

## **4.1 Produktionsendstufe für Präzisionswaagen**

Holger Möhwald, Nadine Bautz und Jürgen Rehwald

Sartorius AG, Göttingen

### **4.1.1 Einführung**

Für die Fertigungsplaner der Sartorius AG aus Göttingen stand beim Projekt „Variantenbeherrschung in der Montage“ eine Erkenntnis von Anfang an im Vordergrund: Der Herausforderung einer mengen- und variantenflexiblen Produktion lässt sich nur mit einer umfassenden Strategie und einer weitreichenden Reorganisation begegnen. Neue Technologien erfordern erweiterte Qualifikationen der Mitarbeiter, spezifische logistische Lösungen und ein abgestimmtes Qualitätsmanagementsystem. Deshalb ist der Gestaltungsansatz der Sartorius AG als ein ganzheitliches Konzept zu verstehen.

### **4.1.2 Unternehmens- und Produktcharakterisierung**

Die Sartorius AG wurde 1870 als „Feinmechanische Werkstatt F. Sartorius“ gegründet. Im Laufe der folgenden 130 Jahre wurde das Kerngeschäft der Waagenfertigung durch die industrielle Herstellung von Separations- und Filtertechnikprodukten sowie die Gleitlagerfertigung ergänzt. Das Projekt zur Variantenbeherrschung realisierte das Unternehmen in der Montage des Waagenbaus.

Die Sartorius AG ist heute einer der beiden bedeutendsten Hersteller von Präzisionswaagen weltweit. Die Produktpalette umfasste im Jahr 2002 Waagen mit einer Belastbarkeit von mehreren Tonnen bis zu einer Ablesbarkeit von 0,1 µg. Insgesamt erschließen die Produkte den Bereich von rund 15 Zehnerpotenzen: Vom Gewicht einer Großturbine bis zum Farbgewicht des Punktes am Ende eines Satzes.

Mit mehr als 110 Konzerngesellschaften und Vertretungen weltweit ist Sartorius auf den wichtigen Märkten Europas, Asiens und Amerikas aufgestellt. Zum Stichtag 31.12.2002 waren 3.741 Mitarbeiter im Konzern beschäftigt. In der Mechatronik gibt es neben dem Stammsitz in Göttingen noch weitere Fertigungsstandorte in Denver, Colorado (USA) und in Beijing (China). In Deutschland wird außer in Göttingen auch noch bei den Tochtergesellschaften Boekels (Aachen) und GWT (Hamburg) gefertigt.



**Abb. 4.1.1.** Neu entwickelte Waagenreihe für den Einsatz im Labor. Von der Semimikro- waage mit einer Ablesbarkeit von 0,01 mg bis zum Hochlastmodell mit einem Wägebereich von 34 kg gibt es 23 Modelle bei dieser Waagenreihe

In Göttingen erfolgt die Fertigung der anspruchsvollen Labor- und Analyse- waagen aus dem Premium-Segment. Im amerikanischen Werk werden Feuchte- messgeräte hergestellt, in China erfolgt die Fertigung der Low-end Produkte für den asiatischen Markt. Sartorius will mit dieser Strategie die stark differenzieren- den messtechnischen Einsatzanforderungen der Kunden in diesen Regionen be- friedigen.

Dabei wird deutlich, dass Sartorius vor einer neuen Herausforderung steht: Eine außergewöhnliche Vielzahl an Varianten muss beherrscht werden. Die Hauptziel- gruppe für die hoch auflösenden Premium-Waagen sind Kunden in den For- schungs- und Betriebslaboratorien der Pharmaindustrie, der Chemieindustrie, der Lebensmittelindustrie, der staatlichen Forschungsinstitute und des Gesundheits- wesens.

### 4.1.3 Ausgangssituation und Problemstellung

Durch die stetig zunehmenden messtechnischen Einsatzanforderungen der Kunden nimmt die Mengen- und Variantenvielfalt in der Montage ständig zu. Angesichts dieser Entwicklung wurden bereits in den Jahren 1996–2000 verschiedene strate- gische Maßnahmen umgesetzt:

- Der gesamte Montagebereich mit ca. 175 Mitarbeitern wurde in sechs Monta- gemodule nach Gerätetypen aufgeteilt, um die zunehmende Variantenvielfalt zu beherrschen.
- Die starre Arbeitsteilung innerhalb der Montagemodule nach den Produktions- stufen Vormontage, Montage, Justage und Komplettierung wurde aufgehoben. Der flexible Wechsel der Mitarbeiter zwischen den Tätigkeiten wurde durch ein neues Entlohnungssystem gefördert.

- Wo immer die Möglichkeit bestand – in erster Linie bei der Justage der Waagen –, wurden vollautomatisierte Roboteranlagen eingesetzt. In jedem der Fertigungsmodul war mindestens eine Roboteranlage im Einsatz.
- Mitte der 90er Jahre wurde die teilautonome Gruppenarbeit eingeführt. Die Gruppen sollten sich verstärkt selbst organisieren und Aufgaben aus dem produktionssichernden Umfeld übernehmen.

Die umgesetzten Maßnahmen haben sich bei weiter steigenden Flexibilitätsanforderungen als nicht mehr ausreichend erwiesen. In mehreren Punkten ist das bestehende Konzept an seine Grenzen gestoßen:

- *Flexibilität hochautomatisierter Anlagen:* Die Kundenanforderung nach mengen- und variantenflexibler Fertigung bedeutete für die bestehenden Roboteranlagen einen großen Aufwand und zusätzliche Kosten. Die Anzahl der notwendigen Umrüstaktivitäten hatte sich deutlich erhöht, was zu einer Senkung des Nutzungsgrades der Anlagen führte. Darüber hinaus zeigten sich die Roboteranlagen nach einigen Betriebsjahren als anfällig für technische Störungen. Technisch bedingte Ausfallzeiten mit aufwändigen Instandsetzungen nahmen zu.
- *Informationsbereitstellung:* Eine systematische Informationsbereitstellung über alle Produktionsstufen hinweg erfolgte nicht. Während die Mitarbeiter über ihre eigenen Produktionsstufen ausreichend informiert waren, basierte die Informationsweitergabe zwischen den Stufen fast allein auf dem persönlichen Kontakt der Beteiligten. Die Darstellung der bereitgestellten Informationen war ebenfalls nicht optimal. Nur wenige Spezialisten waren in der Lage, die Daten zu interpretieren und Schlüsse daraus zu ziehen.
- *Systematisierung des Qualitätsmanagements:* Es fehlte ein Qualitätsregelkreis, durch den Informationen über Qualitätsprobleme systematisch erhoben und bereitgestellt werden. Probleme wurden erst bei erkannten Defekten am Gerät sichtbar, Messwerte waren nicht für alle Störgrößen gegeben und Zielwerte für die Qualitätsmerkmale waren nicht vorhanden.
- In internen Erhebungen wurde festgestellt, dass in den verschiedenen Stufen der Herstellungskette große Bestände lagen. Bedingt durch die Variantenvielfalt in der Teilefertigung und der Elektronikfertigung (Produktionsvorstufen) mussten verschiedenste Materialien gelagert werden. Darüber hinaus waren die Bestände in den Kanban-Regelkreisen und die Sicherheitsbestände oft unnötig hoch und wurden nach einmaliger Festlegung nicht angepasst.
- *Systematische und dokumentierte Qualifizierung:* Trotz gestiegener Anforderungen an die Flexibilität der Mitarbeiter in der Fertigung hat eine systematische Qualifizierung nicht stattgefunden. Der Stand der Qualifizierung ist mit Einstufung in die Lohngruppen im Jahr 1995 einmalig erhoben worden. Im Anschluss hat es aber außer individuelle Anpassungen keinen Abgleich zwischen Unternehmensanforderung und Qualifizierungsgrad mehr gegeben. Eine Dokumentation der Qualifizierung, wie inzwischen von der Industrienorm DIN ISO 9000–2000 gefordert, fand ebenfalls nicht statt.

