

Publikationen von Dr.-Ing. Bernd Gems, [www.accirrus.com](http://www.accirrus.com), Mobil +49-(0)1577-4183404.  
Die fett gedruckten Artikel sind in diesem Dokument enthalten

- **Strategieentwicklung per Checkliste**, Titelartikel Oktober 2006 in „Krankendienst“, Verbandszeitschrift von Deutschlands größtem Verband, der Caritas.
- **Industrielle Prozesse mit Vision Sensoren unterstützen**, „Messen, Prüfen, Automatisieren“ und Vortrag auf dem 9. Symposium über Sensoren und Messdatenverarbeitung, Technische Akademie Esslingen, 4.-6. Juni 2002.
- **Concepts for a successful production of textile parts in Germany**, „Knitting Technology“, 6/2000. In deutscher Sprache erschienen in der „Maschen-Industrie“, 7/2000.
- **Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich**, „ki Luft- und Kältetechnik“, November 1995 ( vgl. auch Editorial )

Folgende Publikationen können zugänglich gemacht werden:

- Gems, B.:** Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich, Dissertation Universität-GH-Siegen, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1995
- Fett, F. N.; Gems, B.:** Solares Heizen und Kühlen im Vergleich, Artikel im Tagungsband des 5. Deutsch-Türkischen Energiesymposiums, 19.-21. April 1995 in Izmir/Türkei
- Meliß, M.; Gems, B.:** Solar Institute of Jülich and AG Solar NRW - State of Engineering, englischsprachiger Vortrag und Artikel im Tagungsband auf dem 5. Deutsch-Türkischen Energiesymposium, 19.-21. April 1995 in Izmir/Türkei, Vortragender: B. Gems
- Fett, F. N.; Gems, B.:** Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich, et Energiewirtschaftliche Tagesfragen, September 1994, Heft 9
- Gems, B.; Fett, F. N.:** Photovoltaische Raumkühlung als Alternative zum thermischen Verfahren, Vortrag und Artikel im Tagungsband auf dem 9. Symposium Photovoltaische Solarenergie vom 16. - 18. März 1994 im Kloster Banz bei Staffelstein, Vortragender: B. Gems, 2. Platz bei der Wahl des besten Vortragenden in der Gruppe
- Gems, B.; Fett, F. N.:** Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich, Vortrag und Artikel im Tagungsband auf dem 8. Internationalen Sonnenforum vom 30. Juni bis 3. Juli 1992 im ICC-Berlin, Energie und unsere Umwelt, Vortragender: B. Gems
- Fett, F. N.; Gems, B.:** Solarzelle als Antrieb und Regler für Solarkollektor, BWK Brennstoff-Wärme-Kraft, 5/1996
- Gems, B.:** Nikon Photo Contest International 2000-2001, im Buch der „Besten 150“ von 34.000 Einsendungen.
- Gems, B.:** Konzepte für eine erfolgreiche Produktion von Platinen in Deutschland, Maschen-Industrie, 7/2000

Katholischer Krankenhausverband Deutschlands e.V.

# Krankendienst

---

Zeitschrift  
für katholische  
Krankenhäuser,  
Sozialstationen und  
Rehaeinrichtungen

10

79. Jahrgang    Oktober 2006

**Strategieentwicklung  
per Checkliste**



# Strategieentwicklung per Checkliste

Von der Kunst, das richtige Instrumentarium  
für eine maßgeschneiderte Strategie auszuwählen

*Bernd Gems*

Die großen „Macher“ der Strategieszene fanden in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl von Wegen, die zu einer erfolgreichen Weiterentwicklung bei Unternehmen führen sollten. Viele der gefundenen Schlagworte verschwanden schnell wieder aus dem öffentlichen Fokus. So hat sich ein beachtliches Vokabular angesammelt, verbunden mit den entsprechenden Methoden und Erfahrungen. Der neueste Ansatz wird dabei meist als der „Richtige“ propagiert: Danach handelnde Unternehmenslenker und Führungskräfte finden sich so nur zu oft in der Situation des Jägers wieder, der so lange den Schatten des Hasens jagt, bis er selbst vor Erschöpfung tot umfällt. Ein Verfahren, wie ein Praktiker Ruhe in die Verwendung der Strategieinstrumente hineinbringen und diese dazu nutzbringender anwenden kann, schlägt dieser Artikel vor.



Bild 1: Strategiemethoden: Worthülsen oder nutzbare Werkzeuge?

rianten auf.<sup>1</sup> Wenn also bereits die Überschrift des Themas in ihrer Bedeutung unklar ist, darf es nicht wundern, dass sich ein breites Feld an kreativen Begriffen darunter versammelt. Eine kleine Auswahl an Schlagworten, die sich im Laufe der Zeit im Umfeld des Themas „Strategie“ angesammelt haben, zeigt Bild 1. Eines der Konzepte daraus, die sich einmal großer Popularität erfreuten, ist zweifellos das „Business Reengineering“. Hinter diesem wohlklingenden Anglizismus steht die Idee, dass Unternehmen sich in ihrem Tätigkeitsgebiet

und in ihrer Größe kontinuierlich verändern, die grundlegende Struktur der Organisation jedoch nicht angemessen angepasst wird. So entsteht ein wachsender Druck, der sich in einer erdbebenhaften Revolution, eben dem „Business Reengineering“, zu lösen hat und so zu einer genau passenden Organisationsstruktur führt. Trotz der zweifellos überragenden Methodenkenntnis der Berater erwies sich die Mehrzahl der Projekte als Fehlschlag, von

## Überfüllte Tool-Box

Bereits die Definitionen des Begriffes „Strategie“ sind zahlreich, allein Kutschker und Schmid listen in ihrem Band „Internationales Management“ neun unterschiedliche Va-

denen sich einige Unternehmen nicht oder nur mühsam wieder erholten. Die Methode als solche geriet in Verruf und machte Platz für andere Verfahren. Dabei wird übersehen, dass rund 20 Prozent der Projekte des Business Re-engineering sich sehr wohl als erfolgreich erwiesen haben. Ähnlich ergeht es vielen anderen Strategien und Methoden zur Unternehmensverbesserung, die zeitweise als das wahre Mittel der Wahl angepriesen wurden.

Dem unabhängigen Betrachter drängt sich die Frage auf, ob es sich bei den angebotenen Strategieinstrumenten um rasch wechselnde Worthülsen oder tatsächlich nutzbringende Werkzeuge handelt. Beides trifft zu und es hängt von der Art der Anwendung ab, ob und welcher Erfolg erzielt werden kann. Anders gesagt wird strukturiertes und unterstütztes Denken immer wichtiger, sofern es über die Erfahrungswelt des einzelnen Unternehmens oder Managers deutlich hinausgeht. Um zum „Business Reengineering“ als Beispiel zurück zu kommen: Es gibt natürlich Unternehmen, für die eine radikale Neuorganisation das absehbar beste Mittel der Weiterentwicklung ist. Eine Betrachtung der Fehlschläge und Erfolge des Verfahrens liefert die Kriterien, die erforderlich sind, um über einen tatsächlich Erfolg versprechenden Einsatz zu entscheiden. Bei einer derart evolutionsgeprägten Verwendung von Strategiewerkzeugen wird deren Erfolgsquote erheblich steigen: Nahezu jedes der im Laufe der letzten Jahrzehnte entwickelte Verfahren bietet vorzügliche Ansätze zur Verbesserung der Situation von Unternehmen insgesamt oder im Detail.

## **Strategiesubjekt genau analysieren**

Ausgangspunkt für die Wahl der einzusetzenden Mittel ist in jedem Fall die genaue Betrachtung der Organisation, die verbessert werden soll. Aus deren Analyse kann auf die einzusetzenden Verfahren, Verfahrenselemente oder deren Kombination geschlossen werden.

Heute stellt sich die Situation in der Praxis meist anders dar: Spezialisten stellen, beispielsweise auf Vorträgen, „ihr“ aktuelles Konzept mit griffiger, vorzugsweise markengeschützter Bezeichnung vor und die Unternehmenslenker entscheiden, ob sie dieses spezifische Angebot annehmen oder nicht. Dabei werden wir immer wieder in die Beispielfalle gelockt und vergessen dabei, dass nichts besser lügt als die Wahrheit: Es wird auf Unternehmen verwiesen, die

mit diesem oder jenem Verfahren enormen Erfolg erzielt hatten. Jahre später lesen wir dann in der Fachpresse, dass die überwiegende Mehrzahl der mit diesem Verfahren durchgeführten Projekte negativen oder kaum messbaren Erfolg aufwies, typisch dafür ist wieder das Beispiel Re-engineering. Wohltuend hebt sich aus diesem breiten Angebot an veröffentlichten Methodenbeschreibungen und singulären Erfolgsberichten der Artikel von Edding<sup>2</sup> ab „Friede im Altersheim? Ein Lern- und Lehrstück“, in dem die Autorin ihren mühevollen Weg zum Teilerfolg bei der Beseitigung sozialer Probleme in der Mitarbeiterschaft schildert. In seiner Offenheit bietet dieser Artikel viele reale Erfahrungen und schafft gerade auf diese Weise Vertrauen in die Leistung der Beraterin bei denen, die diese Offenheit wertzuschätzen wissen.

Dem scheinbar kleinen Unterschied zwischen „Effektivität“ und „Effizienz“ kommt in diesem Zusammenhang eine erhebliche Bedeutung zu. Gerade die Situation der großen Beratungsunternehmen ist hier nicht einfach: Einerseits müssen sie kontinuierlich neue Produkte (= Strategiemethoden) mit griffigen Namen entwickeln, um am Markt zu bestehen, andererseits sollen sich diese Verfahren im Sinne einer Differenzierung vom Beraterwettbewerb abheben. Sie kommen in die Lage, ihr jeweils neuestes Produkt am Markt platzieren zu müssen. Dabei gerät häufig aus dem Blickfeld, dass Strategieverfahren sich nicht verhalten wie beispielsweise Computer – je neuer, desto besser bei gleichem Preis – sondern dass sie zunächst gleichwertig nebeneinander stehen und ihre jeweiligen Vor- und Nachteile für eine gegebene Betriebssituation und Problemstellung aufweisen.



*Bild 2: Strategiemethoden verstanden als Werkzeugkasten bieten Unabhängigkeit, Wahlfreiheit und einen individuellen Zuschnitt in der Anwendung*

Am Beginn eines Strategieprozesses steht also im Anschluss an die Analyse der Ausgangssituation sinnvollerweise eine sorgfältige Auswahl des Verfahrens bzw. der Verfahrenselemente, um die Effektivität im Sinne der Inhaber oder Träger sicherzustellen. Erst danach stellt sich die Frage nach der Effizienz der Durchführung – „das Richtige tun“ ist als Entscheidung immer wichtiger als „(irgend-)etwas gut machen“.

der im Wort „Total“ festgeschriebene ganzheitliche Anspruch einmal beiseite gelassen wird. Stellen sich die Erfolge ein, wird der TQM Prozess im Hause stetig wachsen und im Sinne des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses oder „Kaizen“ immer wieder Optimierungsschritte liefern.

## Konstruktiv mit Unsicherheit umgehen



*Bild 3: Checklisten gibt es in Buchform zu nahezu jedem Thema. Die Anwendung setzt Zeit, übergreifendes Wissen und die Fähigkeit voraus, aus dem eigenen Kopf herauszutreten*

Als vorteilhaft erweist sich dabei, dass die meisten Konzepte mit ihren dahinter stehenden Grundgedanken sich schnell wie in einer Checkliste beschreiben lassen. So wird in einem ersten Gespräch zwischen Führungskraft und Berater schnell deutlich, welche Verfahren oder Kombinationen von Verfahrenselementen zur Lösung einer gegebenen Aufgabenstellung voraussichtlich zielführend sein werden. Eine gute Portion Selbsterkenntnis, -reflexion und Konsequenz ist hier gefragt: Wenn, wie so oft, das eigentliche und durchaus legitime Ziel die Zertifizierung als Papierdokument z.B. nach DIN ISO ist, sollte dies genau so kommuniziert werden, wenn die Geschäftsleitung ihre Glaubwürdigkeit bewahren will. Den Mitarbeitern bleiben Lippenbekenntnisse nur selten verborgen. Umgekehrt können beispielsweise mit den Methoden des TQM, des „Total Quality Management“, auch lokal erhebliche Verbesserungen erzielt werden, wenn

Entscheidend an dieser Stelle ist der souveräne Umgang mit der *Wahlfreiheit von Aufgabenstellung und Lösungsverfahren*, der die Führungskraft vor eine ihr angemessene Aufgabe stellt.

