibler gestaltet, ein Beispiel wäre der globale Handel. Meist haben wir es mit Mischsystemen zu tun, manches ist geschlossen, manches ist offen, es kommt eben sehr auf die betrachteten Parameter an. Unser demokratisches Regierungssystem beispielsweise betrachten wir als offenes System, es ist relativ transparent; die in ihm enthaltenen Sicherungsdienste dagegen betrachten wir als geschlossenes System, da haben wir keinen Einblick.

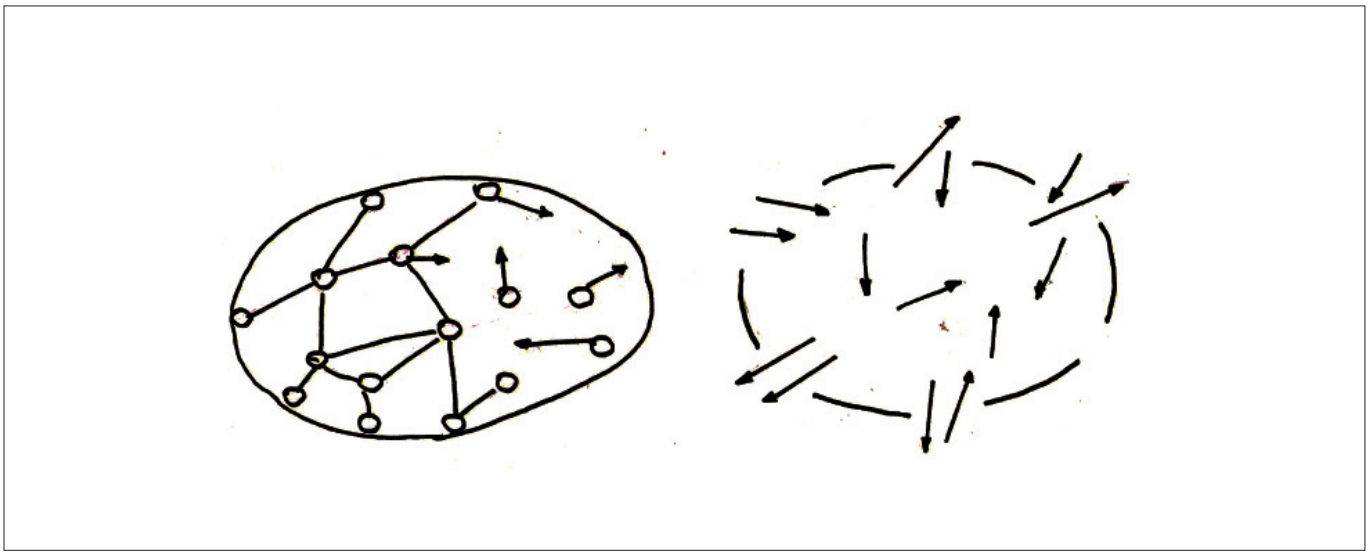


Bild 1 Geschlossenes und offenes System.

Wir leben in einer Zeit des Paradigmen-Wechsels, der Trend geht weg von geschlossenen Systemen mehr hin zu offenen Systemen. Das ist an sich nichts Schlimmes. Auf die Frage „mögen Sie lieber mit oder ohne das offene System Internet auskommen?“ erhält man meist die eindeutige Antwort „ja, lieber mit Internet“. Wenn man etwas nachhakt „dann auch mit allen Konsequenzen?“, fällt das „ja“ schon etwas zögerlicher aus. Dann denkt man vielleicht an die Nebenwirkungen, die von den offenen Systemen selbst herrühren, etwa an die zunehmende Vermüllung, z.B. mit unerwünschtem SPAM oder man denkt daran, dass auch die geschlossenen Systeme sich allzu gern der von den offenen Systemen geschaffenen Netzwerke und Werkzeuge bedienen (z.B. angewandt bei Online-Durchsuchungen). Aber man bleibt wohl beim „ja“.

Fehler sind etwas, das wir möglichst vermeiden sollten, zumindest hat man uns das in unserem Erziehungssystem beigebracht. Fehler sind also negativ besetzt. Die Natur sieht das wesentlich laxer. Bei ihr sind Fehler positiv besetzt und als Mutationen sind sie das, was überhaupt erst Leben in die Bude bringt. Manchmal mit fatalen Konsequenzen, doch die Natur verträgt das. Die Evolution, also Mutationen (Fehler) im Zusammengang mit Selektion, sehen wir (die Kreationisten ausgenommen) allerdings wiederum als etwas Positives. Aber auch das Lernen als Trial-and-Error beruht ja im Wesentlichen auf der wiederholten Ausübung von fehlerhaftem Verhalten. Es ist ja nicht so, daß ein Kleinkind sich hinstellt, mit dem Zeigefinger an die Nase gelegt einige logische Überlegungen hinsichtlich seiner Bewegungsmöglichkeiten anstellt, und dann kann es plötzlich laufen. Sondern jede Phase muß hundert- und tausendfach geübt werden. Auch dieses fehlerbehaftete Üben finden wir, Eltern und Verwandte, bei Kindern durchaus sehr lustig und lehrreich und gut. Schluß mit lustig ist dann aber schlagartig mit der Schule. Ab dann sind Fehler ungut, sie gehören zum Feindbild und werden geahndet. Ist ja auch richtig, wo kämen wir sonst hin? Zurück zu Sommerhill? Lieber nicht, wir wollen ja keine Scheinwelten aufbauen. Obwohl, etwas weniger Fixiertheit auf die anstrengende Ostereiersuche nach Fehlern, z.B. bei der Rechtschreibung, täte uns wohl gut.

Auf der anderen Seite haben Fehler durchaus etwas Faszinierendes an sich, vermutlich ist das die Komponente „Kreativität“. Jedenfalls finde ich als Dozent die interessiertesten Zuhörer immer dann, wenn ich Aufgaben bringen kann etwa der Art: „Wo steckt hier der Fehler? Suchen Sie mal!“ Das hat dann Unterhaltungswert und nähert sich etwas Günter Jauch zu. Leider fallen mir solche Aufgaben viel zu wenig ein; woran das wohl liegt? Vielleicht wurde das eigene Denken schon zu sehr gesäubert..... Außerdem sieht es wohl auch so aus, daß wir am besten Dinge behalten, bei denen uns mal ein Fehler unterlaufen ist, also auch hier ein hoher Lerneffekt! - Aber ich möchte hier gar nicht ein Lob des Fehlers vertreten, sondern es geht um etwas Weitergespanntes:

Systeme und Fehler sind eng miteinander verkoppelt. Das wirkt sich besonders für offene Systeme wie beispielsweise das Internet aus, das allein schon vom Inhalt her sehr fehlerbehaftet ist. Bei geschlossenen Systemen dagegen kann man eher ein eingespieltes Verhalten erwarten, also auch weniger Fehler. Interessant und durchaus fundamental ist nun diese Frage:

Wieviel Fehlerhaftigkeit verträgt welches System und was paßt am besten zu unserem Leben, wenn wir dieses einigermassen optimieren wollen?

Ein erster Aufhänger sind die oben genannten Zitate, die keineswegs nur leere Textfetzen darstellen, sondern sie kennzeichnen recht gut wie man an die Dinge herangehen könnte. Wenn Sie mögen, so können Sie ja noch einmal kurz überlegen, welche der drei genannten Formulierungen Ihnen am besten zusagen würde, ich warte solange.....

Fangen wir mit dem Philosophen **Ludwig Wittgenstein** an (1.Zitat). Er war seiner Zeit voraus und mit seiner Forderung nach klaren Definitionen sprach er genau das an, was später die Informatiker dringend bei der Erstellung von Programmen benötigten, nämlich präzise formale und logische Aussagen. Wenn ein Programm nicht eindeutig formuliert ist, taugt es nichts, es darf keine formalen Fehler enthalten.

Ausgerechnet ein Informatiker, **Peter Rechenberg**, muss ihm nun widersprechen (2.Zitat), denn in der Zwischenzeit hat sich herausgestellt, dass wir grosse Probleme haben, programmtechnisch die Semantik mit einzubeziehen, die der Aussage überhaupt erst einen Sinn gibt. So ganz ohne Unschärfe bzw. Fehler geht das offenbar nicht. Es gibt offenbar auch keine Progammiersprache, die sich nur auf den Inhalt bezieht, ohne formale Parameter zu verwenden oder die semantisch orientiert immun gegen formale Fehler ist!

Die semantische Darstellung etwa einer Stimmung, einer Atmosphäre, ist nicht Sache einer klaren Aussage. Versuchen Sie

doch mal das nur aus 8 sehr kurzen Zeilen bestehende bekannte Gedicht „Über allen Gipfeln ist Ruh..." (J. W. von Goethe: Wanderers Nachtlied) mit vielen klaren und präzisen Worten inhaltlich so darzustellen, daß ein Leser oder Zuhörer in die gleiche Stimmung versetzt wird, wie durch dieses so kurze Gedicht! Es will nicht klappen! Übrigens ist dies ein Beispiel, um Ihre Fehlertoleranz zu testen, denn im Internet finden Sie genau so oft den Titel „Über allen Wipfeln ist Ruh..." Also Wipfel statt Gipfel. Gefällt Ihnen das genau so gut oder gar besser oder stehen Sie zu Goethe?

Da wir in der Gesellschaft in einem offenen System leben, brauchen wir außer den Worten auch noch den Kontext, den Dialog und vielleicht sogar den Instinkt für eine sprachliche Kommunikation. Schon Heinrich von Kleist dachte „Über die Verfertigung der Gedanken beim Reden" nach und brachte seine Beobachtungen über die eigenläufige unberechenbare Dynamik der Gedanken in einem interessanten Essay [4] unter. Der Physiker Richard Feynman brachte es auf den Punkt, als er von Studenten auf eine von ihm benutzte unglückliche oder gar falsche Formulierung hingewiesen wurde: „Hören Sie doch nicht auf das, was ich sage, sondern was ich meine!" Wittgenstein also um 180 Grad gedreht!

Noch einen Schritt weiter geht **Laotse** (3. Zitat). Bereits seine Formulierung ist eine einzige Wolke, die man so oder so deuten kann. Aus moderner Sicht sieht es in der Wissenschaft wohl so aus, dass je tiefer man in die Wissenschaft eindringt, man um so mehr erkennt, dass dahinter noch viel weiteres Wissen steckt, das man noch gar nicht erkannt hat. Da schweigt man lieber still. Es erinnert etwas an Goethes Faust, „...Und sehe, dass wir nichts wissen können, das will mir schier das Herz verbrennen...".

Bestes Beispiel für das Laotse-Zitat ist das Thema der Klimaveränderung. Die derzeitige Hype wird ja eher von den Nichtwissenden oder Halbwissenden erstellt; man redet zwar viel darüber, aber keiner weiss, welches Modell denn nun richtig ist und was man bei der nächsten Hochrechnung wieder mal vergessen hat. Diejenigen Wissenschaftler, die die eigentliche Pionierarbeit bei der Erkennung der Klimaproblematik geleistet haben, wie etwa James Lovelock (seine Gaia-Hypothese, die Erde als einen lebenden Organismus zu betrachten, hat ja überhaupt erst alles ins Rollen gebracht und ist schon jetzt Realität geworden), solche Wissenden werden bereits von den Redenden übertönt.

Während also Wittgenstein mit seiner Aussage eher geschlossene Systeme anspricht, in denen alles wohldefiniert seinen Platz hat und frei von formalen Fehlern verwendet wird; beziehen sich die Aussagen von Rechenberg und Laotse viel eher auf unsere Gesellschaft, wie sie sich uns derzeit als zunehmend offenes System darstellt; und zwar um so mehr, je globaler und verwickelter diese in das Netz der Kommunikation eingebunden ist.

Der aktuelle Bezug ist nun die Frage, zu welcher Haltung wir uns gegenüber Fehlern herumkriegen lassen wollen; sollen wir Fehler zulassen oder nicht und in welchem Ausmaß? - Man kann sich den Übergang von geschlossenen Systemen zu offenen Systemen als eine Evolution vorstellen, wobei die Komponenten der untersten Stufe wie beispielsweise die Atome, als eine Art „Stammzellen" geschlossene Systeme bilden, die **völlig fehlerfrei** zu agieren haben, während mit zunehmender Weiterentwicklung zu offenen Systemen hin bis hinauf zu den Organismen, die Freiheitsgrade zunehmen. Das bedeutet aber, dass gleichzeitig damit auch ihre Fehlerhäufigkeit ansteigt und wir uns notgedrungen auch **fehlertoleranter** zu verhalten haben. Einige Beispiel mögen aufzeigen, dass wir uns auf diesen Gebieten durchaus nicht immer sicher fühlen können und wir auch zu extrem unterkühlten oder überspitzten Reaktionen neigen.

Warum wir bei geschlossenen Systemen und bei offenen Systemen unterschiedliche Fehler-Massstäbe anlegen

Ein Beispiel aus den atomaren Strukturen: Atome bilden die wohl fundamentalsten geschlossenen Systeme. Ein Atom ist ein Atom ist ein Atom. Fehler sind hier nicht nur nicht zugelassen, sondern sie treten auch gar nicht erst auf! Es ist geradezu unfassbarbar, dass allein die Atome auf der Erde in einer uns fast unendlich erscheinenden Anzahl über Jahrmilliarden hinweg ihren Dienst leisten, ohne sich auch nur ein einziges Mal zu vertun, etwa statt einer positiven Kernladung eine negative Kernladung zu entwickeln oder Positronen mit Elektronen zu vertauschen! Bei der kleinsten Verletzung der Spielregeln würde es krachen. Dies wurde bei der ersten Kernfusion, die noch ungesteuert stattfand, bewiesen; das war der erste Atombombentest. Bill Joy (Mitbegründer von Sun Microsystems) nahm 2000 in einem Aufsatz „Why the future does´nt need us" [5] Stellung gegen einen Missbrauch der Wissenschaft, vor allem in der Robotik, Gen- und Nano-Technologie und machte ein sehr aufschlußreiches Detail öffentlich, das zeigt warum Wissenschaftler wegen ihrer Neugierde nicht nein sagen können. Denn kurz vor diesem Atombombentest hatte Edward Teller, einer der Väter der Atombombe, berechnet, dass es eine Chance von 3 zu einer Million für ein Übergreifen der Kettenreaktion auf die gesamte Atmosphäre gäbe. Man teilte

zwar seine Bedenken, drückte aber trotzdem auf den Knopf: mal sehen, was kommt! Das befürchtete Ereignis trat nicht ein und Teller hatte somit Zeit, in Ruhe seinen Rechenfehler aufzufinden. Aber wir sehen das Motiv: es ist das gleiche, das den nichtprofessionellen Hacker dazu treibt, einen Virus in das Netz zu setzen: mal sehen, was kommt! Unter diesem Aspekt erscheint jede Ethik-Diskussion (Nano-Technologie, Gen-Technologie, Stammzellen usf.) eher wie ein Placebo.

Ein zweites Ereignis ähnlicher Problematik steht uns unmittelbar bevor. Es handelt sich um das 3 Mrd. € teure LHC-Projekt (Large Hadron Collider), das, in einer riesigen Anlage von CERN bei Genf aufgebaut, kurz vor der Testphase steht. In einer Kreisbahn rasen dann Protonen mit der kinetischen Energie eines schnellen IEC-Zuges (je Proton!!) aufeinander zu. Dabei entsteht Antimaterie, die die höchste bekannte Energieform überhaupt darstellt, etwa 1000fach höher als die der Kernfusion. Mit dieser ungeheuren Energiedichte (aber mittlerer absoluter Energie, es handelt sich ja um winzigste Räume!) möchte man im atomaren Raum den Big Bang, also die ersten Sekunden der Entstehung des Weltalls simulieren. Die Antimaterie zerfällt sofort, aber da sich alles im kleinsten atomaren Bereich abspielt und der Prozess gesteuert wird, tritt weniger Energie aus als hineingegeben wird, dafür liegen auch Erfahrungen vor. Aber nach den Berechnungen gibt es auch eine 10%ige Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines wenn auch sehr kleinen schwarzen Loches. Das sollte sich der Theorie zufolge in Strahlung auflösen, aber so sicher ist man sich da nicht. In einem Interview mit dem Regisseur Danny Boyle, der den Science-Fiction-Film „Sunshine" dreht, äußerte sich der als wissenschaftlicher Berater hinzugezogene Physiker Brian Cox, der maßgebend am LHC-Projekt mitwirkt, auf die Frage „wenn ein schwarzes Loch entsteht, sind wir dann alle tot?", dass man sich hinsichtlich der schwarzen Löcher nicht beunruhigen sollte, denn keiner würde seinen eigenen Tod bemerken [6]. Das stimmt vermutlich, und warum sollte einem Wissenschaftler nicht trockener schwarzer Humor erlaubt sein, umsomehr wenn er als Medienberater tätig ist? Aber da befallen uns so manche zweite Gedanken etwa der Art, dass für einen Astrophysiker, der fortlaufend in Zeiträumen von Jahrmillionen und -milliarden denkt, die ganze Geschichte der Menschheit rein zeitlich gesehen nur wie eine kleine kurze Momentaufnahme vorkommt (was ja stimmt) und die Erkenntnis über die erste Sekunde des Big- Bang dadurch für ihn vielleicht mehr Bedeutung hat, als das Schicksal der Menschheit (was wir allgemeinhin aber ganz anders sehen!). Auch hier sieht man die Priorität der Einstellung „mal sehen, was kommt" und dafür hat man auch ganz schön viel Geld locker machen können!

Diese beiden Beispiele sollten aufzeigen, dass im Bereich streng geschlossener Systeme wie im atomaren Bereich der Natur die kleinsten Veränderungen enormen Aufwand erfordern und die allerkleinsten Fehler allergrößte Komplikationen nach sich ziehen können. Und die Wissenschaftler machen dabei keine gute Figur und sie dürfen lieber auch keine Fehler machen.

Kommen wir zu einem Beispiel eines einfach geschlossenen Systems wie sie ein Mikroprozessor-Chip darstellt. Im Oktober 1994 führte der sogenannte **Pentium-Bug** zu einer völlig überzogenen, geradezu hysterisch zu nennenden Reaktion in der Ingenieurswelt. Ein Wissenschaftler hatte einen tabellarischen Fehler in der 10. Stelle einer Fließkommaeinheit des Pentium-Prozessors festgestellt. Intel reagierte ungeschickt und bot einen Austausch des Prozessors an, wenn Kunden nachweisen konnten, dass dieser Fehler bei ihnen überhaupt irgendwann je eine Rolle gespielt habe. Das konnte auch niemand. Aber nun gab es in den Medien der Computerwelt einen öffentlichen Aufschrei, noch angeheizt durch die Konkurrenz und trotz umittelbarer Umgehung des Fehlers durch eine Softwarelösung sah sich Intel gezwungen, eine umfangreiche Rückholaktion zu starten sowie durch ganzseitige Anzeigen in den Tageszeitungen etwas vom Firmenimage zu retten, was auch gelang. Allerdings hatte Intel durch den ungeheuren Aufwand der ganzen Aktion ein Minus von 475 Millionen $ zu verbuchen! Es wurde kein Fall bekannt, daß sich der Fehler überhaupt irgendwann ernsthaft ausgewirkt hat [7]. Warum konnte dieser Fall zu solch einem Super-GAU der Hardware hochgespielt werden? Das ist eine interessante Frage. Ich könnte mir vorstellen, der Grund liegt wohl in der menschlichen Erwartungshaltung gegenüber einem geschlossenen System. Ein Computer-Chip ist ein geschlossenes System, alles ist fest zugeordnet. und von solch einem System erwarten wir eben völlige und bedingungslose Fehlerlosigkeit! Wenn wir vorab wissen, dass dieser Chip einen Fehler enthält, sei er auch noch so klein, so lassen wir die Finger davon. Wir trauen uns auch nicht zu (wohl auch zu recht), die Auswirkungen eines Fehlers zu beurteilen. Um ein paralleles Beispiel aus dem Alltag zu bringen: es gibt Leute, die zu Hause den Karton Frischmilch automatisch in den Abfalleimer versenken, wenn das Verfallsdatum um einige Tage oder gar um eine Woche überschritten wurde. Sie trauen sich eine eigene Beurteilung der Qualität gar nicht mehr zu und der Fehler wurde ja auch durch den Stempel des Verfallsdatums quasi amtlich bestätigt (obwohl es sich hierbei nur um die garantierte Mindest-Haltbarkeit handelt!).

Der strenge „TÜV" auf dem Hardware-Sektor, der sozusagen seitens der Ingenieursgemeinde ausgeübt wird, hat dazu geführt, dass in der Unterhaltungselektronik eine erstaunliche System-Zuverlässigkeit erzielt wird (gemeint ist hier das System und nicht das Material oder die ausgeführte Produktion!) Bei der DVD oder CD beispielsweise wird eine sehr

aufwendige Fehlerkorrektur durchgeführt, die eine Beeinflussung der Wiedergabe, etwa durch Kratzer auf der CD, verhindert. Bei dieser Fehlerkorrektur wird die zu bearbeitende Datenmenge um den Faktor 3 erhöht! Eine 3fache Redundanz (also dreifach parallele Ausstattung) finden Sie sonst nur im Bereich der Hochsicherheitstechnologie, etwa den Instrumenten der Luftfahrt. Meist bildet heute systemtechnisch gesehen auch nicht die Hardware das schwächste Glied der Kette, sondern die Software! Und wie sieht es mit der Beurteilung deren Fehlerhaftigkeit aus? - Die nächsten Beispiele zeigen Erstaunliches!

Im Juni 1996 startete die europäische Trägerrakete **Ariane 5** zu ihrem Erstflug [8]. Man hatte Teile der Software der Ariane 4 übernommen, aber nicht die höhere Beschleunigung der Ariane 5 in Rechnung gesetzt. Dadurch kam es zu einem Überlauf und Absturz der Variablen des Lenksystems und da ein Computer keinen Common Sense besitzt, wurde die Selbstzerstörung der Rakete ausgelöst. Der Schaden betrug etwa 500 Millionen $, aber er war echt, im Gegensatz zu dem imaginären Schaden des Pentium-Bugs, der als Firmenschaden aber fast die gleiche Höhe erreichte.

Im Herbst 2004 fielen wegen eines Softwarefehlers im Abfertigungssystem der **Lufthansa** 60 Flüge aus und verursachten einen Schaden in zweistelliger Millionenhöhe. Im Misstrauen auf die Hardware war diese zwar doppelt vorhanden, aber die Software für das Zusammenspiel zwischen dem aktiven und dem Back-up-System war fehlerhaft. In der Literatur (Computer Bugs) finden Sie ganze Listen sehr teurer Software-Fehler, die weltweit aufgetreten sind.

Natürlich wurden die genannten Software-Fehler in Schuldzuweisungs-Komissionen diskutiert und hatten Konsequenzen zur Folge, aber im Spiegel der Öffentlichkeit blieb das Aufsehen um den an sich harmlosen Pentium-Bug unerreicht. In allen Fällen handelte es sich um vorwiegend geschlossene Systeme, denn auch bei den genannten Software-Aufgaben waren die Prozesse sicher wohldefiniert und testbar. Wie kam es aber zu der extrem ungleichen Verhältnismäßigkeit der Bewertung, denn Hardwarefehler wurden überbewertet, Softwarefehler relativ unterbewertet? - Auch hier denke ich, kann man die menschliche Erwartungshaltung anführen. Der Punkt ist der, dass man im Gegensatz zum Pentium-Bug bei der Software gewöhnlich nicht vorher weiß, dass ein Fehler auftreten wird. Er geschieht eben. Irgendwann. Das gehört zum täglichen Leben und man hat sich daran gewöhnt, die Frage ist nur, wie weit. Die Kritik vorher ist offensichtlich phantasiereicher und heftiger als die Kritik hinterher, wenn etwas passiert ist. Dann mag man gar nicht mehr darüber sprechen.

Ein fiktives Beispiel: wir mieten uns einen Leihwagen. Bei der Rückgabe bemängeln wir: „die Bremsen sind einige Male ausgefallen". „Gut, dass Sie das sagen", meint der Vermieter, „möchten Sie, dass wir das Problem an die Zentrale melden? Ihr Problembericht wird dazu beitragen, die Qualität unserer Wagen zu verbessern, wir werden ihn auch vertraulich und anonym behandeln."- „Bringt das was?" fragen wir zurück. „Ich denke schon" meint der Vermieter und mit diesen Worten stellt er unseren Wagen wieder zurück zu den anderen, möglicherweise ebenfalls defekten Fahrzeugen. Und mit einem Blick über die randlose Brille zwinkert er uns zu: „wohl zu stark gebremst, wie?" - Soviel über Betriebssysteme.

Das letzte Beispiel war sicher nicht TÜV-gerecht, aber so liegen die Dinge, auch wenn sie weitaus komplexer und schwieriger geworden sind. Die Zeiten eines Donald E. Knuth, der 1985 noch einen „Finderlohn" von 20 $ aussetzen konnte, wenn ihm jemand einen Programmierfehler in der von ihm selbst entworfenen TeX-Software nachweisen könne [9], diese Zeiten sind nicht mehr. Andrew Tanenbaum stellt in seinem Aufsatz „Can we make operatings systems reliable and secure?" [10] mit Recht fest, dass wir von einem Fernseher, DVD-Recorder oder MP3-Player, die ja auch Software enthalten, doch normalerweise erwarten können, dass diese Geräte nach dem Einschalten anstandslos für die nächsten 10 Jahre ohne jeden Ausfall arbeiten; und wir das eigentlich von Computern auch erwarten sollten! Er führt auch die Gründe an, die das so schwierig machen: es ist die Komplexität der Betriebssysteme; so hat der Linux-Kernel mehr als 2.5 Millionen Codezeilen und bei Windows XP sind es mehr als doppelt so viel. Pro 1000 Zeilen kann man konservativ geschätzt 6 Fehler ansetzen, das bedeutet bei Linux etwa 15000 versteckte Fehler, und mindestens doppelt so viel bei Windows XP. Da niemand das ganze System vollkommen versteht, ist es aussichtslos an dem Auftreten der Fehler etwas ändern zu wollen. Sondern er sieht die Lösung darin, die Fehler durch eine geringere Verkopplung der Codezeilen zu isolieren, so wie ein Schiff in einzelne Sektionen abgeschottet wird. Am besten wäre es, den Kernel selbst zu isolieren und es gibt da einige erfolgversprechende Lösungen.

Da ein Betriebssystem mit der Aussenwelt korrespondiert (vor allem über die Treiber), haben wir mehr oder weniger ein offenes System vor uns, das durch seine Offenheit Fehler zugesteckt bekommt. Ganz offensichtlich hat man aber bisher viel zu wenig Entwicklungsaufwand in die Absicherung selbst gesteckt, sondern man ist mehr dem (angeblichen) Wunsch

des Kunden nach einer komfortablen Ausweitung der Möglichkeiten gefolgt, also bisher wurde mehr Performance als Security geleistet. So hat man sich trotz zunehmenden Sicherheitsdenkens praktisch damit abgefunden, dass wir mit dem Fehler leben müssen. Ausdruck dieser Resignation ist beispielsweise die Recovery-Taste beim Thinkpad (IBM/Lenovo). Aus der Lenovo-Werbung: „Viren können Ihrem System nichts anhaben. Per Tastendruck stellen Sie Ihr System wieder her und retten Ihre Daten“ (Anmerkung des Autors: bis zum nächsten Virus).

