

The Taguchi Impact

H.H. Danzer

Western technology is characterized by rules, such as legal regulations, specifications, testing and calculating methods, and precisely established sequences and systems (including the requirements for quality assurance systems ISO 9000 - 9004), etc.

Therefore, it's no surprise that the West, above all the United States, is trying to determine which rules and methods constitute the foundation for Japan's economic success.

The key is not the application of Quality Circles, which is so fascinating at first glance, but a completely different fundamental philosophy of the term quality. This, in conjunction with the fact that they think of everything in probability terms was the breeding-ground for the methods and techniques which are the backbone of Japan's prosperity.

1/ The Term Quality

What needed proving by PIMS and other extensive investigations in the West was already the basis of how quality is understood in Japan: Quality is the satisfaction of the customers' requirements and justified expectations in the respective price classes and market segments as precisely as possible.

This turning away from thinking purely in specification limits draws the attention to target values in the shaping of characteristics.

Two different things can be deduced from this:

- the methods for establishing the target values for the best possible satisfaction of customer requirements at a particular price level (e.g. Taguchi DESIGN OF EXPERIMENT)
- an overall economic way of looking at costs because more value for the customer's money leads to higher successive sales and subsequently increased production quantities with higher profitability (Taguchi cost function)

2/ Taguchi - Cost Function

One can only appreciate the ingenuity of Taguchi's simplifications after comprehending the wide base of statistical training of the Japanese. With our Western training we tend to concentrate far too much on formulas instead of on the far more important statement:

Every deviation, from the target values established as the overall optimum, will lead to a deterioration of the result. This could materialize as insufficient satisfaction of customer expectations, for instance, concerning the value-for-money ration, the basic performance, reliability, appearance, or serviceability of the product, etc. In addition deviation could create problems or increase production effort in some way.

If you equate these deteriorations with losses, you will see immediately that they generally display a progressive increase above and below the target value. The function can be approximated by a parabola. For those who still rely on science, it can be remarked that a Fourier analysis was stopped after the square term because a sufficient significance for general cases could not be found for terms of higher powers.

The pattern of thinking, still new to us, which is backed by business management is characterized by including the customer when it comes to deviations from the overall optimum and their effect on costs.

In other words, it's not just a matter of including guarantee costs and liability or compensation payments, which often mature months after actual manufacturing, but of directly including depreciation of usefulness for the customer in addition to production difficulties whenever characteristics deviate from optimum values.

Consideration of optimums for the customer is, in this era of a customer market, the only sensible strategy to insure satisfied regular customers and to turn customers who have not been enticed by other manufacturers into regulars. This is the keystone for medium and long-term profitable production quantities.

3/ Optimizing the Design and Process

In the case of a customer market determining the optimum in functional fulfilment for the customer and in manufacturing process costs is of the utmost importance. Therefore the methods for finding the overall optimum are of outstanding significance. The limits of feasibility are soon reached using theory, if only because of the infinite number of possible design or process combinations.

Dr. Taguchi must be credited for showing us a pragmatic way of solving this problem. The number of possible variations isn't the only problem, however. For calculations, one has to assume that test results are representative. This cannot be confidently said of the One Factor by One Method, especially because each influential factor is analyzed by using just one test and this reduces the validity of the results, mainly because all other test parameters cannot be kept at a sufficiently constant level.

The third very important point concerning the unearthing of optimum solutions has to do with the so-called robustness (insensitivity) of the found solution against minor deviations from the ideal values and their influential impact.

For example, just think of a perfectly functioning steering axle geometry whenever variations in the position of any of the attaching points to the body or of the axle occurs. The correct function must still be met, otherwise the design solution is not acceptable.

Dr. Taguchi has come up with a procedure to cope with these three problem areas:

- the problem of the number of possibilities
- the validity of test result statements
- the robustness of the found optimum solution.

The proposed procedure works surprisingly well once one get acquainted with it. For Western design engineers and production technicians however, the access is quite difficult because, on the one hand, the statistical basis is missing out of which Taguchi makes his pragmatically justified simplifications, and, on the other hand, one is so unaccustomed to the manufacturer- and customer-oriented pattern of thinking of target value optimization. Taguchi solves the statement validity and the number-of-possibilities problem by using the main matrix as known in the orthogonal table technique of mathematical statistics.

The results that are easiest to comprehend are done with a matrix for 7 parameters and 8 tests, whereby each parameter is combined four times each in levels 1 and 2. (For other parameter and test numbers additional tables are available.)

Today's commonly used One Factor by One Method also needs 8 tests for 7 parameters. But the validity of the statement using the orthogonal techniques is significantly higher because the effect of one parameter is always determined out of all 8 instead of out of just one test and the results for each parameter are influenced by a statistical average out of 4 individual values for every level. By repeating the matrix under variation of disturbing factors one can lead the optimization in the direction of functionality and cost, just as well as in the direction of robustness of the design and processes.