#### 4.1.4 Zielsetzung und Konzept

Im Rahmen des Projektes PEflex realisierte Sartorius ein Produktionsstufensystem für die Montage der Waagen. Ziel war die kundennahe Variantenbildung in der Endmontage verbunden mit einer variantenneutralen Vorproduktion. Mit dem neuen Konzept eines Varianten-Produktionssystems sollten verschiedene innerbetriebliche Ziele erreicht werden:

- Erhöhung der Flexibilität für die kundennahe Variantenfertigung,
- Kostensenkung durch Stilllegung der kostenintensiven Roboteranlagen ,
- Reduzierung der Materialbestände in der gesamten Prozesskette,
- Reduzierung der Durchlaufzeiten.

Die Zielerreichung setzte eine aufeinander abgestimmte Restrukturierung voraus. Nicht durch punktuelle technologische, logistische oder arbeitsorganisatorische Maßnahmen lässt sich ein Varianten-Produktionssystem realisieren, sondern nur durch eine ganzheitliche Ausschöpfung der Möglichkeiten in allen genannten Feldern. Die Fertigungstechnologie mit Einzelarbeitsplätzen und dem Ansatz später Variantenbildung setzt eine hochflexible und dynamische Logistik voraus. Ein logisch aufgebautes Informationssystem mit nachvollziehbaren Kennzahlen unterstützt schnelle und dynamische Prozesse durch Transparenz und ermöglicht bei Störungen die schnelle Identifikation der Problemstellen. Die Qualität der Produkte wird dadurch verbessert. Gruppenarbeit ist die effektivste Form der Arbeitsorganisation für eine hochflexible Produktion, da jeder in der Gruppe in die Arbeit eingebunden ist, Verantwortung übernimmt und durch die gemeinsame Prämienentlohnung am Erfolg partizipiert. Das gelingt nur mit ausreichender und sinnvoller Qualifizierung. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Gestaltungsfelder und die Veränderungen bei Sartorius vorgestellt.

##### 4.1.4.1 Technologie und Arbeitsplatzgestaltung im Produktionsstufenkonzept

Das ursprüngliche Modell der Arbeitsgestaltung war durch die Segmentierung der Montagemodule in die Bereiche Vormontage, Montage und Justage sowie Komplettierung geprägt. Justage- und Feilarbeiten wurden von Robotern durchgeführt. Wesentliche Innovationen sind nun bei der technologischen und der organisatorischen Gestaltung der unmittelbaren Arbeitsumgebung in den Montagemodulen gelungen.

Der erste Gestaltungsschritt bei der Einführung des Produktionsstufensystems war die Umgestaltung der Montagehallen. Die Fertigstellung (Komplettierung) des Produkts mit der kundenindividuellen Variantenbildung erfolgt nicht mehr für alle Produkte in einem gesonderten Bereich der Montagehalle, sondern komplett in einer Produktlinie auf kleiner Fläche.

Die Vorteile gegenüber der bisherigen Arbeitsgestaltung wurden bald spürbar: Einerseits wurden weniger Fläche und weniger Material benötigt und die Wege-

zeiten für die Produkterstellung konnten verkürzt werden. Die gesamte Produkterstellung erfolgt in einem von allen Beteiligten überschaubaren Bereich. Der Mitarbeiter kann jetzt erkennen, welcher Arbeitsschritt nötig ist. Andererseits wurden die Fälle mangelhafter Absprachen zwischen verschiedenen Produktionsstufen deutlich vermindert, da die Produkterstellung entweder in einer Hand liegt oder zumindest in Sicht- und Rufweite zum nächsten Kollegen erfolgt.

Weitere Vorteile sind die frühzeitige Erkennung von Qualitätsproblemen durch die räumliche Nähe zwischen den Fertigungsschritten und die Verkürzung der Durchlaufzeiten, da die Produkte nun ohne Zwischenlager weiter verarbeitet werden können.

Die zweite wichtige Veränderung bei der Technologie- und Arbeitsplatzgestaltung war der Verzicht auf vollautomatisierte Roboter zu Gunsten teilautomatisierter Einzelplatzanlagen.



**Abb. 4.1.2.** Gegenüberstellung der Roboteranlagen mit der neuen Produktlinie

Seit Anfang der 90er Jahre erfolgten Justage- und Feilarbeiten an speziellen Werkstücken mit Hilfe von Roboteranlagen. Diese Anlagen haben sich unter den neuen Anforderungen mengen- und variantenflexibler Produktion als problematisch herausgestellt. Die Probleme waren vielschichtig:

- Bei häufigem Variantenwechsel in Verbindung mit kleinen Stückzahlen hat sich der Roboter als unflexibel erwiesen. Häufiges Umrüsten führte zu einer Erhöhung der Stillstandszeiten. Die Folgen sind außerdem die Verlängerung der Durchlaufzeiten für die Produkte und die Erhöhung der Herstellkosten.
- Die Abschreibungen für die teuren Roboteranlagen sind ebenfalls kostentreibend aufgefallen. Hinzu kamen über die Jahre zusätzlich noch Wartungs- und zunehmend Instandsetzungskosten. Darüber hinaus hatte sich das Vorhaben einer mannlosen Nacht- und Wochenendproduktion wegen häufiger technischer Probleme als nicht durchgehend umsetzbar erwiesen.
- Bei Auftragspitzen hat sich der Roboter vermehrt als Engpass erwiesen, da er nur für eine vorgegebene Maximalstückzahl ausgelegt war. Kurzfristige Spitzen über diese Stückzahl hinaus waren nur durch den zusätzlichen Einsatz von Handarbeit zu bewältigen.