Systeme und Gesellschaft

Systeme haben meist einen Werdegang, der nicht unbedingt den Vorstellungen ihrer Initiatoren entspricht. So haben die Gründer der Religionen sicher nicht im Sinn gehabt, dass in ihrem Namen viele und grausame Kriege geführt werden. Nimmt man einmal die Welt der Philosophen, die natürlich diese Welt in ihrem Sinne und nach ihren Vorstellungen beeinflussen wollen, so gibt es selbst hier starke Widersprüche. - „Was mich nicht umbringt, macht mich stärker“, so formulierte Friedrich Nietzsche, der radikale Umwerter aller Werte. Er, der dieses robuste Wort prägte, war selbst keineswegs robust, sondern einer der einfühlsamsten und taktvollsten Menschen seiner Zeit. Er überwarf sich mit Richard Wagner nicht zuletzt wegen dessen intoleranter antisemitischer Haltung. - Ludwig Wittgenstein, der seine Vorstellungen sozusagen an der Basis als Volksschullehrer durchsetzen wollte, sagte dort in der Schule vermutlich sehr klar, was sich überhaupt sagen läßt, aber die Kinder verstanden nicht, wovon er überhaupt sprach, er war eben nicht der geborene Lehrer. - Sein Zeitgenosse Karl Popper, der Vordenker für zeitgemäße Demokratie und Toleranz, war in eigener Person lebenslang nachtragend und diskutierte meist so leidenschaftlich, dass er eine Diskussion erst beenden konnte, wenn er recht hatte. Die Studenten nannten ihn den „totalen Liberalen“. - Und Karl Marx äußerte vor Freunden: „die kommunistische Gesellschaft wird mit Gewißheit kommen, aber wir müssen dann alle schon weg sein.“

Also ist es am besten, man betrachtet Systeme, auch die der Gesellschaft, unabhängig von ihren Initiatoren als eigenständige Strukturen, denen zunächst eine funkelnde himmlische Idee zugrunde liegt, die dann aber mehr und mehr von der Umwelt oder einflussreichen Personen in deren Sinne verändert werden. Vor allem bei geschlossenen Systemen kommt dabei oft eine „Teufelei“ heraus (siehe Bild 2).

Da geschlossene Systeme meist hinter der äußeren Entwicklung hinterher hinken, sind sie empfindlich gegen Einflüsse von außen. Ein Musterbeispiel ist die sogenannte Deutschland AG, ein geschlossenes Flechtwerk deutscher Banken und Unternehmen, bei denen man bei allen Vorständen immer wieder die gleichen Namen lesen konnte. Durch das Eindringen der Globalisierung wurde dieses Netzwerk in kürzester Zeit von den Finanzinvestoren aufgemischt und selbst der Börsenchef wurde vor die Tür gesetzt. Oktroyierte Inklusivität ist instabil, man denke an die Schnelligkeit des Zusammenbruchs der doch in festen Gesinnungs-Beton gemeisselten kommunistischen Systeme weltweit.

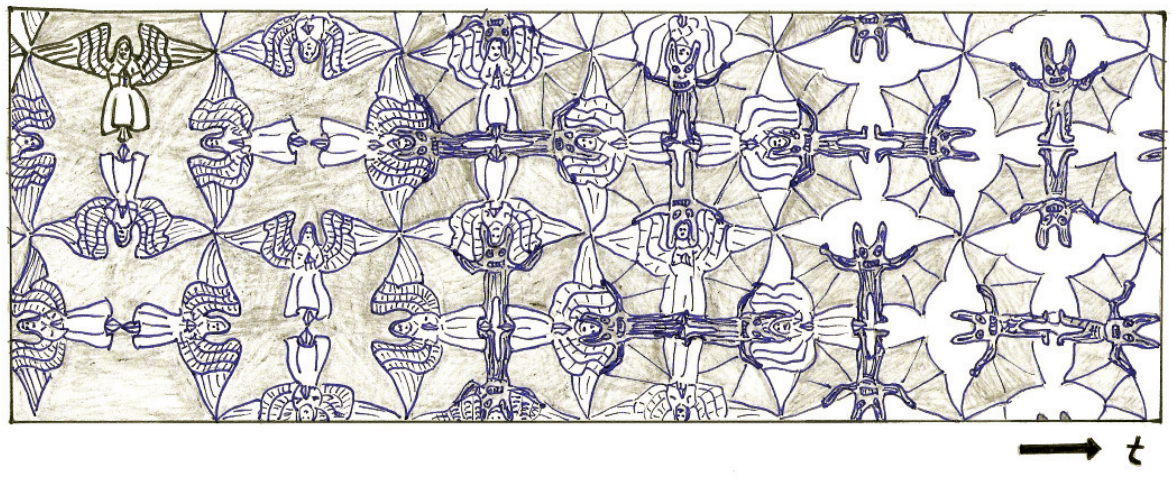


Bild 2 Werdegang eines geschlossenen Systems (frei nach Escher [11])

Was können wir gut?

Für das Management offener Systeme braucht man gewiß besondere Eigenschaften und die Frage stellt sich nun eigentlich von selbst: finden wir diese Fähigkeiten bei uns in Deutschland? Nimmt man einmal diejenigen deutschen Eigenschaften zusammen, die von Ausländern als deutsche Tugenden gesehen werden, so liest man immer wieder folgende Worte: Zuverlässigkeit, Organisationstalent und Perfektionismus bzw. Gründlichkeit. Viele mögen inzwischen anderer Meinung sein, aber relativ gesehen finde ich, stimmen sie durchaus. Was nun meiner Meinung nach als unsere grösste Schwäche überhaupt angesehen werden kann, ist die Tatsache, daß wir diese hervorragenden Eigenschaften ausgerechnet nur immer auf den untersten Ebenen, nämlich in geschlossenen Systemen verwendet haben, dort wo im Grunde nichts zu riskieren ist. Dagegen managen wir viel zu selten etwas auf den höheren Ebenen der offenen Systeme, wo man genau mit eben diesen hervorragenden Eigenschaften höchste Kreativität entfalten kann! Dazu muss man auch bereit sein, mit dem Fehler zu leben, weil sowohl zu Beginn wie auch beim Ende eines Projektes ein Fragezeichen stehen kann, weil vieles Neues mit viel Beredsamkeit über regionale Grenzen hinweg vorbereitet werden muss; auf einem Gebiet, wo sich Spinner manchmal als Super-Realisten entpuppen und wo sich trotzdem die entsprechenden Kommunal-, Landes- oder Bundespolitiker profilieren könnten! Und darüber hinaus gilt das sogar für unsere Selbstkompetenz!

Der Einsatz unserer vorhandenen Kompetenzen an Organisationstalent und Perfektion ist nicht gut angelegt auf der unteren Stufe der Vervollkommnung geschlossener Systeme, sondern er wäre das weitaus effektiver beim Management entwicklungsfähiger offener Systeme!

Beispiele perfekter Lösungen für geschlossene Systeme.

Die jetzt glücklicherweise abgeschlossene Rechtschreibreform ist ein solches Beispiel für ein geschlossenes System auf der unteren Ebene. Man versuchte, ein halboffenes System, wie es unsere lebende Sprache darstellt, durch Aufsetzen besserer Regeln als geschlossenes System zu perfektionieren. Diejenigen, die sich damit profilieren wollten, haben sich inzwischen lieber Pisa oder Bologna zugewandt. Wie so oft bei geschlossenen Systemen kommt immer alles ganz anders als man denkt. So verändert sich das Umfeld natürlich auch laufend mit und es geht jetzt eigentlich gar nicht mehr um die Rechtschreibung, deren letzte Feinheiten etwa bei einem Skript, wenn ich sie überhaupt als wesentlich erachte, ich sowieso dem Computer übertrage und die in einigen Jahren von Diktier-Schreib-Systemen übernommen wird, sondern es geht heute vielleicht eher darum, überhaupt noch mit der Hand schreiben zu können! Im letzten Semester hatte ich einige Klausuren, bei denen Computer-Freaks mit ungelenken Druckbuchstaben in arge Zeitnot kamen, denn ihre eigene Handschrift hatten sie inzwischen vergessen, es fehlte die tägliche Übung. Vielleicht hat man auch sonst die Rechtschreibung durch den unsinnigen Hang zur Perfektion überbewertet, denn einem Hörbuch ist es ja auch egal, wie fehlerhaft die Textvorlage geschrieben ist; unserer e-mail meistens wohl auch und eigtcnetlih ist es ja acuh eagl, in wcheler rehihenfloge die Bchustebaen vrewednet wreedn, wnen nur der ertse und lettze bchusatbe an der ritchiegn Setlle liget, oedr haebn Sie Porbelme, diseen vlölig von Retchscheirbflehern wimlemnden txet zu lseen? - Na gut, falsche Rechtschreibung lenkt ein bißchen von der Konzentration auf den Inhalt ab.

Unser geschlossenes System Steuergesetzgebung ist weltweit berühmt in seiner Perfektion auf der untersten Ebene. Im Bemühen, es jedem recht zu machen, vor allem aber denen, die sich besser in Geltung setzen können, hat man für alle Bereiche des täglichen Lebens Vergünstigungslücken gefunden, so daß Grossunternehmen sich einen ganzen Stab von Finanzjuristen leisten, die nur auf die Anwendbarkeit neuer gesetzlicher Bestimmngen zu achten haben, so dass diese Unternehmen letztlich Null Steuer zahlen. Mittel- und Kleinunternehmer oder Handwerksbetriebe sind weniger in der Lage, da mitzuhalten. Zur Mehrwertsteuer eine kleine Text-Kostprobe aus dem SPIEGEL zitiert: „... Für Hummer und Langusten ist die volle Mehrwertsteuer fällig, für Krabben und Garnelen hingegen nur die ermäßigte. Steuerlich subventioniert werden Quallen, die Fettlebern von Gänsen und Enten sowie die Schlachtnebenerzeugnisse von Bibern, Walen, Fröschen und Schildkröten, sofern zur menschlichen Ernährung geeignet..." [12]. Da hat man wirklich versucht an alles zu denken und da hat man Arbeit für Jahre und macht sich Arbeit für Jahrzehnte, weil ja die Bereiche unseres täglichen Bedarfs noch viel viel mehr umfassen! Als geschlossenes System betrachtet wäre eine weitere Optimierung nur noch durch einen persönlichen Fragebogen an jeden Bundesbürger, der sich als Lobbyist sehen möchte, möglich, welche Abzugs- oder Subventionsmöglichkeiten er für sich persönlich als angemessen betrachte. Das könnte man dann bearbeiten und dann wäre man ganz an der rechten Kante von Bild 2, also jeder sein eigenes Teufelchen! Da bei einer Vereinfachung der Gesetze jeder meint, etwas zu verlieren (z.B. Pendlerpauschale oder Ähnliches) wird jeder Versuch einer Vereinfachung als unpopulär erachtet und als nicht machbar im Keim erstickt, das ist die raffiniert teuflische Verstrickung geschlossener Systeme. Bei einem 8jährigen Auslandsaufenthalt (Südafrika) habe ich aber erlebt, dass so eine Vereinfachung in der Tat möglich ist: ein einfaches Faltblatt für die Steuererklärung (für unselbständige Arbeitnehmer, fast ohne Kommentarzeilen) und dazu umgerechnet 100 € pro Kind (im Jahr, nicht im Monat!) als einzige mögliche Subvention überhaupt. Härtefälle wurden von den sozialen Einrichtungen der Gesellschaft, vor allem den Kirchen, gemildert.

In der Rechtsprechung ist das deutsche Recht relativ gesehen ein geschlossenes System mit starrer Gesetzgebung. So kann es passieren, dass die namentlich bekannten Anwaltbüros, die ohne einen Auftrag teure Abmahnverfahren durchführen, in denen Nichteinhaltung von Normen oder Copyrights (etwa von Bildern im Youtube) nachgewiesen werden, im gesetzlich zulässigen Raum agieren und vor Gericht immer recht bekommen. Da die Juristenlobby im Bundestag überpräsentiert ist, werden die Gesetze auch nicht geändert werden. Im angelsächsichen Case Law (Fallrecht) dagegen beruht die Rechtsprechung auf Tradition und Präzedenzfällen; der Richter kann sich auf diese berufen und hat nur die Abweichungen nach eigenem Empfinden abzuurteilen. Relativ gesehen ist diese Art der Rechtsprechung offener und flexibler, weil neue Entwicklungen (wie eben diese Abmahn-Prozesse), auch in der Bewusstseinsbildung, erkannt und sofort eingebaut werden können. Sie wäre sogar äusserst modern, da das lästige Auswendiglernen von Fallstudien heute durch Suchmaschinen übernommen wird. Im angelsächsischen System haben beispielsweise Abmahn-Abzocker keine Chance, da sie die erste Mahnung mit eigenen Kosten tragen müssen und man sich in der Zwischenzeit mit den betreffenden Stellen, deren Copyright verletzt sein könnte, auch ohne Anwalt einigen kann.

Weitere Beispiele

Weitere Beispiele kann ich hier nicht bringen, es gibt zu viele davon. Daher stellvertretend für alle hier eine kleine Episode, die ich der örtlichen Zeitung entnehme: der Personalrat der Lehrer hatte einem Erlass zu einem Rauch- und Alkoholverbot an Schulen nicht zugestimmt. Der Anlass war wohl weniger das Verbot an sich, das eine halbe Din A4-Seite umfaßte, sondern die präzise ausgearbeiteten 40-seitigen (!) Durchführungsbeschreibungen, die dann offenbar in gängelnden Regeln zu allem und jedem überschwappten (Klassenfahrten, Abschiedsparty usf.) und die offenbar doch jemand gelesen hatte, sonst hätte es ja keinen Protest gegeben. Ein kleiner Nebensatz hätte es als Gesetz vielleicht auch getan: „so wie in öffentlichen Gebäuden, besteht auch in Kindergärten und Schulen Rauch- und Alkoholverbot". Wenn man will, vielleicht noch mit dem Zusatz: „Im Erziehungsbereich Tätige sollten sich dabei ihrer Vorbildfunktion bewußt sein." Aber das ist eigentlich schon eine Farce, weil selbstverständlich. Doch vermutlich sind die Dinge alle viel komplexer.....Doch fragt man sich da, ist solche Umständlichkeit Absicht oder ist sie das Unvermögen, sich das Wohlvermögen der Mitarbeiter einmal vorzustellen? Sind wir alle kleine Idioten, die keine Verantwortung tragen dürfen?

Unser Hochschulstudium mal als offenes System betrachtet oder wie würde ich als Student heute gern studieren?

Wenn ich jetzt von einem Gymnasium kommen würde und wollte studieren (mal angenommen), so würde ich natürlich, falls am Ort verfügbar, einen offenen Hochschultag als echt realistisch sehr gern wahrnehmen, wegen des Schnupperduftes. Dann würde ich, grundsätzlich die Ratschläge meiner Eltern in den Wind schlagend, selber suchen und einige Zeitschriften durchblättern, etwa beim Zahnarzt. Dort würde ich etliche Hochschul-Rankings vorfinden, die mir aber nicht viel besagen, zumal sie auch widerspruchsvoll sind, also nicht von derselben Quelle stammen. Sie sind wohl eher etwas für die Selbstdarstellung der Hochschulen und ihrer Geldgeber. Außerdem erinnern sie mich zu sehr an die plötzliche Pisa-Testeritis meiner letzten Zeit am Gymnasium, die mich auch nicht gerade motiviert hat. Dann, oder auch schon vorher, mache ich mich an das Internet und gehe nach verschiedenen Stichworten einige Optionen durch. Interessieren würden mich Vielseitigkeit, guter Service, Sonderangebote, Ausstellungen, internationale Programme, Tagungen, interessante Fachprojekte, wo man später vielleicht ein bißchen mitmischen könnte, Bachelor und Master und vor allem ein möglichst schneller und gleitender Übergang ins Berufsleben. Beispielsweise würde mich daher ein Auslandspraktikum sehr interessieren, das ist ja enorm berufsfördernd und ich bin erschüttert, wenn ich aus zuverlässiger Quelle erfahre, dass es große Universitäten in Deutschland gibt (Größenordnung 30 000 Studierende und mehr), die gerade mal eine Handvoll Studierende zu einem Praktikum ins Ausland schicken (weil die Lehrpläne zu einem schnellen Studium das nicht mehr hergeben, natürlich bedingt durch die Bologna-Zwänge). Vor allem die Fachhochschulen scheinen das doch wesentlich besser hinzubekommen, hinsichtlich einer gründlicheren Berufsvorbereitung durch gute Praktika und Labore. Auch ein Internationales Studium würde mich reizen, aber da brauche ich wohl noch etwas Erfahrung. Liebend gern würde ich parallel zu meinem Studium auch Online-Lehre kennenlernen, zum einen aus Neugierde, weil ich ja auch gern mit dem Internet arbeite und zum anderen, vielleicht kann man dann später im Berufsleben auf dieser Schiene weiterfahren, sozusagen als lebenslanges Lernen? Das würde ich gern probieren. Und wenn ich mein katastrophales Zeitmanagement betrachte und meine noch mangelnde Erfahrung im wissenschaftlichen Arbeiten, also den Soft Skills, da könnte ich auch Einiges davon gebrauchen. Es wäre allerdings schön, wenn man mir dafür auch etwas Zeit übrig lassen würde. Auch hätte ich große Lust, mal etwas Fachfremdes zu hören. Ideal fände ich etwa in meiner Phantasie den skurrilen Extremfall einer Vorlesung, bei der ich mich am Ende frage, worum ging es eigentlich? Aber sehr anregend war das alles! Also eine Vorlesung, für mich ohne verständlichen Inhalt, aber mit 1000 Anregungen für ganz andere Dinge! Aus der Didaktik heraus! Für die Beurteilung der Lehre würde ich im Internet meinprof.de anklicken, das ist angemessen transparent und mir zugänglich, und ein grobes

Bild möchte ich mir schon machen dürfen, ob man dort an der Hochschule einigermassen zufrieden ist. Es handelt sich bei einer Hochschule ja auch nicht um einen geheimen Club, sondern um etwas Öffentliches, so wie eine Theatervorstellung, die ja auch ihre öffentlichen Kritiker hat. Studentenkritiken wären mir lieber als Expertenurteile und sie haben den Vorteil, dass sie nicht amtlich für irgendwelche Wertungen verwendet werden können. Im Schüler-VZ (Internet) meiner Zeit am Gymnasium hatte man sich ja auch eingehend untereinander über den Unterricht und noch einiges Unterhaltende mehr ausgetauscht. Sicher, Elite-Universität klingt gut, aber komme ich da schnell genug in meinen Beruf? (Bild 3) Um ehrlich zu sein, liegt mir mehr daran, in einem multilateralen offenen System, wie auf einer Plattform zu meinem speziell ausgewählten Fach, möglichst viele Möglichkeiten und Projekte vorzufinden und ich kann mir die besten davon aussuchen, wobei ich durchaus ein offenes Ohr dafür habe, wenn bestimmte Projekte hier und dort in den Medien hervorgehoben werden. Wenn dabei öfter der Name Fachhochschule Lübeck auftaucht, so wundert mich das gar nicht, es wäre für mich ein Geheimtip, nach meinen eigenen Recherchen im Internet.

Ein Wort noch zur Hochschul-Interkommunikation, da gibt es zwei Wege. Der erste ist der der Abschottung, er entspricht einem geschlossenen, nichttransparenten System. Die Wertsteigerung erfolgt sozusagen durch limitierte Auflagen, etwa so wie der bekannte Fotograf Bursky seine digitalisierten Massenszenen nur in einer Auflage von 6 Bildern verkauft und damit auf dem Kunstmarkt Millionenbeträge erzielt. Der andere Weg ist genau der umgekehrte, der Wert steigt mit der Auflage! Das ist der Weg über das Internet als offenes System und dass man auch daran verdienen kann, zeigt Google. Die vielen unterschiedlichen Möglichkeiten der Unterweisung und des Dialoges mit den Studierenden, beispielweise durch die Freigabe von Vorlesungen und Vorträgen, sowie des Einsatzes von Blogs steckt im Gegensatz zu anderen Ländern in Deutschland noch in den Kinderschuhen. Im Jahre 2005 gab es in China bereits eine Blogdichte von 1 Blog je 35 Einwohner, in Deutschland erst 1 Blog je 270 Einwohner [13] und manche Politiker bei uns wissen gar nicht, was ein Blog ist [14]. Das wäre aber wichtig, damit es nicht so kommt wie in [15] gezeigt.

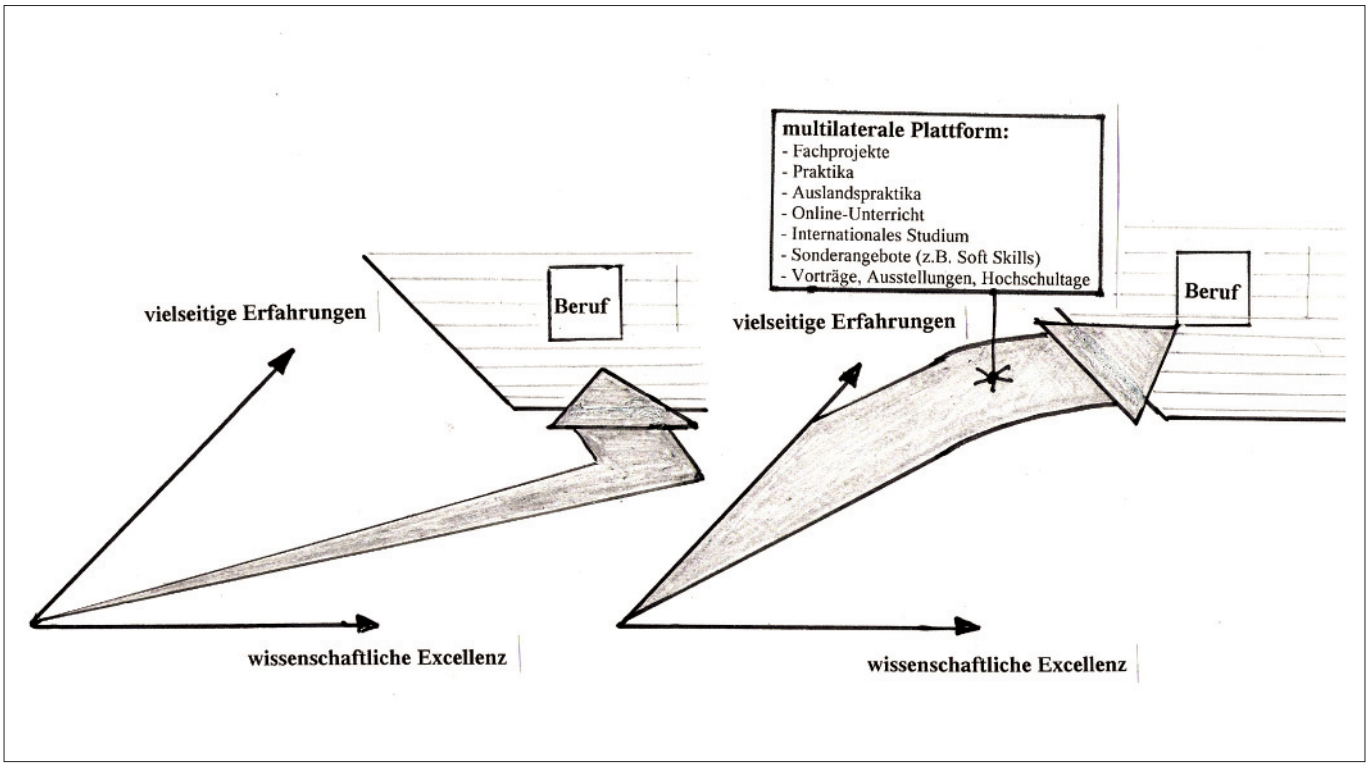


Bild 3 Auswirkung von wissenschaftlicher Exzellenz und multilateraler Plattform

Selbstkompetenz

Üblicherweise sind wir als Dozenten angehalten, zur Vorlesung auch einen roten Faden mitzuliefern. Einleitung, Lernziel, Gliederung, Zusammenfassung, all das schafft gute Übersicht. Aber bekommen Studierende diese Strukturhilfe im täglichen Leben eigentlich auch geliefert, vor allem wenn Vorbilder fehlen und sollten wir sie nicht gerade für das tägliche Leben schulen? Eine gute erste Vorbereitung zum selbständigen Denken ist in dieser Hinsicht das offene System Internet als eine gute Trainingswiese. Hier wimmelt es von inhaltlichen Fehlern und die Bildung einer eigenen Meinung dazu ist manchmal lehrreicher als das strikte Nachbeten eines didaktisch gut aufbereiteten Stoffes, der sozusagen in ein fehlerfreies und abgeschlossenes System, ein Modul, eingebettet ist. Man sollte auch mal lernen, selbst einen roten Faden aufzufinden! - Was könnte man sonst noch tun? Da gibt es eine feine Regel: etwa 10% mehr in Angriff nehmen, als man sich eigentlich zutraut! Man muss sich sozusagen den Boden für ein Erfolgserlebnis selbst zubereiten, etwas Selbstherausforderung riskieren, nur ein wenig davon reicht bereits. Für einen Dozenten wäre das beispielsweise das absichtliche „vergessen" eines Skriptes; dann läuft der Unterricht plötzlich ganz anders und vermutlich besser, zumindest interessanter auch für ihn selbst. Ansonsten ist das Vermitteln von guten Strukturen und vor allem ein persönliches Vorbild, etwa durch einen guten Service oder anderes, immer noch der beste Lehrmeister. Da gibt es nichts besseres.

Halt, das ist ein Fehler, es gibt doch noch etwas zum toppen. Das sind die Free Climbers, die Gipfelstürmer, die sich ohne Netz in den Himmel stürzen. Das ist das ultimative Risiko eines völlig offenen Systems ohne Sicherheiten und wohl nichts für jedermann. Wenn die Finger dem Gehirn mitteilen, wir können einfach nicht mehr, so sagt das Gehirn, ihr müsst aber jetzt durchhalten, sonst stürzen wir alle ab und sind tot. Das Erreichen des Gipfels bedeutet für einen Free Climber daher ein riesiges Glücksgefühl, dem aber eine starke selbstzerstörerische Komponente mit Suchtmerkmalen beigefügt ist. Es gibt eine Parallele hierzu in der Musik: wenn die Finger sagen, wir wissen nicht mehr weiter, so sagt das Gehirn, ihr müsst, sonst sind wir alle blamiert. Gemeint ist die Improvisation auf sehr hohem Niveau, wie sie beispielsweise der Pianist Keith Jarrett sein Leben lang durchführt. Um nur andeutungsweise eine solche Leistung der etwa 25-40 minütigen, völlig frei und ununterbrochen improvisierten Konzertabschnitte zu würdigen und auch den Bezug zu einem extrem offenen System im Lehrbetrieb zu finden: stellen Sie sich vor, Sie sollten jetzt auf der Stelle einen kleinen Vortrag über das Internet halten, vorausgesetzt Sie kennen sich da ein wenig aus. Das Problem ist, Sie müssen sich während des Redens eine Struktur überlegen, wie es weiter gehen soll, anschauliche Beispiele finden, einigermassen interessant reden und sogar noch etwas auf das Publikum eingehen. All das ohne die Sicherheit eines Netzes! Das ist um Größenordnungen schwieriger, als wenn Sie einen Vortrag in Ruhe zu Hause vorbereiten können! Jarrett hat allein in Japan, wo er hochverehrt wird, schon über 150 Konzerte gegeben, er begründete dort seinen Ruhm mit den sogenannten Sun Bear Concerts [16]. Immer, und das ist die Sensation überhaupt, spielt Jarrett trotz aller risikoreichen Offenheit der Möglichkeiten absolut fehlerfrei, was man auch so interpretieren kann, dass er in der Lage ist, in Bruchteilen einer Sekunde eine jede versehentliche Abweichung, also Fehler genannt, sofort intuitiv als einen richtigen(!) passenden Baustein in sein Kunstwerk mit einzubauen. Dies zeigt die völlige Beherrschung eines extrem offenen Systems ohne Netz, bei dem jede Sekunde nicht weiß, was die nächste bringen wird, Musik für den Augenblick, eben Improvisation. Open system at it´s best.

Neue Trends: der Fehler als Absicht

Ein neuer Trend und so etwas wie ein Gegenstück zu der letzten Bemerkung aus dem Bereich der Musik, ist der Einbau von Fehlern als Design-Element im Bereich der Architektur. Sei es das neue Pekinger Fernsehgebäude (CCTV), das trotz Erdbebensicherheit wohl kurz vor dem Einsturz steht, oder das neue Nationalstadion für die Olympischen Sommerspiele 2008, bei dem offensichtlich die Aussenfassade vergessen wurde, das alles ist durchaus anregend und kreativ (Bild 4).