Wahlfreiheit bedeutet immer auch Unsicherheit, die sich auf unangenehme Weise zu den von außen aufgeprägten Unsicherheiten des Unternehmensumfeldes hinzugesellt. Genau hier jedoch findet sich die eigentliche Kernaufgabe von Strategieentwicklung: *Strategie ist Management von Unsicherheit*. Die bekannten Verfahren der Strategieentwicklung sollen in ihrer detailliert ausgearbeiteten Methodik „Sicherheit“ suggerieren – einer der stärksten Werte und Motivatoren gerade in Deutschland und ideal geeignet, potentielle Unternehmenskunden zu faszinieren. Bei diesem Vorgehen wird zunächst ein Ziel definiert und dann ein Plan erstellt, der abzuarbeitende Aufgaben bis zum letzten Mitarbeiter festlegt und die Zielerreichung sicher erscheinen lässt.

Dieser Ansatz aus dem Projektmanagement entspricht unseren Denkgewohnheiten und Erfolgserfahrungen: Jeder Neubau eines Krankenhausflügels, eines Kraftwerks-, Maschinen- oder Straßenbauprojektes folgt diesem Prinzip und führt bei allen Schwierigkeiten meist zu einem erfolgreichen Abschluss. Jeder Architekt kennt Gesetzeslage, Bodenqualität, verfügbare Materialien, anzuwendende Gleichungen und hat Erfahrung, so dass er sehr unterschiedliche Häuser sicher planen kann. Diese Grundidee auch für die Strategieentwicklung einzusetzen, wirkt zunächst verlockend, ist jedoch als wesentliche Ursache für das häufige Versagen dieses „klassischen Strategieansatzes“ zu verstehen.

Auch das Projektmanagement bietet natürlich eine Fülle von Unsicherheiten. Beispielsweise ist erfahrungsgemäß eine der größten Herausforderungen für den Projektleiter die Motivation von Mitarbeitern, die ihm nicht disziplinarisch unterstellt sind. Diese Art der Unsicherheit ist allerdings von grundsätzlich anderer Art als die strategische Unsicherheit.

## Unsicherheit als gezielt nutzbare Chance verstehen

Die Hauptfaktoren auf dem Spielfeld der Strategie sind im Unterschied zum Projektmanagement der Umgang mit vagen Zukunftsprognosen, Szenarien, Diskontinuitäten im Umfeld des Unternehmens, nicht absehbare Technologien und Entwicklungen. Projekte und Verfahren sind in diesem Zusammenhang unverzichtbar, solange nicht der Schwanz mit dem Hund wedelt, die Projekte und Einzelmethoden also die Überhand erhalten.

In diesem Zusammenhang bedeutet „Entscheidungsfähigkeit“, in angemessener Zeit und auf Basis unvollständigen Wissens eine Handlungslinie vorzugeben. Liegen alle relevanten Fakten und ihre Gewichtung vor, handelt es sich um eine logische Schlussfolgerung, die bestenfalls noch „abgenickt“ werden kann. Die Geschäftswelt hat sich allerdings in weiten Bereichen so entwickelt, dass „Entscheider“ oft so lange neue Informationen zur Absicherung einholen, bis sich das Zeitfenster für eine positiv wirksame Entscheidung wieder geschlossen hat. Sicher auch eine Folge des veränderten Umgangs mit Fehlern seitens der Öffentlichkeit oder der Vorgesetzten.

Während das TQM richtigerweise einem sicherheitsgetriebenen Projektansatz folgt, bietet die Entwicklung etwa einer Balanced Scorecard sehr viel mehr Möglichkeiten, die in Unsicherheit liegenden Chancen zu nutzen. Bekannt ist das Beispiel eines Herstellers von Spiralbohrern, der sich in seinem Leitbild als zuständig für Löcher beschreibt. So sensibilisiert er seine Mitarbeiter, auf neue Entwicklungen, vielleicht in der Lasertechnik oder in Bezug auf eckige Löcher, zu achten und schnell sowie kreativ agieren zu können. Die Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen wird hier als Chance gezielt einbezogen, ein Kennzeichen gekonnten Strategiedesigns. Bei der Definition eines Leitbildes wie im gesamten Strategieprozess wird ein guter Moderator auch in diesem Sinne wirken.

## Chancen erkennen und nutzen

Das hinter diesem Beispiel stehende Prinzip ist das, was der Autor „gesteuerten Zufall“ nennt. Wer reich heiraten möchte, sollte sich an die Orte begeben, an denen reiche Menschen anzutreffen sind. Die Zielerreichung ist nicht

sichergestellt, die Wahrscheinlichkeit wächst jedoch erheblich. Damit ist eine Hauptaufgabe von Strategieentwicklung genannt: Die Wandlung von Unsicherheit in Chancen – alles andere sind Projekte, die zielführend sein können und von denen diejenigen mit Priorität im Sinne des Leitbildes natürlich auch durchgeführt werden müssen.

## Katalytische Systeme

Bezugnehmend auf die eingangs erwähnte Checkliste der Strategieinstrumente soll im Folgenden einer der vielen Punkte der Liste diskutiert werden: die katalytischen Systeme. Die Herangehensweise an einen Punkt auf der Checkliste wirft einige Fragen auf: Was verstehen wir darunter? Welche Erfahrungen gibt es? Wie würde die Anwendung in meinem Verantwortungsbereich aussehen? Welche einschränkenden Rahmenbedingungen, beispielsweise gesetzliche Regelungen, gibt es? Kann und will ich das Verfahren einsetzen?

Unter einem „Katalytischen System“ verstehen wir die Installation von meist enorm wirksamen Verfahren, die auf Eigendynamik der Zielerreichung ausgelegt sind. Die wichtigste Voraussetzung ist in der Regel eine starke Führungspersönlichkeit.

Um beispielsweise landesweit die Ergebnisqualität von Herzchirurgen zu verbessern, können groß angelegte Programme zur Weiterbildung, Anzeigen in der Fachpresse oder TQM-Projekte eingesetzt werden. Wie Fischer berichtet, kann auch einfach die Mortalitätsrate im Internet vergleichend veröffentlicht werden mit der Folge einer radika-



Bild 4: Ein individualisierter Checklistensatz, genau passend zur Lösungsfindung im einzelnen Unternehmen

len Qualitätssteigerung.<sup>3</sup> Gleichfalls in den USA veröffentlicht eine Gemeinde ihre Schuldner im Internet – mit durchschlagendem Erfolg. Weltweit arbeitet der Internet-Auktionshändler Ebay sehr erfolgreich mit dieser Methode, auch beschreibt der oft als erfolgreichster Manager der Gegenwart titulierte Jack Welch in seinem Buch „Winning“<sup>4</sup> die Wirksamkeit dieses Prinzips. Und wie immer Vorsicht mit Beispielen: Ob das Prinzip bei einer bestimmten Organisation funktionieren kann, hängt von der Organisation und der geschickten Anwendung ab!

Die Grundidee hinter den katalytischen Systemen ist die Transparenz von Leistung bis hin zum Träger der Leistung bzw. der fehlenden Leistung, der direkte Vergleich und ein Ranking.

Ein wichtiges Detailziel in einem Krankenhaus oder Altenheim könnte die Verbesserung der Mitarbeiterfreundlichkeit gegenüber den Patienten sein. Es ist spannend zu beobachten, dass unterschiedliche Mitarbeiter bei gleichem Stressniveau eine sehr unterschiedliche Freundlichkeit an den Tag legen – das Spektrum reicht von kontinuierlicher, professioneller Freundlichkeit bis hin zu ungefilterter Launenhaftigkeit.

Jede moderne Weiterbildungseinrichtung lässt ihre Trainer von den Teilnehmern mit einem Bewertungsbogen einschätzen und öffnet so dem Trainer und sich selbst viele Möglichkeiten der Verbesserung. In gleicher Weise kann die Freundlichkeit einzelner, namentlich genannter Mitarbeiter von Patienten bewertet werden. Auch wenn lediglich die Veröffentlichung der gemittelten Ergebnisse auf Stationsebene durchsetzbar sein sollte, sind gute Erfolge zu erwarten. Keine Stationsleitung wird damit einverstanden sein, dass ihre Station als „unfreundlichste Station des Hauses“ dasteht und mit selbstmotivierten Maßnahmen eingreifen – oder es handelt sich um eine im Sinne der Strategie des Hauses ungeeignete Stationsleitung.

Um mit J. Collins<sup>5</sup> zu reden: „Katalytische Mechanismen sorgen gezwungenermaßen dafür, dass sich das bessere Argument am Ende durchsetzt, auch wenn die Verantwortlichen oft ein persönliches Interesse haben, dies zu verhindern.“

Ein meist untauglicher Versuch der Anwendung katalytischer Prozesse zeigt sich in Unternehmen, die in jährlichen Budgettreffen unter Teilnahme der weltweiten Niederlassungsleiter die absoluten Umsatzzahlen einzelner Produkte vergleichend auflistet. Die „erstaunliche“ Folge ist, dass das Ranking natürlich eher die Industrieleistung des jeweiligen Landes widerspiegelt als die Leistungen des lokalen Managements. Diese Vorgehensweise bietet den lokalen Chefs der „großen“ Länder Gelegenheit zum Ausruhen und liefert den „Kleinen“ immer wieder Anlass

zu ausgeprägter Lustlosigkeit. Viele fest installierte Verfahren weisen vergleichbar negative Ergebnisse auf, was betriebsintern kaum auffallen kann.

## Die Aktionismufalle

Während die Beispielfalle als Möglichkeit zur Bewertung von Strategiemethoden bereits genannt wurde, bietet sich als wichtiges Mittel der Reflexion auch die Betrachtung der Aktionismufalle als weiterer Punkt auf der Checkliste an. Der Drang, „etwas bewegen zu wollen“, der Charaktertypus des „Machers“, der „dem Unternehmen seinen Stempel aufdrückt“, wird in unserer Gesellschaft meist positiv bewertet und kann ein Unternehmen enorm schnell voran bringen. Er kann jedoch als Nebenwirkung auch eine ungute Eigendynamik entwickeln. Helmut Schmidt warnte dazu schon mit dem Ausruf „Das ist der ganze Jammer: Die Dummen sind so sicher und die Gescheiten so voller Zweifel.“ In diesem Sinne besteht für den Macher immer die Gefahr, den naturgegebenen Unsicherheiten mit Aktionismus zu begegnen und Effektivität mit Effizienz zu wechseln. Eine rasche Folge von wechselnden Projekten und Umstrukturierungen können ein Anzeichen hierfür sein mit sehr negativen Folgen für die Mitarbeitermotivation und die gesamte Organisation. Wenn Unternehmensfusionen scheitern, kann dies insbesondere auch an druckvoll agierenden Managern liegen. Eine gute Möglichkeit zu Selbstreflexion und Abhilfe bietet hier die Begleitung beispielsweise durch einen externen Business Coach oder Berater. Mit dieser immer häufiger verwendeten Feedback-Instanz im Rücken kann der Macher dann seine Stärken voll ausspielen und Berge versetzen, vielleicht eher als zuvor die richtigen Berge an den richtigen Platz.

Es scheint so, als ob eine der größten Herausforderungen bei der Entwicklung einer erfolgreichen Strategie das Heraustreten aus und Hinterfragen der persönlichen und unternehmerischen Erfahrungswelt ist. Aussagen wie „Ich kenne mein Geschäft genau“ sind zwar häufig richtig, aber bei der Entdeckung von Chancen kaum hilfreich.