Aber auch die Vorteile der Roboteranlagen dürfen nicht übersehen werden:

- Die Roboteranlagen konnten nach ausreichender Bestückung auch über Nacht oder am Wochenende laufen, ohne hierbei personell betreut zu werden. In der Praxis haben aber wiederholt technische Störungen diesen Vorteil aufgewogen.
- Der Personaleinsatz für die Roboteranlagen ist gering. Außer Bestückung und Bandabnahme war zur Bedienung nur ein Programmierer erforderlich, der bei Variantenwechsel auf die neuen Programme umstellen musste.

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile hat sich gezeigt, dass die Nachteile der Vollautomation unter Berücksichtigung der Anforderungen an Mengen- und Variantenflexibilität die Vorteile überwiegen. Ende der 90er Jahre hat sich das Management entschlossen, die Fertigung auf hochflexible, teilautomatisierte Einzelplatzanlagen für Justage- und Feilarbeiten umzustellen.

Mit den Einzelplatzanlagen, die vom hausinternen Engineeringteam entwickelt und gebaut wurden, war der Weg geebnet für die Umgestaltung der Arbeitsorganisation auf die Produktlinien. Layout und Technologie hängen somit unmittelbar zusammen.



**Abb. 4.1.3.** Produktion an einer modernen Einzelplatzanlage

Mittlerweile ist der komplette Wechsel der Fertigungsverfahren von der Robotertechnologie auf die Einzelarbeitsplätze vollzogen. Die Vorteile haben sich dabei klar herauskristallisiert:

- Die Flexibilität hinsichtlich der zu bearbeitenden Stückzahlen konnte deutlich verbessert und damit den neuen Anforderungen angepasst werden. Ohne größere Rüstaufwendungen ist die Bearbeitung unterschiedlichster Losgrößen problemlos möglich.
- Die Kosten für die Einzelplatzanlagen hinsichtlich Anschaffung, Wartung und Reparatur liegen deutlich unter denen einer Roboteranlage. Die Anschaffung einer Einzelplatzanlage je Produktlinie war damit möglich. Bei vollautomatisierten Roboteranlagen wäre dies nicht möglich gewesen.
- Die Herstellkosten der Produkte konnten durch die Verringerung der Bearbeitungszeiten um durchschnittlich 6 % – 10 % gesenkt werden. Die Arbeitspläne für die Waagen sind inzwischen auf die neuen Gegebenheiten umgestellt, so dass die Kostenreduzierung unmittelbar wirksam geworden ist.

- Kurzfristige Auftragsspitzen können durch die parallele Bearbeitung von Aufträgen in mehreren Produktlinien abgefangen werden. Durch die geringen Umrüstaufwendungen ist diese Flexibilität möglich.

Für die höhere Flexibilität ist ein stärkerer Personaleinsatz zur Bedienung der Einzelplatzanlagen erforderlich. Da die Vorteile diesen Kostenblock jedoch bei weitem überwiegen, konnte mit der neuen Technologie und der Arbeitsgestaltung in Produktlinien ein Modell für „Beschäftigungsförderliche Rationalisierung“ realisiert werden. Durch verminderte Herstellkosten, eine Verkürzung der Durchlaufzeiten und eine Optimierung mengen- und variantenflexibler Fertigung konnten die Arbeitsplätze in der Waagenmontage gesichert werden.

#### 4.1.4.2 Logistik im Produktionsstufensystem

Die „Harmonisierung der Prozesskette“ war *das* Schlagwort bei Sartorius, um die Optimierung der logistischen Kette voranzutreiben. Damit sollte der Stellenwert der Logistik für die Herausforderung der Variantenbeherrschung in der Montage bei Sartorius deutlich gemacht werden. Zwei zentrale Ziele hat Sartorius im Rahmen der Optimierung logistischer Prozesse verfolgt:

- Variantenbildung zum möglichst späten Zeitpunkt im Fertigungsablauf,
- Bestandsreduzierung durch eine grundlegende Neustrukturierung der logistischen Prozesse.

Circa 840 verschiedene Varianten an Labor- und Industrielaborwaagen kann Sartorius den Kunden zur Verfügung stellen. Für die kostengünstige Realisierung dieser variantenflexiblen Produktion von Präzisionswaagen muss die Variantenbildung der Produkte zu einem möglichst späten Zeitpunkt in der Prozesskette erfolgen. Eine Variante für den speziellen Kunden kann durch folgende Ausprägungen gekennzeichnet sein: unterschiedliche Auflösung der Wägegenauigkeit, länderspezifische Einstellungen und Kennzeichnungen sowie vielfältige kundenspezifische Applikationen.

Das Ziel der Aktivitäten ist eine weitgehend variantenneutrale Vorproduktion und die Variantenbildung zum spätest möglichen Zeitpunkt in der Endmontage. In Abb. 4.1.4 sind die vier relevanten Schritte des Produktionsablaufes einer typischen Präzisionswaage dargestellt. Erst im 4. Schritt, der Produktendmontage, erfolgt die kundenspezifische Variantenbildung.

Mit technologischen Entwicklungen (z. B. dem Monolith-Wägesystem) ist es im Verlauf der letzten Jahre gelungen, die Anzahl der Varianten in den ersten drei Produktionsstufen bis zum Pufferlager auf etwa 140 zu verringern. Auch zukünftig ist die Variantenreduzierung in den Produktionsvorstufen ein wichtiger Baustein im Varianten-Produktionssystem. Die im Pufferlager (Modulpuffer) gelagerten Geräte werden als Modulgeräte bezeichnet und bilden die Basis für die Fertigung der kundenspezifischen Endgeräte. Aus 140 verschiedenen Modulgeräten werden zurzeit 840 verschiedene Kundengeräte gefertigt (Abb. 4.1.5).

Der zweite Schwerpunkt der Optimierung logistischer Prozesse ist die Bestandsreduzierung. Dabei sind die Aktivitäten zur „späten Variantenbildung“ und zur „Bestandsreduzierung“ nicht isoliert voneinander zu betrachten.