So kann man zumindest in China offenbar sehr gut mit dem Fehler leben.

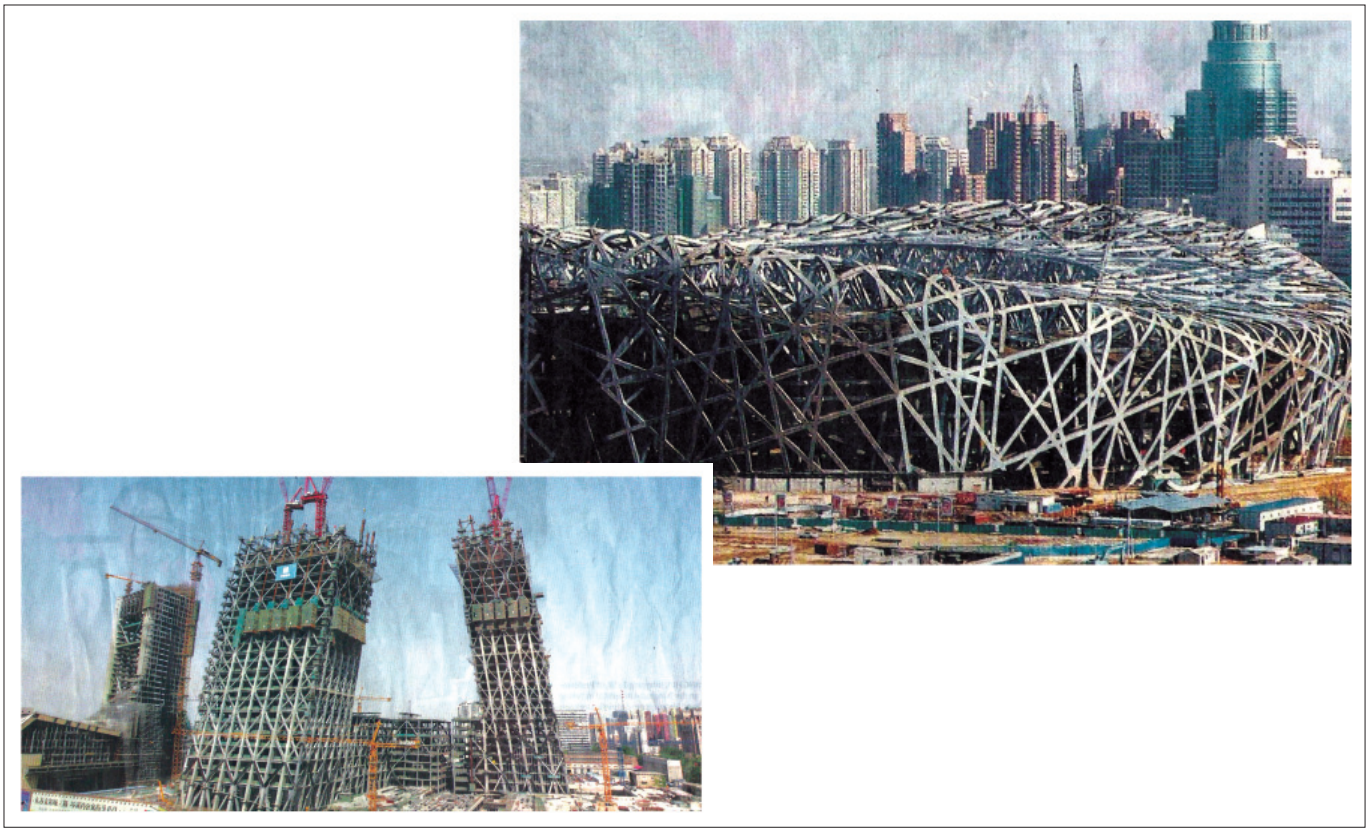


Bild 4 Fehler als Design-Element.[17]

Literatur

[1] Ludwig Wittgenstein: Tractatus logico-philosophicus. Suhrkamp-Taschenbücher.

[2] Peter Rechenberg: Was ist Informatik? Hanser Fachbuchverlag, 2000.

[3] Laotse: Tao Te King. Fischer 1995.

[4] Heinrich von Kleist: sämtliche Werke, 2. Band. Carls Hanser Verlag, München 1965

[5] Bill Joy: Why the future does´nt need us us (April2000) http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html

[6] DIE ZEIT: Es werde mehr Licht! 19.April 2007, DIE ZEIT Nr. 17

[7] T. Coe et al.: Computational Aspects of the Pentium Affair. IEEE Computational Science & Engineering, Spring 1995.

[8] ESA Ariane 5 taking off (1996 June 4) Wikipedia: computer bug.

[9] Knuth Reward Check, Wikipedia (engl.)

[10] A.S.Tanenbaum, N.Herder ; H. Bos: Can we make Operating Systems Reliable and Secure? IEEE Computer, May 2006.

[11] Bruno Ernst: Der Zauberspiegel des M.C.Escher. 1994, Benedikt Taschen Verlag, Köln.

[12] Der Mehrwertsteuerwahn, DER SPIEGEL 18/2006.

[13] G. Blume: die neuen Kulturrevolutionäre. DIE ZEIT, 18.Mai 2006.

[14] http://de.sevenload.com/videos/SyMWUPh/Kinder-fragen-Politiker-nach-dem-internet

[15] http://video.google.com/videoplay?docid=3199694701779252511&q=the+catalogue&

[16) K. Jarrett: Sun Bear Concerts 1976 (6 CDs).

[17] DIE ZEIT, Nr. 30, 10.Juli 2007, Das Peking-Feuilleton.

Albert Betz: Pionier der Windenergienutzung

Vor 80 Jahren begann die wissenschaftliche Entwicklung moderner Windenergieanlagen

Wolfgang Kümmel, Professor a. D., Fachhochschule Lübeck

Dunkle Rauchwolken steigen aus dem Schornstein der rhythmisch fauchenden Dampfloko-motive, die einen mit Steinkohle beladenen Güterzug aus dem Betriebsgelände einer Ruhrge-bietszeche zieht. Dass der Lokführer den Streckenverlauf und die Stellungen der Signale durch seine Front- und Seitenfenster beobachten kann, ohne durch die von seiner Maschine ausgestoßenen Rauch- und Dampfwolken völlig eingenebelt zu werden, verdankt er einem jungen begabten Ingenieur: Dr. Albert Betz hat in systematischen Windkanalversuchen speziell geformte Leitbleche entwickelt, die - im vorderen Teil der Lokomotive paarweise seitlich angeordnet – die Rauch- und Dampfströmung so beeinflussen, dass sie über dem Kessel ab-zieht ohne die Frontsicht zu behindern. Die Deutsche Reichsbahn sorgte prompt für die Einführung dieser aerodynamischen Verbesserung an ihren Lokomotiven.

Der Kohlezug fährt, wie unzählige andere in den frühen zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts, in südwestlicher Richtung. Sein Ziel ist Frankreich, das aufgrund der im Versailler Vertrag vereinbarten Reparationsleistungen auf der Lieferung erheblicher Kohlemengen besteht. Da auch die Kohleförderung des Saargebietes der jungen Weimarer Republik nicht zur Verfügung steht, kommt es zu drastischen Energieverknappungen, denn die deutsche Volkswirtschaft benötigt Energie, und das bedeutet zu jener Zeit vor allen Dingen Kohle. Am heimischen Herd, unter unzähligen gierigen Kesseln, zur Stahl- und Gasgewinnung: Überall ist das Schwarze Gold dringend erforderlich. Die Knappheit einer Ressource regt kreative Hirne an, über Alternativen nachzudenken. Ein spontaner Rückblick auf die Historie der Energieerzeugung zeigt, dass bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts Wasser- und Windkraft bei der Deckung des Bedarfs an mechanischer Energie dominieren. Der damalige europäische Gesamtbestand an Windmühlen wird auf etwa 200000 geschätzt. Selbst 1895 noch weist die Gewerbestatistik des Deutschen Reichs aus, daß etwa 48 % der zahlenmäßig installierten Antriebsmaschinen Wasser- bzw. Windenergie nutzen, wobei die Windmühlen mit 18362 Exemplaren vertreten sind. Aber der noch halbstarke Titan Dampf läßt bereits seine Muskeln spielen, und im Zusammenspiel mit dem ebenfalls noch jungen Giganten „Industrielle Elektrizität“ bildet sich eine technisch-wirtschaftliche Allianz, die zu einem drastischen Windmühlensterben führt, sobald überall genug Kohle verfügbar ist.

Der Einbruch des Energieträgers Kohle löst einen energischen Ausbau von Wasserkraftwerken aus, allerdings ist aufgrund der topographischen Situation das noch erschließbare Potential bescheiden. Wind ist dagegen reichlich vorhanden und daher ebenfalls wieder hochaktuell im Gespräch. Das Prinzip der klassischen Windmühle ist technisch durch die hervorragenden Arbeiten des dänischen Professors Poul La Cours ausgereizt. Trotzdem brummt es in berufenen und unberufenen Gehirnen, es kommt zu einer Flut häufig unrealistischer Vorschläge zur Verbesserung der Windenergieausnutzung. Da unternimmt Albert Betz 1920 mit dem Fachaufsatz „Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnutzung des Windes durch Windmotoren“ einen ersten Schritt, um die babylonische Ideenflut zum Thema Windenergie auf eine ingenieurmäßige Basis zu stellen. Er legt damit den primären Grundstein einer modernen wissenschaftlichen Theorie der Windenergienutzung. Betz erklärt zunächst, dass der Wind aufgrund seiner Geschwindigkeit kinetische Energie enthält. Er transportiert durch die von einem Rotor überstrichene Fläche eine Leistung, die der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit proportional ist. Bei Verdoppelung der Windgeschwindigkeit steigt also die entsprechende Windleistung um den Faktor acht. Aber erst der zweite Gedanke seiner Überlegungen läßt aufhorchen: Selbst in einer reibungsfreien, idealen, frei umströmten Windmaschine kann nur ein Bruchteil der beschriebenen Windleistung als mechanische Leistung an der Welle genutzt werden. Dieser Bruchteil wird von Betz erstmalig mit maximal 59,3 % berechnet und geht als theoretischer maximaler Leistungsbeiwert in die Terminologie der Windenergienutzung ein! Damit ist potentiellen Erfindern eines windenergetischen Perpetuum Mobile oder ähnlicher Phantasieprodukte ein für alle Mal der Wind aus dem Rotor genommen.

Die folgende einfache Überlegung zeigt, dass ein solcher quantitativer Grenzwert existieren muss. Wird die Windgeschwindigkeit bei der Durchströmung der Windmaschine nicht verringert, so kann dem Wind keine kinetische Energie entnommen werden. Würde die Windgeschwindigkeit auf Null verzögert, so wäre zwar die gesamte Windenergie entzogen, aber wie in einem hinten geschlossenen Windsack würde keine Luftmasse durch die Rotorebene transportiert, die entzogene Leistung wäre ebenfalls Null. Das richtige Verhältnis der verzögerten Abströmgeschwindigkeit des Windes hinter der Windmaschine zur ungestörten Windgeschwindigkeit vor der Maschine ist also der Schlüssel für die effiziente Windnutzung. Durch Anwendung einiger strömungsmechanischer Grundgesetze und sinnvoller Annahmen ermittelt Betz mit einer einfachen mathematischen Extremwertberechnung das optimale Verzögerungverhältnis zu 1/3. Dies führt zu dem oben genannten maximalen Leistungsbeiwert.

Albert Betz atmet am 25. Dezember 1885 erstmals als Sohn eines königlichen Realschullehrers in Schweinfurt etwas vom köstlichen Fluid der Erdatmosphäre ein, mit dem er sich ein Lebenswerk lang beschäftigen wird. Nach einem Semester reicht ihm das Schnupperstudium der Philosophie am bischöflichen Lyzeum in Eichstätt, und er fasst den für die deutsche Strö-mungsforschung außerordentlich glücklichen Entschluss, sich an der TH München zunächst dem handfesteren Maschinenbau zu widmen. Im November 1910 schließt er an der TH Berlin das Studium des Schiffbaus erfolgreich ab. Der junge Diplomingenieur kann sich der damaligen Faszination der aufstrebenden Luftfahrtentwicklung nicht entziehen und bewirbt sich 1911 aufgrund einer Stellenanzeige bei der Göttinger Modellanstalt für Aerodynamik. Trotz seiner nur mittelmäßigen Diplomnoten wird er als Mitarbeiter von Professor Ludwig Prandtl eingestellt. Sein anfänglicher Stolz über seine Wahl bekommt recht bald einen Dämpfer, als er erfährt, dass er der einzige Bewerber für diese Stelle war.

Nun beginnt für Albert Betz eine bemerkenswerte Schaffenszeit auf den Gebieten der theoretischen und experimentellen Strömungsforschung, deren Schwerpunkte durch den rasanten Aufschwung der Flugtechnik gesetzt werden. Er ist maßgeblich am Aufbau der weltberühmten Göttinger Windkanäle und deren Meßtechnik beteiligt. Parallel dazu liefert er wichtige theoretische Beiträge zur Tragflügel- und Propellertheorie. 1919 erfolgt die Promotion an der Hohen Philosophischen Fakultät der Universität zu Göttingen, 1922 die Habilitation, jeweils zu Themen der Tragflügelaerodynamik. 1926 wird er zum außerplanmäßigen Professor beru-fen.

Albert Betz hat aber bei aller Begeisterung für die Luftfahrt auch die Windenergie nicht ganz aus den Augen verloren. 1926 tritt er auf diesem Gebiet zum zweiten Mal mit einem richtungsweisenden Beitrag an die Öffentlichkeit. Sein Büchlein „Wind-Energie und ihre Aus-nutzung durch Windmühlen“ wird zu einem Kult-Werk der modernen Windenergienutzung und hat auch heute, 80 Jahre danach, nichts von seiner grundsätzlichen Bedeutung verloren. Hatte Betz sechs Jahre früher die Grenzen der Nutzbarkeit des Windes aufgezeigt, so folgt nun als zwingende Konsequenz eine fundierte Theorie, wie denn eine „Windmühle“ ingenieurmäßig auszulegen und zu konstruieren sei, um dem Wind möglichst viel seiner insgesamt nutzbaren Energie zu entziehen. Das Buch ist bei aller Strenge leichtverständlich und mit viel didaktischem Geschick verfasst, um es auch technisch weniger versierten Lesern zugänglich zu machen: denn Albert Betz wollte seine hervorragenden aerodynamischen Fachkenntnisse den kreativen Geistern seiner Zeit zur Verfügung stellen, um deren Ideen realistisch zu kanalisieren. Dies ist in erstaunlichem Umfang gelungen, denn auf der Basis seines Buches setzt eine jahrzehntelange gezielte wissenschaftliche Entwicklung bis hin zu den heutigen Großanlagen ein.

Betz stellt Gebrauchsformeln zur Verfügung, die die Berechnung des Rotorblattes einer Windturbine mit horizontaler Welle ermöglichen. Geeignete Profilformen und deren aerodynamische Daten kann er aus seiner Tätigkeit in der Tragflügelforschung beisteuern. Die theo-retischen Aussagen werden durch konkrete nachvollziehbare Rechenbeispiele ergänzt. Das Know-how zur Konstruktion eines Windturbinenrotors nach dem damaligen Stand der Technik steht damit jedermann zur Verfügung. Außerdem werden grundsätzliche Überlegungen zu zwei unterschiedlichen Bauformen angestellt. Die vielblättrigen langsamlaufenden Rotoren der „Westernmills“ erzeugen ein großes Drehmoment bei geringem Leistungsbeiwert. Dagegen weisen die schnellaufenden Rotoren mit geringer Blattzahl insbesondere beim Anlauf nur geringe Drehmomente auf, aber sie erreichen die höchsten Leistungsbeiwerte. Die Blattzahlen heutiger Großanlagen werden ebenso wie deren optimale Betriebsverhältnisse von Drehzahl zu Windgeschwindigkeit bereits richtig vorausgesagt.

Die knappen wirtschaftlichen Verhältnisse jener Zeit zwingen nicht nur in den Laboratorien zu effizientem Einsatz der vorhandenen Mittel. Sie schlagen auch voll auf die Privatsphäre der beteiligten Mitarbeiter durch. So ist die vierköpfige Familie Betz ist bis 1925 in einer Dreizimmer-Notwohnung zusammengezwängt, die in Räumen der Aerodynamischen Versuchsanstalt improvisiert wurde. Als die Versuchanstalt diese Räume für andere Zwecke selbst benötigt, wendet sich der Familienvater in seiner Not an das Wohnungsamt Göttingen mit der Bitte, als dringend wohnungsbedürftig vorgemerkt zu werden.

In den zwanziger Jahren läßt Albert Betz im Göttinger Windkanal systematische Versuche an acht typischen Windturbinenrotoren durchführen. Zur Leistungsmessung entwickelt er eine spezielle Wirbelstrombremse. Die Auslegungsgrundlagen neuzeitlicher Windenergienutzung werden – bis heute gültig – geschaffen. Zu einem Durchbruch in der Anwendung kommt es zu jener Zeit jedoch nicht.

Albert Betz wirkt 46 Jahre an der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen, der er von 1924 als stellvertretender Direktor und ab 1937 als Direktor und selbständiger Leiter vorsteht. Seit 1947 leitet er auch das Max-Planck-Institut für Strömungsforschung und nach seiner E-meritierung 1957 übernimmt er den Vorsitz des Vorstandes der Aerodynamischen

Versuchsanstalt. 1968 stirbt Professor Dr. phil. Dr.-Ing. E.h. Dr. sc. techn. h.c. Albert Betz im Alter von 82 Jahren nach einem erfüllten Leben für die Strömungsforschung. Seine außerordentlich fruchtbare wissenschaftliche Tätigkeit ist in 150 Veröffentlichungen dokumentiert, von denen sich lediglich vier mit der Thematik der Windenergienutzung auseinandersetzen, zwei davon allerdings setzen Maßstäbe bis zum heutigen Tag. Aber auch beim Anblick eines jeden modernen Strahlflugzeuges sollte des großen Strömungsforschers gedacht werden, denn Albert Betz hat durch die Erfindung des Pfeilflügels der Luftfahrt dauerhaft seinen Stempel aufgeprägt.

Leider hat es Albert Betz nicht mehr erlebt, dass es durch die Energie- und Klimaproblematik der jüngeren Vergangenheit und geeignete politische Vorgaben endlich zu einer großtechnischen Renaissance der Windenergienutzung in Deutschland kommt. Ende 2006 ist mit 18685 installierten Windenergieanlagen zahlenmäßig der Stand von 1895 knapp überschritten. Leisteten die Windmühlen des 19. Jahrhunderts etwa 25 bis 30 kW bei gutem Wind, so beträgt die heute installierte mittlere Leistung etwa 1 MW pro Anlage, die installierte Gesamtleistung erreicht 20621 MW. Eine wahrhaft bemerkenswerte Größenordnung, selbst wenn berücksichtigt wird, dass durch den unsteten Charakters des Windes im Durchschnitt nur etwa ein Drittel dieser Leistung dauerhaft zur Verfügung steht. Mit den in Schleswig-Holstein installierten Windenergieanlagen lassen sich rechnerisch etwa 35 % des Nettostromverbrauchs im nördlichsten Bundeslandes abdecken, für die gesamte Bundesrepublik kommen immerhin noch respektable 6,8 % zusammen.

Heute sind mit Hilfe zeitgemäßer Methoden Windenergieanlagen mit 5 MW Leistung zur technischen Reife gebracht, die mit einem Leistungsbeiwert von 50% die Hälfte der Windleis-tung auf den Rotor übertragen und damit dem 1920 ermittelten idealen Grenzwert recht nahe kommen. Werden noch die Verluste im Triebstrang, Generator und Elektronik berücksichtigt, so finden sich bis zu 42 % des windigen Naturpotentials im Netz wieder. Dies sind Erfolge einer konsequenten evolutionären Entwicklung über acht Jahrzehnte, die ganz wesentlich auf den Pionierleistungen von Albert Betz basieren.

Abb. 1 Albert Betz im Jahr 1925. (Foto: Archiv der DLR Göttingen)

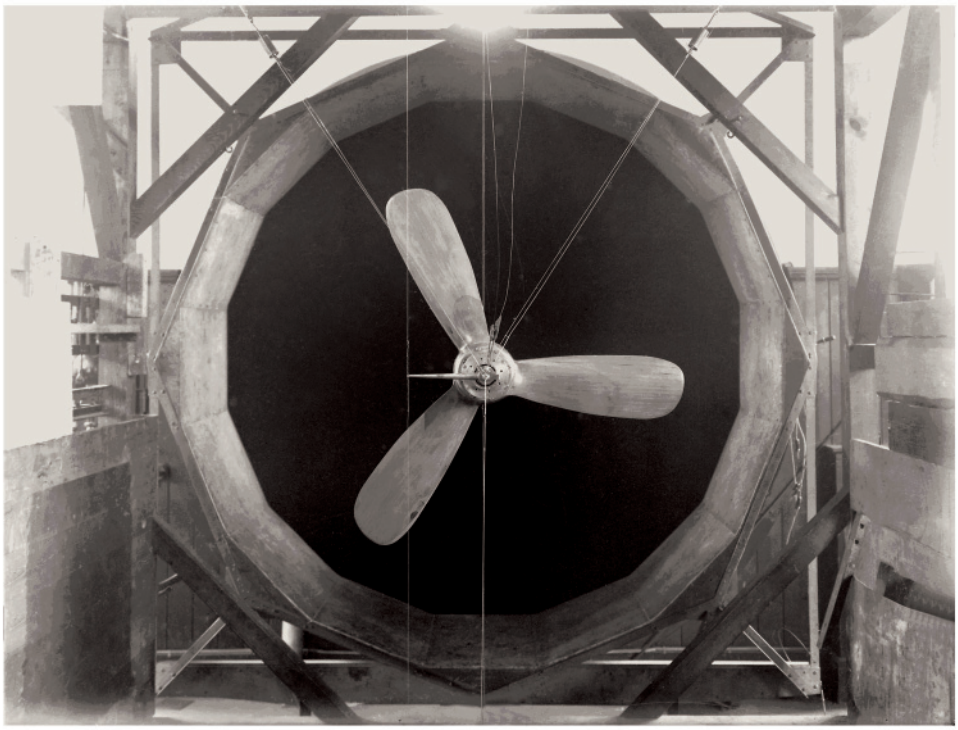


Abb. 2 Untersuchung eines schnellläufigen Rotors mit drei hochwertig profilierten Flügeln im Göttinger Windkanal während des Jahres 1925. Es wurde ein Leistungsbeiwert von 40 % gemessen. (Foto: Archiv der DLR Göttingen)

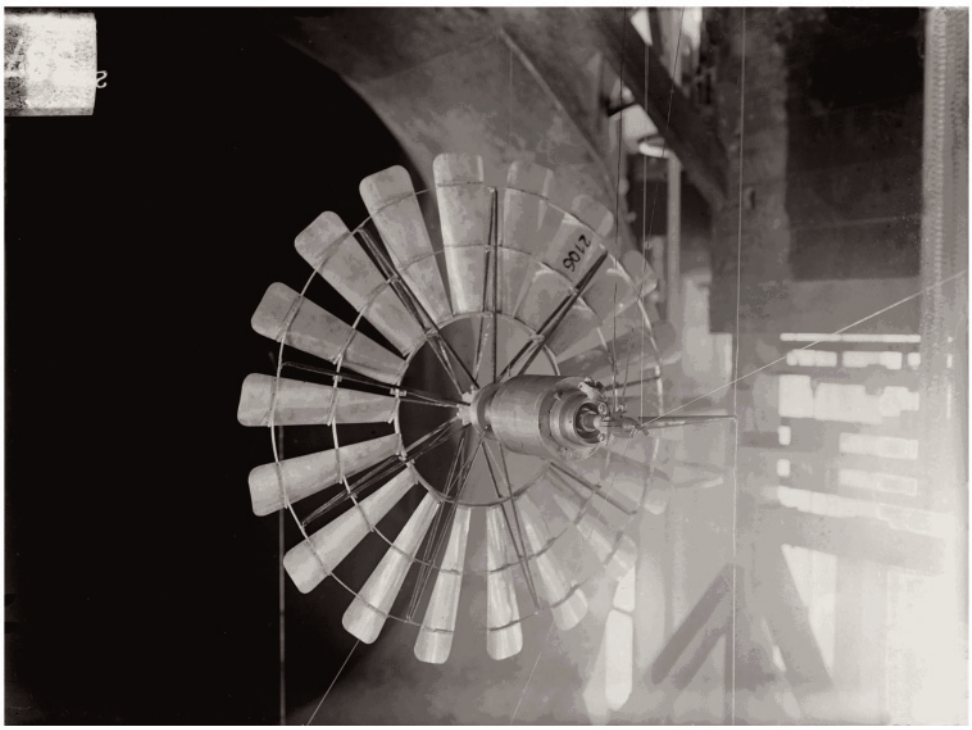


Abb. 3 Langsamläufiger Rotor („Westernmill") mit vielen einfach profilierten Blechschaufeln aus der Göttinger Versuchsserie. Die von Betz entwickelte Wirbelstrombremse zur Drehmomentmes-sung ist in Bildmitte zu erkennen. Erreichter Leistungsbeiwert: 30 %. (Foto: Archiv der DLR Göttingen)

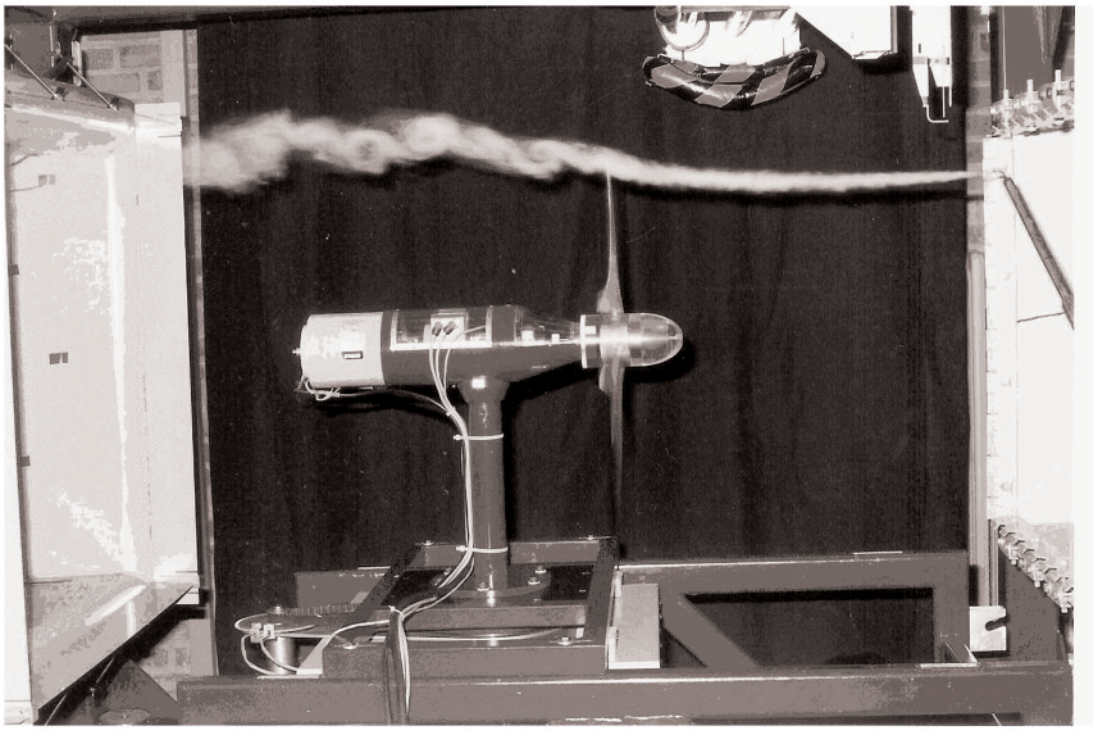


Abb. 4 In einer Windturbine wird dem Wind durch Verzögerung Energie entzogen. Die damit verbundene Aufweitung der Stromröhre wird im Windkanal der Fachhochschule Lübeck durch Nebelinjektion sichtbar gemacht. Auch die von den Blattspitzen abströmenden induzierten Wirbel sind zu erkennen. (Foto: Kümmel)

Abb. 5 Im Rahmen einer einwöchigen Schülerakademie wird 2004 an der Fachhochschule Lübeck gemäß der historischen Vorgaben von Albert Betz ein Windturbinenrotor ausgelegt, gefertigt und im Windkanal experimentell untersucht. (Foto: Schemschat)

Abb. 6 Stand der Technik: Prototyp einer speziell für Offshore-Anwendung entwickelten 5 MW Windenergieanlage. In einem Feldversuch in Bremerhaven werden in Küstennähe die Auslegungsdaten mit den tatsächlichen Belastungen verglichen, um die Konstruktion für die Serienfertigung zu optimieren. Der Rotordurchmesser beträgt 116 m, der Turmkopf inklusive Rotor wiegt 310 Tonnen. Bei Nennwindgeschwindigkeit von 12,3 m/s werden 42,3 % der durch die Rotorfläche transportierten Windleistung ins Netz gespeist.
(Foto: Multibrid Entwicklungsgesellschaft)

(Die Genehmigung zur Veröffentlichung der Bilder liegt dem Autor vor)

60 Jahre bemannter Überschallflug

Wolfgang Kümmel, Professor a. D., Fachhochschule Lübeck

Die ersten, die das unheimliche Phänomen real erleben – aber nicht immer überleben – sind Jagdflieger gegen Ende des Zweiten Weltkrieges. Im Luftkampf zu rasanten Sturzflügen gezwungen, werden ihre Maschinen plötzlich geschüttelt, geraten außer Kontrolle, sind nicht mehr abzufangen oder die Struktur wird beschädigt. Ursache ist die Tatsache, dass die Umströmung von Körpern ihren Charakter weitgehend ändert, wenn die Strömungsgeschwindig-keit sehr hoch wird, genauer gesagt wenn sich das Verhältnis von Strömungsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit dem Wert 1 nähert oder diesen gar überschreitet. Dieses Verhältnis ist eine für Hochgeschwindigkeitsströmungen entscheidende Kennzahl, die zu Ehren des ös-terreichischen Philosophen und Physikers Ernst Mach als Mach- Zahl (Ma) bezeichnet wird. Ma < 1 kennzeichnet sogenannte Unterschallströmung, Ma > 1 bedeutet Überschallströmung. Da die Schallgeschwindigkeit von der Temperatur abhängt, bedeutet Ma = 1 in Meereshöhe eine Fluggeschwindigkeit von 1225 km/h, oberhalb 11 km Höhe dagegen nur 1062 km/h; maßgeblich für das aerodynamische Verhalten eines Flugkörpers ist jedoch nicht die jeweilige Geschwindigkeit sondern die Mach-Zahl.