Die Vertreter der deutschen Uhrenindustrie kannten „ihren“ Markt in seiner Segmentierung in Herren- und Damenuhren tatsächlich sehr genau, und tatsächlich wird dieser Umstand heute als eigentliche Ursache des dramatischen Niedergangs angesehen. Im Gegensatz dazu ermöglichte der schweizerische Ansatz, Armbanduhr als Accessoire passend zu Gelegenheit und Kleidung zu verstehen, einem gewissen Unternehmen na-

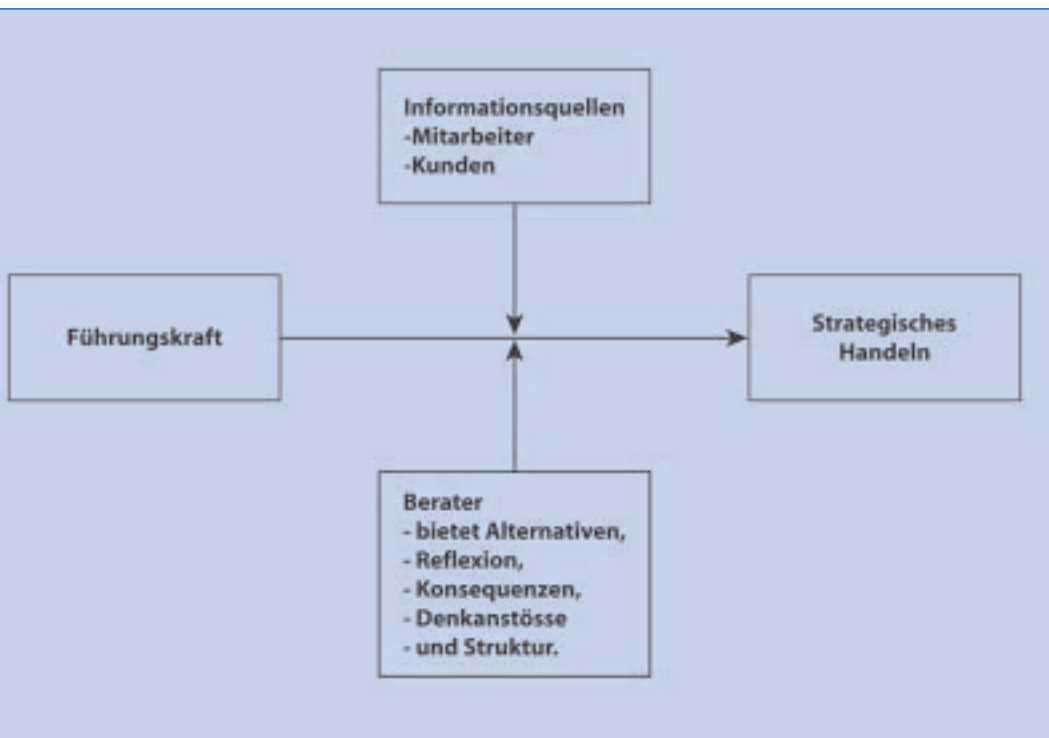


Bild 5: Effizientes strategisches Handeln setzt einen größtmöglichen Freiheitsgrad, z. B. durch alternative Handlungsoptionen und mögliche Konsequenzen, bereits in der Anfangsphase des Prozesses voraus

mens Swatch zeitgleich einen kompetenhaften Aufstieg. Es gibt immer eine herausragende Lösung und die eigentliche Aufgabe strategischen Vorgehens ist es, deren Findung zu erleichtern und zu fördern.

## Der strategische Prozess

Am Anfang eines Strategieprozesses steht in der Regel der Eindruck einer Führungskraft, dass in Bezug auf ein auffälliges Thema „etwas passieren muss“, im Unternehmen selbst jedoch bisher keine erfolgreiche Maßnahme gestartet wurde oder in Aussicht steht. Um weiterzukommen wird oftmals ein externer Berater hinzugezogen, der gemeinsam mit der Führungskraft eine erste Formulierung der Aufgabenstellung findet. Ein wichtiges, weiteres Etappenziel ist es, gemeinsam einen geeigneten Methodenmix zur Lösungsfindung zusammenzustellen.

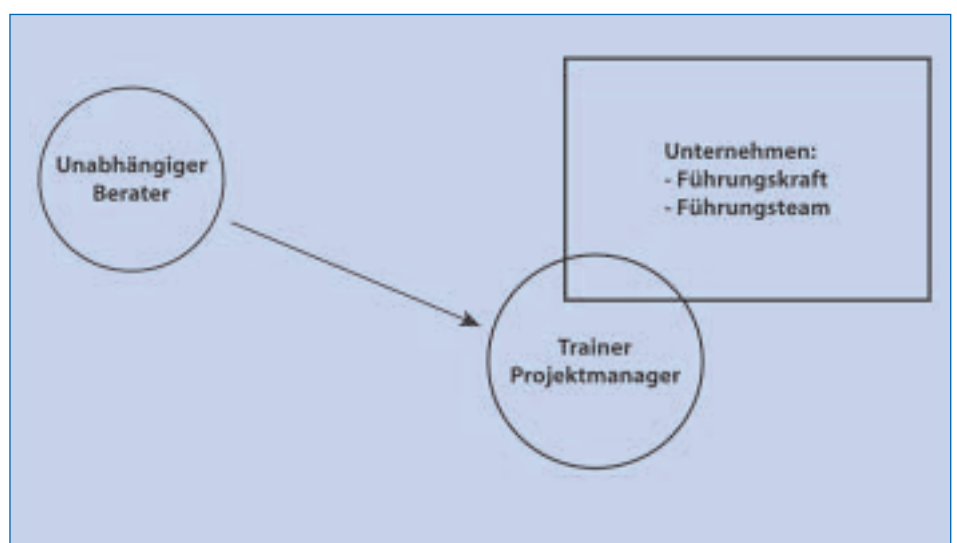


Bild 6: Aus der Relativposition von Berater und Unternehmen folgt die Verteilung der Aufgaben

Dabei ist es zunächst die Hauptaufgabe des Beraters, unabhängig und wiederholt zu hinterfragen, Denkanstöße zu liefern und den Führungskräften auch persönliches Feedback zu geben. Häufig erfährt die Ausgangsformulierung des Ziels eine Überarbeitung – aus „Umsatzsteigerung“ kann beispielsweise eine „langfristige Ertragssteigerung“ werden mit der Folge sehr unterschiedlicher Maßnahmen.

Je ähnlicher sich die Partner zu Beginn des Prozesses sind, desto einfacher wird das Gespräch beginnen, desto weniger wird aber auch an wirklich neuartigen und differenzierenden Ansätzen erreicht werden können. Je weiter die Erfahrungs- und Kenntnisswelten auseinander liegen und je ideologiefreier diskutiert wird, desto ungewöhnlicher und passender werden die neu gefundenen Ideen und Ansätze sein. Stellt sich in einer Branche ein Verfahren als notwendiges „Muss“ heraus, wird man also einen in Branche und Verfahren erfahrenen Berater ansprechen. In Fällen der Differenzierung vom brancheninternen Wettbewerb oder wenn noch kein branchentypisches Erfolgskonzept besteht, wird man besser einen Berater mit übergreifenden Ansätzen wählen.

## Den richtigen Methodenmix finden

---

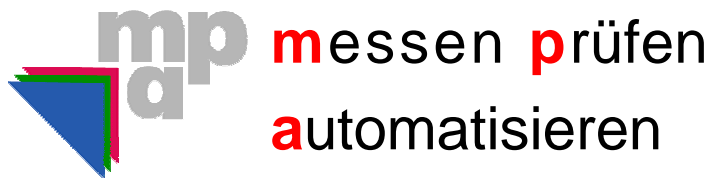
- Das oft beschriebene Scheitern des „klassischen Strategieansatzes“ hat eine wesentliche Ursache in der Fokussierung auf jeweils aktuelle Einzelmethoden.
- Das Verständnis von Methoden und Erfahrungen als Werkzeugkasten bietet Wahlfreiheit und eine der Individualität des Unternehmens angepasste Lösung.
- Die Werkzeuge können als Checkliste gemeinsam durchgegangen werden. So werden ein ideologiefreier und umsetzbarer Methodenmix und eine angemessene Zielvorstellung gefunden.
- Externe Reflexion und Erfahrung wirkt unterstützend gegen typische Managementfehler.
- Die Umsetzung erfolgt je nach gewähltem Vorgehen alleine durch das Unternehmen selbst, zusammen mit dem unabhängigen Strategieberater oder mit hinzugezogenen Beratern und Dienstleistern.
- Unternehmens- und brancheninterne Denkmuster hindern evolutionsbedingt an der Entwicklung wirklich neuer Konzepte.

## Anmerkungen

---

- <sup>1</sup> Kutschker; Schmid: Internationales Management. Oldenburg, 2002.
- <sup>2</sup> Edding, Cornelia, Dr.: Friede im Altersheim? Ein Lern- und Lehrstück. Beitrag in der Zeitschrift Organisationsentwicklung. 1(1982)4, neu abgedruckt 2000.
- <sup>3</sup> Fischer: Qualität ist das Gegenteil von Zufall. Krankendienst 12, Dezember 2005.
- <sup>4</sup> Welch, Jack: Winning. Harper Business, 2005
- <sup>5</sup> Collins Jim: Wirksamer als Strategien: Katalytische Mechanismen, aus Kursbuch Management. DVA, 2001.

Dr. Ing. Bernd Gems war zehn Jahre im internationalen Management für große mittelständische Unternehmen tätig. Heute arbeitet er mit den Schwerpunkten Strategie und Internationalisierung als unabhängiger Unternehmensberater und Inhaber von accirrus.de.



Band 4

Karl Walter Bonfig (Hrsg.)

# Sensoren und Messdatenverarbeitung



b-Quadrat Verlag  
Kolpingstraße 46 • 86916 Kaufering

**Sensoren und Messdatenverarbeitung**

Bonfig, Karl-Walter -

Kaufering: b-Quadrat Verlag, 2002

(messen, prüfen, automatisieren ; Bd. 4)

ISBN 3-933609-14-3

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Bei der Erstellung des Buches wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen; trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Es wird darauf hingewiesen, daß die inhaltliche Verantwortung der Beiträge bei den Autoren liegt.

© 2002 by b-Quadrat Buchverlag, D-57223 Kreuztal

Alle Rechte vorbehalten

Printed by Bonn + Fries GmbH & Co. KG in Siegen, Germany

ISBN 3-933609-14-3

## 12 Industrielle Prozesse mit Vision-Sensoren unterstützen

Dr.-Ing. Bernd Gems

Dipl.-Ing. Christoph Seewald

### 12.1 Die Herausforderung

Industrielle Prozesse unterliegen einer kontinuierlichen Verbesserung - insbesondere im Hinblick auf Taktraten, Zuverlässigkeit, Produkttoleranzen oder Flexibilität. Dies führt zu einem erhöhten Bedarf an zusätzlichen Inspektionen in der Produktionslinie - also an Stellen mit hohen Taktraten -, um mögliche Abweichungen so früh wie möglich aufzufinden. Auch die Qualität der Endprodukte (inkl. deren Verpackungen) muss immer genauer geprüft und nachgewiesen werden. Häufige Produktformatwechsel an einer Produktionslinie erfordern dabei hohe Flexibilität und sehr einfache Bedienbarkeit einer Inspektionseinrichtung.

Viele solcher Aufgabenstellungen können heute mit einem parametrierbaren, schnellen Vision Sensor gelöst werden. Ein solches Konzept wird in diesem Artikel eingehender betrachtet.

### 12.2 Die allgemeinen Anforderungen im Rahmen von Inspektionsaufgaben

Analysiert man Anforderungen an Inspektionsaufgaben, die im Rahmen von industriellen Prozessen auftreten, so sind einige Randbedingungen und Eigenschaften von Vision Sensoren zu beachten:

Verglichen mit Bildverarbeitungs-Systemen (üblicherweise aus PC, einer oder mehreren Kameras, separater Beleuchtung und meist auftragsspezifischer Software) weist ein Vision Sensor einen deutlich spezifischeren und damit auch kleineren Funktionsumfang auf. Viele Aufgabenstellungen können damit gelöst werden, andere dagegen nicht.

Es ist sehr entscheidend, einen Vision Sensor so aufzubauen, dass der Anwender diesen möglichst einfach installieren und in Betrieb nehmen kann und während dieses Vorgangs vom Sensor Informationen über die Robustheit der Anwendung bekommt. Eine Darstellung des Live-Bildes und der Parameter während der Inbetriebnahme ist daher sehr empfehlenswert.