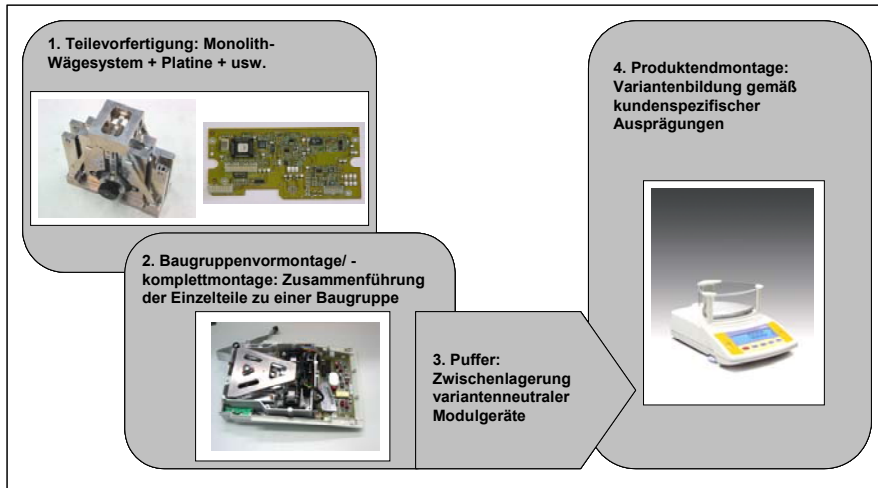


Abb. 4.1.4. Produktionsablauf einer Präzisionswaage

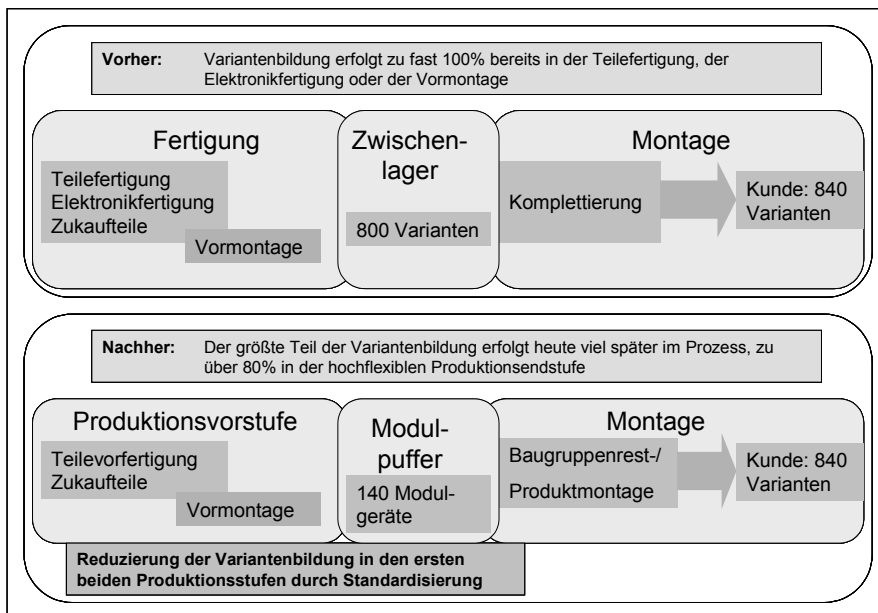


Abb. 4.1.5. Das frühere und heutige Produktionssystem der Sartorius AG für Präzisionswaagen



Der erste Schritt auf dem Weg zur Bestandsreduzierung waren eingehende Analysen zur Problemerkennung und quantitativen Bewertung der bestehenden Situation. Über die gesamte Prozesskette wurden Umschlagshäufigkeiten und Bestandsinhalte von Rohstoffen, Halbfertigwaren, „Work-in-process“-Materialien und Fertigwaren definiert und gemessen. Grundlage der Messungen war eine Datenerfassung im Sinne einer *Wertstromanalyse* (s. Abb. 2.5).

Dabei haben sich folgende kritischen Merkmale herauskristallisiert:

- Hohe Materialbestände in allen Produktionsstufen,
- Engpässe durch technologische Entwicklung (Klimaraum, Produktion von Dehnungsmessstreifen),
- Engpässe durch langwierige Phasen zwischen Datenerfassung und Datenübertragung (z. B. Produktionssteuerungssystem zu SAP),
- Keine durchgängige Kundenauftragsproduktion,
- Hohe Materialbestände in Packerei und Kommissionierungszone,
- Hoher Lagerbestand in allen Tochterlagern, insbesondere „Altprodukte“.

Aus den Erkenntnissen wurden unterschiedliche Maßnahmen abgeleitet. Ein wichtiger erster Schritt zum Projekt Bestandsreduzierung war die Implementierung einer verantwortlichen Steuerungsgruppe. Damit wurden alle Aktivitäten zentral gesteuert, koordiniert und überwacht.

Ein Teil der vereinbarten Maßnahmen setzte dort an, wo die Bestände den höchsten Wert erreicht haben, nämlich bei den Fertigwarenlagern. Das Fertigwarenlager am Standort in Göttingen wurde aufgelöst. Die Bevorratung mit kundenspezifischen Endprodukten in einem Fertigwarenlager ist heute nicht mehr nötig. Stattdessen wurde das Modulgerätekonzept eingeführt (siehe auch Abb. 4.1.5). Bis zur Einlagerung der Waagen in die Modulpuffer ist die Produktion weitgehend variantenneutral und wird über den Verbrauch gesteuert. Die Bestände an Endgeräten sind gesenkt worden.

Ein weiterer Schritt zur Bestandsreduzierung ist mit dem Projekt der Komplexitätsreduzierung bei den Produkten gelungen. Komplexitätsreduzierung bedeutet konkret, dass die Anzahl an Varianten in der Vorstufe durch Vereinheitlichung in Bauweise und Technologie deutlich reduziert wird. Dieser Schritt ist zunächst durch das sogenannte Monolith-Wägesystem gelungen. Unterschiedliche Endprodukte (Kundengeräte) bauen auf dem gleichen Wägesystem auf. Die Komplexität heute verwendeter Wägesysteme wird auch auf den aktuellen Entwicklungsstand bezogen weiter kontinuierlich reduziert. Bis zur endgültigen Variantenbildung konnte die Bevorratung mit Rohstoffen und Halbfertigwaren deutlich reduziert werden. Neben der Reduzierung der Varianten durch das Monolith-Wägesystem gab es Variantenreduktion z. B. bei Elektroniken und Stellfüßen.

Verschiedene Arbeitsgruppen haben im Unternehmen intensiv das Ziel der Materialbestandsreduzierung bearbeitet. Mit der Konzentration auf wenige verschiedene Materialien kann durch eine Steigerung der Umschlagshäufigkeit die Gesamtmenge an bevorratetem Material reduziert werden. Einen weiteren Schwerpunkt bildete dabei die Überprüfung und Reorganisation der bestehenden Behältersteuerung. Ziel war die Verringerung von Anzahl und Größe der Materi-

albehälter und eine häufigere Belieferung der Montage, um weniger Material in der Prozesskette zu bevorraten. Die Fertigungsmannschaft und die Führungskräfte vor Ort waren eng in diesen Prozess eingebunden. Auf Basis ihrer Vorschläge und Ideen konnten entscheidende Verbesserungen realisiert werden.