Durch die Verdrängungswirkung des Tragflügels treten auf dessen Oberflächen lokale Geschwindigkeiten auf, die höher als die Fluggeschwindigkeit sind. Wenn diese Geschwindigkeiten erstmals Schallgeschwindigkeit erreichen, ist die kritische Flug-Mach-Zahl erreicht, die je nach Flügelprofilform etwa ab Ma = 0,7 zu erwarten ist. Nun beginnt der transsonische Geschwindigkeitsbereich, der durch die Ausbildung von lokalen Überschallzonen auf den Flügeloberflächen gekennzeichnet ist, deren anschließende Verzögerung auf Unterschallgeschwindigkeit sich jetzt nicht mehr stetig sondern in schlagartigen Druckerhöhungen - sogenannten Verdichtungsstößen – vollzieht. Dabei pflanzt sich diese Stoßfront von der Oberfläche aus auch in das Umströmungsgebiet fort. Die Folge sind starke Erschütterungen der Struktur, abrupte Änderungen des Auftriebs, ein drastischer Anstieg des Widerstandes und eine Verlagerung des Angriffspunktes der resultierenden Luftkräfte, die meist zu Kopflastigkeit führt. Mit zunehmender Mach-Zahl wandern die Stöße auf der Tragfläche nach hinten. Erreichen sie die dortigen Steuerflächen oder wird das Leitwerk durch Stoßfronten – die von den Tragflächen ausgehen - getroffen, wird die jeweilige Funktionsfähigkeit eingeschränkt oder ausgeschaltet. Der Flugzustand ist nicht mehr kontrollierbar.

Diese Zusammenhänge sind den Aerodynamikern zu der Zeit, als die oben beschriebenen Phänomene erstmals auftreten, im Grundsatz bekannt. Es ist auch klar, dass den klassischen kolbenmotorgetriebenen Propellerflugzeugen im transsonischen Bereich eine Grenze gesetzt ist, da dem enormen Widerstandsanstieg gleichzeitig ein Abfall des Propellerwirkungsgrades durch Transschalleffekte an den Blattspitzen gegenübersteht. In einem Testflug erfliegt dage-gen die raketengetriebene, mit Pfeilflügeln konstruierte Messerschmitt Me 163 bereits 1941 über einer Messstrecke die präzise erfasste Geschwindigkeit von 1004 km/h (Ma = 0,84); 1944 werden durch Auswertung von Photoreihen der Cockpitanzeigegeräte während eines Testfluges sogar 1130 km/h ermittelt. In beiden Fällen werden die Testpiloten voll von den Tücken des Transschallfluges erwischt: Übergang in einen unkontrollierbaren Sturzflug; nach Abstellen des Triebwerks gelingt das Abfangen mit Mühe und Not. In speziellen deutschen Hochgeschwindigkeits-Windkanälen werden diese Phänomene bereits an Tragflügelmodellen bis in den Überschall hinein untersucht und gemessen.

Die Frage, ob ein kontrollierbarer aerodynamischer Flug mit Überschallgeschwindigkeit denn überhaupt realisierbar sei, wird unter den zeitgenössischen Fachleuten völlig kontrovers diskutiert. Der Mythos einer „Schallmauer“ entsteht. Vor diesem Hintergrund erteilt die US Army Air Force in Zusammenarbeit mit der NACA (National Advisory Committee for Aeronautics, heute NASA) im März 1945 der Firma Bell den Auftrag zum Bau von drei Exemplaren eines Hochgeschwindigkeits-Forschungsflugzeuges, das die vorstehende Frage in Feldversuchen klären soll, denn in den Windkanälen der NACA sind beim derzeitigen Stand der Technik keine Versuche an Modellflugzeugen im Überschall möglich, da die auftretenden Ver-dichtungsstöße von den Begrenzungswänden der geschlossenen Messkammer reflektiert werden und die Messungen am Modell unbrauchbar machen. Das Projekt erhält die Bezeichnung XS-1 („X“ für Experimental und „S“ für Sonic) und wird der Beginn der sehr erfolgreichen X-Serie der US-Luftfahrtforschung.

Die Ingenieure von Bell stehen vor einem Schritt ins Unbekannte. Sie gestalten den Rumpf mit eingestraktem Cockpit ohne Schleudersitz in Anlehnung an die Form eines Maschinengewehrgeschosses vom Kaliber 0,5 Zoll, das für stabilen, ballistischen Überschallflug bekannt ist. Als Antrieb soll ein Raketenmotor dienen. Flüssigsauerstoff und ein Gemisch

von Alkohol und Wasser werden durch Druckstickstoff in vier parallele, einzeln an- und abschaltbare aber nicht stufenlos regelbare Brennkammern mit Schubdüsen gefördert. Die Tragflächen erhalten für den Überschallflug ein relativ dünnes Profil; um gute Landeeigenschaften im Gleitflug zu ermöglichen, wählt man Trapezform. Ein wahrhaft visionäres Konstruktionselement aber ist das durch einen Elektromotor als ganzes stufenlos im Anstellwinkel verstellbare Höhenleit-werk, das entscheidend zum Erfolg des Programms betragen wird.

Die Flugerprobung beginnt 1946 mit Testpiloten von Bell. Das Konzept sieht vor, dass die XS-1 von einem entsprechend präparierten B-29 Bomber auf Höhe geschleppt und dann ausgeklinkt wird. Zunächst erfolgen Gleitflüge, Triebwerkserprobung im Stand und dann der erste raketengetriebenen Flug, bei dem problemlos Ma = 0,75 erreicht wird. Im Juni 1947 übernimmt die Air Force auf einer der Maschinen das weitere Flugerprobungsprogramm, denn sie wünscht, den Triumph des ersten Überschallflugs für sich zu verbuchen; sehr zum Verdruss der Piloten von Bell, die schon über eine Erfolgsprämie der Größenordnung 150.000 $ spekulieren. In einem Auswahlverfahren hat sich ein junger Mann durchgesetzt, der zur Pilotenlegende werden soll: Charles E. Yeager, hochdekorierter Weltkriegsveteran, Haudegen, Testpilot mit Intuition aber ohne wissenschaftliche Ausbildung, der diesen Job für seinen regulären Monatssold von 283 $ durchzuführen hat. Yeager beginnt auf dem Muroc Army Air Field im Süden Kaliforniens sein Training auf der XS-1 mit Gleitflügen und ersten Flügen mit Raketenantrieb. Schnell beherrscht er die Druckregelung für die Treibstoffzufuhr der einzelnen Schubdüsen und die systematische Betätigung des Kippschalters zur Trimmung des kompletten Höhenleitwerks, denn nur durch diesen Kunstgriff lassen sich im gesamten transsonischen Bereich stabile Flugzustände erreichen. Seinen per Dienstvorschrift umgeschnallten Fallschirm bezeichnet er ironisch als Sitzkissen, weil ihm wohl klar ist, dass er dieses Flugzeug im Flug nicht lebend verlassen könnte. Bald bereitet er den Verantwortlichen der NACA Kopfzerbrechen, da er nur schwer zu zügeln ist, sich bei den einzelnen Versuchsflügen an die geplanten langsamen schrittweisen Steigerungen der Mach-Zahlen des strengen Versuchsprogramms zu halten. Er glaubt nicht an die Existenz einer „Schallmauer“ und möchte dies so schnell wie möglich beweisen. Bei der Auswertung seines 12. Flug, nur zwei Monate nach seinem Einstieg in die XS-1 Erprobung, wird bereits Ma = 0,997 ermittelt; zieht man die Messtoleranzen in Betracht, ist das Ziel so gut wie erreicht.

Der nächste geplante Flug soll endgültig Klarheit bringen. Zwei Tage vorher besucht Yeager gemeinsam mit seiner Frau abends die legendäre Bar am Rande des Flugplatzes. Nach einigen Drinks kommen die beiden auf die verhängnisvolle Idee, im Mondschein noch einen Ausritt zu unternehmen. Beim Rückritt in wildem Tempo übersieht Yeager das geschlossene Tor zur Koppel, nicht jedoch sein Pferd: Es scheut abrupt, wirft Yeager ab, zwei gebrochene Rippen sind die Folge. Aus der Karrieretraum!? Nicht für Yeager, er will sich doch diese Chance nicht von einem Ersatzpiloten nehmen lassen. Folglich läßt sich von einem Arzt außerhalb des Flugfeldes behandeln und weiht nur wenige in sein Missgeschick ein. Er fühlt sich zwar im Stande zu fliegen, kann aber in seinem Zustand den Verschluss der Einstiegsluke nicht von innen verriegeln. Flugingenieur Ridley improvisiert, ein abgesägter Besenstiel macht´s möglich.

Am 14. Oktober 1947 startet das Gespann B-29/XS-1 zum entscheidenden Flug. Yeager quält sich unter Schmerzen im Bombenschacht über eine Leiter in die Luke der XS-1, Ridley schließt die Luke von außen, Yeager mit Besenstiel von innen. Das in Gurten hängende Flugzeug wird in 6100 m Höhe ausgeklinkt. Nach einem Steigflug mit zwei Brennkammern auf 13000 m wird die XS-1 durch Neuzündung der dritten Brennkammer beschleunigt. Instabile Flugzustände müssen mehrmals routiniert durch Umtrimmen des verstellbaren Höhenleitwerks überwunden werden, die Nadel des Mach-Meters klettert stetig weiter ..., dann ein plötzlicher Ausschlag, und sie bleibt oberhalb der Marke 1 ruhig stehen: Der erste bemannte horizontale Überschallflug ist gelungen! Die Bodenmannschaft vernimmt mit Freude den von Theoretikern prognostizierten Doppelknall, als sie von den abgeschwächten Kopf- und Heckstoßwellen der XS-1 überstrichen wird. Die anschließende Auswertung der Messungen ergibt Ma = 1,06. Damit ist die grundsätzliche Möglichkeit des Überschallflugs nachgewiesen.

Aus Geheimhaltungsgründen wird zunächst eine zweimonatige Nachrichtensperre zu diesem Ereignis verhängt; ebenso wird das entscheidende Konzept des verstellbaren Höhenleitwerks nicht veröffentlicht. Jahre später wird dies in den Luftkämpfen des Koreakrieges den mit diesem Bauteil ausgerüsteten amerikanischen F-86 Jägern einen Vorteil gegenüber den MIG-15 des Gegners verschaffen.

Im weiteren Verlauf des Versuchsprogramms erfliegt der Air Force Testpilot Yeager mit seiner XS-1 eine maximale Mach-Zahl von Ma = 1,45. Die beiden anderen Exemplare des ursprünglichen Auftrags werden von der NACA zu systematischen Forschungsflügen bis Ma = 2,2 eingesetzt, wobei eine dieser Maschinen bereits beim zweiten Einsatz durch eine Explosion am Boden zerstört wird.

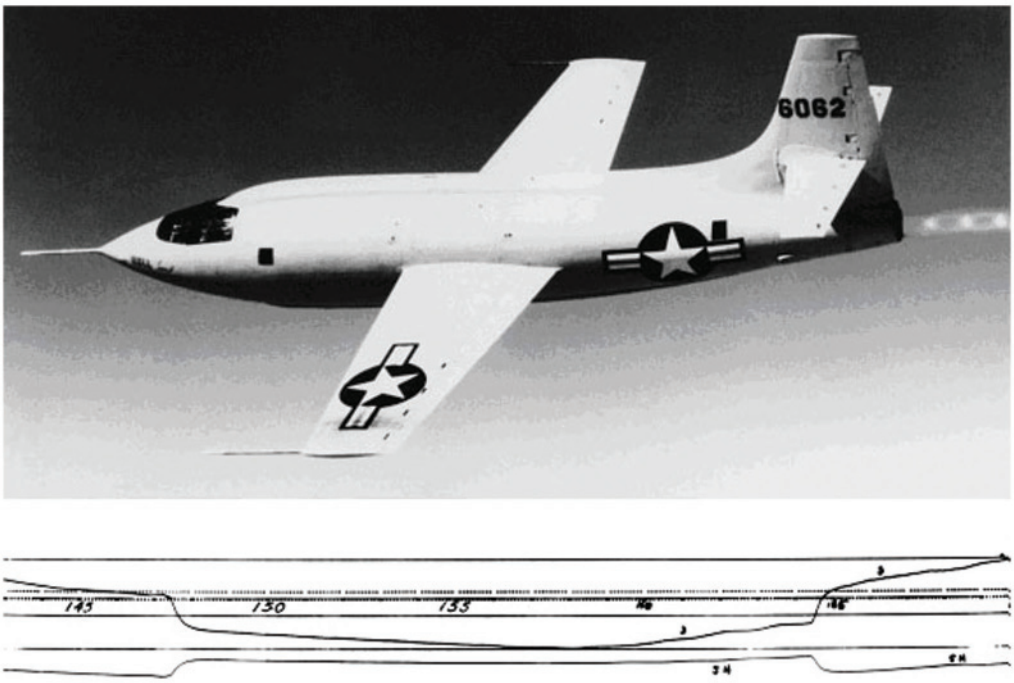


Abb. 1 Die XS-1 bei ihrem ersten Überschallflug.
Die Aufzeichnungen eines Datenrecorders dokumentieren den Mach-Zahl-Sprung in den Überschall während dieses historischen Fluges.

Abb. 2 Die XS-1 wird im modifizierten Bombenschacht des B-29 Trägerflugzeuges auf die Aus-gangsflughöhe geschleppt und dann ausgeklinkt.

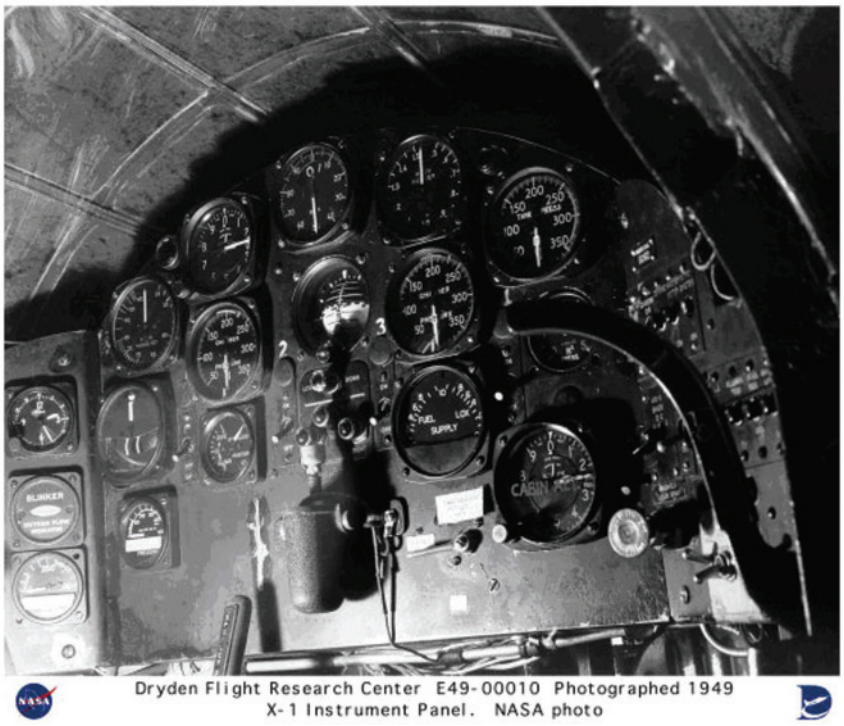


Abb. 3 Blick auf die Instrumentierung der XS-1. Das zweite Rundinstrument von rechts in der oberen Reihe ist das Mach-Meter. Darüber ist die in die Rumpfkontur eingestrakte Verglasung zu erkennen. Der Einstieg erfolgt durch eine Klappluke auf der Steuerbordseite.

Photos: NASA (3)

Kompetenzzentrum Kunststofftechnik in der Hochschulstrategie der Fachhochschule

Von Klaus-Peter Wolf-Regett

Zusammenfassung

Die Fachhochschule Lübeck (im Folgenden FHL genannt) hat im Rahmen ihres Hochschulentwicklungsplanes den Leistungsbereich Forschung und Transfer als gleichwertiges Ziel neben der Lehre etabliert und einen Strategieplan zum Ausbau der Organisationsstruktur entwickelt, der auf eine Profilierung der FHL und auf Integration und Wachstum ausgerichtet ist. Dabei spielen folgende Kriterien eine entscheidende Rolle:

- Intensivierung des Praxisbezuges in der Lehre und des Anwendungsbezuges in der Forschung (Forschung als Instrument der Personalentwicklung)
- Schaffung einer Basis für researchorientierte Masterprogramme (Hochschulprofilierung und Qualitätssicherung / Exzellenz)
- Hochschule soll als Innovationsdienstleister ein Standortfaktor für die Wirtschaftsentwicklung der Region werden
- Positionierung als wirtschaftsorientierte Hochschule in branchenorientierten Netzwerken, die von der Hochschule aufgebaut und gemanagt werden
- Bildung von strategischen Partnerschaften im Forschungsbetrieb
- Konzentration des Ressourceneinsatzes auf acht strategische Kompetenzfelder

Im Rahmen der Fokussierung auf die acht interdisziplinäre Kompetenzfelder, die für die Region eine Relevanz in Bezug auf Umsatzstärke, Arbeitplätze, Wachstums- und Innovationspotenziale haben, (es sind dies die acht Kompetenzfelder Wasserstofftechnologien (Windwasserstoff), Kunststofftechnik, Technische Biochemie mit Lebensmitteltechnik, Biomedizintechnik, Gesundheitswirtschaft, Logistik und Business Services, Industrial IT, Bauwirtschaft) nimmt das Kompetenzzentrum Kunststofftechnik eine Pilotfunktion ein, weil es in der Entwicklung am weitesten umgesetzt und somit exemplarisch für alle anderen Kompetenzzentren Beispiel gebend ist.

Situation und Motivation

Die FHL verfolgt das Ziel, als Innovationsdienstleister der Wirtschaft einen standortsichernden Beitrag für deutsche Unternehmen (Schwerpunkt KMU) im Rahmen der gesellschafts- und wirtschaftspolitischen Veränderungsprozesse zu leisten.

Um den Unternehmen die notwendigen wirtschaftlichen Impulse für Produkt- und Prozessinnovationen, respektive Produktivitätssteigerung zu geben und gleichzeitig die Studierenden durch eine qualitativ hohe Lehre auf dem neuesten Stand der Technik anforderungsgerecht auszubilden, hat die FHL einen „Strategieplan zur Strukturinnovation in der anwendungsbezogenen Forschung der Fachhochschule Lübeck“ entwickelt.

Die Rahmenbedingungen für die Forschung an Fachhochschulen unterscheiden sich erheblich von denen einer Universität. Die Möglichkeiten an Fachhochschulen sind zum einen durch fehlenden Mittelbau und hohe Lehrbelastung begrenzt, zum anderen jedoch verfügen FH`s durch den Praxis- und Anwendungsbezug in Lehre und Forschung über eine große Nähe zu Wirtschaftsunternehmen. Durch den Anwendungsbezug sind die Aktivitäten näher an einer konkreten Produktentwicklung orientiert und damit eher als Forschung – und Entwicklung (F&E) zu bezeichnen.

Der Schlüssel zum Erfolg einer Hochschule liegt in der systematischen Verbindung von Forschung- und Lehre. Eine praxisgerechte Ausbildung von Hochschulabsolventen/Innen ist an Fachhochschulen (FH´s) nur durch die konzeptionelle Integration des Lehrbetriebes in einen aktiven Forschungsbetrieb gegeben. Für eine Fachhochschule wird auch ihre Attraktivität für Studienanfänger maßgeblich von ihrem wirtschaftsnahen Image, das sie in ihrer anwendungsbezogenen Forschung zur Profilierung der Hochschule entwickelt hat, getragen.

Für FH´n ist die Durchführung anwendungsbezogener F&E- und Transferprojekten (F&E und Transfer) mit der Wirtschaft von essentieller Bedeutung, um den profilgebenden Praxisbezug in der Lehre abbilden zu können.

Die Fachhochschule Lübeck hat schon Ende der 90-ger Jahren den strategischen Wert dieses Zusammenhanges zwischen praxisbezogener Lehre und anwendungsorientierter Forschung erkannt und den Leistungsbereich F&E und Transfer zum gleichwertigen Ziel der Hochschule neben der Lehre erhoben. Mit der Gründung der fachhochschule Lübeck PROJEKT GmbH im Jahr 1997 mit Mitgesellschaftern aus der Wirtschaft (strategische Unternehmenspartnerschaften) wurde der erste Schritt der Hochschulstrategie unternommen. Mit ihr ist es gelungen, KMU´s aus der Region zu erreichen. Es entwickelte

sich eine breitgefächerte Zusammenarbeit statt einer Ausrichtung auf einzelne Unternehmen.

Konsequent wurden an der Fachhochschule Lübeck unter der Überschrift Technologie- und Wissenstransfer Strukturen zur Weiterentwicklung der Forschungs- und Transferleistungen der Hochschule eingeführt und aufgebaut. Die heutige Struktur weist 4 Organisationseinheiten auf:

1. F&E-Zentrum und FHL-Forschungs-GmbH: Anwendungsbezogene Drittmittel- und Auftragsforschung
2. fhl PROJEKT-GMBH: Technische Entwicklungsdienstleistungen, produktivitätssteigernde Beratungsdienstleistungen und Qualifizierungsmaßnahmen
3. FHL-Akademie: Akademische Fort- und Weiterbildung
4. Zentrum für Gründung und Management: Existenzgründungsunterstützung

Mit dieser Organisationsstruktur in ihren verschieden Umsetzungsstufen ist es der FHL gelungen, in Bezug auf das gesamte eingeworbene Drittmittelvolumen in einem mehrjährigen Bundesvergleich (2000-2002) des BMBF jeweils eine Spitzenposition (1. oder 2. Platz) einzunehmen.[1]

Grundlage des Erfolges der Fachhochschule Lübeck ist die frühzeitig getroffene, für Fachhochschulen im Gegensatz zu Universitäten erstmalige Grundsatzentscheidung eigenständige, auf die Hochschulzielsetzung F & E und Transfer ausgerichteten Organisationseinheiten (GmbH´s) aufzubauen und unter der Leitung von Professorinnen/Professoren zu betreiben. Der Forschungsbetrieb wird über ein konsequentes Projektmanagement organisiert, es erfolgt eine enge Abstimmung mit den für die Lehre zuständigen Fachbereichen, so dass eine weitestgehend konfliktfreie gemeinsame Nutzung der Hochschulressourcen gegeben ist.

Mit einem strategischen Gesamtkonzept soll eine weitere Schärfung des Profils der Fachhochschule Lübeck in Lehre und in Forschung & Transfer sowie eine Leistungssteigerung in der Erstellung von innovationsfördernden Dienstleistungen für die Wirtschaft erreicht werden. Diese Gesamtzielsetzung soll mit einer konzeptionellen Strukturveränderung erfolgen, die für Fachhochschulen einen Modellcharakter hat.

Strategische Ziele der FHL

Die FHL verfolgt visionär als „Leithochschule“ in der Fachhochschulforschung folgende strategische Ziele:

- Erweiterung strategischer Partnerschaften in den branchenorientierten Forschungsschwerpunkten durch Unternehmen die „Leitkunden - Charakter“ haben (durch gezielte Besetzung von: Gesellschafterfunktion, Mitgliedschaft in Beiräten und Projektpartnerschaften)
- Sie behauptet und sichert ihre Spitzenplatzierung im Bundes-Forschungsranking
- Sie leistet eine profilierte anwendungsbezogene Forschung aus wirtschaftorientierten F&E- Instituten
- Wachstum im Bereich Forschung & Transfer durch eine Verbreiterung der personellen Forschungsbasis und durch eine auf Forschung & Transfer ausgerichtete Aufbau- und Prozessorganisation
- Schärfung des Hochschulprofils durch den gezielten Ausbau von strategischen Kompetenzfeldern, die eine große Bedeutung für die Wirtschaftsregion Lübeck und das Land Schleswig-Holstein haben
- Nutzung des Hochschulprofils zur Steigerung der Attraktivität für erstklassige Studienanfänger und für die Einwerbung von Spitzen- und Fachkräften für F&E und Lehre (national und international)
- Integration und Partizipation von weiteren, bislang noch nicht in den Forschungsbetrieb involvierten Hochschulmitgliedern durch Motivations- und Anreizsysteme
- Vertiefung des profilbildenden Praxisbezuges in der Fachhochschullehre durch Praxis-transfer aus der Wirtschaft in die Hochschule über Forschung & Transfer zur Sicherung des hohen Qualitätsniveaus in der Lehre
  - Attraktive Bachelor-Studiengänge durch Praxisbezug
  - Excellente Master-Studienangebote durch Forschungsreputation
- Schaffung der Basis für Masterakkreditierungen über die Entwicklung einer Forschungsreputation von Fachhochschulprofessoren/Innen in Forschung & Transfer - Projekten und die forschungsorientierte Wissenserarbeitung für die notwendige „Excellenz“ in den Masterangeboten
- Strategische und strukturelle Vorbereitung auf die Beteiligung an nationalen und europäischen Förderprogrammen u.a. Beteiligung an der Hightech Strategie, EFRE, 7. FRP
- Beförderung von Unternehmensgründungen durch das Zentrum G&M der FHL

1 Vergleich der anwendungsorientierten FuE – Aktivitäten an 97 Fachhochschulen. www.bmbf.de/pub/forschungslandkarte_fachhochschulen.pdf

Strategie zur Umsetzung der Ziele

Die Kernelemente der Gesamtstrategie zur Umsetzung der Ziele sind:

1. Profilgebende Bündelung von Kompetenzen und Ressourcen in teilautonomen F&E-Instituten
2. Institutionalisiertes F&E Management und Marketing
3. Einrichtung einer F&E Vertriebsorganisation
4. Aufbau von Branchennetzwerken
5. Strategische Drittmitteleinwerbung mit Strukturelementen

Durch den Aufbau von teilautonomen F&E-Instituten sollen Leistungseinheiten innerhalb der Hochschule etabliert werden, die in ihrer personellen Besetzung, ihrer Ausstattung, der Aufbau- und Prozessorganisation und in der Managementstruktur konzeptionell auf die Belange des F&E und Transfer-Betriebes ausgerichtet sind.