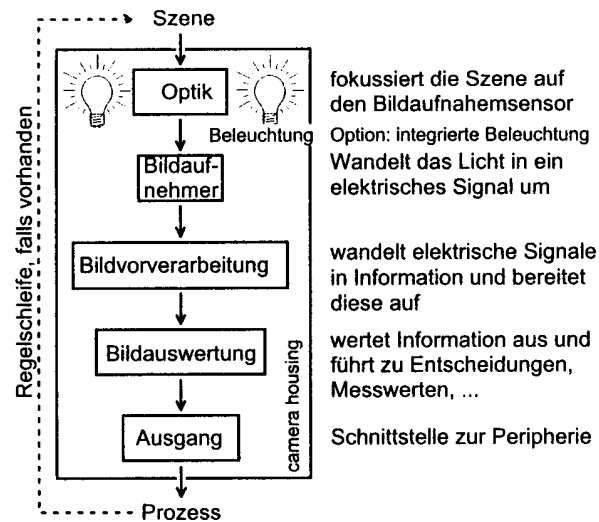


Bild 1: In einen Vision Sensor zu integrierende Funktionalität

Ein typisches Sensordesign bedeutet auch, dass die gesamte Funktionalität in einem einzigen Gehäuse untergebracht wird, was Voraussetzung für eine einfache und schnelle Montage ist. Verglichen mit herkömmlichen Sensoren benötigen Vision Sensoren aber deutlich höhere Prozessorleistungen und aufwändigere Beleuchtungen, so dass die Integration in ein einziges Gehäuse, das eben auch möglichst die Dimensionen eines herkömmlichen Sensors haben soll, eine große Herausforderung ist. Abbildung 1 zeigt die gesamte Funktionalität, die innerhalb dieses Gehäuses erforderlich ist.

Sensoren werden in rauen Industrieumgebungen eingesetzt, so dass diese unbedingt entsprechend robust und unempfindlich gegen die verschiedenen Einflüsse, die im industriellen Umfeld vorkommen (beispielsweise Schock, Vibration, Beleuchtungsschwankungen, ..) ausgelegt werden müssen. Das bedeutet unter anderem ein stabiles Gehäuse mit exakt abgedichteten Frontlinsen und stabile und dichte Anschlussstechnik. Konformitäten mit Normen wie DIN EN ISO 9001 und 14001, CE, EMV, sowie hohe Dichtigkeitsklassen (IP64 oder höher) gehören ebenfalls zum Sensorstandard. Diese werden erreicht durch das sehr frühe Einfließen der Anforderungen in den Designprozess des Sensors und einer sorgfältigen Qualitätskontrolle in der Serienproduktion. Das Ergebnis sind dann Sensoren, die in verschiedensten industriellen Umgebungen arbeiten und ohne viel Betreuungsaufwand zu verursachen vom ersten Moment an nach der Inbetriebnahme arbeiten.

Sensoren werden in Serie produziert, so dass sehr spezifische Werkzeuge, Fertigungs- und Prüfeinrichtungen verwendet werden können, was wiederum zu einem sehr hohen und gleichbleibenden Stand der Fertigungsqualität dieser Sensoren führt.

Eine hohe Verfügbarkeit des Sensors, des Services und der Betreuung muss garantiert werden, um dem OEM-Kunden eine optimale Betreuung seiner Endkunden zu ermöglichen.

Für eine einfache Installation sollte ein Vision Sensor automatisch ablaufende Routinen zum Selbstabgleich durchführen können. Für spezielle Aufgaben (beispielsweise Verkürzen der Taktzeiten oder Auswählen bestimmter ROIs) ist es aber notwendig, dass Parameter auch manuell an die jeweilige Situation angepasst werden können.

Vision Sensoren können für eine spezifische Applikation eingesetzt werden, oft haben aber OEM-Kunden Bedarf für Vision Sensoren in verschiedenen Klassen von Applikationen. Deshalb sollte ein Vision Sensor auch bei überschaubarem Funktionsumfang eine gewisse Flexibilität in der Anwendung bieten, um eine möglichst große Applikationsbreite abzudecken.

Betrachtet man all diese Aspekte, so führen diese zu deutlichem Nutzen in der Industrie im ganzen als auch für jeden einzelnen Kunden. In Kombination kommt damit ein neues Feld von Lösungsansätzen ins Spiel: Intelligent Camera Sensors (ICS). Grundsätzlich vereinen solche Sensoren bis zu einem hohen Grad geeignete Bildverarbeitungs-Algorithmen und Techniken mit den Standards, die für industrielle Sensoren gelten. Letzteres schließt natürlich die Forderung nach möglichst hoher Robustheit gegen alle Umgebungsbedingungen ein. Sensoren mit dieser Zielrichtung gibt es bereits schon auf dem Markt. Als Beispiel für ein solches Produkt wird im folgenden ein Vision Sensor der SICK AG beschrieben.

### 12.3 Vision Sensor - Vorstellung eines konkreten Produktes

Berührungslos arbeitende Sensoren von der SICK AG werden in den verschiedensten Anwendungen eingesetzt: zur zuverlässigen und effizienten Prozessregelung, zum Schutz von Personen vor Unfällen oder auch im Rahmen des Umweltschutzes. Die Sensoren der Division "Industrielle Automation" spiegeln die Applikationserfahrung von 50 Jahren in fast allen Branchen der Fabrikautomation wieder. Klassische Aufgabenstellungen sind Detektieren, Zählen, Klassifizieren und Positionieren von Objekten, das Erkennen der Form und Position, Farbe oder Oberflächenfehler - auch bei extremen Umweltbedingungen.

Während des Produkt-Entstehungs-Prozesses wird ein ganzheitliches Design-Verfahren durchlaufen, welches u.a. sicherstellt, dass die Produkte die geforderten Eigenschaften aufweisen. Wird dieses Verfahren auf Kamera-Sensoren für Bildverarbeitungsanwendungen angewandt, kann man die Eignung des Produktes für das industrielle Umfeld, einen leistungsfähigen Funktionsumfang und ausgeprägten Kundennutzen erwarten.

Seit Anfang 2002 ist ein neuer Intelligenter Camera Sensor (siehe Bild 2), der von SICK zusammen mit dem schwedischen Partner IVP entwickelt wurde, verfügbar. Die Partnerschaft zwischen einem Sensorhersteller und einem Bildverarbeitungs-Spezialisten steht für die synergetische Implementierung des Wissens beider Seiten in einem Produkt, welches so ausgelegt werden konnte, dass ein möglichst hoher Kundennutzen gemäß dem oben gesagten erzeugt wird. Die besonderen Eigenschaften des ICS 100 (vorderes Produkt in Bild 2) und der zugehörigen Bedieneinheit VSC 100 (hinteres Produkt in Bild 2) führt zu einer großen Vielfalt von Lösungen durch den Anwender, von denen einige im folgenden aufgelistet sind.



Bild 2: Intelligenter Camera Sensor mit Bedieneinheit

Eine zuverlässige Objektdetektion wird mittels einer sehr homogenen Beleuchtung des Objektes und speziellen HystereseFunktionen erreicht. Das Licht von 15 LED der höchsten Leistungsklasse wird mit einem Linsenarray und Einzellinsen auf das Objekt projiziert (Frontlinseenarray sichtbar in Bild 2). Die Homogenitätsverteilung im Sichtfeld (bei weißem, gleichförmigem Objekt) ist in Bild 3 auf dem hohen Plateau zu sehen.

Glänzende Objektflächen können mit dem Sensor problemlos erfasst werden, da aufgrund der CMOS-Architektur das klassische "Blooming"- Problem von CCD-Sensoren nicht auftritt.

Erfolgreiche Lösungen für eine Vielzahl verschiedener Aufgabenstellungen sind aufgrund der aufgabenbezogenen Stärken der 4 zur Verfügung stehenden und auswählbaren BildverarbeitungsAlgorithmen möglich. Auch die Möglichkeit, Teachund Suchfelder in Größe und Position zu bestimmen, erhöht die Chancen, einfache und schnelle Lösungen zu erzeugen.

Eine herausragende Kombination von Auswertegeschwindigkeit (minimale Zyklusdauer 2,5 ms) und tatsächlicher Auflösung von 320 x 320 Pixel erlaubt den Einsatz auch bei Applikationen, in denen sehr hohe Geschwindigkeit und gute Auflösung gefragt ist.

Produktformatwechsel werden sehr einfach, da der Sensor bis zu 4 Objekte gleichzeitig in einem Bild auswertet (ohne jegliche Parameteranpassung) und jedes

Objekt einem der 4 Ausgänge zugeordnet ist. Auch mehr als 4 Produktformate sind möglich, denn bis zu weitere 12 abgespeicherte Objekte können aus dem Memory-Menü des Sensors geladen werden.

Auf exakte Objektpositionierung kann meist verzichtet werden, da der Vision Sensor Objekte auch an verschiedenen Positionen sicher detektieren kann.

Verdrehungen können - je nach Auswerteverfahren - ebenfalls festgestellt werden.

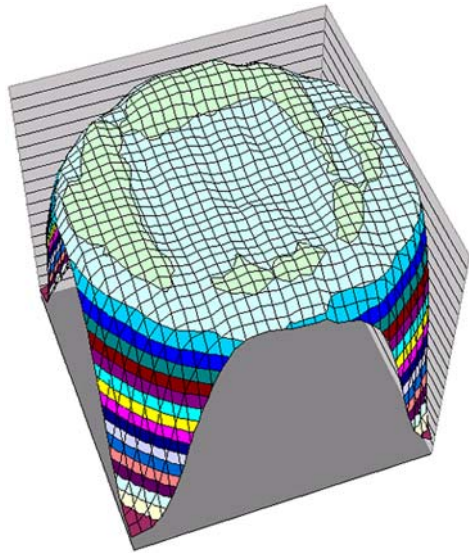


Bild 3: Gemessene Homogenitätsverteilung der integrierten Beleuchtung; im hohen Plateau (=Sichtfeld) beträgt die Abweichung weniger als 6%.

## 12.4 Die Synthese von Sensorik mit Bildverarbeitung

Wenn man das Konzept, nämlich die Komplexität und Variabilität von Bildverarbeitungssystemen mit den Anforderungen von Sensorkunden zu vereinen, auf den ersten Blick betrachtet, scheinen diese sich gegenseitig auszuschließen - glücklicherweise scheint dies nur so. Eine genauere Betrachtung zeigt die Gründe.

Zunächst hat der Vision Sensor alle erforderlichen Komponenten für den Normalbetrieb in einem einzigen Gehäuse integriert. Dieses enthält Beleuchtung, CMOS-Bildaufnehmer, Auswerteeinheit, Schnittstellen und Optik. Weiterhin ist der Sensor fähig, Entscheidungen basierend auf sehr komplexen Zusammenhängen zu

fällen und entsprechend 4 Schaltausgänge anzusteuern. Dies alles macht die Inbetriebnahme dieses Sensors fast so einfach wie die einer Lichtschranke.

Als weiterer Punkt ist zu erwähnen, dass bei der Installation der Kamera kein Laptop oder PC mit den bekannten Schwierigkeiten im Betrieb und speziell bei der Kommunikation mit peripheren Geräten notwendig ist. Wird nämlich eine spezifische Bedieneinheit wie VSC 100 zur Inbetriebnahme des Vision Sensors verwendet, kann man sehr sicher sein, dass diese Konfiguration sofort nach erfolgtem Anschluss betriebsbereit ist (plug & play).

Als dritter Punkt ist anzumerken, dass die Inbetriebnahme und Parametrierung einer spezifischen Lösung tatsächlich so einfach sein kann wie die einer komplexen Lichtschranke. Nachdem der Vision Sensor mit den Standard-Halterungen montiert, mit den zugehörigen Kabeln angeschlossen und mit der Bedieneinheit verbunden worden ist, können alle Abfragen des nun durchzuführenden Teachvorganges mit einer OK-Taste bestätigt werden. Der Sensor rechnet dabei abhängig vom Bildinhalt Vorschlagswerte für einzelnen Parameter selbst aus, die der Benutzer lediglich zu bestätigen braucht. Falls nötig kann der Anwender aber auch einzelne Einstellungen so anpassen, wie es die Aufgabenstellung eventuell erforderlich macht. Manche Lösungen werden erst so möglich. Welche Einstellungen bei Bedarf änderbar sind, wird im folgenden aufgelistet.