Weitere Aktivitäten umfassen die Einbindung der Lieferanten in den Prozess. Die Sartorius-Materialwirtschaft entwickelt zur Zeit Verfahren, um Lieferanten über ein Web-Reporting (Internetbasierter Datenaustausch) Einblicke in die tagesaktuellen Bestände und den Materialumschlag zu ermöglichen. Mit dem Einblick in die relevanten Daten vor Ort sollen die Lieferanten unter Reduzierung der Vorratshaltung eine ausreichende Materialbereitstellung gewährleisten. Direktabrufe von Großteilen und von bestimmten DIN-Teilen sind bereits heute möglich.

Im Ergebnis ist bereits über die gesamte Prozesskette eine spürbar verringerte Materialbevorratung realisiert worden. Der Stand im Frühjahr 2003 zeigt eine Reduzierung von 30 % an Materialien in der Prozesskette seit Projektbeginn.

#### **4.1.4.3 Information und Qualitätscontrolling**

Eine wichtige Voraussetzung für ein funktionierendes Produktionsstufensystem ist die Bereitstellung von Informationen und Kennzahlen über die gesamte Prozesskette. Aufträge, Bestände und Anwesenheit der Mitarbeiter müssen für alle Prozessbeteiligten transparent sein, um eine hochflexible Produktion zu gewährleisten.

Bei Sartorius wurden seit der ersten Zertifizierung nach ISO 9001 im Jahr 1992 nur vereinzelte, hauptsächlich technikbezogene Kennzahlen ermittelt und regelmäßig berichtet. Diese Messgrößen wurden übersichtlich in einer sogenannten Ampelfolie plakativ dargestellt. Eine Überarbeitung und Ergänzung des bestehenden Systems hatte folgende Ausrichtung:

- Der Schwerpunkt der bestehenden Kennzahlen lag bei den Produktionsdaten. Es fehlten jedoch z. B. Messgrößen in den Bereichen Vertrieb, Service und Marketing.
- Klare Kriterien für die Prozessbewertung sollen durch Setzen einer Ampelfarbe erreicht werden (grün: o. k., gelb: Warnung, rot: Stop).
- Die Messgrößen innerhalb der internationalen Produktionsstätten mussten im Rahmen der Globalisierungsstrategie harmonisiert werden.
- Externe Anforderungen wie z. B. Kriterien des Industriewettbewerbs „Die Fabrik des Jahres“ oder des „European Quality Award“ sind zu berücksichtigen.

Diese Anforderungen machten die Ergänzung des bestehenden Mess- und Regelsystems notwendig. Die Struktur des zu entwickelnden Kennzahlensystems sollte sich an dem Anforderungsprofil des Industriewettbewerbs „Die Fabrik des Jahres“ orientieren. Nach diesem Modell werden Kennzahlen für die Bereiche Wertzuwachs, Flexibilität, Qualität und Produktivität aufgestellt.

Zu Beginn des Projekts wurden die im Rahmen der Neuzertifizierung nach der prozessorientierten Norm ISO 9001 : 2000 bereits aufgestellten Kennzahlen als Grundlage benutzt. Diese wurden von den Fachbereichsverantwortlichen kritisch

überprüft, ggf. modifiziert oder gestrichen. Zudem wurden im Rahmen bereichs-interner Meetings neue Messgrößen erarbeitet. Jedem der Hauptkriterien Wertzuwachs, Flexibilität, Qualität und Produktivität wurden eine oder mehrere Kennzahlen zugeordnet.

Besteht ein Verantwortungsbereich aus mehreren Hauptprozessen bzw. sind innerhalb eines Bereiches oder Prozesses mehrere Kennzahlen definiert, werden diese nach einem bestimmten Schlüssel zu einer Bereichskennzahl verdichtet. Je nach Erreichungsgrad des festgelegten Zielwerts ist der jeweilige Status aufgrund der Ampeldarstellung auf den ersten Blick ersichtlich. Wichtig für die Aussagekraft der einzelnen Kennzahlen sowie des verdichteten Gesamtsystems waren für Sartorius folgende Kriterien:

- Konformität mit übergeordneten Zielen,
- Präzise Definition,
- Klar festgelegte Verantwortlichkeiten,
- Aufwand im Verhältnis zu Nutzen und Nutzungsgrad,
- Konsistenz der Basisdaten,
- Berücksichtigung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen.

Das Projekt ist bislang erfolgreich verlaufen. Die erstmalige Zusammenführung von finanziellen und nicht-finanziellen Kenngrößen, der Abbau entstandener In-sellösungen und die Einbeziehung der internationalen Niederlassungen sind eine notwendige Voraussetzung für fundierte Managemententscheidungen. Wichtig bei der Erarbeitung der Kenngrößen war die Einbeziehung der betreffenden Fachbereiche. Dadurch konnte die persönliche Identifizierung mit den Zielen und die Bereitschaft der Mitarbeiter, mit den Daten zu arbeiten, erheblich gesteigert werden.

#### **4.1.4.4 Gruppenarbeit**

Die Einführung der Gruppenarbeit in der Messgerätefertigung war das Resultat einer Umstrukturierung zu Beginn der 90er Jahre. Von der Einführung der Gruppenarbeit waren die Montagebereiche der Sparte Mechatronik mit insgesamt ca. 170 Mitarbeitern betroffen. Das entscheidende Steuerungsgremium für alle Fragen, die mit der Gruppenarbeit in Zusammenhang stehen, war und ist der Montagearbeitskreis. Er setzt sich aus Mitgliedern des Betriebsrates, der Montage (Bereichsleitung, Meister, Arbeitsvorbereiter, Gruppensprecher) sowie einem Mitglied der Personalabteilung zusammen.

Die Gruppenarbeit hat sich als Arbeitsform in den Jahren nach der Einführung für die betroffenen Bereiche bereits bewährt. Insbesondere die verbesserte Qualifizierung und die erhöhte Flexibilität der Mitarbeiter sind die entscheidenden Erfolgskriterien. Der Montagearbeitskreis hat durch innovative Betriebsvereinbarungen über Gruppenarbeit, den Entlohnungsgrundsatz Prämie sowie über die flexiblen Arbeitszeiten die Voraussetzungen für den Erfolg geschaffen. Die Betriebsvereinbarung zur Gruppenarbeit regelt z. B. die Kompetenzen der Gruppe (u. a. Auftragssteuerung, Mitgestaltung von Arbeitsumfeld und -organisation, Integra-

tion Leistungsgeminderter, Übernahme indirekter Aufgaben, Urlaubsplanung) und ihre Aufgaben.