Die Personalstruktur besteht im Mittel aus ca. 4-6 Professoren/Innen, die für ihre F&E- und Transfer-Leistungen eine teilweise Lehrbefreiung zum Ausgleich/Anreiz erhalten (fachhochschulspezifische Lösungsmöglichkeit) und aus 5-7 Ingenieurstellen, die überwiegend aus Drittmitteln bezahlt werden. Die Professoren/innen kommen aus verschiedenen Fachbereichen und arbeiten interdisziplinär im Kompetenzbereich des Institutes zusammen.

In die konkrete F&E- Projektarbeit sollen auch die Studierenden über Hilfs-Assistenzstellen und über die Integration von Diplomarbeiten eingebunden werden. Die Studierenden lernen auf diesem Wege die praktische Projektarbeit in Zusammenarbeit mit den Unternehmen kennen, die möglicherweise ihre potenziellen neuen Arbeitgeber sind, ggfl. Ausgründungspotenzial aus Forschungsergebnissen. Weiterhin sollen in der Forschungsarbeit kooperative Promotionen mit Partneruniversitäten durchgeführt werden.

Einen wesentlichen Erfolgsfaktor für dieses Konzept sind die für das F&E-Management verantwortlichen Stellen, der Institutsleitung und des an Hochschulen neu einzuführenden Produkt- und Vertriebsmanagers, der/die für den Vertrieb, die Projektakquisition und das Netzwerkmanagement verantwortlich ist.

Unternehmen sind gemäß des Leistungsprofils der F&E-Institute die Hauptzielgruppe für Kooperation. Für jedes Institut gibt es aber weitere strategische Kooperationspartner aus den Bereichen Forschungseinrichtungen, Fachhochschulen und Universitäten, wenn sich durch sie zum Forschungsprofil des Institutes ergänzende Kompetenzen oder synergetische Effekte abbilden lassen.

Es erfolgt eine enge Zusammenarbeit der Institute mit den Wirtschafts- und Transfer-einrichtungen des Landes Schleswig-Holstein (WTSH, ISH und PVA) im Netzwerk. Aufgabe des Netzwerkes ist es, Kooperationen zu entwickeln und Projekte mit den Unternehmen der Wirtschaft (Kunden) zu initiieren, so dass die aktive Netzwerkarbeit ein entscheidender Bestandteil des Vertriebskonzeptes ist. Netzwerkpartner sind weiterhin Verbände, die IHK und andere Institutionen.

Die Kontakte zur Wirtschaft werden im Rahmen von Netzwerkaktivitäten z.B. durch Workshops, Messen etc. gepflegt, wobei die persönlichen Beziehungsgeflechte ebenfalls von Bedeutung sind.

Weiterhin soll aus den im Rahmen von Studienkooperationen entstandenen internationalen Kontakten zu Universitäten/ Hochschulen und Wirtschaftspartnern auch eine gezielte Beteiligung an internationalen Forschungsprojekten mit Schwerpunkt EU: Schweden, Dänemark, Polen, Lettland, Litauen, Estland, Finnland und global mit China, USA, Ghana entwickelt werden.

Das innovationsunterstützende Leistungsangebot eines F&E Institutes wird in Bild 2 (Anlage 2) schematisch dargestellt.

Die verbindende, den Innovationsprozess überspannende Schlüsselfigur des Instituts-konzeptes ist der Produkt- und Vertriebsmanager. Die Aufgabe dieses/r vertriebs-orientierten Mitarbeiters/In ist es, permanent die Anforderungen des Marktes und die Anforderungen der Kunden (die innovationsumsetzenden produzierenden Unternehmen) zu ermitteln und dieses Marktwissen in Zusammenarbeit mit den forschenden Professoren/Innen in die Projekt- und Produktdefinition einzubringen. Durch diese Nachfrageorientierung wird schon im ersten Schritt der Projektakquisition sichergestellt, dass die angestrebten Leistungen aus den F&E-Instituten eine praktische Relevanz für die Innovationskraft und die wirtschaftliche Entwicklung der Unternehmen haben.

Die Grundphilosophie für die Leistungen eines F&E-Institutes ist es, den Entwicklungs-prozess von neuen Produkten und Verfahren „Von der Idee bis zur technischen Erprobung“ zu begleiten.

Hierzu werden zwei Produktlinien angeboten:

1. Entwicklungsprojekte, in denen Produktentwicklungen gemeinsam mit den Ent-wicklungsabteilungen der Unternehmen in enger Zusammenarbeit abgewickelt werden. Diese Entwicklungsprojekte können entweder drittmittelfinanziert oder reine Auftrags-forschung sein.
2. Technische Dienstleistungen und Beratungsdienstleistungen, die punktuell Kom-petenzen und Technik für Entwicklungsprojekte und für produktivitätssteigende Maß-nahmen der Unternehmen bereitstellen und zuliefern. Mit diesem Dienstleistungsangebot können die Unternehmen einen temporär entstehenden Bedarf an speziellem Know-how und Ausstattungen, die im Unternehmen selbst nicht zur Verfügung stehen, zu variablen Kosten zukaufen.

Für die verlässliche Zusammenarbeit im Produktentwicklungsprozess zwischen Unternehmen und Institut ist eine klare Organisationsstruktur und ein professionelles Projektmanagement erforderlich.

Der Aufbau und die Etablierung eines F&E – Institutes erfolgt gem. Bild 3 (Anlage 3) Organisation und Leistungsspektrum.

Phase 1 :

Definition des für die Hochschule profilgebenden Kompetenzfeldes.

Diese strategische Entscheidung erfolgt nach drei Kriterien:

- Regionale Wirtschaftsstruktur

  Analyse zur Identifikation des Kunden in der Nähe (Wirtschaftliche Bedeutung, Innovationsfähigkeit)

- Technologie und Wirtschaftspolitik

  Hochschule als strukturpolitisches Instrument der Technologie- und Wirtschaftspolitik

- Kompetenzprofil der Hochschule

  Interdisziplinäre Kompetenzprofile durch Zusammenarbeit mehrerer Professorinnen/ Professoren mit unterschiedlicher Fachkompetenz

Phase 2:

Aufbau des Kompetenzzentrums durch Einwerbung von strategischen Aufbaudrittmitteln.

Im ersten Schritt wird während der Netzwerkinitiierung ein Businessplan (Unterstützt durch das Zentrum für G&M an der FHL) für das jeweilige Kompetenzzentrum erstellt.

Im zweiten Schritt wird der Businessplan über einen Zeitraum von 5 Jahren über drittmittelgeförderte Fachprojekte, über Auftragsforschung und über Dienstleistungsangebote umgesetzt.

Phase 3:

Konsolidierung des F&E Institutes als Dauerorganisation der Hochschule durch Vernetzung mit den Fachbereichen der Hochschule untereinander. Ziel ist es eine Integration von Forschungsaktivitäten für den Praxisbezug in die Lehre der Bachelor – und Masterprogramme zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang spielt auch der Exzellenznachweis für die Masterprogramme durch die Forschung eine herausragende Rolle.

Mit dieser Konzeption wird die FHL an Attraktivität und an Bekanntheitsgrad für Studierende und Lehrkräfte gewinnen. Darüber hinaus profiliert sie sich als Partner für regionale, nationale und internationale Forschungspartnerschaften.

Die FHL hat sich im Rahmen der Grundsatzentscheidung zur Definition der Kompetenzfelder (Siehe Phase 1) für die nachfolgenden Forschungsschwerpunkte entschieden, die der Strategie folgend zu Kompetenzzentren/F&E - Instituten ausgebaut werden sollen:

- Wasserstofftechnologien
- Kunststofftechnik
- Technische Biochemie & Lebensmitteltechnik
- Biomedizintechnik

- Gesundheitswirtschaft
- Logistik & Business Service
- Industrial IT
- Innovationszentrum Bauen

Vernetzung der F&E Institute mit den vorhandenen Einrichtungen des Technologie- und Wissenstransfers

Um die Hochschule für den Austauschprozess als leistungsfähigen, akzeptierten und unternehmerisch orientierten Innovationsdienstleister im Markt dauerhaft platzieren zu können, werden die leistungserzeugenden Einheiten der teilautonomen F&E-Institute eng vernetzt mit den bestehenden TWT – Organisationseinheiten (F&E - Zentrum, GmbH´s und Zentrum für Gründung und Management an der FHL). Diese sind verantwortlich für die Querschnittsfunktionen Strategisches Management, Marketing und Controlling und liefern Serviceleistungen für die Projektadministration der Institute. Unter Einbeziehung der Fachbereiche, die die Basiskompetenzen und die Laboreinrichtungen für die 8 F&E Institute bereitstellen, entsteht eine Aufbauorganisation gem. Abb. 3 (Anlage 3), die aus Sicht der Unternehmen in einer ihnen verständlichen Struktur verlässliche Leistungen für Innovationsvorhaben bereitstellt.

Durch das Zusammenwirken von Forschung und Lehre in den interdisziplinärer ausgerichteten F&E – Instituten wird auch eine Integrationswirkung in Bezug auf die Fachbereichszusammenarbeit erreicht.

Hierbei gibt es unterschiedliche Stadien der Umsetzung. Zur konsequenten Umsetzung dieser Strategie wurde entschieden in einem Leitprojekt mit Focus auf die Kunststoffbranche, dem Kompetenzzentrum Kunststofftechnik, beispielhaft vorzugehen. Das im Folgenden vorgestellte Kompetenzzentrum Kunststofftechnik, soll mit den gewonnen Erfahrungen dazu beitragen, die Umsetzungsprozesse der Strategie effektiv zu gestalten und das Vorgehen abzusichern. Dieses Projekt übernimmt damit die Leitfunktion in der Umsetzung der Gesamtstrategie für die anderen 7 Kompetenzfelder.

Kunststoff-Kompetenzzentrum – Projektbeschreibung

Als Startprojekt wurde 2005 das Kunststoff-Kompetenzzentrum (KuK) an der Fachhochschule Lübeck gegründet. Das KuK ist eine fachlich qualifizierte Institution, die den Branchendialog durch den Aufbau und die Organisation eines gemeinsamen Netzwerkes vorantreibt.

Das KuK eröffnet den regional ansässigen Unternehmen der Kunststoff- und Gummiindustrie neue Möglichkeiten, um Innovationen und qualitätsverbessernde Maßnahmen im Bereich der Kunststoffe durchzuführen.

Marktsituation

Kunststoffe erhalten als Konstruktionswerkstoffe eine wachsende Bedeutung. Der Werkstoffmarkt und die Verarbeitungstechnologien entwickeln sich rasant. Verarbeiter wie Anwender von Kunststoffen sowie Maschinenhersteller stellen in Schleswig-Holstein einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. Die Produkte werden in verschiedenen Branchen von der Medizintechnik über den Maschinen-, Schiffs- und Anlagenbau bis hin zur Elektrotechnik eingesetzt. Allerdings sind die Betriebsgrößen der kunststoffverarbeitenden Industrie in dieser Region kleiner als im Bundesdurchschnitt und die Arbeitsteilung (Produktentwicklung, Werkzeugbau, Verarbeitung) ist stärker ausgeprägt. Dadurch können diese Unternehmen sehr flexibel auf Kundenwünsche reagieren. Andererseits besteht die Gefahr, den Anschluss an die rasante Entwicklung zu verlieren und der Forderung der Großkunden nach „Systemlieferanten“ mit „Entwicklungsverantwortung“ nicht nachkommen zu können.

Beitrag des Projektes zur Stärkung der Wirtschaft und zum Profil der FHL

Die Wettbewerbsfähigkeit der regionalen Unternehmen soll gestärkt werden durch:

- Intensivierung des Branchendialogs und der Branchenkooperation durch Schaffung eines brachenbezogenen Netzwerkes, dessen Management durch die Hochschuleinrichtung (Kompetenzzentrum/F&E Institut) betrieben wird
- Anbindung dieser Netzwerkaktivität an eine technische/wissenschaftliche Einrichtung (FHL), die fachlich akzeptiert wird und wettbewerblich neutral ist, damit der Dialog auch durch konkrete operative Maßnahmen und Projekte unterstützt werden kann
- Qualifizierung des Personals der Unternehmen
  - im Rahmen gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die das Personal an den modernsten Stand der internationalen Entwicklung heranführen sowie
  - durch Schulungen, Workshops und Seminare

- Bereitstellung der Fachkompetenz des KuK sowie anderer Netzwerkpartner (FH Kiel, TU Hamburg-Harburg, Unternehmen der Region) für Innovationsvorhaben und qualitätssichernde Maßnahmen, effizientere Ausschöpfung des technologischen Potenzials der Region
- Zugriff der regionalen Unternehmen ohne große Investitionen auf externe technische Ausstattung an der FHL für Forschungs- & Entwicklungsaufgaben

• Antragstellung und/oder Kooperationspartner für größere Drittmittelprojekte

• Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in die Lehre (Vorlesungsinhalte, Projektbeteiligung von Studierende)

• branchenbezogene Öffentlichkeitsarbeit

Die dafür nötigen personellen Ressourcen und organisatorischen Strukturen und technischen Einrichtungen werden zurzeit im Rahmen dieses Projektes an der FHL aufgebaut und dort nach der Anschubfinanzierung dauerhaft als F&E - Institut verankert werden. Nach Ablauf des Förderzeitraumes soll sich die Einrichtung aus ihren Einnahmen (Drittmittel für F&E, Auftragsforschung, Dienstleistungen, Schulungen) überwiegend selbst finanzieren, um so eine Nachhaltigkeit zu gewährleisten.

Zielgruppen des Projektes sind:

• Kunststoffkonfektionierer (stellen Kunststoffmischungen nach Kundenanforderungen her, z.B. Altropol, Lehmann und Voß, Hanse Chemie etc.),

• Hersteller von kunststoffverarbeitenden Maschinen (z.B. Gabler mit Thermoform¬stanz¬automaten) und von Werkzeugen für die Kunststoffverarbeitung,

• kunststoffverarbeitende Betriebe (GPE – Ganderke Plast Engineering sowie viele kleine und mittlere Spritzgussbetriebe, Folienhersteller etc.),

• Unternehmen, die Polymerwerkstoffe in ihren Produkten einsetzen. Hierzu gehören v. a. Unternehmen der folgenden Branchen:

- Medizintechnik: Kunststoffteile in Medizingeräten, medizinische Einwegartikel (Dräger, Codan, Eppendorf etc.), Gelenkimplantate
- Maschinenbau: Maschinen- und Anlagenteile aus Kunststoff, Pkw-Zulieferer, Dichtungen
- E-Technik: Gehäuse von Geräten und Komponenten (Kuhnke), Motorkomponenten aus Kunststoffen, Isolierteile, etc.
- Meerestechnik: Faserverbundwerkstoffe im Bootsbau und in der Marinetechnik
- Und eine Vielzahl kleinerer Branchen und Unternehmen, in denen Kunststoffe verwendet werden.

Die Fachhochschule Lübeck hat vor Beginn des Projektes eine Potenzialstudie in der Branche „Kunststofftechnik" beauftragt, um ihre Kompetenzen (Ausbildung und F&E) der Wirtschaft bedarfsgerecht und nachhaltig zur Verfügung stellen zu können. An dieser Studie wurde das Konzept ausgerichtet . Die Studie beschäftigte sich neben der Marktsituation auch mit den Potenzialen der FHL.

Ergebnisse der durchgeführten Potenzialstudie „Kunststofftechnik":

In den o. g. Technologiefeldern nimmt Deutschland durch innovative und qualitativ hochwertige Produkte international eine führende Position ein. Auch in Schleswig-Holstein stellen diese Branchen nach Umsatz und Beschäftigtenzahl einen wichtigen Wirtschaftsfaktor[2] dar . Allerdings sind die Betriebsgrößen dieser Unternehmen im Bundesvergleich unterdurchschnittlich klein. Diese vorwiegend kleinen bis mittleren Unternehmen zeichnen sich häufig durch hohe Flexibilität in der Reaktion auf Kundenwünsche aus.

Sie können sich allerdings i. d. R. keine eigenen Labor- und Entwicklungskapazitäten halten[3] und haben es daher sehr schwer, den Anschluss an die rasche technische Entwicklung zu halten. Eine Kombination der Flexibilität kleiner und mittlerer Unternehmen mit der Möglichkeit auf externe Entwicklungskapazitäten zurückzugreifen, kann eine spezifische Stärke der Unternehmen in unserer Region ausmachen. In anderen Bundesländern sind ähnliche Institutionen bereits seit längerem erfolgreich tätig.

2 Neben den klassischen Herstellern von Kunststoff- und Gummiartikeln (ca. 75 in S-H, 7000 Beschäftigte) gehören zahlreiche Betriebe der Branchen Medizintechnik (Dräger, Codan etc.) und Elektrotechnik (z.B. Kuhnke) zu den Hersteller von Kunststoffprodukten. Hinzu kommen Hersteller der zugehörigen Werkzeuge (ca. 20 vorwiegend kleine handwerkliche Betriebe) und Maschinen (Gabler, Neumag etc.) und Rohstoffe (z.B. Ormecon). Aber auch die Anwender von Kunststoffartikeln (div. Apparate- und Maschinenbaubetriebe, Handwerksbetriebe etc.) haben häufig Bedarf an Beratung, Entwicklung und Werkstoffuntersuchungen im Bereich Kunststofftechnik.

3 Laut einer Studie der TTZ („Forschung und Entwicklung in Schleswig-Holstein") sind im kunststoffverarbeitenden Gewerbe lediglich 4,5 % der Beschäftigten in den Bereichen F&E sowie Konstruktion tätig. Entwicklung, Konstruktion und Werkzeugbau werden anderen überlassen. Großunternehmen der Branchen Automobilbau, E-Technik und Maschinenbau suchen dagegen zunehmend Lieferanten mit „Systemkompetenz".

Ein weiterer Schwachpunkt ist das Fehlen eines regelmäßigen, umfassenden Branchendialogs. Die Koordinationsstelle für den Branchendialog sollte jedoch an eine technische Einrichtung gekoppelt sein, um zu gewährleisten, dass der Branchendialog auch durch operative Maßnahmen unterstützt werden kann. Das Personal dieser Koordinationsstelle muss daher fachlich kompetent sein, technische Problemstellungen analysieren, Lösungsstrategien erarbeiten und F&E- Projekte durchführen und koordinieren können.

An der Fachhochschule Lübeck sind das dafür erforderliche Know-how und die nötigen technischen Einrichtungen weitgehend vorhanden. Im Rahmen von Diplomarbeiten und kleineren Projekten konnten bereits gute Kontakte zur regionalen Industrie im Kunststoffsektor aufgebaut werden. Die Laborausstattung ist sehr umfassend und modern (s.a. www.kuk-sh.de).

Besondere Kompetenzen bestehen in folgenden Bereichen: Bauweisenentwicklung mit Faserverbundwerkstoffen, zielorientierte systematische Werkstoffauswahl im Bereich Kunststoffe und Polymer-Verbundwerkstoffe, Reibung und Verschleiß, Schadensanalyse und Werkstoffprüfung.

Die Förderung des Projektes „Kunststoff-Kompetenzzentrum“ dient als Anschubfinanzierung für den Aufbau einer eng an die kunststofftechnische Branche angebundenen Transferstelle, die den kleinen und mittelständischen Unternehmen der Region zum einen technische Unterstützung im Innovationsprozess leistet und sich dabei zum Kommunikations-knotenpunkt für den regionalen Branchendialog entwickelt.

Bedeutung des KuK für die FH Lübeck

Die zentrale Aufgabe der FHL ist die Ausbildung von Ingenieuren/innen auf qualitativ hohem Niveau. Inhaltlich soll sich die Ausbildung an dem Bedarf der regionalen Industrie orientieren. Eine überdurchschnittliche, anforderungsgerechte Qualifikation soll den Studierenden den Übergang vom Studium in ein erfolgreiches Arbeitsleben zum Nutzen der Unternehmen sichern.

Für eine praxisorientierte Ausbildung ist ein enger Kontakt zur regionalen Industrie unabdingbar. Diese Kontakte wurden im Bereich Kunststofftechnik während der vergangenen Jahre systematisch ausgebaut.

Aktive angewandte F&E an der FHL ist eine Grundvoraussetzung für eine qualitativ hochwertige praxisbezogene Lehre. Dies gilt um so mehr für die von der FHL geplante Einführung forschungsorientierter internationaler Master-Studiengänge. Diese sind nur dann dauerhaft akkreditierungsfähig, wenn die FHL F&E- Potenziale und eine entsprechende Reputation in den entsprechenden Fachgebieten nachweisen kann. Die Kunststofftechnik soll Schwerpunkt eines entsprechenden Master-Studiengangs im Fachbereich Maschinenbau und Wirtschaftsingenieurwesen werden. Das KuK soll die entsprechenden Masterarbeitsthemen zur Verfügung stellen und die dazugehörigen Industriekontakte aufbauen und pflegen.

Es bestehen regelmäßige Kontakte zu zahlreichen regionalen Unternehmen. In Zusammenarbeit mit diesen Unternehmen wurden bereits mehrere Praktikums- und Diplomprojekte bearbeitet. Das belegt den Bedarf der regionalen Industrie an kunststofftechnischer Unterstützung und die Fähigkeit der FHL, diese Unterstützung zu leisten.

Durch den Aufbau des Kuk können nun viele Anfragen aus der Industrie nach Kooperationen im Bereich Kunststofftechnik bearbeitet werden, da die Ressourcen (Personal und Detailkenntnissen in Teilbereichen z.B. Werkzeugkonstruktion, Verfahrensentwicklung in der Kunststoffverarbeitung sowie kunststoffgerechte Bauteilentwicklung) zusammengeführt und erweitert wurden

Dabei soll keine Konkurrenz zu bestehenden Unternehmen und Instituten aufgebaut werden, vielmehr sollen deren Kapazitäten in das Netzwerk einbezogen und gebündelt nutzbar gemacht werden. Untersuchungen, die auch durch kommerzielle Labore durchgeführt werden können, sollen weitergereicht werden. Kernaufgabe des KuK ist die Initialwirkung für Innovation in Produkten und Prozessen.

Durch die Einbeziehung von Studierenden als Praktikanten/innen, Diplomanden/innen und studentische Hilfskräfte soll das KuK eng an den normalen Lehrbetrieb der FHL angebunden werden. Die Studierenden können so unmittelbar in Kooperationsprojekte mit Industrieunternehmen hineinwachsen, Praxiserfahrungen gewinnen und Kontakte für die spätere Arbeitplatzsuche aufbauen. Auch das Lehr- und Laborpersonal wird seine Praxiskenntnisse ausweiten und vertiefen können; der Praxisbezug in der Lehre wird sich dadurch verbessern.

Schaffung der notwendigen Randbedingungen

1. Die Ausstattung der Kunststofflabore der FHL wurde mit Hilfe der Projektmittel komplettiert. Dieses wird iterativ während der ersten Kooperationsprojekte und Kundenkontakte fortgesetzt, um die Kunststofflabore der FHL so weitgehend auf die Bedarfe der regionalen Industrie abzustimmen.

2. Projektpersonal (2 Ings. eine halbe Bürokraft und ein(e) halbe(r) gewerbliche(r) MitarbeiterIn) ist eingestellt und eingearbeitet (Siehe Bild 4 (Anlage 4)) Während der Projektlaufzeit soll das neue Personal in wachsendem Maße Eigenverantwortung für Öffentlichkeitsarbeit, Akquisition/Vertrieb, Auftrags- und Projektbearbeitung sowie Netzwerkkoordination übernehmen. Dabei sollen in größerem Umfang Studierende als Praktikanten/innen und Diplomanden/innen eingebunden werden.
   Die finanzielle Förderung dieser Projektstellen wird während der Projektlaufzeit kontinuierlich verringert werden. Komplementärmittel müssen in entsprechendem Umfang durch F&E - Aufträge und F&E - Projekte eingeworben werden
3. Das KuK ist in der Aufbauphase als Kompetenzzentrum organisatorisch der FHL Forschungs-GmbH angegliedert und wird anschließend in ein F&E – Institut als dauerhafte Organisationseinheit der FHL überführt, die mit den an der FHL betriebenen zentralen Transferstrukturen effiziente und ergebnisorientierte Umsetzung der Projektziele nachhaltig ermöglicht.
   In dem Prozess kann das Projekt Ressourcen (Personal, Serviceleistungen, Labore, Büroräume und sonstige Ausstattung) der FHL nutzen.
4. An der Fachhochschule Lübeck ist mit dem Projekt „Kompetenzzentrum Gründung & Management“ die Einrichtung einer Betreuungs- und Anlaufstelle für potentielle Unternehmensgründer vorgesehen. Dies dient durch Förderung des „Unternehmerdenkens“ auch den pragmatischen und wirtschaftsbezogenen vorliegenden Projektzielen.

Stand der Umsetzung und weitere Geschäftsplanung

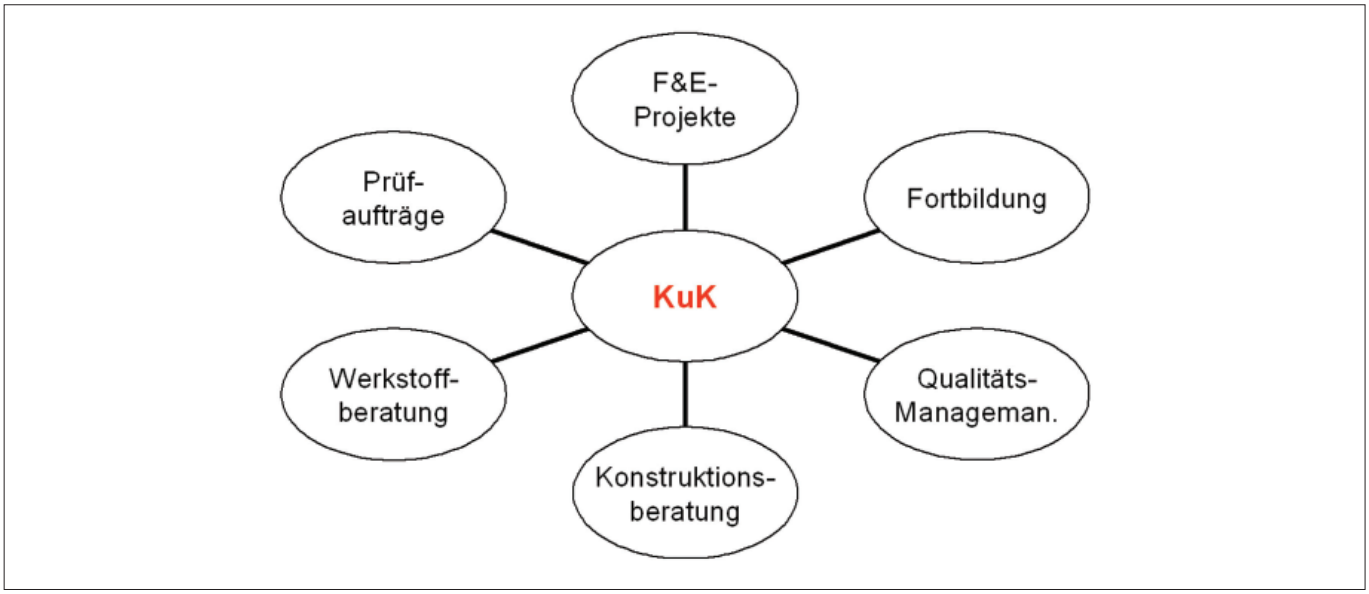
Im Dezember 2005 wurde der Zuwendungsbescheid für einen Förderzeitraum von zunächst 2 Jahren durch den Wirtschafts- und Wissenschaftsminister des Landes Schleswig-Holstein überreicht. Die Förderung wird anteilig durch das Land Schleswig-Holstein und die EU gewährt und beträgt insgesamt 1,5 Mio. EUR. Durch diese Mittel wurde zunächst die Ausstattung so komplettiert, dass die meisten Anfragen der regionalen Industrie bearbeitet werden können. Basierend auf den Kooperationserfahrungen aus 2006 sollen in 2007 weitere Investitionen getätigt werden. Der Schwerpunkt dieser Investitionen wird im Bereich Compoundierung und Probenherstellung liegen. Ggf. wird auf Geräte der Partnerinstitute (FH Kiel, Univ. Kiel, TU Harburg, GKSS) oder regionale Unternehmen (nano resins, Lehmann und Voss, GPE etc.) zurückgegriffen.