Using this, optimum conditions can be calculated and predicted. Finally, a confirming test should be done with the parameters calculated to be optimal to insure that significant influential factors weren't overlooked.

Summary

In a customer market, every automotive manufacturer must try to present products that offer the greatest amount of benefit for the duration of useful life to the customer.

At the same time, the vehicles, components, and individual parts must be able to be produced at low costs in spite of a high number of variants.

A customer-oriented understanding of quality and Dr. Taguchi's proposed method for planning optimizing tests reveal a practicable way of bringing this general complex to a safe overall optimum with assessable expenditure.

Graz, March 21, 1988
DA/pa

Anwendung von Taguchi Methoden

H.H. Danzer

Die westliche Technik ist geprägt von Regeln, gesetzlichen Regelungen, Spezifikationen, Erprobungs- und Berechnungsmethoden, genau festgelegten Abläufen und Systemen (auch Anforderungen an QS-Systeme ISO 9000 - 9004), etc.

So ist es nicht weiter verwunderlich, daß der Westen, allen voran die USA, sich intensiv bemühen herauszufinden, welche Regeln und Methoden den wirtschaftlichen Erfolg der Japaner bestimmen.

Es war schließlich nicht die auf den ersten Blick so faszinierende Anwendung der Quality Circles, der Schlüssel, sondern eine andere Grundeinstellung zum Begriff Qualität verbunden mit einem gut geschulten Wahrscheinlichkeitsdenken waren der Nährboden für Methoden und Techniken, die den japanischen Erfolg ausmachen.

1/ Qualitätsbegriff

Was im Westen erst durch PIMS und andere umfangreiche Untersuchungen nachgewiesen werden mußte, ist in Japan Grundlage des Qualitätsverständnisses: Qualität ist die möglichst genaue Erfüllung der Anforderungen und berechtigten Erwartungen der Kunden im jeweiligen (Preis-) Segment.

Diese Abkehr vom Denken in Spezifikationsgrenzen lenkt den Blick auf die Zielwerte in der Ausprägung von Merkmalen.

Daraus leitet sich zweierlei ab:

- Methoden zur Festlegung dieser Zielwerte, mit denen die Kundenforderungen im jeweiligen Preisniveau bestmöglich erfüllen lassen (z.B. Taguchi DESIGN OF EXPERIMENT)
- Gesamtwirtschaftliche Kostenbetrachtung, da ein gutes Kosten/Nutzenverhältnis beim Kunden zu höheren Wiederkaufsraten und damit zu höheren Stückzahlen und höhere Rentabilität führt (Taguchi-Kostenfunktion)

2/ Taguchi-Kostenfunktion

Erst wenn man die breite statistische Ausbildungsbasis der Japaner durchschaut, kann man die Genialität der Taguchi-Vereinfachungen richtig einschätzen. Mit unserer westlichen Ausbildung konzentrieren wir uns viel zu sehr auf den Formelapparat als auf die firmenpolitisch so wichtige Aussage:

Alle Abweichungen von den als Gesamtoptimum gefundenen Zielwerten von Merkmalen führen zu Verschlechterungen des Ergebnisses, sei es, daß die Kundenerwartungen bzgl. Funktion, Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit, Anmutung, Service, etc. schlechter erfüllt werden, sei es, daß die Herstellbarkeit in irgend einer Form leidet.

Versucht man, diese Verschlechterungen ganz allgemein als Verlustkosten abzuschätzen, dann sieht man schnell, daß sich im allgemeinen ein progressiver Anstieg dieser Verlustfunktion ober und unter dem Zielwert einstellen wird. Im einfachsten Fall angenähert durch eine Parabel. Für die Wissenschaftsgläubigen sei erwähnt, daß eine Fourier-Analyse nach dem quadratischen Glied abgebrochen wurde, weil für die höheren Glieder keine ausreichende Signifikanz für allgemeine Fälle gefunden werden konnte.

Der für uns neue Denkansatz, der hier betriebswirtschaftlich untermauert wird, liegt in der unmittelbaren Miteinbeziehung der Kunden in die Kostenauswirkungen bei Abweichungen vom Gesamtoptimum.

D.h., nicht nur die oft viele Monate nach der Herstellung vom Kunden erzwungenen Garantie- und Kulanzzahlungen werden einbezogen, sondern ganz unmittelbar auch die Nutzenschmälerung für den Kunden zusammen mit den Erschwernissen bei der Herstellung, wenn Merkmalswerte vom Optimum abweichen.

Dieses Berücksichtigen des Optimums für den Kunden ist aber gerade in Zeiten eines Käufermarktes die einzig sinnvolle Strategie, um zufriedene Wiederkäufer und zusätzlich mit Produkten anderer Hersteller unzufriedene Käufer mittel- und langfristig als Basis für rentable Stückzahlen an sich zu binden.