Das neue Konzept des Varianten-Produktionssystems stellt an die Mitarbeiter in den Montagemodulen deutlich erhöhte Anforderungen. Neben der Qualifizierung (s. Punkt 4.1.4.5) steht die Flexibilität für die kundennahe Variantenfertigung als herausragende Anforderung an die Mitarbeiter im Mittelpunkt des neuen Konzeptes. Flexibilität der Mitarbeiter bedeutet, zwischen Arbeitsplätzen bzw. Produkten schnell und ohne Qualitätsverlust wechseln zu können. Zusätzlich kann die Flexibilität aber auch auf die Arbeitszeiten bezogen sein und damit zur Personalsteuerung in Zeiten ungleichmäßiger Auftragseingänge genutzt werden. Eine weitere Betriebsvereinbarung zur Regelung der Flexibilität wird im Sommer 2003 verhandelt. Mit dieser BV sollen die Voraussetzungen einer Flexibilität geschaffen werden, die mittelfristig zwischen plus und minus 25 % vom Standardauftragseingang liegen können.

Neben der Betriebsvereinbarung über Gruppenarbeit wurden zwei weitere Betriebsvereinbarungen ausgehandelt, die die Flexibilität der Mitarbeiter unterstützen. Die Betriebsvereinbarung zur Prämienentlohnung honoriert einerseits die Leistung einer Gruppe, ist andererseits aber auch ein Anreiz, möglichst viele Arbeitsplätze zu beherrschen und dort auch zu arbeiten. Der Gruppenbezug der Prämie soll die Gruppenentwicklung fördern:

- Die Entlohnung der Mitarbeiter setzt sich aus dem Grundlohn und einer flexiblen Prämie zusammen.
- Für den Grundlohn wurden Richtbeispiele erstellt, die als Grundlage für die individuelle Eingruppierung dienen.
- Die Prämie ist eine Gruppenprämie und hat eine Untergrenze bei 30 % und eine Obergrenze bei 40 % des Grundlohns.
- Die Prämienbezugsgröße ergibt sich aus den abgerechneten Planzeiten geteilt durch die Anwesenheitszeit der gesamten Gruppe.
- Die abgerechneten Planzeiten beziehen sich auf abgelieferte Gutstücke durch die Gruppe und fördern somit das Qualitätsdenken.

Die Realisierung einer höheren Flexibilität der Produktion durch die Einführung von Gruppenarbeit wurde durch eine flexible Arbeitszeit flankiert. Dazu werden in der Betriebsvereinbarung folgende Sachverhalte geregelt:

- Gleitzeitregelung in der Messgerätefertigung,
- Arbeitszeitkonto von +/- 100 Stunden,
- Selbstorganisation der Arbeitszeiten durch die Gruppen unter Berücksichtigung der aktuellen betrieblichen Belange.

Gruppenarbeit hat sich die Form der Arbeitsorganisation erfolgreich etabliert und wird im Zuge der neuen Herausforderungen weiterentwickelt. Die Gruppen übernehmen mit einem hohen Grad an Selbstorganisation die vorgegebenen Aufgaben und arbeiten mit ständig weiter steigender Flexibilität. Sowohl aus Sicht der Mitarbeiter, als auch aus Sicht der Unternehmensleitung ist die Einführung der Gruppenarbeit als Erfolg zu werten.

#### 4.1.4.5 Qualifizierung nach dem Qualifizierungsregelkreis

Die Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeiter haben sich seit Einführung der Gruppenarbeit stark verändert. Einerseits sind im Laufe der Jahre eine Vielzahl von Tätigkeiten in die Gruppen integriert worden, die vorher die Meister oder andere betriebliche Spezialisten ausgeführt haben. Dazu gehören planerische (Urlaub, Arbeitsplatzbelegung, u. a.), steuernde (Auftragssteuerung) und instandhaltende (Maschinenwartung, z. T. Programmierung) Arbeiten. Andererseits ist durch die Einführung des Produktionsstufenkonzepts annähernd der komplette Montagebereich in seinem Ablauf und in der Fertigungstechnologie reorganisiert worden. Die ursprüngliche Aufteilung in die Vormontage mit einfachen Montierarbeiten und die Montage mit dem Systemaufbau und der Roboterbestückung wurde zugunsten der Komplettbearbeitung an teilautomatisierten Einzelplatzanlagen umstrukturiert. Die Strategie der kundenindividuellen Fertigung bei kürzesten Lieferzeiten erhöht die Anforderungen an die Flexibilität der Mitarbeiter: Es reicht nicht mehr aus, Spezialist für nur ein Produkt zu sein. Heute hier, morgen dort; so könnte man für einen Großteil des Fertigungspersonal die Situation auf den Punkt bringen.

Die gestiegenen Anforderungen an die Qualifikationen der Mitarbeiter, die bislang fehlende Umsetzung von notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen und die mangelhafte Dokumentation von realisierten Qualifizierungsinhalten und -maßnahmen sind die Gründe dafür, dass Management und Betriebsrat bei Sartorius für die Messgerätefertigung einen neuen Weg eingeschlagen haben.

Im ersten Schritt wurde ein sogenannter Qualifizierungsregelkreis entwickelt, der die bevorstehenden Aktivitäten beschreibt und im gegenseitigen Zusammenhang darstellt. Die Entwicklung des Qualifizierungsregelkreises erfolgte Ende 2001, mit den Aktivitäten wurde Anfang des Jahres 2002 begonnen. Der erste Schritt bestand in der Festlegung der Ziele, die mit der Qualifizierung des Fertigungspersonals erreicht werden sollten:

- Qualifizierung für das Fertigungspersonal muss systematisch und an die Potenziale der Lernenden angepasst erfolgen. Inhaltlich stehen Fachschulungen und die Vermittlung von EDV-Kenntnissen im Vordergrund.
- Qualifizierung, auch wenn sie „on the job“ und informell erfolgt, soll möglichst mit einem Lernerfolg dokumentiert werden.
- Qualifizierung soll sich an den Anforderungen in der Messgerätefertigung und an den Wünschen der Mitarbeiter orientieren. Nur was gebraucht und gewollt wird, soll auch umgesetzt werden.

Anfang des Jahres 2003 wurde der Baustein 1 des Qualifizierungsregelkreises (Abb. 4.1.6) in die Praxis umgesetzt. Der Qualifizierungsplan konnte den beteiligten Meistern und Gruppensprechern vorgestellt werden, einige EDV-Schulungen wurden bereits durchgeführt. Der Rest des laufenden Jahres wird der Durchführung der Schulungsmaßnahmen (Baustein 2) gewidmet sein, ehe im Folgejahr der 3. Baustein des Qualifizierungsregelkreises zur Geltung kommt. Hier erfolgt die Überprüfung der Schulungen und die Effizienzprüfung der umgesetzten Maß-

nahmen. Erst hier wird sich letztlich entscheiden, ob der eingeschlagene Weg die Grundlage für eine effektive Schulung liefern und leisten kann.