Der größte Teil der Fördersumme ist für Personal vorgesehen, das mit Hilfe der sehr guten Labor-, EDV- und Technikumsausstattung die Anfragen der Unternehmen bearbeitet. Zwischen Februar und März 2006 wurden 1 Ingenieur (Orientierung Vertrieb) und 1 Ingenieurin (Orientierung wissenschaftliche Arbeit) sowie eine Betriebswirtin (Administration und Netzwerk) eingestellt. Ab Januar 2007 wird weiterhin eine halbe gewerbliche Kraft tätig, die Werkstatt- und Laborarbeiten verrichtet.

Kompetenzentwicklung des Fachpersonals:

Die akquirierten Aufträge werden nach gemeinsamer Vorbesprechung mittlerweile weitgehend ohne Hilfe des KuK-Leiters bearbeitet.

- Akquisitionsgespräche und Erstkontakte werden bereits selbständig durch das KuK-Personal vereinbart.
- In zunehmendem Maße beteiligen sich die KuK-MitarbeiterInnen an der strategischen und operativen Planung.



Leistungsfelder des KuK

Die verschiedenen Geschäftsfelder werden entwickelt und die Netzwerk- und Kundenkontakte systematisch aufgebaut. Dabei wird die beratende Unterstützung des Kompetenzzentrums Gründung und Management (G&M) aktiv genutzt. In Zusammenarbeit mit G&M werden ein Businessplan für das KuK entwickelt und eine Marketingstudie über die regionale Kunststoffbranche und die Chancen des KuK durchgeführt. Drei wirtschaftsingenieurwissenschaftliche Diplomarbeiten dienten der Erarbeitung der entsprechenden Grundlagen.

Nach dem gegenwärtigen Stand stellt sich das Leistungsspektrum des KuK dar, gemäß nachfolgender Darstellung dar:

Mittelfristiges Ziel ist es, den Bereich „Projekte" auszubauen. Hier werden am ehesten Vorteile für die regionale Industrie erwartet. Zudem lässt sich durch mittelfristige Projekte am besten eine Grundauslastung sicherstellen. Momentan sind die Bereiche Werkstoffberatung und Prüfaufträge dominierend. Über diese „kleineren" Aufträge sollen der Kontakt zur Industrie und deren Vertrauen in die Leistungsfähigkeit des KuK aufgebaut werden.

Folgende Einzelmaßnahmen des KuK im Laufe des ersten Projektjahres verdienen besondere Erwähnung:

1. Netzwerkaktivität:

Die Netzwerktätigkeiten konzentrierten sich zunächst auf die Öffentlichkeitsarbeit und die Durchführung gemeinsamer Veranstaltungen. Die Intention dabei war, zunächst Vertrauen zu gewinnen und als kompetenter neutraler Partner akzeptiert zu werden, bevor formale Netzwerkstrukturen aufgebaut wurden. Folgende Veranstaltungen wurden durchgeführt:

- Ein Workshop zum Thema neue Trends im Kunststoffmarkt wurde durch das KuK veranstaltet. An diesem Workshop nahmen ca. 50 Personen – vorwiegend aus der regionalen Industrie – teil. Das KuK stellte sich selbst auf diesem Workshop erstmals der Öffentlichkeit vor.
  In den nachfolgenden Wochen ergaben sich eine Reihe Kundengespräche aus diesem Workshop. Begleitend gab es eine kleine Ausstellung. Dort konnten die Unternehmen sich an Informationsständen präsentieren. Diese Möglichkeit wurde sehr ausgiebig genutzt und führte zu zahlreichen und intensiven Gesprächen zwischen den Teilnehmern.
- Gemeinsam mit der „Norddeutschen Initiative Nanomaterialien" (NINa) wurde ein Tribologieworkshop durchgeführt. Diese Veranstaltung wurde von ca. 30 Unternehmen besucht (eine weitere Zielgruppe zu dem ersten Workshop). Das KuK konnte die Gelegenheit nutzen, um neue Aufträge auf dem Kompetenzfeld Tribologie zu akquirieren.
- Im Oktober wurde gemeinsam mit der WTSH (Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH), IHK zu Lübeck und dem Unternehmen Bachorski Design die 1. Lübecker Werkstoffmesse veranstaltet.

Bei all diesen Veranstaltungen wurden direkte Kontakte zu Unternehmen aus der Region geknüpft und Kooperationspotentiale ermittelt. Eine Reihe konkreter Projekte und Aufträge wurden dort bereits akquiriert.

2. Projektakquisition:

- Bereits die Vorgespräche zur Gründung des KuK und die Mitarbeit in der NINa mündeten in der Beantragung von Fördermitteln für ein Projekt „tribologisch optimierte Nano-Composites". Dieses Projekt startete im April 2006 als Verbundprojekt mit den Partnern Lehmann und Voss und nanoresins. Es wurde ein weiterer Projekt-Ing. eingestellt, so dass das KuK dadurch bereits um eine Person wachsen konnte.
- In den ersten Kontaktgesprächen nach Gründung des KuK entwickelte sich eine Kooperation mit dem regionalen Kleinunternehmen „nanoproofed". In der Folge wurde ein Projektantrag „langlebige Antihaftschichten für Werkzeuge der Kunststoffverarbeitung" erarbeitet. Dieses Projekt wird von der Innovationsstiftung S-H. gefördert und begann im Oktober 2006 . Es wird teilweise von den bereits vorhandenen KuK-Ings. bearbeitet. Das Projekt soll in der Zusammenführung eines größeren Konsortiums aus Kunststoffverarbeitern, Werkzeugbauern und Beschichtungsherstellern einmünden, das dann gemeinsam mit dem KuK und nanoproofed marktreife Produkte entwickeln soll.

3. Auftragsakquisition und –bearbeitung

- Es wurden eine Website sowie weiteres Öffentlichkeitsmaterial erstellt und versandt. Gleichzeitig wird über Info-Mails zu Workshops und Marktstudien regelmäßiger Kontakt zu potentiellen Kunden gehalten. Auf der Werkstoffmesse und den Workshops wurde gezielt das Gespräch mit den Kunden gesucht.
- Durch den Vertriebsmitarbeiter und den Leiter des KuK wurden mit zahlreichen Unternehmen Gespräche über die Leistungen des KuK sowie über potentielle Kooperationen geführt (s. o.). Es haben in 2006 (erstes Projektjahr) 55 protokollierte Kundengespräche mit dem Ziel der Kontaktaufnahme und Projektakquisition stattgefunden. Hinzu kommen zahlreiche nicht protokollierte Telefonate und Messegespräche. Aus diesen Kontakten ergaben sich 30 Angebotsaufforderungen. Diese 30 Angebote führten zu 23 Beauftragungen durch insgesamt 23 Unternehmen. Eines dieser Unternehmen ist ein Großunternehmen (Lufthansa Technik), alle anderen Auftraggeber waren KMUs. Mit diesen Aufträgen wurde bereits im ersten Projektjahr ein Umsatz von ca. 30.000 EUR erzielt.
  Bei diesen Aufträgen handelt es sich um sehr spezielle Probleme, für die die Unternehmen keine Unterstützung in

kommerziellen Prüflaboren finden konnten. Einige dieser Projekte mündeten in die Vermittlung von Kontakten zu regionalen Unternehmen, die die Ergebnisse dann umsetzen.

- Nachgefragte Leistungen waren vorwiegend:
  - Unterstützung bei Werkstoffauswahl und –qualifikation, Werkstoffprüfung und –analyse,
  - Analyse von Produkt- und Produktionsfehlern, Unterstützung bei der Erarbeitung von Abhilfemaßnahmen,
  - Prozesssicherheit bei der Verarbeitung und Verwendung von Rezyklaten.
- Als besonders viel versprechend erwiesen sich die Kompetenzen und Prüfmöglichkeiten des KuK im Bereich Tribologie (Reibung und Verschleiß). In diesem Fachgebiet hat das KuK eine überregional wahrgenommene Expertise, und es gehen Anfragen und Aufträge aus ganz Deutschland ein.

4. Verbindung mit der Lehre

In dem ersten Jahr des KuK wurden dort 4 Diplomarbeiten sowie ein berufspraktisches Semester durchgeführt. Eine weitere Diplomarbeit wurde bei der Robert Bosch GmbH in Zusammenarbeit mit dem KuK durchgeführt. Momentan ist eine weitere Diplomarbeit bei der GKSS in Zusammenarbeit mit dem KuK in Bearbeitung. Zwei weitere Berufspraktika wurden bereits für das SS07 vereinbart.

Darüber hinaus haben drei Studierende unserer chinesischen Partner-Hochschule ECUST ihre Abschlussarbeiten (BSc und MSc) bei im KuK angefertigt. Die Ausstrahlung des KuK hat bereits dazu geführt, dass sich in dem gegenwärtigen Studiengang Maschinenbau die Anzahl der Studierenden der Studienrichtung Werkstofftechnologie vervierfach hat.

Zur Planung der weiteren strategischen Entwicklung des KuK wurde eine Marktstudie zur Struktur und Leistungsfähigkeit der regionalen Kunststoffbranche sowie ein Handlungskonzept zu deren Entwicklung erarbeitet. Es geht daraus hervor, dass die Kunststoffbranche in Schleswig-Holstein sehr stark diversifiziert ist. Es gibt kaum Kapazitäten in der Rohstoffgewinnung und Kunststoffherstellung. Stattdessen gibt es viele Unternehmen, die nicht unmittelbar zur Kunststoffbranche gehören, aber in der täglichen Arbeit häufig mit Kunststoffen konfrontiert sind, wie z.B. Maschinenbau- und Medizintechnik-unternehmen. Aus diesen Branchen stammen auch die meisten der bisherigen Kunden des KuK. Die Akquisition soll daher in diesen Sektoren verstärkt und ausgeweitet (Bootsbau) werden. Darüber hinaus sollen neue Märkte strategisch erschlossen werden. In diesem Zusammenhang ist die wachsende Bedeutung des Marktes der Recycling-Technologie zu erwähnen, den das KuK systematisch entwickeln will. Der Bereich, in dem das KuK traditionell gut verankert ist (Compound-Entwicklung) soll gehalten und ausgebaut werden.

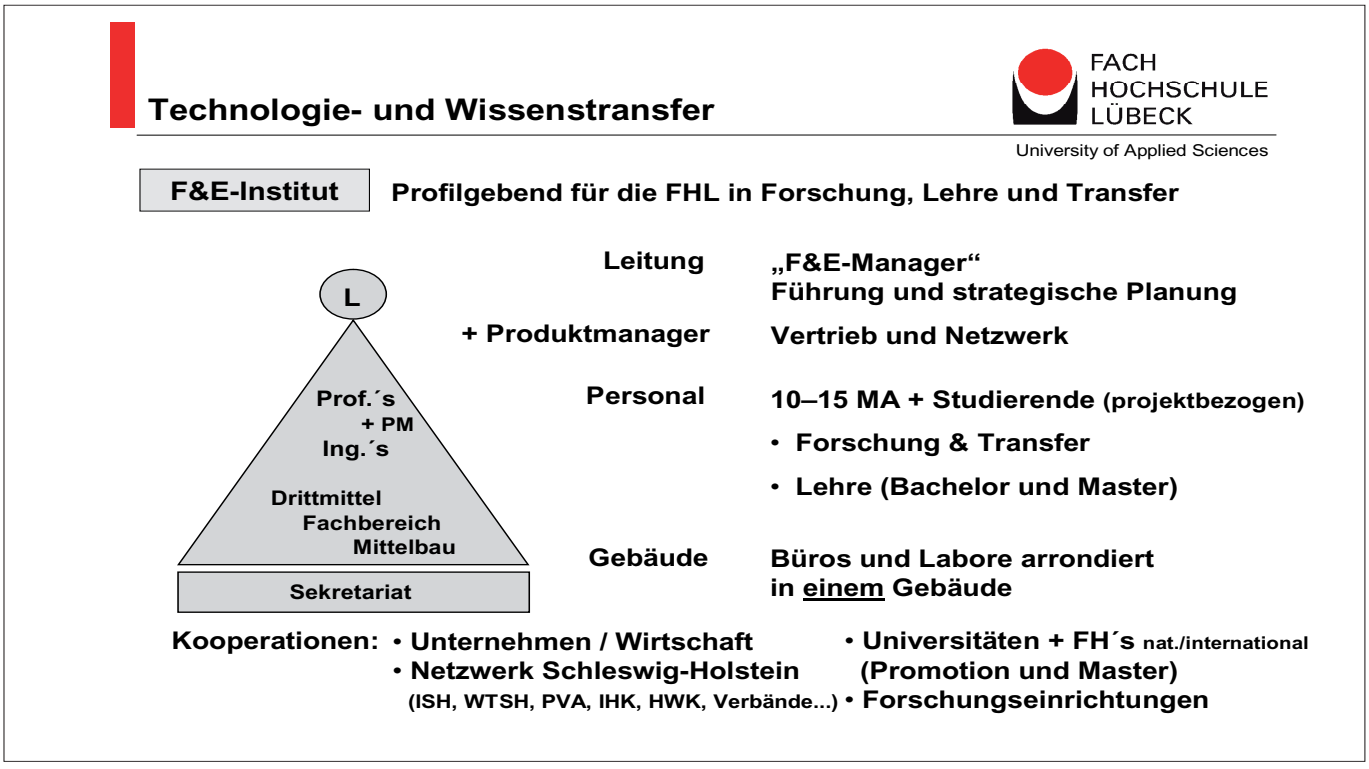


Bild 1 Aufbaustruktur eines F&E-Institutes

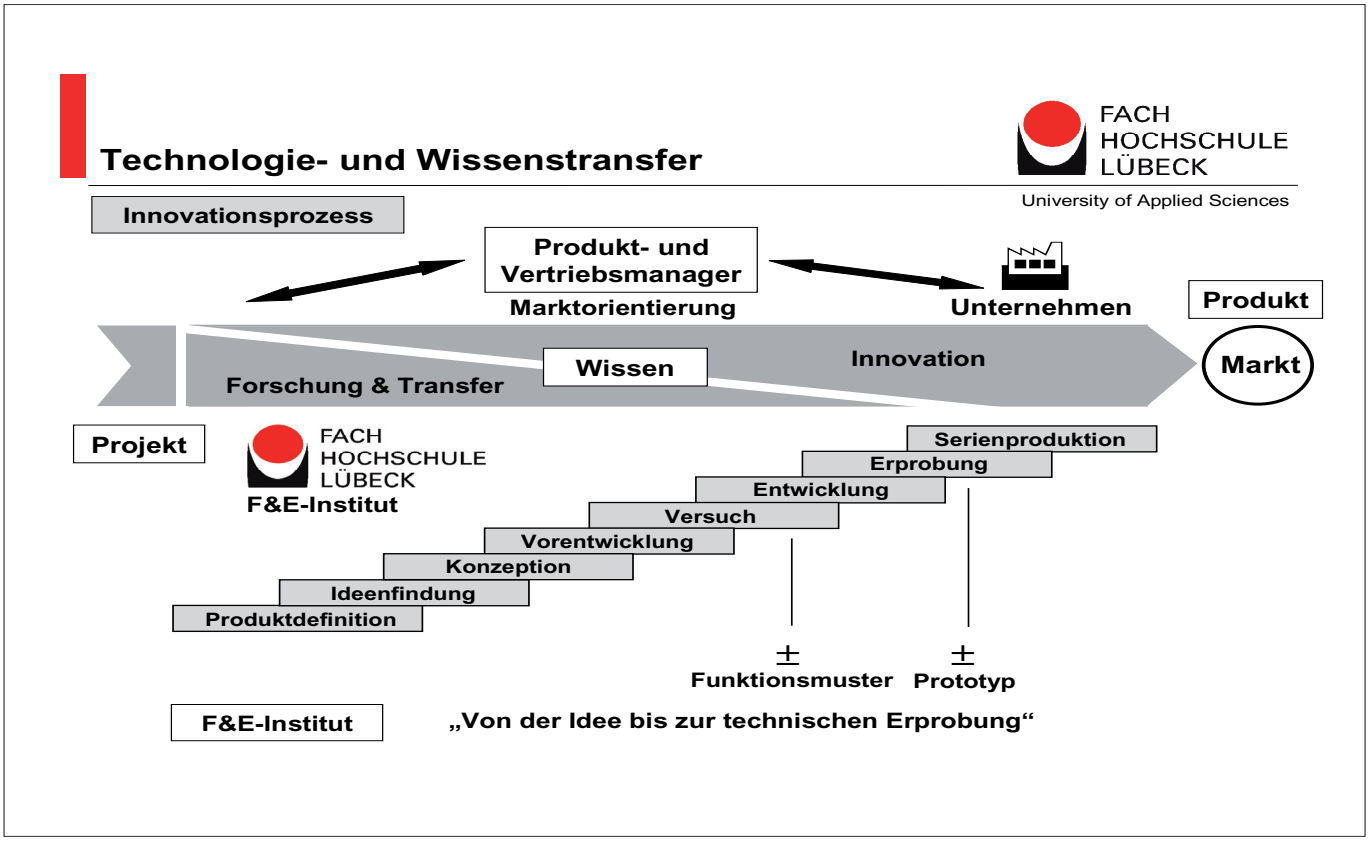


Bild 2 Innovationsprozess zwischen F&E-Institut und Unternehmen

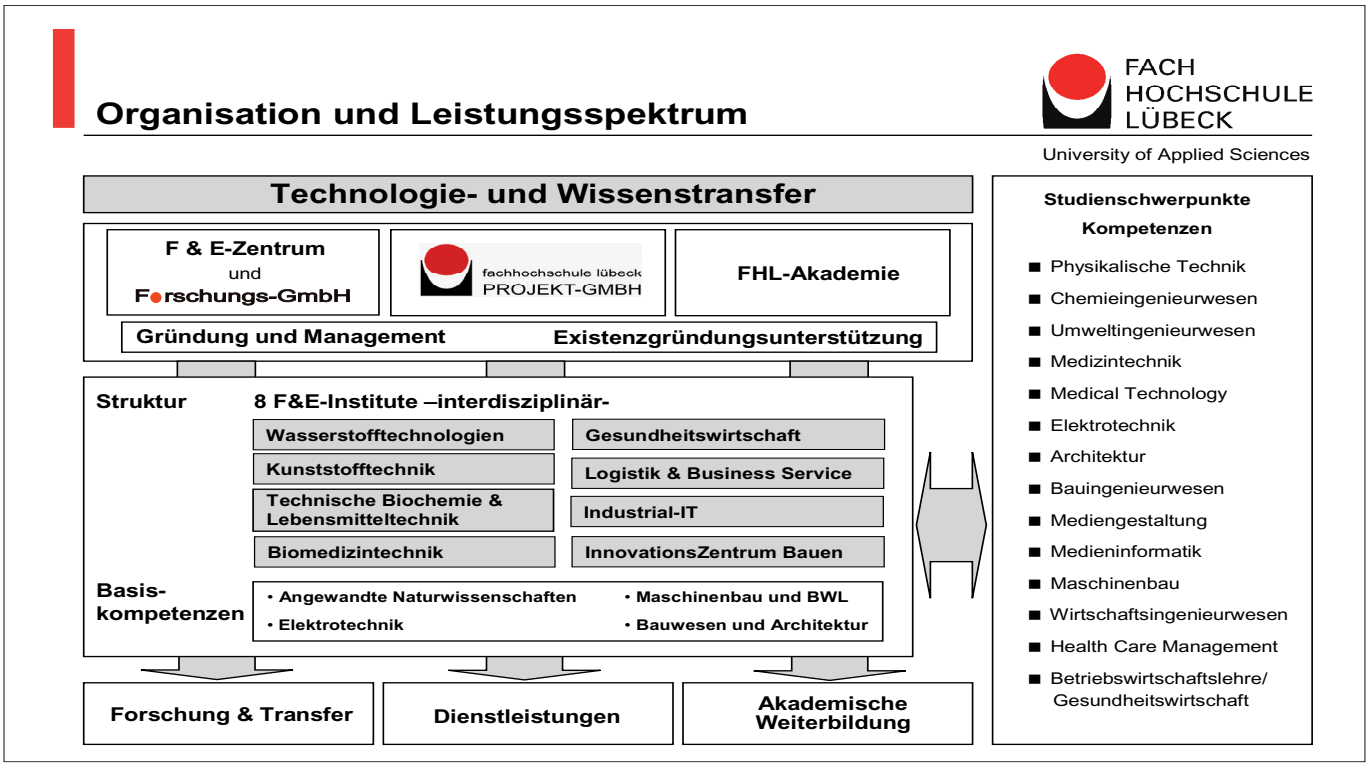


Bild 3 Organisation und Leistungsspektrum

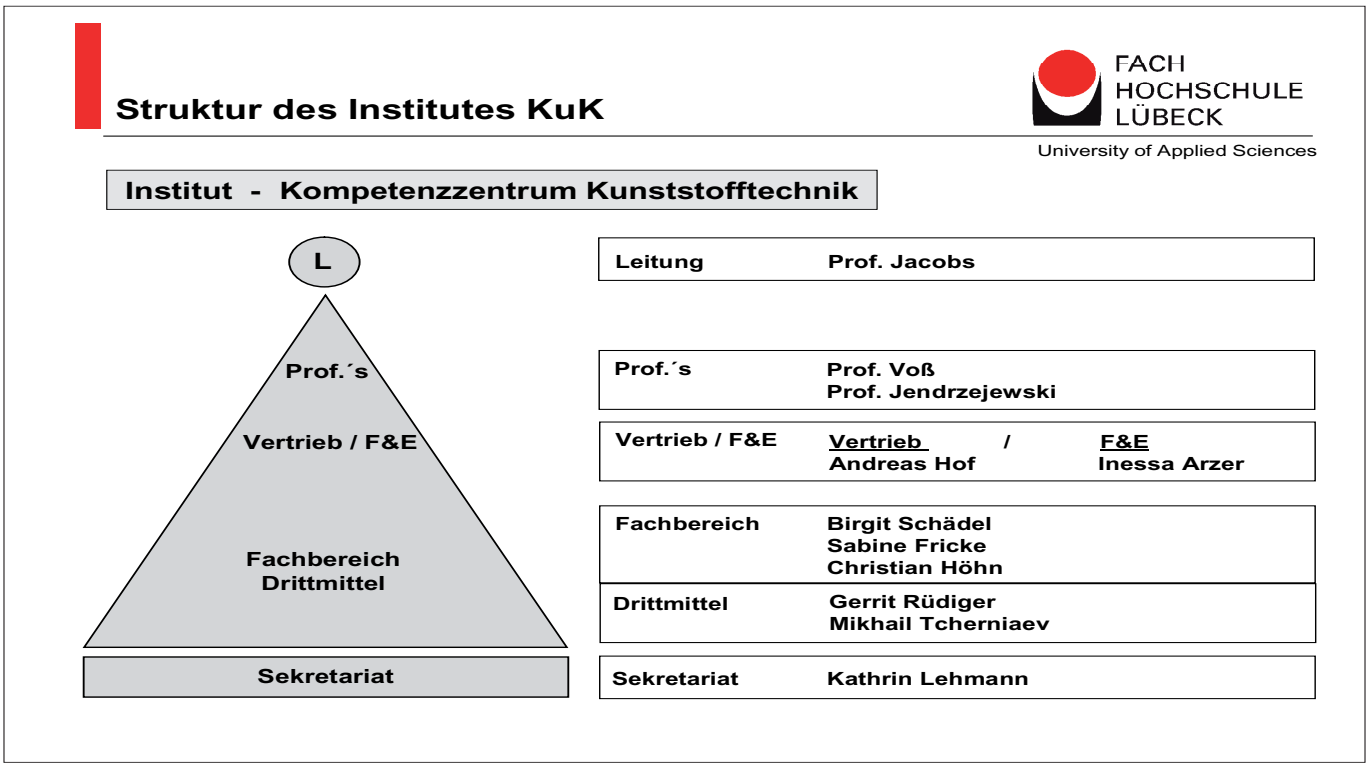


Bild 4 Aufbaustruktur des Kompetenzzentrums Kunststofftechnik

LMS independent content production by oncampus

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Wittke

What is e-learning content?

In the last ten years a lot of research activities have taken place worldwide with the aim to implement e-learning in schools and universities. First of all, these institutions installed learning management systems (LMS) to provide new technology services to their students and the upload of already existing Power Point presentations began. However, they recognised afterwards that Power Point slides or Word- and PDF-files have no real advantage to printed books. The institutions started new projects for creating "real" internet learning content and programmed HTML-Pages and Flash-Objects. The goal was to produce content for reusing and sharing. New standards and specifications were discussed and installed, e.g. SCORM[1] and LOM[2] . Today, interoperable, reusable e-learning content with metadata (e.g. SCORM objects), embedded rich media objects and interactive elements is state-of-the-art.

The real world of e-learning content

Has anybody ever sampled sharing learning objects between different learning management systems? Is it true that every LMS is SCORM compliant? The reality is a bit more complex and of course quite slow. Exporting and importing learning objects or whole courses from different LMS is normally impossible. Every version of an LMS has different implementations of SCORM or LOM standards.

SCORM timeline

- January 1999 — The Department of Defense (DoD) started to develop a common specifications and standards for e-learning across both federal and private sectors
- January 2000 — SCORM Version 1.0
- January 2001 — SCORM Version 1.1
- October 2001 — SCORM Version 1.2
- January 2004 — SCORM 2004 (1st Edition)
- July 2004 — SCORM 2004 (2nd Edition)
- June 2006 — Department of Defense Instruction (DoDI) 1322.26 Requiring DoD Use of SCORM
- August 2006 — SCORM 2004 3rd Edition draft release for public review

However, a new standard and a new version of learning management systems normally lasts one or two years and there are a lot of errors during the implementation. Standards are a must for interoperability and for reusability but the software still needs some more years to implement the required interfaces correctly.

Open source systems

In the last years the dissemination of open source software[3] (OSS) has extremely grown. Complex software like operating systems (Linux[4]), web browsers (Mozilla[5]) or office applications (Open Office[6]) are now available and millions of private users and companies are applicating them successfully. E-learning providers or institutions are more and more faced with

1 SCORM http://www.adlnet.gov/scorm/index.cfm
2 LOM http://www.imsglobal.org/metadata/
3 Open Source Software http://en.wikipedia.org/wiki/Open_source_software
4 Linux http://www.linux.org/
5 Mozilla http://www.mozilla.org
6 Open Office http://www.openoffice.org

the requirement of interoperability of learning objects, e. g. with regard to the change of learning platforms from commercial to open source solutions, e.g. Moodle[7] or Sakai[8]. Changing the LMS is very complex. Some installations have more than 100.000 users and 30.000 courses. Exporting and importing normally does not work, therefore it is essentially necessary that the e-learning content is independent from LMS, operating system and browser. Otherwise the transfer is expensive and costs a lot of time, sometimes with missing success.