Auswahl des für die Aufgabe geeignetsten Auswerteverfahrens (eines aus 4)

Die Größe und Position der Such- und Teachfelder kann stufenlos geändert werden oder aber es kann sogar die Kontur eines Objektes (wenn aus einer einzigen, zusammenhängenden Fläche bestehend) als Teachfeldform verwendet werden. Durch die Wahl eines geeigneten Teach- / Suchfeldes wird die Auswertung nur auf diese Region konzentriert, was die Zuverlässigkeit erhöht und die Zykluszeit reduziert.

Die Einstellung der Binarisierungsschwelle eröffnet weitere, interessante Möglichkeiten. Mit der Binarisierungsschwelle wird entschieden welche Pixel im Binärbild schwarz und welche weiß dargestellt werden. Nur durch Verstellen dieser Schwelle lassen sich bei manchen Bildern die gewünschten Objekte im Binärbild herausarbeiten und so Lösungen finden. Außerdem kann der Anwender beim Verändern der Binärschwelle sehen, wie empfindlich der Sensor bei der gewählten Einstellung gegen Fremdlicht reagiert.

Eine weitere, wichtige Einstellung ist die "Schaltgrenze", welche bestimmt, wie gut ein gefundenes Objekt mit dem einmal eingelernten übereinstimmen muss. Die Einstellung einer geeignete Schaltgrenze entscheidet über den Erfolg der Lösung, weswegen speziell hierfür ein Testmodus zur Verfügung steht, in welchem der

Anwender dem Vision Sensor verschiedene Objekte präsentieren kann und gleichzeitig angezeigt bekommt, wie gut diese mit dem eingelernten übereinstimmen. Auch die Einstellung der Beleuchtungsdauer hilft, den Vision Sensor genau auf die Aufgabenstellung abzustimmen - insbesondere, wenn sehr kontrastarme, glänzende oder sehr schnell bewegte Objekte erkannt werden müssen. Außerdem können auch externe Beleuchtungen verwendet werden, wenn dies bei speziellen Objektgeometrien erforderlich sein sollte.

Die Idee, das Sensorkonzept mit der Bildverarbeitungstechnologie zu kombinieren, ist also mit einem kompakten Camera Sensor, welcher einfach zu installieren und zu parametrieren ist, aber noch die Möglichkeit offen lässt, einzelne Parameter zu adaptieren, realisiert.

### 12.5 Anwendungsbeispiele in der Praxis

Zur Verdeutlichung der Anwendung eines solchen Sensors sollen hier zwei Beispiele des erfolgreichen Einsatzes eines solchen Sensors aufgeführt werden. In Bild 4 ist der Einsatz des Sensors an einer Maschine zur Fertigung von Kontaktfedern gezeigt. Der Sensor inspiziert die korrekte Form (Biegung) der Kontaktfedern zu 100% direkt in der Produktion und zwar vor den nächsten Verarbeitungsschritten, so dass in den folgenden Verarbeitungsschritten weder Ausschuss verbaut werden kann, geschweige denn Maschinenschäden entstehen können.



Bild 4: Anwendung des Intelligent Camera Sensors zur 100% Qualitätsprüfung bei der Produktion von Kontaktfedern

Ein anderes Beispiel zeigt deutlich einen Vorteil der CMOS-Bildaufnehmer gegenüber CCD-Bildaufnehmern. Hier wird hinter einer hochglänzenden Transparentfolie festgestellt, ob eine Steuermarke auf einer Zigarettschachtel aufgebracht ist. Dabei spielt es keine Rolle, dass auf der hochglänzenden Folie stellenweise sehr starke Lichtreflexe erzeugt werden, da der CMOS-Sensor nicht die gleiche "Blooming" Problematik aufweist wie der CCD-Sensor.

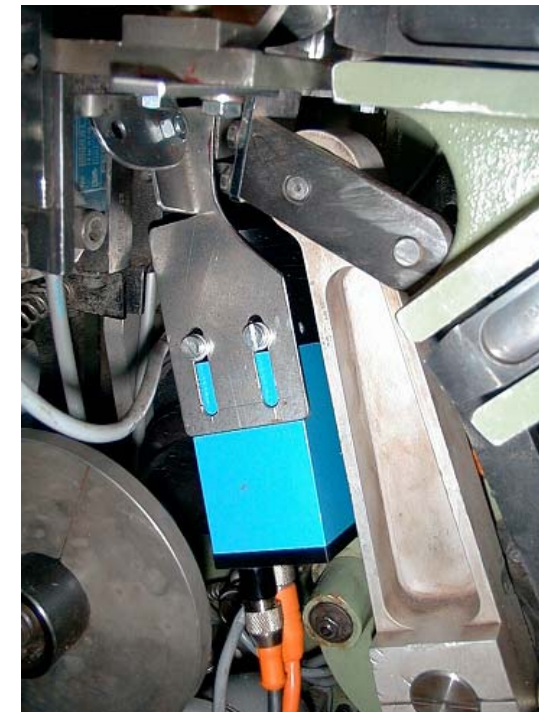


Bild 5: Einsatz des Intelligent Camera Sensors zur Detektion von Steuerbänderolen auf Zigarettschachteln hinter Transparentfolien

### 12.6 Schlussbetrachtung

Bildverarbeitung und Sensorik sind keine unvereinbaren Gegensätze sondern lassen sich, wie im konkreten Beispiel des Intelligent Camera Sensors geschehen, in nutzbringender Weise miteinander vereinen. Die so entstehenden Produkte werden

die hoch komplexen Bildverarbeitungssysteme nicht verdrängen, sondern zu einem weit größeren Teil neben diesen bestehen und teilweise in für Bildverarbeitungssystemen neuen Märkten eingesetzt.

# Knitting Technology

Special:  
Circular knitting

Publication for knitwear and hosiery production  
including finishing, making-up and fashion trends

November 6/2000

# There is **nothing**

on a Mayer & Cie.  
Circular Knitting Machine  
that you pay over  
the odds for,  
but plenty that  
comes absolutely  
**free.**

[www.mayercie.de](http://www.mayercie.de)



*SWITCH OVER -  
MOVE UP!*  
**Mayer & Cie.**  
Circular Knitting Machines

# Concepts for a successful production of textile parts in Germany

40<sup>th</sup> Congress of the International Federation of Knitting Specialists,  
Budapest, October 2000

Dr.-Ing. Bernd Gems, Kern-Liebers Knitting Parts GmbH, Schramberg, Germany

## Introduction

**Today's textile market for machinery and spare parts suffers from its own success in some respects. Improved machines produce a lot more fabric per time unit and use less spare parts for maintenance. Customer demand for fabrics is not increasing as much as the productivity of the machines. This leads to a tough competition where good quality is indispensable and pricing becomes a more and more important factor. To meet these demands in a high-wage country in terms of long-term competitiveness, a manufacturer has to fulfil some basic and therefore simple requirements: The whole management system for production and administration has to be extremely efficient. The production programme has to include some unique selling points offering actual benefits for the customers. To be really successful, more aspects have to come together. The following paper is supposed to provide a first insight into the way of thinking at Kern-Liebers thus being successful subject to the rules of this market.**

## Some basic facts

The main plant of the group, founded in Schramberg in 1888 for the production of clock springs, was moved out of the valley to plain territory above Schramberg in 1972 and was expanded, step by step, to an effective area of 52,000 sqm (560,000ft<sup>2</sup>). Therefore, the company can rely on more than 100 years of technical experience and, against this background, can set up business plans in terms of time periods looking far ahead into the future.

The group's four product divisions develop dynamically and consistently.

- The traditional Spring Division manufactures high-tech springs e. g. for safety belts, anti-blocking systems (ABS), piston rings, cable rewinders and nozzle holders in diesel engines.
- Experience in the processing of cold-rolled strip steel and tool production was very helpful for setting up the knitting parts division in 1946. Presently, the firm's program comprises over 30,000 different types of knitting parts making it one of the biggest manufacturers

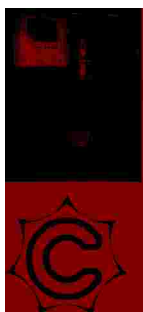
worldwide of flat parts for circular, flat and warp knitting machines.

- The division for fine blanked and stamped parts contributes to the market success of world famous companies in numerous sectors thanks to its efficiency and reliable quality assurance. Moreover, Kern-Liebers delivers structural components ready for assembling that comply with the customers' wishes for more manufacturing depth (by the supplier).

An increasing demand for the company's product range involved an expansion of its tool shop as well as the design and production of own machinery. This, again, served as a basis for the development of the dosing technology division, which builds dosing installations for the processing of reactive plastics for many purposes.

This diversification ensures an enormous flexibility and efficiency. Each market is itself fluctuating, sometimes changing rapidly from a lull to a boom. In the past, it was shown that the different markets seem to be anti cyclical to each other. This means, re

Advertisement

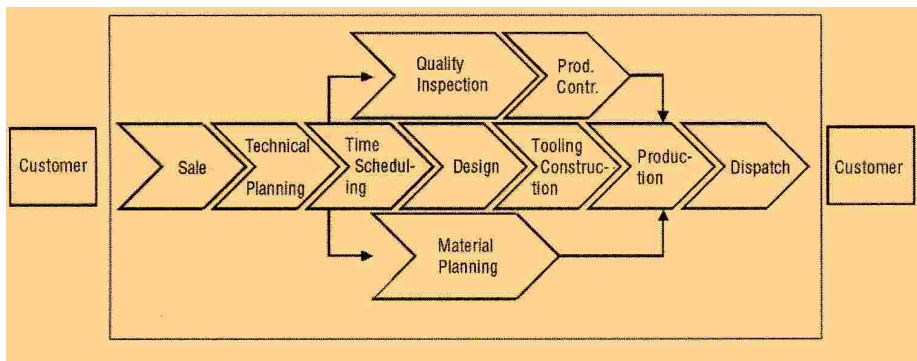


## RETROFIT for circular knitting machines

Complete kits converting Mini to Full Jacquard with 2- or 3-way technology incl. fitting, also directly in your company. For all common machines and gauges. Visit: [www.CORONA-Systemtechnik.com](http://www.CORONA-Systemtechnik.com)  
Sales agent:

### Jürgen Karrer Textilmaschinen

Nadistr. 32 - D-80809 München - Germany  
Tel. 089-351-9901, Fax 089-351-6090, Mobil: 0171-2880857



## Traditional management system

sources like personnel or machinery can be moved or shared very flexibly, whilst still being kept within the company.

Another advantage of the structure described above is the resulting synergistic effect. Some of the best innovations are made when people of different divisions talk to each other without hesitation and based on their different technological yet combinable backgrounds. Examples will be shown later.

## Globalisation

Kern-Liebers is a Swabian family-owned company with 21 manufacturing subsidiaries and associated companies on all continents. Nevertheless, the majority of the flat parts is produced at Schramberg. Worldwide, 2670 employees are working for the Kern-Liebers group, of which 1260 are at Schramberg.

The constant success led to the foundation of Kern-Liebers Knitting Parts GmbH which started working in an own, brand new building in April 1999, on 12,000 sqm (129,200 ft<sup>2</sup>) reserved exclusively for the textile industry.

## Development of management principles

As simple as they may appear at first glance, as complex and exacting flat parts are when looked at with a deeper insight. A large variety of roughly 30,000 items, combined with high quality standards such as some 1/1000 of a mm tolerance in certain dimensions, mass production of millions of pieces for some types and a demand of only some hundred pieces per year for others lead to a relatively large portion of manual work.

Therefore, the skills of the employees and the configuration of their working conditions are a major issue for success. This leads to the basic question: What is the best configuration?

To answer this question, we first have to look at the customers. Their markets change very rapidly in volume and product preferences, no matter whether they are machine builders or producers of fabrics. Moreover, competition is a factor of growing significance. A supplier has to find a way to combine different requirements: flexibility, speed, reliability, high quality and price.

The above described situation was the starting point for the idea of forming work groups. Kern-Liebers looked for similar parts with a high volume which would justify a different production principle; A clearly defined, small group of people producing a limited variety of parts. The idea of "production island" was born. The product line for the first island was found quickly when a new type of parts had to be installed at Schramberg, "guide needles", parts for warp-knitting machines were chosen to be the first.