Im Folgenden wird die Bedarfsermittlung genauer dargestellt, die Sartorius im Fertigungsbereich erstmalig durchgeführt hat. Mit ungefähr 170 Mitarbeitern sind verteilt auf einen Zeitraum von mehreren Monaten Einzelgespräche geführt worden.

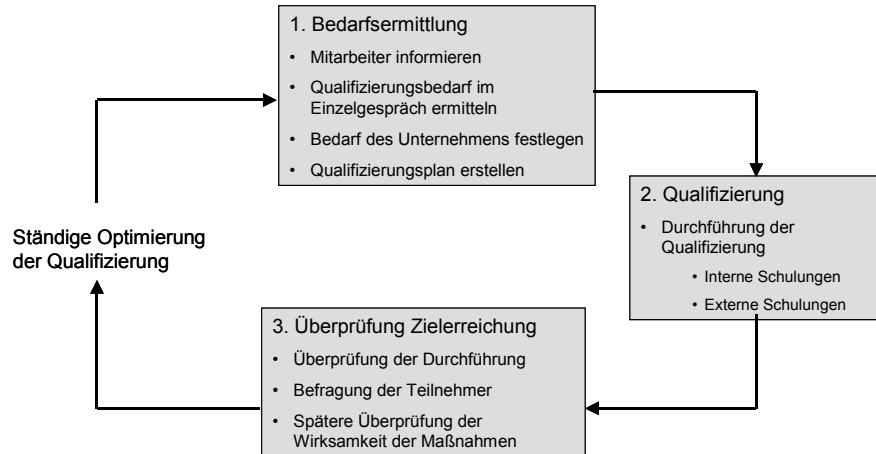


Abb. 4.1.6. Qualifizierungsregelkreis

1. Der erste Schritt bei der Qualifizierungsbedarfsermittlung ist die umfassende Information der Gruppen über die geplanten Aktivitäten. Dabei wurde ein Formblatt vorgestellt, auf dem wichtige Inhalte des Gespräches dokumentiert werden (Leistungseinschätzung, gewünschte Schulungsinhalte, Perspektiven). Das Formblatt wurde mit den Mitarbeitern diskutiert. Die Informationen erfolgten in den Gruppengesprächen, die seit Einführung der Gruppenarbeit monatlich durchgeführt werden. Abschließend wurde im Gruppengespräch der genaue zeitliche Rahmen bekannt gegeben.
2. Nach dem Gruppengespräch wurde das Formblatt ausgehängt. Damit waren im Vorfeld für alle Beteiligten der ungefähre Ablauf und Inhalt des Gesprächs transparent.
3. Über einen Zeitraum von mehreren Wochen wurden anschließend die Einzelgespräche durchgeführt. Das Gespräch findet in der Regel unter vier Augen zwischen dem Meister und dem Mitarbeiter statt. Der Meister übernimmt die Gesprächsführung mit erklärenden Worten über Sinn und Ablauf der persönlichen Unterhaltung und hat dabei die Aufgabe, ein vertrauensvolles Verhältnis aufzubauen. Die einzelnen Punkte des Formblattes werden kurz erläutert und dann füllen Meister und Mitarbeiter das Blatt gemeinsam aus. Unter dem Punkt „Entwicklungsvorstellungen“ werden die Qualifizierungswünsche aufgenommen. Die Eintragungen werden noch einmal von den Gesprächsbeteiligten überprüft, so dass wirklich gewährleistet ist, dass das Gesagte mit dem Geschriebenen sinngemäß übereinstimmt. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die ersten Gespräche mit selbstbewussten Mitarbeitern geführt werden.

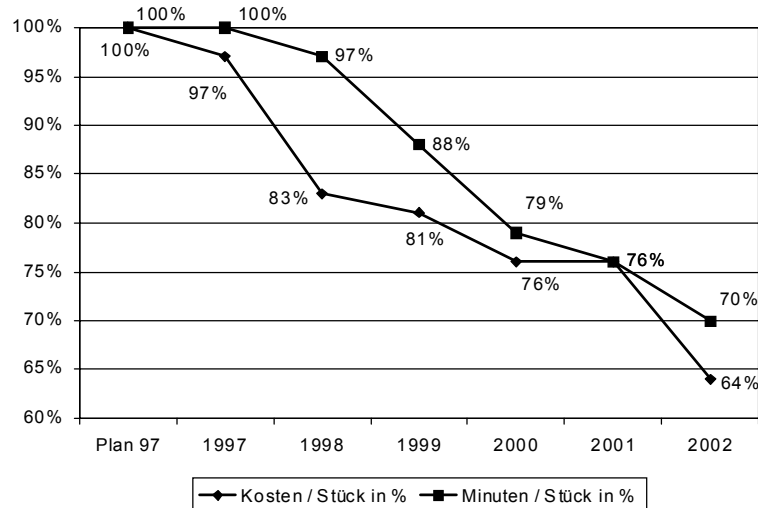
Wenn von diesen positive Erfahrungen gesammelt werden, wird den übrigen Gruppenmitgliedern durch Weitergabe dieser Erfahrungen die Besorgnis vor den Auswirkungen genommen und ein positives Grundklima für die Gespräche geschaffen. Grundsätzlich war die Teilnahme an den Gesprächen freiwillig, es hat aber keine Verweigerungen gegeben.

4. Im nächsten Schritt werden die Gespräche ausgewertet. Dies erfolgte einerseits in Form einer Statistik und andererseits in Form der wortgetreuen Auflistung der einzelnen benannten Qualifizierungsinhalte. Die Statistik enthält Aussagen über die Verteilung der Qualifizierungsinteressen. Dabei stellte sich heraus, dass ca. 30 % der Mitarbeiter keine Qualifizierungsmaßnahme besuchen wollten. Mehr als zwei Maßnahmen wünschten sich ca. 20 % der Mitarbeiter. Inhaltlich haben sich vier Schwerpunkte für die Qualifizierung herausgebildet, in denen Qualifizierungsmaßnahmen durchgeführt werden:
  - PC-Kenntnisse (SAP, Office, usw.),
  - Betriebsmittelbedienung, Betriebsmittelsoftware,
  - Elektronikgrundkenntnisse, Prüf- und Schutzbestimmungen Hochspannung,
  - Mitarbeiterführung, Sozialverhalten in der Gruppe.
5. Als letzte Aktivität wurde auf Basis der Erhebungsbögen, der Statistiken und der festgelegten Schwerpunkte ein Qualifizierungsplan mit Teilnehmerdaten, Inhalten, Dozenten, usw. zusammengestellt. Der Plan wurde in allen relevanten Besprechungsgruppen vorgestellt und diskutiert. Der aufwändige Informationsprozess erwies sich als nötig, um eine möglichst große Gruppe im Unternehmen vom Sinn und der Richtigkeit der Aktivitäten zu überzeugen.