The Bologna process

The focus of the European activities is that universities should work more and more together, sharing courses, material and exchanging students. Regarding the interoperability of e-learning content it is very important to develop the content independent from any LMS. There are three important systems for implementing e-learning in an institution. Each has to be independent from the others.

1. administration system for accounting, billing, authority and exams
2. learning management system for courses, messaging and content/course material
3. content management system for content production and a repository

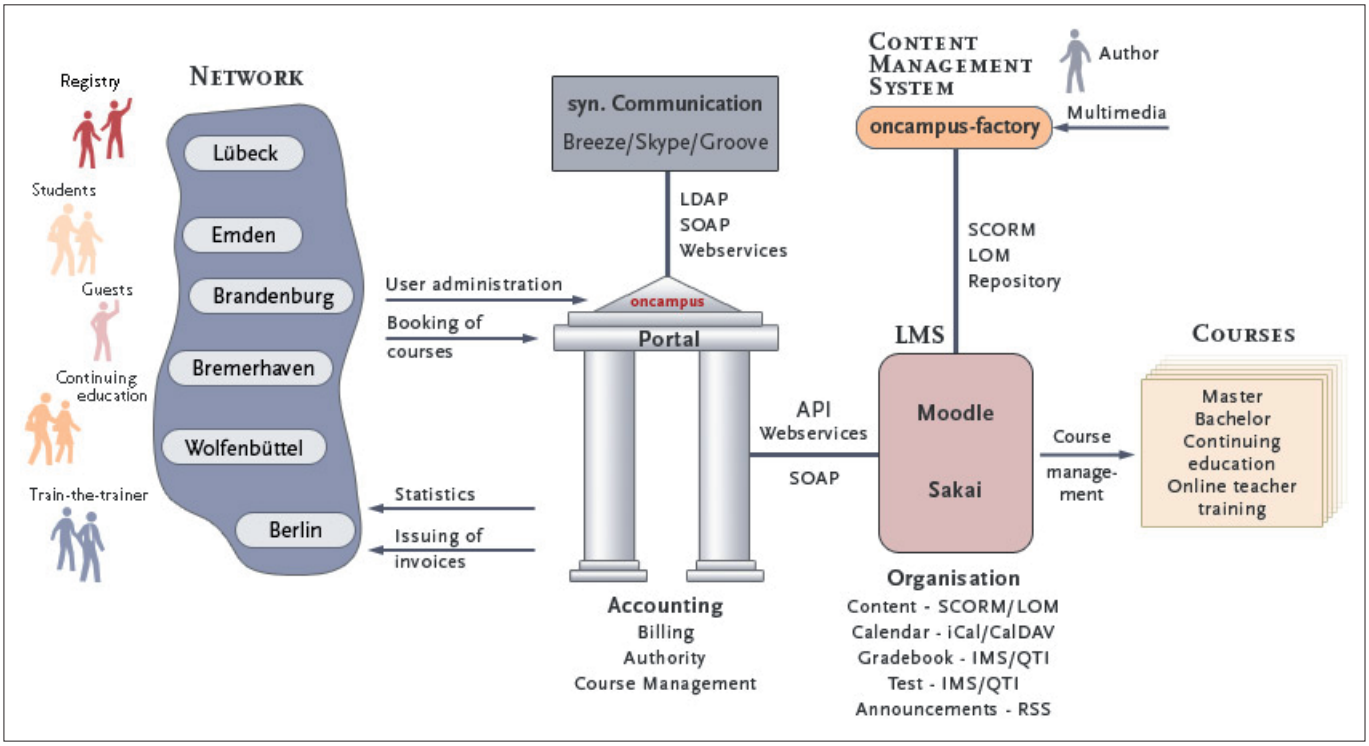


Figure 1 Example oncampus technical framework at Lübeck: oncampus-portal for administration, LMS with Sakai and Moodle and CMS with oncampus-factory

Each system has an interface like SOAP, Webservice or SCORM for connecting to the other systems, as it is not important where the other system is. So each institute or service can be all over the world and new collaboration and networks can be established.

7 Moodle http://www.moodle.org
8 Sakai http://www.sakaiproject.org

oncampus-factory

The content management system oncampus-factory[9] was specially developed with the focus on independent e-learning content production. Since 1998 oncampus has offered online courses and oncampus-factory is the 4th generation of this content development process. The content is independent from LMS, operating system and web browser. The process is based on a XML-structure which is parsed by the Giunti eXact Packager[10]. Because of its underlying XML-structure layout and the separated content, the process is multilingual and skinable. Rich media objects are directly embedded in the structure of content (e. g. movies, photos, simulations). The production of high voluminous content is possible (e. g. to produce full study programmes).

Normally e-learning content has a higher volume than scripts in face-to-face teaching. The problem is the handling of high volume content with embedded multi media objects. On the one hand this refers to usability from the learner´s point of view. On the other hand, there are huge requirements concerning technical needs and personal skills with regard to the embedding of content in the respective learning platform.

oncampus-factory was developed for every kind of academic content, e.g. for technicians, doctors or artists. An offline- and print version of content may be provided immediately.

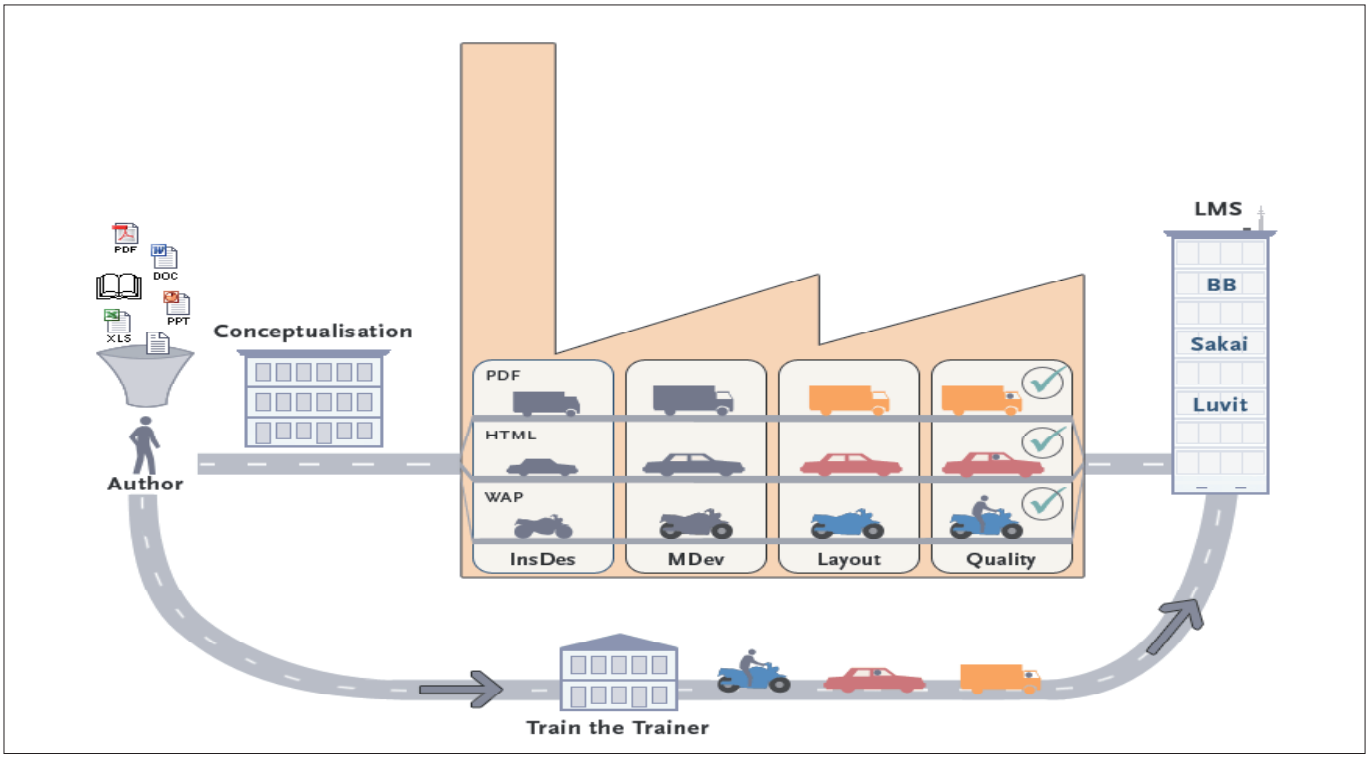


Figure 2 oncampus-factory development process

With only one XML source file it is possible to create different versions of content, e.g. PDF, HTML or WAP. After an online trainer session it will be easily possible for the author to create his own online courses.

Bug reporting and course evaluation (by students) are integrated, too. That means the student has the possibility on a very easy and fast way to send errors to the system. This interactive service improves the quality of the course for all users, like a wiki.

Conclusion

For the next steps in e-learning content production it is important to have a look on open source systems and the interoperability of content. The standards SCORM and LOM are important for the future, but not today. The next generation of LMS will definitely have better interfaces to these standards and to repositories. Interactive elements like bug reporting or feedbacks are very efficient for the improvement of e-learning content. In the future these interactive elements and the new web 2.0[11] services will show the huge difference between printed books, PDF- or Word-files and real e-learning content.

9 Oncampus-factory http://www.oncampus-factory.de
10 Giunti eXact Packager http://www.giuntilabs.com
11 Tom O'Reilly Web 2.0 http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html

Strategic E-Learning Implementation at Lübeck University of Applied Sciences

Experiences and Roadmap

Prof. Dr-Ing. Rolf Granow, Lübeck

1. Strategy and Objectives: E-Learning as a challenge for cooperations

Lübeck University of Applied Sciences (LUAS) has defined its e-learning strategy in 1997. Since then the implementation of the strategy has been managed by leading large-scale e-learning projects with a total volume of over 50 M$. These projects have been used to develop partnerships and online programmes; after the development phase the results have been implemented sustainable as regular programmes of the partner universities.

The idea from the beginning was to use E-Learning to attract new target-groups of students by supporting lifelong learning and to use technology for innovative collaborations between universities. We currently use a blended learning approach with about 80% online learning and with 20% of on-campus learning. We focus our activities on the needs of students who want to get an academic qualification parallel to their business or family-life and appreciate a highly business related learning.

Another key element of the e-learning strategy is to foster substantially the structural changes in higher education towards international excellence, innovation of teaching and learning processes, integration of higher education with development of the public and private sector. We are fully aware on the fact, that the competitiveness of our universities on a global range is fundamental for the competitiveness of our regions in a global economy.

It has been obviously from the beginning that this challenge could not be covered by a single institution, especially not by a smaller one as the LUAS is. So activities started with initiating partnerships with other universities who share the same idea and want to bundle their forces.

2. The National Experiences: Virtual University of Applied Sciences

We started in 1998 with a consortium of German Universities and related partners named "Virtual University of Applied Sciences" (VFH). We together have developed and successfully implemented complete online bachelor/master programmes in informatics, engineering and business administration. We have agreed to common curricula, we have jointly developed learning content, and we share the content and the LMS for all our online students. We enrol regular students into the programmes at each of our universities, that have implemented them as regular programmes in their faculties. We organise the virtual teaching and build virtual student-groups across the universities. We blend self-organised learning utilising rich media online material with intensive mentoring on the net and campus seminars. The campus-seminars are organised on weekends and take place at the enrolling university.

To run the programmes sustainable the university partners from Lübeck, Berlin, Brandenburg, Bremerhaven, Emden/Wilhelmshaven and Stralsund signed a lasting consortium contract in 2001. The online programmes are implemented since fall 2001. Recently more than 1.500 students are enrolled. More than 75% of the students are part time students. The programmes are modularised in courses with 5 credits ECTS and the students may enrol flexible to up to 6 courses per semester; at least they have to choose one course.

3. The international Experiences: Baltic Sea Virtual Campus

Following the strategic approach Lübeck and Lund University initiated the European consortium named "Baltic Sea Virtual Campus" that today joins 12 universities from the Baltic Sea Area.

The partners have defined their common vision and objectives defined in 2000 before starting the concrete projects:

- To contribute to the economic development and competitiveness of their regions by skill development and intellectual capacity building
- To be on the long run among the key players in the global market for e-learning
- To conceptualise, develop and distribute high-quality-e-learning (content and services)

- To put the resources in common and to share competence
- To build experiences in cross-cultural projects and cooperation

We have jointly developed and implemented international online master programmes in "Industrial Engineering" and "Transregional Management"

A specific focus has been the online collaboration of international groups of students. They stay in their countries and form virtual groups. We have realised a significant added value to the learning outcomes of the students due to the multicultural and professional experiences of these virtual groups. We have experienced this added value from virtual international student groups as a generic and highly important benefit from collaborations on the internet that cannot be achieved by any other way of learning. We regard this benefit most relevant of future e-learning besides learning independent from time and space.

4. The oncampus-Concept: Process-based E-Learning Services

In 2004 the limited company oncampus GmbH has been established in Lübeck delivering professional e-learning services and marketing online courses and programmes. oncampus is managing and organising the running programmes for both the VFH- and the BSVC consortia. It is offering single courses from the VFH programmes for continuing education as well as the international master programmes of the BSVC especially for the German market. As a new product line online courses in the field of nursing management had been recently added.

The oncampus activities in Lübeck have a specific focus in developing high quality online courses with rich media content and collaborative learning-scenarios. Recently a team of nearly 40 people in Lübeck is developing, operating, organising and marketing online courses together with different German and international universities. Ongoing development activities are concerning Health Management and Soft Skills. oncampus is also responsible for the continuing actualisation and improvement of the modules owned by LUAS. In the VFH project the production of e-content started in a rather decentralised manner using different technologies. To guarantee the quality of the modules on the long run this has not been efficient. So we decided to create an integrated, unified production process for all our modules taking into account the experiences we have made and building a common infrastructure for the development process. Doing this we have achieved savings in content production of more the 50% and we are able to establish collaborative improvement, customisation and adaptation of our existing content – to save this investment for the future.

The production environment oncampus is using for is based on the content management system from Giunti Interactive Labs, Italy. We decided to market this system now to other organisations to enable them to develop high quality content at reasonable efforts in a collaborative way.

5. The Roadmap: From Cooperation to Collaboration

The future plans concerning the period from 2008 to 2013 will continue with the overall strategy of using e-learning as a means for structural changes in universities and regional development.

On the technical side we see a major influence from the web 2.0 and web 3.0 development. We are decided to early adapting these technologies innovating our didactical models and learning scenarios. The main direction we see in the future improvements supporting collaboration among teachers, students and organisations. We want to utilise this expressly to foster international virtual collaboration. Related to this we also have to rethink our business models considering also open source and open content initiatives and the mechanisms of the ongoing web economy.

We will extend our international cooperation with our existing partners as well as with new partnerships we are searching for. We will not stay on the same level of cooperation as we used to but will also extend the quality of partnerships defined by higher degree of online collaborations and working on more open networks. We are in the process of systematic thinking on the specific future benefits of university- and related e-learning networks. Concrete we have analysed the feasibility of such new networks for Ethiopia and are starting with Poland to build up e-learning as strategic infrastructure. The idea is not to copy or imitate the structures and models we have already approved. The intention is to find the specific settings to fill the existing gaps in these countries and build up equal partnerships.

6. oncampus and Sakai: Merging E-Learning and Bologna-Process

As part of our roadmap we are engaged in the Sakai initiative. Sakai is an open source environment for collaborative learning, initiated from the Universities Michigan, Indiana, Stanford and the MIT. By now approximately 100 institutions are represented in the partner programme for research and development. The Sakai Foundation has been formed to back up and govern the multitude of activities taking place within the worldwide community. Among the Sakai partners there is a growing community of European institutions and there is already a number of Sakai implementations around Europe.

To shape the future e-learning environment it was consequent in this way to join major international activities and expand towards transatlantic partnerships. The Sakai approach of a collaborative learning environment and its architecture allows participation. For this reason the Lübeck University of Applied Sciences and its e-learning-spin off oncampus decided in 2004 to join Sakai. We highly appreciate the idea of connecting successful ideas and solutions from both sides of the Atlantic to shape the next generation of common e-learning environments.

September 2006 we organised the 1st European Sakai Day in Lübeck. Our common finding was, that we have an interest to utilise the Sakai framework to foster inter-organisational collaborations among students and teachers and to benefit from virtual mobility to assist a central objective of the Bologna process: creating a European area of higher education and to enable students to benefit during their study from online courses at other universities. So it is the idea to use Sakai not only as common software but also in assisting community-building among students and teachers.

Deutsch-chinesisches Studienmodell

Von

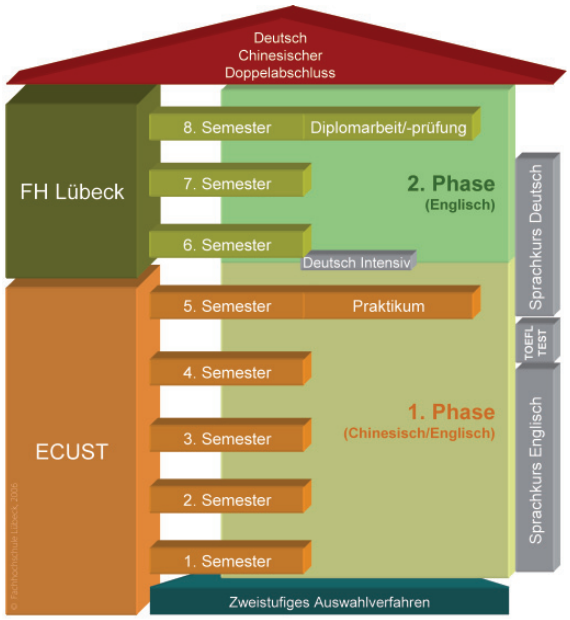
Stefanie Bünning, Annette Listmann, Joachim Litz

Das Deutsch-chinesische Studienmodell der East China University of Science and Technology (ECUST) und der Fachhochschule Lübeck setzt auf praxisnahe Ausbildung chinesischer IT- und Umweltingenieure. Sie werden speziell für die deutsch-chinesischen Wirtschaftsbeziehungen qualifiziert. Durch Praktika in deutschen Unternehmen werden erste Kontakte geknüpft und mögliche Themen für die Diplomarbeit entwickelt - spätere Einstellung nicht ausgeschlossen.

Spitzenkräfte aus China, die in international tätigen Unternehmen eingesetzt werden können, sind rar. Nur weniger als zehn Prozent der chinesischen Hochschulabsolventen haben eine entsprechende Qualifikation, dies zeigte auch eine Anfang 2006 veröffentlichte Studie der Unternehmensberatung McKinsey & Company noch einmal ganz deutlich. Für deutsche Unternehmen, die ihren Markteintritt in China planen oder dort bereits Fuß gefasst haben und ihre Geschäftsaktivitäten ausbauen wollen, stellt dieser Fachkräftemangel eine erhebliche Schwierigkeit dar.

Kooperationen zwischen deutschen und chinesischen Hochschulen, die ihre Studierenden auf den internationalen Markt vorbereiten, gewinnen in diesem Zusammenhang immer mehr an Bedeutung. Die Fachhochschule Lübeck bildet in Kooperation mit der East China University of Science and Technology (ECUST) in Shanghai Studierende in bevorzugten Entwicklungsfeldern deutsch-chinesischer Wirtschaftskooperation aus. Die ECUST zählt zu den chinesischen Top-Universitäten und belegt in den jährlichen Rankings regelmäßig vordere Plätze.

Das Deutsch-Chinesische Studienmodell, das im Wintersemester 2004/05 in Shanghai startete, umfasst die beiden englischsprachigen Studiengänge Environmental Engineering und Information Technology. Sie sind nach dem Vorbild entsprechender Studienangebote der FH Lübeck konzipiert. Nach der ersten Studienphase von fünf Semestern an der ECUST wechseln die Studierenden zum sechsten Semester an die FH Lübeck. Im achten Semester schreiben sie in Deutschland ihre Diplomarbeit und erhalten anschließend einen deutsch-chinesischen Doppelabschluss. Das Lübecker Studienmodell sieht vor, jedes Jahr bis zu 40 Plätze pro Studiengang zu vergeben.



Das deutsch-chinesische Studienmodell:
Die FH Lübeck leistet 40 Prozent, die ECUST 60 Prozent der Lehre.

Im Sommersemester 2007 hat der erste Jahrgang mit insgesamt 76 chinesischen Studierenden mit dem Studium an der FH Lübeck begonnen. Aufgenommen wurden nur Elitestudierende, die die harte Auslese der landesweiten chinesischen Hochschulzugangsprüfung (Gaokao) sowie ein spezielles Auswahlverfahren der ECUST erfolgreich durchlaufen haben. „Das Studienmodell ist darauf ausgerichtet, hoch qualifizierten Führungskräftenachwuchs für den internationalen Arbeitsmarkt, insbesondere aber für die deutsch-chinesischen Wirtschaftsbeziehungen heranzubilden", sagt der Prorektor der FH Lübeck und Projektleiter Prof. Dr. Joachim Litz. „Um dies zu erreichen, ist das Studienprogramm nach dem Muster der Fachhochschulausbildung in Lübeck angelegt, die sehr hohe Praxisanteile, Sprachausbildung sowie die Vermittlung von Schlüssel- und Länderkompetenzen beinhaltet", so Litz.

Und das kommt an bei den Studierenden. Der zwanzigjährige Sun Cong hat sich im Studiengang Environmental Engineering eingeschrieben. „Ich habe mich für dieses Programm entschieden, weil das Studium in Deutschland sehr praxisorientiert ist" sagt er. „Das ist in China anders, wir bekommen viel Grundlagenwissen vermittelt, aber wir wissen nicht, wie wir dieses Wissen in den Unternehmen anwenden sollen." Seine Kommilitonin Xu Yaqian, 21 Jahre, Studentin im Studiengang Information Technology, legt besonderen Wert auf die interkulturelle Erfahrung: „Ich möchte mehr über Europa wissen, über die verschiedenen Kulturen in Asien und Europa, ich möchte meine Sicht erweitern." Sun Cong stimmt ihr zu: „Ich möchte lernen, wie die Deutschen denken und arbeiten und welche Unterschiede es zwischen der deutschen und der chinesischen Arbeitswelt gibt".

Um den Kulturschock, der sich beim Wechsel von einem Kontinent zum anderen einstellen kann, gering zu halten, hat die China-Koordination der FH Lübeck das studentische Patenprogramm „chinabuddies" ins Leben gerufen. Mehr als 40 deutsche Studierende standen insbesondere in der Anfangszeit ihren chinesischen Kommilitonen als Ansprechpartner zur Seite. Sie halfen ihnen beim Einleben in Deutschland, zeigten ihnen den Campus sowie Sehenswürdigkeiten der Hansestadt Lübeck und organisierten gemeinsame Freizeitaktivitäten. Einer von ihnen ist Martin Pornhagen, er studiert Chemieingenieurwesen an der FH Lübeck und war selbst vor drei Semestern an der ECUST in Shanghai. Er weiß, wie man sich fühlt, wenn man in ein fremdes Land kommt. Daher hat er sich sofort für das Lübecker Patenprogramm angemeldet: „Ich bin in China sehr gut aufgenommen worden und möchte von der Gastfreundschaft, die ich dort erfahren habe, etwas zurückgeben."

Mit Hilfe von Fördergeldern des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) konnte für die Studierenden ein Welcome-Paket mit Ausflügen nach Hamburg, Schwerin, Berlin und zum Landtag nach Kiel sowie ein zusätzlicher dreiwöchiger Deutsch-Intensivkurs kurz vor Semesterbeginn organisiert werden. Unterricht in deutscher Sprache sowie Grundlagen deutscher Geschichte, Politik und Kultur erhalten die Studierenden studienbegleitend während ihres Aufenthaltes an der FH Lübeck. „Deutschkenntnisse sind ganz entscheidend, um sich hier gut zurechtzufinden ", sagt Annette Listmann, China-Koordinatorin an der FH Lübeck.

Auch wenn immer mehr Unternehmen in Schleswig-Holstein ihre Geschäftsaktivitäten nach China ausweiten, besteht eine große Herausforderung darin, Diplomarbeitsplätze für alle chinesischen Studierenden des Programms zu finden. So ist es der FH Lübeck gelungen, die Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein GmbH (WTSH) als Partner für die Akquisition von Diplomarbeitsplätzen zu gewinnen. Torsten Drews, Leiter der Außenwirtschaftsberatung der WTSH, kennt die Schwierigkeiten, mit denen kleine und mittelständische Unternehmen beim Einstieg ins Auslandsgeschäft zu kämpfen haben. Programme wie das Deutsch-chinesische Studienmodell können da Unterstützung leisten. „Durch die Betreuung chinesischer Diplomanden wird der chinesische Markt für deutsche Unternehmen greifbarer und persönlicher", betont Drews.

Für Firmen, die den Markteintritt in China planen oder ihre Geschäftsaktivitäten dort ausbauen wollen, bieten sich in Rahmen der Diplomarbeitsbetreuung hervorragende Rekrutierungschancen. Auf geringer Kostenbasis und mit geringem Risiko haben sie die Möglichkeit, die jungen Chinesinnen und Chinesen vor einer eventuellen Übernahme in ein festes Arbeitsverhältnis intensiv kennen zu lernen und sie auf ihre zukünftigen Aufgaben im Heimatland vorzubereiten. Gegenüber anderen Mitbewerbern haben die Diplomanden des Deutsch-chinesischen Studienmodells einen enormen Wissens- und Erfahrungsvorsprung, da sie sowohl die chinesische Gesellschaft als auch die deutsche Lebens- und Arbeitswelt kennen.

Das Unternehmensnetzwerk wird kontinuierlich ausgebaut, insbesondere in Schleswig-Holstein, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern, aber auch deutschlandweit sowie in China, vor allem in Shanghai und Umgebung. Die Themen für Diplomarbeiten reichen von der Wasser- und Abwassertechnik, der Luftreinhaltung, Energietechnik und Erneuerbaren Energien über Umweltanalytik und -management bis hin zur Anwendungsorientierten Softwareentwicklung, zu Softwaretechniken sowie Kommunikations- und Rechnernetzen.

Die chinesischen Studierenden wissen die Vorteile ihrer Teilnahme am Studienmodell inklusive Auslandsaufenthalt bei der späteren Jobsuche zu schätzen. „Vor meinem Studium habe ich mich informiert und weiß deshalb, dass Deutschland in der Umwelttechnologie führend ist. Sehr gut finde ich, dass ich bei der Suche nach einem Diplomarbeitsplatz Unterstützung bekomme“, sagt Sun Cong. Er würde nach seinem Abschluss gern für ein deutsches Unternehmen arbeiten, entweder in Deutschland oder in China.

Weitere Informationen über das Deutsch-Chinesische Studienmodell:

www.chinastudienmodell.fh-luebeck.de

www.wtsh.de/wtsh/de/aussenwirtschaft

Kontakt:

China-Koordination der Fachhochschule Lübeck, Tel. 0451/300-5545, E-Mail: chinakoordination@fh-luebeck.de.

Für interessierte Unternehmen:

Diana Wieben, WTSH, Tel. 0431/66 666-838, E-Mail: wieben@wtsh.de.