*Physical frame:* First, a production island requires a clearly defined space of its own where no other department interferes. Within the marked boundaries, the machines necessary to produce the whole group of products, are installed. It is very important, that the capacity of the machines be absolutely sufficient and that the whole range be incorporated into the island so that «waiting for work» is reduced to a minimum. The people and their time are the company's most precious resource.

*People:* They have the duty to make the right product at the right time and

at the right price. They are supposed to organize themselves in order to reach that goal. Training is a basic concept to ensure that the workers are capable of operating different machines and places and to make sure they understand the principles of such an island. Altogether, this enables them to provide the customer with a continuous production even when some members are ill or on vacation or retire. This results in a very interesting and challenging job for all workers.

People must be motivated for the new duties. Like a company which records profits and losses according to the economic situation, the income of the workers is now influenced by their productivity. They obtain a constant basic payment for their qualification, an additional payment for their individual influence on productivity within the group (which is defined by the whole group for each member), and another additional bonus payment (which is the same for all members and only depending on their effectiveness) for the output rate of high quality parts. If they work more efficiently, they get more money. The laws in Germany only allow for a relatively small portion of efficiency-related income for workers. Nevertheless, this is where the workers can afford to buy luxury goods from when basic needs like rent and food are being paid by the constant part of the monthly income.

At Kern-Liebers, this was the first step to build a factory within a factory, a unit being part of a fractal structure. And, what is more, it was a very successful one. Today, the company produces guide needles successfully against competitors in low-wage countries.

This success led to the installation of several other production islands. Still, the whole factory works on the basis of the traditional sequential system according to fig. 1. The next step was to link the technical department closer to production. Product manager, tooling designer and production planning were supposed to take part. This was installed for the production of sinkers and flat parts for circular knitting machines. An office was installed inside the production hall on the working floor. Big windows made

sure that a close contact between working personnel and clerks was possible. Short response times and quick decisions on a broad basis were made possible this way. The idea of production islands entered into a new stage, the so-called "segment".

Due to the constant growth of Kern-Liebers, the time for a new overall structure arrived in 1999. The company was separated into several divisions, Kern-Liebers Knitting Parts GmbH, the textile division, being one of them. A new building was constructed and commissioned in April 1999. All principles discussed before were now combined and put into effect under one roof. Today, the company is working in one division with two segments, flat and circular knitting, where flat knitting also incorporates weaving and warp knitting. Production consists entirely of production islands. Even those parts that cannot be part of a traditional island, are put together in a production island of their own.

#### **Unique Selling Points USP**

Market strength is based upon different aspects. One of them is the unique selling points offering a real benefit for the customer. In the field of flat parts, USP's are rarely found due to the long existence of this field and the fact that the basic concept of most of the parts has remained the same for many years. Nevertheless, Kern-Liebers provides its customers with the following USP's:

*G-Parts:* The better the edges of the parts are rounded and the smoother they are, the better for the production. The USP "G" is a process during which nearly fully rounded, extremely smooth edges can be achieved even inside the throat of sinkers. Less lint, less breakage of the yarn, better look of the fabric due to a greater uniformity of the loops are the results. This better overall performance can usually be sold at the same price level. This is an ideal benefit for the customer.

*New slider surface:* Newly developed knitting machines are supposed to increase reliability and speed compared to the last generation. In the field of double cylinder machines, there seemed to be a maximum speed level. If the machine builders tried to in-

crease speed beyond this point, problems with slider breakage started. Kern-Liebers has a long experience with valve springs for the automotive industry. In this case, «Knitting Parts» could make use of that. The production of these springs includes a process for improving the surface against breakage. The group applied this system in a modified way to the sliders and tested them with very good results. Today, Matec and Lonati are both using sliders with the new surface to design and build machines and are providing their customers with an outstanding performance due to the overall concept.

The new slider surface is a good example for a synergetic effect at Kern-Liebers. It could only be produced thanks to the company's various technological sectors.

#### **Quality Management**

Development, production and sales of knitting parts and sub-assemblies for textile machines at Kern-Liebers Knitting Parts GmbH have implemented a quality management system. An audit, documented in a report, has verified that this quality management system fulfils the requirements of the DIN EN ISO 9001 standard.

#### **Sales structure**

Textile machines are installed in nearly every country of the world. As a result of globalisation, machines can

be moved very quickly from one country to the other depending on the best conditions for production. A producer must be able to follow these movements very quickly. In many countries of the world, Kern-Liebers parts are sold to knitters through Groz-Beckert subsidiaries, which guarantees a high standard for the sales. In many other countries, dealers who are well known in the market deliver Groz-Beckert and Kern-Liebers products at the same time. This partnership offers benefits for both companies and, also, for the customer, e. g. just one contact for both needles and flat parts.

Machine builders directly contact the company for delivery and new products. This proved to be the best way to obtain the large quantities they need and the solutions to individual technological challenges they have in store.

#### **conclusion**

It is usually not just one factor that is responsible for success. Kern-Liebers' success is based upon an integral system of structures and measures adapted continuously to particular situations. Another reason for success is the company's long-term experience combined with a future-oriented thinking. In this way, the group may justifiably consider itself a reliable partner for its customers who can provide them continuously with high-quality parts at competitive prices along with special, unique benefits.



Zum Titelbild:

YORK INTERNATIONAL ist weltweit der größte unabhängige Hersteller von Klimaanlage und industriellen Kältesystemen. Den Forderungen unserer Zeit begegnet YORK INTERNATIONAL mit neuen Konzepten, um die Qualität in den Bereichen Industriekälte, Klimakälte, Energietechnik, Umweltsimulationen, Lebensmittelkälte, Gewerbekälte, Schiffskälte und Service zu verbessern. Unser Markenzeichen, die Sonnenflocke, symbolisiert die Umsetzung von warm und kalt und kommuniziert damit die Aufgabe der Firmengruppe YORK INTERNATIONAL weltweit.

Die Firma YORK INTERNATIONAL Corporation ging aus der 1874 in York, Pennsylvania, gegründeten YORK Manufacturing Company hervor. Daraus entstand die YORK Machinery Company, die 1956 eine Tochtergesellschaft der Borg-Warner Corporation wurde.

1970 gründeten die Brown, Boverie & Cie AG Konzerngruppe Deutschland und die Borg-Warner Corp. in Chicago mit je 50%iger Beteiligung die Brown Boveri YORK Kälte- und Klimatechnik GmbH.

1986 wurde die YORK INTERNATIONAL Corp. - durch Ausgliederung der YORK Division von Borg-Warner - als selbständige Aktiengesellschaft gegründet und übernahm damit auch die bisher von Borg-Warner gehaltene 50%ige Beteiligung. 1991 erwarb YORK INTERNATIONAL Corp. den 50%igen Anteil der Asea Brown Boveri. Damit wurde die Gesellschaft vollintegriertes Mitglied im Konzernverbund der YORK INTERNATIONAL Corp. USA. Wollen Sie mehr über unsere Leistungen wissen, dann rufen Sie uns an oder schreiben Sie uns:

YORK INTERNATIONAL GmbH, Gottlieb-Daimlerstraße 6, 68165 Mannheim, Tel. (0621) 468-0, Fax (06 21) 468-654

<b>Editorial</b>		506
<b>Aktuelles Thema</b>	H.-J. Bullinger, R. Schneider Virtuelle Realität - Moderne Gebäudeplanung mit superschnellen Computern	515
<b>Fachbeiträge</b>	W. Schwarz Auslegung von Düsenstrahlbündeln	518
	<b>B. Gems, F. N. Fett</b> Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich	522
	U. Finke, K. Fitzner Die hygienebewußte Planung, Ausführung und Instandhaltung von Raumluftechnischen Anlagen in den Normen	526
	G. Matthes Leben in der Kälte - Gefrierkonservierung von Zellen, Geweben und Organen in der Medizin	531
<b>Forum</b>	Erfahrungen mit Plattenwärmeaustauschern beim Einsatz als Verdampfer - Teil 1	536
<b>Rubriken</b>	Nachrichten: Marktinformationen, Marktnotizen, Personalien	507
	Produkte, Produktnotizen	511
	Fachorganisationen	539
	Aus der Branche: Ki-Pressespiegel Fach- und Firmenliteratur Veranstaltungskalender Software Normen und Richtlinien / Patente	540 541 542 542 543
	Reportagen	544
	Veranstaltungen	547
<b>Impressum</b>		548

# Solarunterstützte Kühlung



Obwohl die Nutzung der Solarenergie für die Elektroenergieerzeugung und Wärmeversorgung gegenwärtig im allgemeinen nicht wirtschaftlich ist, erstaunt es, daß nicht nur international, sondern auch unter den Bedingungen Mitteleuropas beträchtliche Anwendungs-Zuwachsraten ersichtlich sind. Bei einem großen Teil der Anlagen stimmen Energieangebot und Energiebedarf zeitlich nicht überein. Deshalb arbeitet man bei Wärmeversorgungssystemen mit verhältnismäßig großen Speichern.

Vergleichsweise sind die Anstrengungen zur solarbetriebenen Kühlung gering, obwohl gerade im Klimabereich ein Gleichklang von solarer Einstrahlung und Kältebedarf besteht. Interessant ist deshalb der theoretische, praktisch gemessene und bewertete Vergleich zwischen photovoltaischer und thermisch-solarer Kühlung von B. Gems und F. N. Fett in diesem Heft der Ki Luft- und Kältetechnik. Natürlich sind die Chancen bei höher temperierter Kühlung größer als im Tiefkühlbereich. Für solarbetriebene Kühlzellen gibt es jedoch auch im Temperaturbereich von 4 bis 10 °C interessante Anwendungen. Der Klimabereich ist natürlich besonders bevorzugt. Die Einsatzchancen verbessern sich jedoch noch weiter, wenn eine Trennung zwischen Luftentfeuchtung und Luftkühlung vorgenommen wird. Bei einer sorptiven Entfeuchtung der Luft sind für die Luftkühlanlage oder für eine Deckenkühlung nur noch Wassertemperaturen von ca. 15°C erforderlich. Dadurch verringert sich nicht nur die Kälteleistung, sondern es verbessern sich auch die Einsatzchancen der solaren Kühlung.

Durch eine sorptive Lufttrocknung und anschließende Verdunstungskühlung ergeben sich völlig neue Bedingungen für die thermische Nutzung der Solarstrahlung zur Kälteerzeugung. Der Antrieb einer derartigen solaren Kühlanlage erfordert für den Sorptionsregenerator Regenerationstemperaturen weit unterhalb der bei Wasser-Lithiumbromid-Absorptionsanlagen üblichen Austreibertemperaturen. Anlagen mit Verdunstungskühlung nach vorhergehender regenerativer Lufttrocknung (DEC-Anlagen) kommen mit Austreibertemperaturen von 50 bis 65 °C aus, die natürlich recht gut solarthermisch bereitgestellt werden können.

Die solare Kühlung muß man nicht unbedingt alternativ zur konventionellen Kühlung betreiben. Bietet nicht auch die solar unterstützte Kühlung Anwendungschancen?

Auf jeden Fall sollte das Anwendungsfeld der Solarstrahlung nicht allein der Wärmenutzung überlassen werden.

Prof. Dr.-Ing. GÜNTER HEINRICH

Bernd Gems  
Franz N. Fett

# Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich

Der Vergleich der Anlagen und Prinzipien zeigt die - bei Verwendung eines ozonschichtneutralen Kältemittels - deutliche und grundsätzliche Überlegenheit des photovoltaischen Kühlsystems gegenüber dem solarthermischen Prinzip. Das photovoltaische Kühlsystem ist einfacher im Aufbau, mit weniger beweglichen Komponenten versehen und einfacher in der Handhabung. Es benötigt im Gegensatz zum thermischen Verfahren zum Betrieb nur eine Energieform, den elektrischen Strom. Die solarthermische Anlage erfordert neben dem eigentlichen Antrieb über einen Wärmestrom einen nicht vernachlässigbaren elektrischen Strombedarf zum Betrieb von Pumpen und Lüftern. Dies führt zu einem insgesamt komplexeren System mit erhöhtem Bau- und Wartungsaufwand. Es wird häufig eine preiswerte solare Kühlanlage nachgefragt. Derzeit ist eine solche Lösung nicht sichtbar. Man kann jedoch davon ausgehen, daß eine speicherlose und im natürlichen Gleichgewicht, das heißt ohne zusätzliche technische Regelorgane geregelte Kompressionskälteanlage der derzeit einfachsten und wirtschaftlichsten Lösung nahekommt. Diesem Ziel dient auch eine sorgfältige bautechnische Abstimmung mit dem zu klimatisierenden Gebäude und eine Überprüfung des Komfortniveaus.