#### **4.1.5 Erfahrungen, wirtschaftlicher Nutzen und Ausblick**

Mittlerweile lässt sich zu den verschiedenen Veränderungen ein erstes Fazit ziehen: Der wirtschaftliche Nutzen des Produktionsstufensystems nach dem Sartorius-Modell ist gegeben. Aber klar ist darüber hinaus auch, dass nur eine umfassende Reorganisation über alle Gestaltungsfelder den erwünschten Erfolg bringt. Der Erfolg wird durch die Kombination einer flexibel einsetzbaren Technologie, einer schnellen und schlanken Logistik und durch qualifizierte Mitarbeiter erreicht, die in einer teamorientierten Organisation arbeiten. Die Anforderungen und die Veränderungen werden in einem Kennzahlenmonitoring erfasst und dargestellt.

In Abb. 4.1.7 ist dargestellt, wie sich die Gesamtkosten und Fertigungszeit pro Stück bei einer exemplarischen Sartorius-Waage durch Umsetzung der einzelnen Elemente des Produktionsstufensystems verändert haben.



**Abb. 4.1.7.** Fertigungskosten/Stück der Waagen-Endmontage für eine Kostenstellen in %

Verschiedene Einflussgrößen machen den wirtschaftlichen Erfolg des Produktionsstufensystems aus und sollen als quantitativer Einfluss auf den Gesamterfolg dargestellt werden:

- Die Umstellung vollautomatisierter Robotertechnologie auf halbautomatisierte Einzelplatzanlagen hat eine deutliche Reduzierung der Abschreibungen auf Anlagen, der Rüst- und Werkzeugkosten sowie der Reparatur- und Wartungsaufwendungen bewirkt.
- Durch die neuen Einzelplatzanlagen ist die Fertigung nicht nur flexibler. Darüber hinaus konnten die Fertigungszeiten nach Arbeitsplänen zwischen 6 % – 10 % reduziert werden. Das führte zu einer Reduzierung der Herstellkosten pro Stück.
- Durch die Verringerung der Varianten in der Produktionsvorstufe und die Einführung der Modulgeräte werden ebenfalls die Herstellkosten pro Gerät gesenkt. Durch die größeren Bestellmengen für die einzelnen Bauteile vermindern sich die Einkaufskosten pro Teil und damit auch die gesamten Herstellkosten.
- Die Bestände in der Montage konnten durchschnittlich um 30 % gesenkt werden (insbesondere Fertigungsbestände zu 40 %). Ursächlich für die Möglichkeiten der Bestandsreduzierung ist neben der Einführung der Modulgeräte die genaue Analyse vorhandener und benötigter Materialien und die Einbeziehung der Verantwortlichen vor Ort.
- Durch die Übernahme von Tätigkeiten durch die einzelnen Modulgruppen konnten mittelfristig die Arbeitsplätze in den produktionssichernden und –begleitenden Bereichen reduziert werden (Auftragssteuerung, Arbeitsvorbereitung etc.). Die Anzahl der direkten Führungskräfte konnte seit Einführung der Grup-



penarbeit um 20 % reduziert werden. Der Effekt der teilautonomen Gruppenarbeit hat sich auch in der Reduzierung von Personalkosten bemerkbar gemacht.

Im Folgenden sollen die wesentlichen Erfahrungen nach mehrjähriger Arbeit an und mit dem Produktionsstufensystem bilanziert werden. Die wohl wichtigste Erkenntnis ist die, dass verschiedene Fachdisziplinen eng verzahnt werden müssen. Nicht die Ingenieure oder die Personalentwickler im Alleingang bringen die Entwicklungen im Unternehmen voran, sondern die aus der engen Zusammenarbeit gewonnenen Synergien.

Wichtige Erfahrungen für die oft unentdeckten Potenziale eines Produktionsstufensystems konnten in einer der sechs Montagegruppen gesammelt werden: Aufgrund der besonders engagierten Betreuung der Gruppe durch die zuständige Modulleitung hat sich die Gruppe stärker als andere zu einer selbststeuernden Einheit entwickelt. Die neue Technologie der Einzelarbeitsplätze wurde auf Betreiben der Mitarbeiter und der Modulleitung in diesem Modul erstmalig aufgebaut, getestet und auf Basis der dort gesammelten Erfahrungen weiterentwickelt. Die Analysen über Materialbestände im Fertigungsprozess wurden von dieser Gruppe selbständig durchgeführt. Bestandsreduzierung durch Optimierung der Behältnisgröße und der Umschlagshäufigkeit wurde von dieser Gruppe zuerst angeschoben und umgesetzt.

Aufgrund dieser positiven Erfahrungen mit der Gruppe und dem hohen Grad an Veränderungsbereitschaft organisiert sich die Gruppe seit Beginn des Jahres 2003 selbst. Die zuständige Modulleitung hat ein anderes Fertigungsmodul übernommen und soll die positiven Erfahrungen dort einbringen. Hier ist ein *Pilotprojekt zur „meisterlosen Fertigung“* entstanden, das nach vier Monaten Laufzeit als ausgesprochen erfolgreich gilt. Die Gruppe hat für verschiedene Tätigkeiten Ansprechpartner benannt und organisiert sich intern in den Gruppengesprächen. Die anfängliche Skepsis bei vielen Beobachtern ist mittlerweile einer verblüfften Neugierde gewichen.

Als Ausblick in die nähere Zukunft ist in jedem Fall festzuhalten, dass weiterhin alle beteiligten Teildisziplinen gleichermaßen zu weiteren Veränderungen beitragen sollen. Eines der wichtigen Ziele für die nahe Zukunft ist die Reduzierung der Durchlaufzeit auf einen Tag. Die zunehmende Angleichung von Qualität und Preis mit den Konkurrenten ist nicht mehr zu übersehen. Als neues Verkaufsargument gewinnt das Thema „Lieferfähigkeit“ zukünftig enorm an Bedeutung. Die neuen Fragen sind:

- Ist die Flexibilität der Einzelplatzanlagen ausreichend bzw. reicht deren Anzahl insgesamt, um auf erweiterte Stückzahlflexibilität zu reagieren?
- Ist die ausreichende Anzahl qualifizierter Mitarbeiter an Schlüsselarbeitsplätzen gewährleistet oder scheitert der Tagesdurchlauf, sobald Schlüsselpersonen im Urlaub sind?
- Ist die Materialversorgung auch dann gesichert, wenn an Tagen mit hohem Auftragsingang alle Aufträge in 24 Stunden gefertigt werden sollen?

Um die Anforderungen an eine hochflexible Produktion in der Zukunft zu erfüllen, werden bei Sartorius in den nächsten Jahren diese drei Fragen zu beantworten sein.