Versuchs- und Ausbildungskläranlage (VAK)

Von

Matthias Grottker

Die Versuchs- und Ausbildungskläranlage (VAK) des Labors für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik wurde in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, der Stadt Reinfeld (Holstein) und dem Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr eingerichtet. Mit der VAK sollen die folgenden Ziele verfolgt

- Ausbildung von Studierenden
- Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren sowie Ver- und Entsorgern
- Öffentlichkeitsarbeit im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft und des Gewässerschutzes
- Optimierung von Kläranlagen
- Forschung und Technologietransfer
- Wahrnehmung der Aufgaben einer Prüfstelle
- Ausbildung von Studierenden

Studierende der Studiengänge Bauingenieurwesen (Bachelor und Master), Umweltingenieurwesen (Diplom) sowie Environmental Engineering (Bachelor, Kooperation mit der East China University of Science and Technology, Shanghai) werden in die theoretischen Grundlagen der Abwasserreinigung eingeführt. Dabei werden die technischen Elemente einer Kläranlage in ihrer Funktion und Wirkungsweise erläutert und durch die Besichtigung vor Ort in der praktischen Anwendung verstanden (Exkursion). Die Untersuchung von abwassertechnischen Parametern erfolgt im Labor der VAK. Dadurch kann der Ist-Zustand sowohl der VAK als auch der Kläranlage Reinfeld unmittelbar erfasst werden.

Im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten sowie Studienarbeiten werden spezielle Versuche in der VAK durchgeführt. Dabei kann die Kläranlage an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gebracht werden, ein Zustand, der bei einer Gemeindekläranlage nicht zu verantworten wäre. Die meisten dieser Arbeiten sind in Forschungs- und Entwicklungs-vorhaben des Labors eingebunden, so dass die Studierenden dadurch zum wissenschaftlichen Arbeiten angeleitet werden.

Neben den Abschlussarbeiten engagieren sich die Studierenden auch als studentische Hilfskräfte in den Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des Labors. Sie können dadurch nicht nur ihre im Unterricht gewonnenen theoretischen Kenntsse vertiefen, sondern auch die Finanzierung ihres Studiums absichern.

Abb. 1 Studierenden-Exkursion in der VAK

Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren sowie Ver- und Entsorgern

In Zusammenarbeit mit der DWA bzw. dem BWK soll mittelfristig ein Aus- und Weiterbildungsangebot angeboten werden, das sich an den konkreten Problemen der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes orientiert. Ein Schwerpunkt bildet dabei zum Beispiel die Simulation von Störfällen auf eine Kläranlage. Stromausfall oder stoßartige Veränderungen des pH-Wertes bzw. anderen Abwassereigenschaften können die Leistungs-fähigkeit einer Kläranlage erheblich reduzieren. Im Rahmen der Weiterbildungsveranstaltungen soll von den Teilnehmern versucht werden, die nachteiligen Einwirkungen zu erkennen, zu lindern und die Kläranlage schnellstmöglich wieder in einen stabilen Zustand zu überführen.

Öffentlichkeitsarbeit in der Siedlungswasserwirtschaft und dem Gewässerschutz

Viele Umweltprobleme sind auf nicht sachgerechtes Verhalten der Bürger zurückzuführen. Durch technische Verbesserungen sowie durch Innovation können diese nachteiligen Effekte zwar gelindert werden, doch werden damit nicht die Ursachen behoben. Ein wesentlicher Schlüssel zur Verbesserung liegt in der Öffentlichkeitsarbeit, speziell mit Kindern und Jugendlichen. Durch die Kooperation mit Schulen wie der Kooperativen Gesamtschule (KGS) Reinfeld oder der Baltic-Gesamtschule (BGS) Lübeck werden den Schülern die Wechselwirkungen zwischen dem menschlichen Verhalten und der aquatischen Umwelt näher gebracht.

Bild2 Schüler untersuchen den Einfluss von Kläranlagen auf die Gewässer

Optimierung von Kläranlagen / Forschung und Technologietransfer

Durch gestiegene Anforderungen oder veränderte Randbedingungen ist eine Verbesserung und Optimierung von Kläranlagen immer wieder erforderlich. Insbesondere in kleinen Gemeinden steht häufig kein Personal mit ausreichender Kompetenz zur Verfügung, um die Kläranlage an die gestiegenen Anforderungen anzupassen. Durch gezielte Beratung, Messungen (mobiler Messwagen) oder Berechnungen kann ein Beitrag zur Optimierung von Kläranlagen geleistet werden.

Bei der Optimierung von Kläranlagen sowie im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsprojekten werden durch Innovation neue Techniken und Konzepte entwickelt, getestet und für die Übernahme in die Praxis vorbereitet. Details zu den Projekten können den separaten Postern entnommen werden.

Neue Bücher

vorgestellt von Henning Schwarz

Da ist es also: Das erste hier aufgenommene Buch mit dem Stempel „Bachelor geeignet". Und sofort stellt sich die Frage, was denn diese Veröffentlichung für Bachelor-Studiengänge, man darf vermuten, im Gegensatz zu den bewährten Dipolm-studiengängen, so besonders geeignet macht, daß diese besondere Eignung so augenfällig, einem Brandzeichen gleich auf dem Einband Erwähnung findet. Niemand ist in der Vergangenheit auf die Idee verfallen, eine Buchveröffentlichung als „geeignet für Diplomstudiengänge" zu kennzeichnen. Welche andere Eignung, so möchte man fragen, wäre denn das Gegenteil von „Bachelor geeignet"?

Vom Standpunkt eines Verlegers aus betrachtet sollen derartige ergänzende Hinweise im allgemeinen den potentiellen Käufer, hoffentlich auch Leser, neugierig machen und alles in allem die Auflage steigern; niemand wird etwas Schlechtes dabei denken.

Begreift man aber den „Bachelor"-Abschluß als „Diplom-light", als gut getarntes Sparprogramm unserer Bildungspolitiker, dann drängt sich der Verdacht auf, auch entsprechend gekennzeichnete Veröffentlichungen seien eine „Light"-Version der darzustellenden Inhalte, seien die oberflächliche Spaß-Version sehr ernst zu nehmender Themen, die dem Leser mit Fragestellungen vertraut macht, ohne Lösungsstrategien anzubieten, die ihm Kenntnisse suggerieren, die dann objektiv nicht vorhanden sind, die summa summarum ein Nürnberger Trichter zu sein vorgeben, der, wie wir alle wissen, nie existiert hat, der nicht exsistiert und den es auch nie geben wird.

Unbestreitbare Tatsache ist die kürzere Studiendauer der Bachelorstudiengänge und bei gleichbleibendem Studienziel die Notwendigkeit, sich noch mehr als bisher die erforderlichen Kenntnisse daheim im Selbststudium anzueignen. So gesehen wäre eine Bachelor-geeignete Literatur eine solche, die eben dieses Selbststudium besonders ermöglicht.

Wir sind also gespannt, wie die Autoren dem Etikett „Bachelor geeignet" gerecht werden wollen, und mehr noch, was sie darunter verstehen.

Mathematik

Burg, Klemens; Haf, Herbert; Wille, Friedrich

Höhere Mathematik für Ingenieure

Band II: Lineare Algebra

Teubner, Wiesbaden

5. Auflage 2007, 415 Seiten, , € 39,90

ISBN-13: 978-3-8351-0111-1

Die Autoren bieten mit ihren sechs Bänden zur „höhere(n) Mathematik für Ingenieure, die letzten drei Bände (s. u.) sind bezeichnenderweise unnumeriert, ein mathematisches Kompendium, das dem Studenten der Ingenieurwissenschaften weit mehr bietet als die unbedingt benötigten mathematischen Methoden. Sie liefern auch Antworten auf das mathematische „Warum" und zeigen Zusammenhänge auf.

Der Band II zur linearen Algebra holt den Leser bei ganz elementarem Schulstoff der Vektorrechnung ab, sind doch die ersten siebzig Seiten diesem Thema gewidmet. (Man vergleiche dazu auch das Schulbuch Köhler, Höwelmann, Krämer: Analytische Geometrie in vektorieller Darstellung; Frankfurt a. M., Salle 1966 (!).) Darauf aufbauend werden dann die weiteren Themen entwickelt. Dabei ist es für den Leser, soll hier heißen, den Nicht-Mathematiker äußerst hilfreich, daß neben den Sachzusammenhängen auch gängige Bezeichnungsweisen erläutert und weitere erklärende Hinweise gegeben werden, etwa Seite 76, Fußnote 2 oder Seite 230, Fußnote 35. Sicherlich ließe sich vor allem für Mathematiker die Darstellung raffen, dies ginge aber hier auf Kosten der Verständlichkeit. Der Kompromiß, jenes Gleichgewicht zwischen Kürze, Anschaulichkeit, Nachvollziehbarkeit und Prägnanz ist auch hier gelungen und so wünscht man diesem Band wie den anderen weitere Verbreitung auch und gerade an Fachhochschulen, wo bekanntermaßen andere Werke dominieren.

Burg, Klemens; Haf, Herbert; Wille, Friedrich

Vektoranalysis

Höhere Mathematik für Ingenieure, Naturwissenschaftler und Mathematiker

Teubner, Wiesbaden

1. Auflage 2006, 247 Seiten, , € 34,90

ISBN-13: 978-3-8351-0115-9

Der oben skizzierte Eindruck bestätigt sich auch für den Band der Autoren zur Vektoranalysis. Ursprünglich verfaßt von Friedrich Wille, der 1992 verstorben ist, wurde die Neuauflage von Herbert Haf „bearbeitet", wie im Vorwort gesagt wird „geleitet von dem Prinzip: Die Sachverhalte sollen in der Reihenfolge aufgeschrieben werden, in der sie gedacht werden!" Sicherlich trägt auch dieser Ansatz dazu bei, die Inhalte nachvollziehbar und systematisch zu präsentieren, was anderen hier auch vorgestellten Veröffentlichungen zum Thema nicht immer in gleicher Weise geglückt ist. In bewährter Struktur werden die gängigen Themen ausgehend von Kurven im Raum über Flächen und Flächenintegrale bis hin zu alternierenden Differentialformen entwickelt. Hervorhebenswert ist zudem ein Abschnitt von immerhin 20 Seiten Länge über kartesische Tensoren. Für das Studium, insbesondere für das immer wichtiger werdende Selbststudium wertvoll.

Wirsching, Günther

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Teubner, Wiesbaden

1. Auflage 2006, 244 Seiten, , € 24,90

ISBN-13: 978-3-519-00515-5

Zum Thema „Gewöhnliche Differentialgleichungen" gibt es eine ganze Reihe teils ausgezeichneter Literatur, erinnert sei z.B. an das Buch von Boyce, di Prima oder von Heuser oder auch an den Klassiker von Collatz. Da fällt es naturgemäß schwer, diesem Kanon eine weitere Stimme von Bedeutung hinzuzufügen. Inhaltlich findet der Leser auch bei dieser Neuerscheinung eine Fülle von Themen, angefangen beim „Existenzsatz von Peano" über „autonome lineare Systeme" bis hin zu einem Kapitel über „die Liouvillesche Volumenformel". Ein Anhang enthält neben der üblichen Lösung der Übungsaufgaben einen Abschnitt über „Topologische Grundlagen". Die gewählte Form wirkt dann aber doch befremdlich. Nicht nur, daß die spärlich eingestreuten Bilder von der Kreidetafel abphotographiert zu sein scheinen, ein völliges Novum, vielmehr fehlt an manchen Stellen eine erkennbare Ordnung der Darstellung, etwa wenn gleich zu Beginn die Definition 1.1 grau hinterlegt gedruckt ist, in demselben Kasten der normale Text aber weiter zu gehen scheint. Und dies ist kein Einzelfall. Dabei ist das Bemühen des Autors um Klarheit Deutlichkeit durchaus anzuerkennen. Für eine Einführung, wie es im Untertitel heißt, ist der Band sicherlich etwas unhandlich, als Ergänzung zu den erwähnten Standardwerken ohne Frage ein Gewinn.

Behrends, Ehrhard

Analysis, Band 2

Vieweg, Wiesbaden

2. Auflage 2007, 376 Seiten, € 24,90

ISBN-13: 978-8348-0102-9

Hier ist also ein Buch mit Etikett: Auf dem Einband prangt unübersehbar „Von Studenten mitentwickelt", sicherlich ein Novum, das verschiedene Deutungen zuläßt. Abgesehen von der Tatsache, daß entsprechend dem Vorwort die „erste Fassung ...mit den Augen eines Studienanfängers" gelesen worden ist, soll dieses Etikett möglicherweise bei potentiellen Käufern den Eindruck erwecken, die Lektüre und damit auch das Verständnis falle ihm leichter als bei vergleichbaren Büchern, da mögliche Verständnisprobleme bereits im Vorwege gelöst worden seien. Und dies ist in der Tat der Fall. Unabhängig von der hier nicht beurteilbaren Frage, welchen Anteil diese Vorablektüre an der Gestaltung von Form und Inhalt hatte, das Buch, das sich vor allem an Mathematiker wendet, überzeugt durch einen erstaunlich ausführlichen Text. Die einzelnen

Themen (Funktionenräume, Integration, Differentialrechnung im IR^n) werden eben nicht nach dem vielfach anzutreffenden Standardschema „Behauptung, Beweis, Beispiel" aneinandergereiht, sondern die Inhalte werden gleichsam kommentiert mit Bemerkungen (Seite 22), mit Kommentaren, etwa Seite 80, „Mehrfachintegrale", oder mit Zusatzabschnitten, die in einem Anhang zusammengefaßt sind. Die dort zu findenden „Ausblicke" z. B. zum Lesbegues-Integral sind wie der gesamte Text auch für den Anwender von Mathematik nachvollziehbar. Das Buch schließt mit einem fast unterhaltsamen Abschnitt über „Englisch für Mathematiker" der ebenfalls wie das gesamte Werk auch Nicht-Mathematikern zur Lektüre, zur Vertiefung und als Ergänzung zu den einschlägigen Vorlesungen empfohlen sei.

Müller-Stach, Stefan; Piontkowski, Jens

Elementare und algebraische Zahlentheorie

Vieweg, Wiesbaden

1. Auflage 2007, 240 Seiten, € 19,90

ISBN-13: 978-3-8348-0211-8

Der große englische Mathematiker Hardy soll sinngemäß gesagt haben, daß die Zahlentheorie das letzte Refugium der Mathematik sei, für das es keine Anwendungen gäbe. Wir wissen inzwischen, daß dem nicht so ist und es scheint überdies, daß allgemein der Zeitraum zwischen mathematischer Theorie und deren Anwendung immer kürzer wird. Trotzdem liegt die Zahlentheorie durchaus abseits der Pfade naturwissenschaftlicher Studien, sehr zu Unrecht. Denn wir alle benutzen Zahlen, ohne recht eigentlich über ihre Eigenschaften Bescheid zu wissen. Dabei haben Zahlen ihre eigene Faszination, die zum Teil auch darin besteht, daß die Probleme, wie z. B. Fragen im Zusammenhang mit Primzahlen, jedermann einsichtig aber teilweise bis heute nicht gelöst sind.

Die Autoren bieten eine auch dem Nicht-Mathematiker verständliche Darstellung der Thematik, wobei im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Buch von Behrends der Text sehr gerafft scheint und an manchen Stellen zusätzliche Erläuterungen wünschenswert wären. Beispielsweise wird auf Seite 5 der Begriff des Integritätsrings benutzt, ohne daß erklärt worden wäre, was das denn eigentlich sei. Der Leser wird hier allein gelassen und nicht nur insofern muß man sich fragen, was diesen Band so auszeichnet, daß er das Etikett „Bachelor geeignet" verdient. In jedem Fall ein lesenswertes Buch, das das Fundament mathematischer Anwendungen weiter festigen hilft.

Hußmann, Stephan; Lutz-Westphal, Brigitte

Kombinatorische Optimierung erleben

Vieweg, Wiesbaden

1. Auflage 2007, 204 Seiten, € 29,90

ISBN-13: 978-3-528-03216-6

Seit einiger Zeit sind Bemühungen auch von Seiten renommierter Mathematiker zu beobachten, die mathematische Wissenschaft gleichsam „popular" zu machen, als ob es hier einen Rechtfertigungsdruck gäbe und alles unter Nützlichkeitsaspekten beurteilt werden müßte. Dabei ist doch Wissenschaft zunächst nichts weiter als das „Schaffen von Wissen", soll heißen die Suche nach Erkenntnis und zwar ohne Blick auf mögliche, meist später gefundene Anwendungen. (Insofern ist die Tätigkeit des Ingenieurs mehr eine Kunst als eine Wissenschaft.) Das vorliegende, im Vorwort so genannte „Arbeitsbuch" „macht den Versuch, die Bedeutung eines vergleichsweise jungen Teils der Mathematik für unsere Gesellschaft zu zeigen...". Es richtet sich, folgt man dem unglücklichen Text auf der Rückseite eigentlich an jeden(!), insbesondere aber an Mathematiklehrer. Inhaltlich geht es um optimale Wege, Graphentheorie, das Travelling salesman –Problem. Ferner werden behandelt: kombinatorische Spiele, Färbungsprobleme u. a. m. . Das alles wird anschaulich und durchaus unterhaltsam präsentiert, wobei allerdings so manche Frage offenbleibt. Ob das Buch dem Anspruch der Autoren entsprechend geeignet ist, zu zeigen, daß „Mathe Spaß macht", darf in dieser Allgemeingültigkeit bezweifelt werden. Die Mathematik zu zeigen als „ein interessantes, dynamisches, modernes und nützliches (!) Wissensgebiet, hat die Mathematik eigentlich nicht nötig.

Signaltheorie

Butz, Tillman

Fouriertransformation für Fußgänger

Teubner, Wiesbaden

5. Auflage 2007, 212 Seiten, , € 24,90

ISBN-13: 978-3-8351-0135-7

Nanu sagt sich der neugierige Beobachter: „Fouriertransformation, das kenne ich, aber für „Fußgänger"?" Gedacht, getan und zugegriffen und schon hat der Zusatz, besser das Reizwort „Fußgänger" seine Wirkung getan. So erging es auch dem Rezensenten und so landete dieser Band in den Fängen seiner Aufmerksamkeit. Was soll nun mit diesem Zusatz abgesehen von einer Steigerung der Auflage bewirkt und ausgedrückt werden? Und wirklich nur für Fußgänger? Schließlich haben wir in Deutschland ein Anti- Diskriminierungsgesetz und wo, wenn nicht hier finden sich Leuchten der juristischen Wissenschaft, die uns erklären, daß das so nicht geht. Wo bleiben denn etwa Radfahrer oder Gehbehinderte? Doch halt... Setzen wir dem Goliath demokratisch legitimierter Regulierungswut nicht den David kabarettistischer Kleinkunst entgegen, genügen wir unserer Rezensentenpflicht und schlagen das Buch einfach einmal auf. Das Vorwort erklärt denn sofort den auffälligen Zusatz als eine Übernahme aus dem Amerikanischen. Er soll schlicht sagen, das Buch wende sich an „Laien, die einen behutsamen und auch amüsanten Einstieg...suchen." Weiter heißt es: „Es ist geeignet für Studenten der naturwissenschaftlichen Fächer...", ein merkwürdiger Spagat, der, wie die weitere Lektüre zeigt, auch so nicht funktionieren dürfte. Denn der Leser muß doch ziemlich gut rechnen können, um der Darstellung zu folgen. Der erwähnte Student, bei dem man entsprechende Rechenfähigkeiten ohne weiteres voraussetzen darf, findet eine gut gemachte, nachvollziehbare und leicht lesbare Abhandlung mit teilweise sehr originellen Beispielen und Übungsaufgaben mit Lösungen. Hervorzuheben ist ferner ein ausführlicher Abschnitt über Fensterfunktionen sowie ein ebenfalls gelungenes Kapitel zur DFT.

Die vermeintlich unterhaltsame Art der textlichen Gestaltung ist einerseits nicht notwendig und andererseits auch nicht jedermanns Geschmack. Zudem sind Entgleisungen wie etwa Seite 58 zu beklagen. Ein sorgfältigerer Umgang mit dem Wort, das „schwer sich handhabt wie des Messers Schneide.." würde dem Band gut tun.

Weber, Hubert; Ulrich, Helmut

Laplace-Transformation

Teubner, Wiesbaden

8. Auflage 2007, 237 Seiten, , € 21,90

ISBN-13: 978-3-8351-0140-1

Die Autoren bieten mit ihrem Band „Prinzipien und Methoden der Laplace-Transformation" eine Einführung in das Thema unter weitgehendem Verzicht auf Herleitungen und Beweise. Nach einem einleitenden Kapitel zur Fourier-Reihe und zur Fourier-Transformation wird die Laplace-Transformation auf ca. 80 Seiten vorgestellt. Die zweite Hälfte des Bandes ist Anwendungen gewidmet angefangen von Differentialgleichungen über RCL-Netzwerke bis hin zu „LTI-Systemen" und dem „Arbeiten mit Blockdiagrammen". Ein Anhang enthält u. a. die Lösung der Übungsaufgaben, eine tabellarische Zusammenstellung einiger Eigenschaften der δ–Funktion sowie von Sätzen und Korrespondenzen. Alles in allem ein Band, der zu wenig an Inhalt bietet bei nicht gerade kleinem Preis und der auch im Hochschulalltag wenig hilfreich sein dürfte. Die Beschränkung auf Fachhochschulen als Zielgruppe ist zudem nicht mehr zeitgemäß.

Physik

Günther, Helmut

Spezielle Relativitätstheorie

Teubner, Wiesbaden

1. Auflage 2007, 341 Seiten, , € 29,90

ISBN-13: 978-3-8351-0170-8

Der Untertitel verführt: „Ein neuer Einstieg in Einsteins Welt". Wer wünschte sich nicht einen neuen, als „einfacher" gedeuteten Einstieg in die vermeintlich dunkle Höhle der speziellen Relativitätstheorie, die einerseits die Elektrodynamik als Ausgangspunkt hat und damit auch für Elektrotechniker von Interesse sein muß, andererseits üblicherweise dem Physikstudium vorbehalten bleibt und in einem Studium der Elektrotechnik geflissentlich ausgespart wird. Was an dem Einstieg neu ist, wird im Vorwort des Autors im einzelnen erläutert und kann hier nicht ausführlich zitiert werden. Wohl aber soviel: Neu an dem Zugang ist, daß dieser „weniger abstrakt ist als der Einsteinsche, ohne deswegen weniger exakt zu sein". Für den Studenten der Elektrotechnik ist zudem das Kapitel über die Elektrodynamik von ganz praktischem Interesse, in dem dieses Thema nachvollziehbar und von Grund auf behandelt wird. Interessant, geradezu spannend ist auch der Abschnitt über „ein Gittermodell der relativistischen Raum-Zeit" des Anhangs, in dem der Frage nach dem Warum der Lorentzkontraktion oder der Zeitdilatation nachgegangen wird. Hilfreich auch die ebenfalls im Anhang zusammengestellten mathematischen Hilfsmittel. Ein Buch also, von dessen Lektüre jeder ohne Zweifel profitieren wird, der auch nur ansatzweise über den Rand des üblicherweise präsentieren Methodencocktails hinausblicken möchte. Da es überdies auch zum Selbststudium empfohlen werden kann, verdient es fraglos das Etikett „Bachelor geeignet".

Reinhold, Joachim

Quantentheorie der Moleküle

Teubner, Wiesbaden

3. Auflage 2006, 354 Seiten, , € 32,90

ISBN-13: 978-3-8351-0037-4

Ohne Frage leben wir, wie man sagt, im Silizium-Zeitalter. Silizium ist der Grundstoff, aus dem fast alle halbleiterelektronischen Komponenten hergestellt sind, und ohne diese Bauelemente geht in unserer modernen Welt nichts. Das Verständnis der Funktion dieser Halbleiterkomponenten setzt nicht erst bei genauem Hinsehen Kenntnisse der Quantenmechanik und der Kristallphysik voraus, die im Regelfall eines elektrotechnischen Studiums zu kurz kommen. Wer mehr erfahren möchte, kann mit Vorteil den Band von Joachim Reinhild zur „Quantenmechanik der Moleküle" zur Hand nehmen. Man findet hier u. a. eine kompakte Einführung in die Welt der Quantenmechanik: Der Weg führt darauf aufbauend vom Einzelatom über Mehrelektronensysteme bis hin zum Festkörper. Abschnitte wie die über „Chemische Bindung" oder „Koordinationsverbindungen" mögen hier etwas ferner liegen, ohne daß sie deswegen weniger interessant wären. Zur Untermauerung und Abrundung des Themengebiets Halbleiter fraglos eine lohnende Lektüre.

Elektrotechnik

Kindler, Herbert; Haim, Klaus-Dieter

Grundzusammenhänge der Elektrotechnik

Vieweg, Wiesbaden

1. Auflage 2006, 295 Seiten, € 24,90

ISBN-13: 978-3-8348-0458-6

Auch dieser Band macht zunächst einmal durch seinen Titel auf sich aufmerksam. „Grundzusammenhänge" ist da zu lesen. Was sind denn aber Grundzusammenhänge eines Wissenschafts- oder Fachgebiets? Die Antwort geben die Autoren selbst, indem Sie gleich zu Beginn ihr Buch als eine „Einführung in die Elektrotechnik" definieren. Folgerichtig ist der Inhalt zwei-

geteilt. Der erste Teil befaßt sich mit dem elektrischen und dem magnetischen Feld sowie dem stationären Strömungsfeld, dem, etwas befremdlich aber nachvollziehbar, ein Abschnitt über „Netzwerke“ angegliedert ist. Am Schluß dieses Teils wird das quasistationäre elektromagnetische Feld behandelt. Hier zeigt sich die energietechnische Ausrichtung der Autoren und damit des Buches. Das rasch veränderliche elektromagnetische Feld fehlt, ebenso wie die Netzwerke mit ihren nachrichtentechnischen Aspekten nicht behandelt werden. Den Schluß des Bandes bildet ein Kapitel über „Wechselstromtechnik“ (ca. 80 von 300 Seiten), sicherlich nicht der stärkste Teil des Buches. Die Einführung sinusförmiger Größen etwa (Seite 226) ist wenig glücklich und für den hier angesprochenen Anfänger nicht sonderlich hilfreich. Gleiches gilt wenige Seiten später für den Übergang zu komplexen Zeigern. Der Leser profitiert am meisten von den mit sehr anschaulichen Bildern versehenen Feldkapiteln, die Abschnitte über Netzwerke verdienen eine gründliche Überarbeitung.

Stahlmann, Hanns-Dietrich; Nethe, Arnim

(Herausgeber)

Einführung in die Feldtheorie

Dr. Köster, Berlin

1. Auflage 2003

ISBN-10: 3-89574-520-3

Es gibt Dinge, die sind einfach nicht zu verbessern. Dazu gehört ohne Frage die Vorlesung „Einführung in die Feldtheorie“ von Ludwig Hannakam, die seit einiger Zeit in Buchform vorliegt und auf die an dieser Stelle besonders hingewiesen werden soll. Statt einer eigenen Würdigung lassen wir die Herausgeber sprechen:

„Vorwort

Endlich nach dreißig Jahren und fünfzehn Jahren nach dem Tode des Altmeisters der Theoretischen Elektrotechnik Professor Ludwig Hannakam ist es gelungen, seine Standardvorlesung „Einführung in die Feldtheorie“ mit Hilfe eines Sponsors zu veröffentlichen. Immer wieder haben seine ehemaligen Schüler nach einem solchen Buch gefragt, das klein und handlich ist, so dass man es immer dabei haben kann - am besten mit einem Erinnerungsfoto - da ihr altes Skript schon lange aus den Fugen geraten war. Auch von den wissenschaftlichen Mitarbeitern und den Studenten sowie Praktikern, welche damit gearbeitet haben, kommen öfter Bitten nach einer Buchform. Die besondere Art der Darstellung fasziniert immer wieder und sollte - da sind sich alle einig - auf keinen Fall verloren gehen. Nachdem der Sponsor sämtliche Rechte erworben hatte, verblieb uns die Aufgabe, eine passende Form der Veröffentlichung zu finden. Nach reiflichen Überlegungen haben wir uns dazu entschlossen, Form und Inhalt dieser Auflage möglichst originalgetreu beizubehalten und nur Layout und Nomenklatur den heutigen Gegebenheiten anzupassen…“

Prof. Dr.-Ing. habil. Ludwig Hannakam (1923 - 1987)