## 1. Zielstellung

Die Anwendung der Solarenergie wird wie bei kaum einem anderen Energieträger durch die natürlich vorgegebenen Bedingungen bestimmt. Dies sind bekanntermaßen:

- Die niedrige Energiestromdichte, die zu einem erheblichen apparativen Aufwand führt.
- Die geringe zeitliche Verfügbarkeit. Sommer-Winter und Tag-Nacht, aber auch unterschiedliche Bewölkung schränken die direkte zeitliche Nutzung stark ein.
- Die örtliche Verschiedenheit. Die solare Einstrahlung ist in ihrer Intensität nach Regionen und Standorten verschieden und steht in der Regel in keinem Zusammenhang mit dem lokal erforderlichen Energiebedarf der Bewohner.

Die besondere Problematik der zeitlichen Unstetigkeit der Solarenergie kann durch die Anwendung für geeignete Nutzungsarten teilweise kompensiert werden. Im Bereich des kleineren und mittleren Energiebedarfs sind alle Nutzungsarten bevorzugt, deren Bedarf weitgehend synchron zum Energieangebot anfällt. Dies entschärft das bei Solaranwendungen oftmals kritische Speicherproblem. Zu diesen bevorzugten Nutzungsarten zählen die solare Bewässerung in ariden und halbariden Zonen ebenso wie die solare Kühlung.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich“ wurden zwei unterschiedliche Wege der solaren Kühlung untersucht [1]. Zum einen wird mit Hilfe von HT-Vakuumröhrenkollektoren Wasser erhitzt und die Wärme zum Betrieb einer Absorptionskälteanlage genutzt. Zum anderen wird von einem Solargeneratorfeld elektrische Energie bereitgestellt und zum Betrieb einer am Institut für den Einsatz in der Solartechnik entwickelten Kompressionskälteanlage genutzt. Beide Anlagen sind mit der Bilanzierung der modifizierten Einzelkomponenten und des Gesamtsystems erforderlichen Meßtechnik ausgestattet. Beide Systeme können gleichzeitig, das heißt unter gleichem Wetter parallel betrieben und vermessen werden.

## Comparison of photovoltaic and solar thermal cooling

The comparison of principals and systems shows by using an ozone friendly refrigerant a fundamental and significant superiority of the photovoltaic refrigeration system compared with the solar thermal principle. The photovoltaic refrigeration system is simpler in design, with less moving parts and simpler handling. It needs only one type of energy, electricity. The solar thermal system needs besides the main driving force, the heat flux, also a remarkable amount of electricity for pumps and fans. This leads to a more complex system with higher expenses for installation and maintenance. Often people ask for a solar refrigeration system for a reasonable price, but this cannot be seen nowadays. However, a compression refrigeration system without additional technical control devices and without storage, that means in natural equilibrium, will be close to the most simplest and most economical solution. To reach this goal, a precise adjustment of air conditioned building and an examination of the comfort level is necessary.

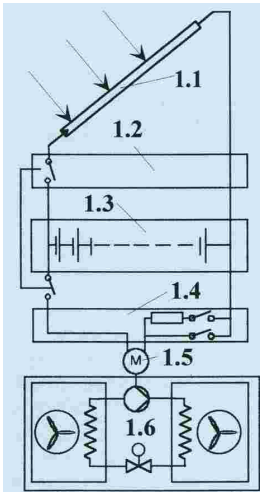
**Keywords:** photovoltaic cooling, solar thermal cooling, absorption refrigeration system, compression refrigeration system, rating criteria

Mit Hilfe von im Rahmen des Projekts erstellten mathematischen Modellen kann das Verhalten beider Anlagen ferner theoretisch beschrieben werden. Die Verifikation der Modelle erfolgt anhand des Vergleichs von gemessenen mit berechneten Werten. Die entwickelten Modelle werden mit einem Gebäudemodell verknüpft und das Zusammenspiel simuliert. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich der Wirksamkeit beider Systeme. Die Anwendung ausgereifter mathematischer Modelle erlaubt die Übertragung des Wissens und der Technologie auf andere Anwendungen, Gerätegrößen, Orte und Klimazonen.

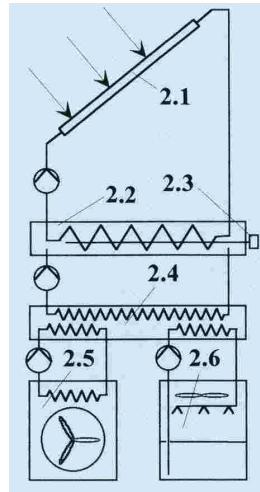
## 2. Vorgehensweise

Bild 1 zeigt das Prinzip der photovoltaisch betriebenen Kompressionskühlung. Mit Solargeneratoren (1.1) wird elektrische Energie bereitgestellt und

Dr.-Ing. B. Gems, Prof. Dr.-Ing. F. N. Fett, Institut für Energietechnik der Universität GH Siegen  
Die Autoren danken dem Ministerium für Wirtschaft und Forschung des Landes Nordrhein Westfalen für die Förderung des Projektes 252 004 91 im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft Solar.



**Bild 1**  
Photovoltaisches  
Kühl-  
system



**Bild 2**  
Solar-  
thermisches  
Kühl-  
system



**Bild 3** Solargeneratorfeld (oben) und HT-Vakuumröhrenkollektorfeld (Mitte) als Antrieb der solaren Kühlanlagen

über den Laderegler (1.2) der Batterie-station (1.3) zugeführt. Diese versorgt über die Anlaßsteuerung (1.4) den Gleichstrommotor (1.5) mit der zum Betrieb erforderlichen Energie. Der Gleichstrommotor ist das Antriebs-aggreat der Kompressionskältemaschine (KKM) (1.6). Die Kompressions-kältemaschine verfügt über eine Nennkälteleistung von  $4,4 \text{ kW}_{\text{therm}}$  und erhält ihre elektrische Energie über eine Batterie-station mit einer Kapazität von 60 Ah, gespeist von einem Solargenera-torfeld mit einer Peakleistung von  $3,5 \text{ kWp}$ .

Zum Vergleich gegenübergestellt, nutzt die solarthermische Anlage nach Bild 2 die von Vakuumröhrenkollektoren (2.1) bereitgestellte thermische Energie in Form eines erhitzten Wasser-Frostschutz-Gemisches - nach Pufferung über

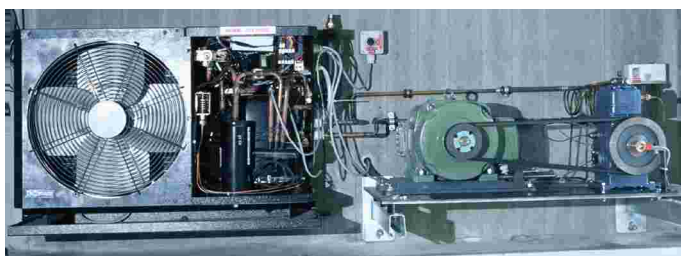
einen Wärmeaustauscher in einem Wärmespeicher (2.2) - zum Betrieb einer kontinuierlich arbeitenden Absorp-tionskälteanlage (AKM) (2.4). Zur Er-zeugung von Zusatzwärme bei Strah-lungsmangel und Kältebedarf wird bei dieser Versuchsanlage ein Heizstab (2.3) verwendet. Mit Hilfe des Luftkühlers (2.5) wird der Luft des zu kühlenden Raums Wärme entzogen. Im Prozeß entstehende Abwärme wird über den Kühlturm (2.6) an die Umgebung abgegeben. Die verwendete Absorptionskälteanlage hat eine Nennkälteleistung von  $7 \text{ kW}_{\text{therm}}$ , der Wärmespeicher 600 l Inhalt und die Vakuumröhrenkollektoren eine thermische Peakleistung von  $22 \text{ kWp}$ .

Bild 3 zeigt die auf dem Labordach in-stallierten Solarkomponenten für die solare Kühlung. In Bildmitte sind die HT-Vakuumröhrenkollektoren des

Typs KL VR 140, oben das Solargenera-torfeld vom Typ AEG PO 1040 zu sehen. Die Photovoltaik- und die Batteriean-lagen sind naturgemäß Gleichstromgerä-te. Die direkte Nutzung des Gleichstroms auf der Verbraucherseite ist daher in vielen, insbesondere dezentralen Anwendungen als natürliche Lösung an-zusehen. Gleichzeitig werden die Kosten, die Energieverluste und die möglichen Komplikationen von Invertern vermieden. Zur Verwendung in der pho-tovoltaisch betriebenen Raumkühlung wurde eine handelsübliche Kompres-sionsklimaanlage durch Einsatz eines selbstbelüfteten Gleichstrommotors in Verbindung mit einem offenen Verdich-ter als Ersatz für den werksseitig einge-bauten, mit 3-Phasen-Wechselstrom be-triebenen Verdichter von Netz- auf Solarbetrieb umgerüstet. Im Bild 4 sind von links nach rechts der Verflüssiger-lüfter mit dahinterliegendem Verflüssi-ger, die Steuerungseinheit (bei abgenommener Wartungsklappe), der Gleichstrommotor sowie der offene Verdichter erkennbar.

Bild 5 zeigt die Anlaufsteuerung des Mo-tors (links), das Kältemitteldurchfluß-meßgerät (rechts daneben), den Ver-dampfer mit Walzenlüfter (rechts) sowie die Druckmeßeinrichtungen (unten).

Bild 6 zeigt die verwendete Absorp-tionskälteanlage des Typs WFC 600 S. Das verwendete Stoffpaar Wasser/Li-thiumbromid erlaubt einen Betrieb des Geräts bei Eintrittstemperaturen des Heizwassers in den Austreiber von  $75 \text{ °C}$  bis  $100 \text{ °C}$ . Das Kühlwasser muß im Be-reich von  $24 \text{ °C}$  bis  $45 \text{ °C}$  liegen, die Temperaturen des Kaltwasserkreises dürfen  $5 \text{ °C}$  nicht unterschreiten. Bereits kurzzeitiger Betrieb außerhalb der festgelegten Temperaturbereiche kann zu Kristallisationseffekten im Inneren des Geräts und damit zu einem Ausfall führen. Die Wiederinbetriebnahme er-fordert besondere Vorkehrungen und ist im allgemeinen nicht vom Betreiber durchführbar. Die mathematische Modellbildung der beiden solartechnischen Anlagen erfolgte durch Aufstellen von Energieund Stoffbilanzgleichungen für die Ein-zelkomponenten. Die erstellten Glei-



**Bild 4** Abwärmeseitige Aggregate der Raumkühlanlage mit Verflüssiger, Gleichstrommotor und offenem Verdichter



**Bild 5:** Kühlseitige Aggregate des Kühlgeräts mit Anlaßsteuerung, Durchflußmeßgerät, Verdampfer und Druckmeßstellen

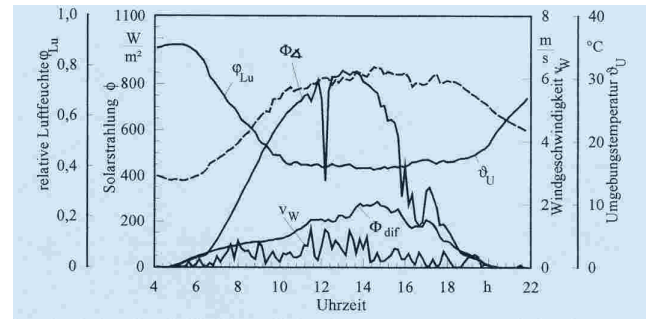


**Bild 6 Absorptionskälteanlage WFC 600S**

chungssysteme werden mit Hilfe von Messungen an den Einzelkomponenten verifiziert. Dieses Vorgehen wurde bei der Erstellung der mathematischen Modelle für die Kollektoranlage, den Warmspeicher, den Kühlturm und den Luftkühler, für Rohrleitungen und Pumpen, für den Solargenerator, die Batteriestation, die Kompressionskältemaschine und die elektrischen Leitungen gewählt. Stehen für die mathematische Modellbildung einer Einzelkomponente keine ausreichenden Daten bezüglich Aufbau und Funktionsweise zur Verfügung, wird das Gerät durch eine phänomenologische Charakterisierung erfaßt. Dabei wird eine Parameterstudie am zu modellierenden Gerät durchgeführt und die Kennlinien mit Hilfe von Regressionen wiedergegeben. Diese Vorgehensweise wurde bei der Modellbildung der Absorptionskälteanlage gewählt. Die mathematischen Modelle für die Einzelkomponenten werden miteinander verknüpft und anhand von Messungen am Gesamtsystem verifiziert.