3/ Design- und Prozeßoptimierung

Wenn es im Verdrängungswettbewerb so eminent wichtig ist, das Optimum von Funktionserfüllung beim Kunden und Gestehungskosten im Herstellungsprozeß zu finden, dann kommt den Methoden zur Auffindung dieses Gesamtoptimums ganz herausragende Bedeutung zu.

Von der Theorie her stößt man sehr schnell an die Grenzen des Machbaren, schon wegen der unendlichen Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten bei der konstruktiven Lösung oder bei den Fertigungsverfahren.

Dr. Taguchi ist es zu verdanken, daß ein pragmatischer Weg zur Lösung dieses Problems aufgezeigt wurde. Die Zahl der Variationsmöglichkeiten ist jedoch nicht das alleinige Problem. Liegt für die Auswertung von Einflußgrößen jeweils nur ein Versuch vor, wie dies bei der One Factor by One Methode durchaus üblich ist, dann ist das Ergebnis nicht sehr repräsentativ, vor allem auch deshalb, weil die übrigen Versuchsparameter gegenüber anderen Versuchen nicht ausreichend auf genau gleichem Niveau gehalten werden können, was jedoch für eine Auswertung unterstellt werden muß, um überhaupt rechnen zu können.

Der dritte Punkt der für die Auffindung wirklich optimaler Lösungen sehr wichtig ist, betrifft die sogenannte Robustheit der gefundenen Lösung gegenüber kleinen Abweichungen einzelner Einflußgrößen von den Idealwerten.

Man denke z.B. an die Funktion einer perfekt mitlenkenden Achsführungskinetik, wenn Streuungen in der Lage einzelner Anlenkpunkte an der Karosserie oder Achse auftreten. Die Funktion muß trotzdem ausreichend erfüllt werden, andernfalls ist die konstruktive Lösung ungeeignet.

Zur Bewältigung dieser drei Problemkreise:

- Mengenproblem der möglichen Kombination
- Aussagesicherheit der Versuchsergebnisse
- Robustheit der als optimal gefundenen Lösung

hat Dr. Taguchi eine Vorgangsweise entwickelt, die überraschend gut funktioniert, sobald man sich näher damit beschäftigt. Der Zugang ist jedoch gerade für den westlichen Entwicklungsingenieur und Produktionstechnologen dornig, weil einerseits das statistische Fundament fehlt, aus dem heraus Taguchi pragmatisch berechnete Vereinfachungen vornimmt und andererseits der Hersteller- und Kunden-orientierte Denkansatz zur Zielwertoptimierung ungewohnt ist.

Das Mengenproblem Kombinationsmöglichkeiten und die Aussagesicherheit werden bei Taguchi gemeinsam gelöst, in dem die Hauptmatrix der aus der mathematischen Statistik bekannten Orthogonaltafeltechnik benützt wird.

Die überschaubarsten Ergebnisse werden mit einer Matrix für 7 Parameter und 8 Versuche erhalten, wobei jeder Parameter je 4mal Stufe 1 bzw. 2 nach einem vorgegebenen Schema für die 8 Versuche kombiniert wird. (Für eine andere Parameteranzahl bzw. mehr Stufen gibt es weitere Tabellen.)

Die heute übliche One Factor by One Methode benötigt für 7 Parameter ebenfalls 8 Versuche, die Aussagesicherheit bei Verwendung der Orthogonaltafeltechnik ist jedoch ganz wesentlich höher, da die Wirkung eines Parameters nicht aus einem Versuch, sondern immer aus allen 8 Versuchen ermittelt wird, wobei für jeden Parameter ein statistischer Mittelwert aus 4 Einzelwerten für jede Stufe in das Ergebnis eingeht. Durch Wiederholung dieser Versuchsmatrix unter Variation von Störeinflüssen läßt sich die Optimierung sowohl in Richtung Funktion und Kosten als auch in Richtung Robustheit (Störungsunempfindlichkeit) von Konstruktion und Prozeß führen.

Die Optimalbedingungen lassen sich daraus mit hoher Treffsicherheit vorausberechnen. Ein Bestätigungsversuch mit den als optimal errechneten Parametern ist jedoch abschließend durchzuführen, um sicherzustellen, daß keine wesentliche Einflußgröße übersehen wurde.

Zusammenfassung

In einem Käufermarkt muß jeder Automobilhersteller danach trachten, dem Kunden Produkte anzubieten, die im jeweiligen Preis- und Einsatzsegment für den Kunden den größten Nutzen während der gesamten Nutzungsdauer bieten. Gleichzeitig müssen die Fahrzeuge, Komponenten und Einzelteile trotz hoher Variantenzahl kostengünstig herstellbar sein.

Ein kundenbezogenes Qualitätsverständnis und die von Dr. Taguchi vorgeschlagene Methodik, Optimierungsversuche zu planen, eröffnen einen gangbaren Weg, diesen Gesamtkomplex mit überschaubarem Aufwand zu einem abgesicherten Gesamtoptimum zu bringen.

Graz, 21. März 1988

GQ/DA/pa