In einem nächsten Schritt wurden die mathematischen Modelle für die Kühlanlagen mit einem Gebäudemodell verknüpft. Es wird vereinbart, daß die Kollektorflächen so aufgestellt werden, daß sie die Einstrahlung auf das Gebäude nicht behindern. Dabei werden für beide Kühlanlagen die gleiche aktive Solarfläche von 48 m<sup>2</sup>, ein Speicher für einen einstündigen Betrieb ohne Einstrahlung sowie eine Nennkälteleistung von

**Bild 7 Globalstrahlung in Solarfeldenebene  $\Phi_{\Delta}$ , Diffusstrahlung  $\Phi_{dif}$ , Umgebungstemperatur  $\vartheta_u$  und relative Luftfeuchte  $\varphi_{Lu}$  für den 21. Juli 1994**



7 kW<sub>therm</sub> vereinbart. Bild 7 zeigt die Wetterdaten vom 21. Juli 1994 als Eingangsgrößen für die mathematischen Modelle der Kühlanlagen und des Gebäudes.

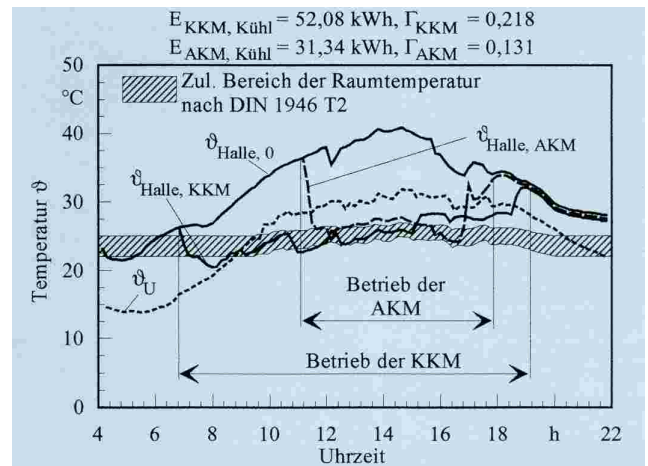
Bild 8 zeigt die berechneten Temperaturverläufe in der für die Kühlung vorgesehenen Halle für eine Hallenlänge von 12 m und eine Hallenbreite von 7 m sowie mit unregelmäßigem Betrieb der Kühlanlagen ohne Luftaustausch mit der Umgebung. Es sind jeweils die Temperaturverläufe der ungekühlten Halle  $\vartheta_{Halle,0}$ , der mit Hilfe der KKM gekühlten Halle  $\vartheta_{Halle,KKM}$  sowie der mit Hilfe der AKM gekühlten Halle  $\vartheta_{Halle,AKM}$  dargestellt. Zusätzlich sind die Umgebungstemperatur  $\vartheta_u$  und der Bereich der zulässigen Raumtemperatur nach DIN 1946 [2] für den 21. Juli 1994 eingetragen.

Für alle genannten Fälle gilt, daß beide Speicher zu Beginn des Tages als im Sinne des Betriebs der Kühlanlagen „leer“ anzusehen sind. Dies bedeutet für die Batteriestation eine Anfangskapazität von 22 % und für den Warmspeicher eine Temperatur von 75 °C.

Bild 8 zeigt, daß die photovoltaische Kühlanlage frühzeitig mit dem Betrieb beginnt, und daß der Bereich der zulässigen Hallentemperatur gegen Abend in geringem Umfang verlassen wird. Das Absorptionskältesystem 4 kann frühestens um 11 Uhr den Betrieb aufnehmen; die Halle ist dann bereits auf 35 °C erwärmt. Während des Betriebs der Kühlanlagen bleibt die Hallentemperatur innerhalb des zulässigen Bereichs. Demnach kann bei

einer guten Abstimmung von Halle und Kälteanlagen auf eine Regelung verzichtet werden. Der synchrone Gang von solarem Energieangebot und Kälteleistung der Kälteanlagen bringt für den Fall der solaren Kühlung eine bemerkenswerte Vereinfachung und Verbilligung in der Anlagentechnik. Das Prinzip der photovoltaischen Kompressionskälteanlage ist im Zeitverlauf und in der möglichen Laufdauer dem System Solar Kollektor/Absorptionskälteanlage deutlich überlegen.

Insgesamt zeigt es sich, daß solarbetriebene Kühlsysteme grundsätzlich einen Gleichgang von solarer Einstrahlung und Kältebedarf zeigen. Die solarbetriebene Kühlung ist im Vergleich zur solaren Heizung eine natürlich bevorzugte Nutzungsart der Solartechnik. Diese Vorteile, ohne oder mit einem kleinen Speicher auszukommen, weitgehende Nutzung der gesamten Einstrahlung in klimatisch geeigneten Zonen, Verzicht auf komplexe Regeleinrichtungen, si



**Bild 8: Berechnete Temperaturen der ungekühlten Halle  $\vartheta_{Halle,0}$ , der mit Hilfe der KKM gekühlten Halle  $\vartheta_{Halle,KKM}$ , und der mit Hilfe der AKM gekühlten Halle  $\vartheta_{Halle,AKM}$ , sowie Umgebungstemperatur  $\vartheta_u$  für den 21. Juli 1994 für eine Hallenlänge von 12 m, eine Hallenbreite von 7 m sowie einem unregelmäßigem Betrieb der Kühlanlagen ohne Luftaustausch mit der Umgebung.**

$E_{AKM, \text{Kühl}}$  Tageskühlenergie der AKM  
 $E_{KKM, \text{Kühl}}$  Tageskühlenergie der KKM  
 $\Gamma_{AKM}$  Tagesnutzungsgrad der AKM  
 $\Gamma_{KKM}$  Tagesnutzungsgrad der KKM

chere und autonome Energieversorgung auch bei dezentraler Lage, sichern der solaren Kühlung einen deutlichen Vorsprung vor vielen anderen Nutzungsarten der Solartechnik. Insbesondere die photovoltaische Kompressionskühlung erlangt so entgegen der landläufigen Meinung eine große Bedeutung. Wegen der relativ hohen Anlagekosten gewinnen die weiteren baulichen und strukturellen Vereinfachungen wie Abstimmung mit Lage, Orientierung, Fensterzahl, Fenster- und Gebäudeabschattung, Bauphysik, Verzicht auf Regelung und eine kritische Überprüfung der auf der Basis billiger Energie formulierten Komfortdefinitionen besonderes Gewicht. Bei Anerkennung der Tatsache, daß Kühlung in vielen Gegenden dieser Erde kein Luxus ist, kann man sicher sein, daß auf der Basis photovoltaischer Kühlung ein relativ einfaches System verfügbar ist, das dezentral und auch zur Entlastung eines elektrischen Netzes mit Vorteil eingesetzt werden kann, auch ohne Subventionen oder steuerliche oder ordnungspolitische Pressionen.

Für neue Technologien ist es reizvoll, verschiedene Wege auch aus einer erweiterten Sicht, zum Beispiel unter technischen, ökonomischen sowie ökologischen Aspekten, miteinander zu vergleichen. Tabelle 1 zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse für die beiden konkurrierenden solaren Kühlsysteme.

Im Bereich der Installation und Inbetriebnahme der Systeme ist die einfachere Verknüpfung der Komponenten des photovoltaischen Systems durch elektrische Leitungen im Gegensatz zu den isolierten Kupferrohrleitungen der thermischen Anlage hervorzuheben. Die photovoltaische Anlage erfordert zudem eine kleinere Anzahl von Komponenten und verfügt über eine kompaktere Bauart, zurückzuführen auf die hohe Dichte der Energieflüsse. Unter energetischen Aspekten ist der elektri-

sche Strom als reine Exergie besonders günstig. Im thermischen System werden beim Betrieb große Energieströme in den Fluidkreisläufen mitgeführt.

Eine Gefährdung für den Betreiber durch die Anlagen ist im wesentlichen durch den elektrischen Strom beziehungsweise die Heißwasserleitungen zu sehen. Dabei ist aufgrund der hohen Gleichspannung von bis zu 320 VDC das Kompressionssystem als gefährlicher einzustufen. Die Neigung der Absorptionskälteanlage zu Ausfällen, bedingt durch Kristallisationseffekte in den inneren Kreisläufen, führt zu einer geringen Bewertung. Die Kompressionskältemaschine erweist sich als deutlich zuverlässiger. Dementsprechend ist auch der Wartungsaufwand hier geringer und die Betriebsführung unkritischer. Die geringere Anzahl und Größe der Komponenten beim photovoltaischen System führen zu einer gegenüber der thermischen Anlage besseren Bewertung bei dem Kriterium des Raumbedarfs und der Gewichtslasten. Die Umweltverträglichkeit zeigt bei dem Kompressionssystem aufgrund des eingesetzten Kältemittels R 22 eine geringe Punktzahl; bei Verwendung eines ozonschichtneutralen Mittels wie zum Beispiel R 134a wird die Bewertung erheblich besser. Die Komponenten des thermischen Systems sind unter Umweltaspekten weitgehend unkritisch. Wird die photovoltaische Kühlanlage mit einem kleinen Speicher ausgestattet und werden aktuelle Preise für die Solargeneratoren angenommen, erscheint die photovoltaische Anlage bei einer zwanzigjährigen Nutzung als preisgünstige Lösung.

Insgesamt zeichnet sich die photovoltaische Kompressionskühlung mit einer Bewertung von 0,356 bei Verwendung des derzeitigen Kältemittels und einer Bewertung von 0,416 bei Verwendung eines ozonschichtneutralen Kältemittels

durch eine im Vergleich zum Wert des solarthermisch betriebenen Absorptionskühlsystems bessere Gesamtbewertung aus.

**Schlüsselwörter**

- Photovoltaische Kühlung
- Solarthermische Kühlung
- Absorptionskälteanlage
- Kompressionskälteanlage
- Bewertungskriterien

**Literatur**

- [1] Fett, F. N.; Gems, B.: Photovoltaische und thermische solare Kühlung im Vergleich, Abschlußbericht für das von der AG Solar NRW geförderte Vorhaben zur solaren Kühlung, Projekt-Nr.: 252 00491. Dissertation Universität-GH Siegen, 1995
- [2] DIN 1946 T2: Raumlufttechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen, Hrsg. Deutsches Institut für Normung. Berlin, Köln: Beuth-Verlag 1994

**Tabelle 1 Zusammenfassung der diskutierten Kriterien und Bewertungen in einer Entscheidungsmatrix**

Kriterium	Gewichtung	Bewertung KKM	Bewertung AKM
Installation und Inbetriebnahme	0,1	0,8	0,4
energetische Aspekte	0,9	0,7	0,4
Gefährdungspotential	0,8	0,3	0,8
Zuverlässigkeit	1,0	0,9	0,2*
Wartungsaufwand	0,2	0,8	0,2
Betriebsführung	0,3	0,8	0,5
Raumbedarf und Gewichtslasten	0,2	0,7	0,2
Umweltverträglichkeit	0,9	0,1**(0,7)	0,9
Kosten	0,9	0,8	0,4
$\frac{1}{\text{Anzahl}} \sum \text{Gewichtung} \cdot \text{Bewertung}$		<b>0,356</b> <b>(0,416)</b>	<b>0,293</b>

\* Die Zuverlässigkeit wird nach eigenen Erfahrungen vergleichsweise gering eingeschätzt. Bei vollständig geregelten Neuanlagen kann eine höhere Bewertung möglich sein.  
 \*\* Die Verwendung von R22 als Kältemittel in der vorhandenen Anlage führt zur Abwertung. Bei Verwendung von R 134a erhöht sich die Bewertung auf 0,7.