



Methodical Recipe Development. Increases Technological and Economical Advantages

Methodische Rezeptentwicklung. Steigert technologische und wirtschaftliche Vorteile

H.-J. Graf, WOCO Industrietechnik GmbH, Bad Soden-Salmünster (D)

Summary

Cost of materials and forming process determines the total cost of a product. Provided that the processes are led into the most economic operating window, the mixture resp. recipe then determines both costs, that of materials and process of the article to be produced. Parts of the process cost like injection speed, heating and demolding time with its additional costs, like cleaning interval of the mould, are fixed namely by the compound. Of course the ingredients and their relative amounts in the compound determining the price of the compound as well as the production of the mixture in the mixing plant definitely.

The material development has the task now to solve this partly conflicting targets in a way, that conflicts – even they exist in reality – have to be solved and all factors of influence get transparent on price and output allowing the best solution possible. The solution sees itself as the “best”, which does not bring only economic advantages but may be the technologically most advanced. Modern development tools are available for this task. A possible software for the “design” of recipes at the PC is discussed.

Material departments still are often seen by the enterprises under the category of “levies” and are target of cost reduction efforts. As pointed out here, such “savings” would possibly endanger the economic success of an enterprise.

Zusammenfassung

Materialkosten und Prozesskosten bestimmen die Gesamtkosten eines Produktes. Vorausgesetzt, die Prozesse sind in das wirtschaftlichste Arbeitsfenster geführt, dann bestimmt die Mischung sowohl Materialkosten als auch die Prozesskosten des zu produzierenden Artikels. Durch die Mischung werden nämlich der Teil der Prozesskosten festgelegt, welcher durch die Spritzgeschwindigkeit, Heizzeit und die Entformung mit Nebenkosten, wie Formstandzeiten, etc. bestimmt ist. Es werden natürlich auch die Materialien und deren Anteile, sowie die Herstellung der Mischung im Mischwerk und damit der Preis für die Mischung bestimmt.

Die Materialentwicklung hat nun die Aufgabe, diese zum Teil widersprüchlichen Ziel so zu gestalten, dass Zielkonflikte – wenn Sie denn tatsächlich existieren – so zu lösen sind, dass alle Einflussfaktoren auf Preis und Leistung transparent werden und damit die beste Lösung möglich wird. Als „beste“ Lösung versteht sich die Lösung, die nicht nur wirtschaftliche Vorteile bringt sondern die

gleichzeitig auch die technologisch anspruchvollste ist. Für diese Aufgabe stehen moderne Entwicklungstools zur Verfügung. Eine mögliche Software zum „Design“ von Mischungen am PC wird diskutiert. Materialabteilungen werden von den Unternehmen noch oft unter der Rubrik „Umlagen“ gesehen und sind damit Einsparziel. Wie hier gezeigt, würden derartige „Einsparungen“ den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens gefährden.

Einleitung

Seit es Elastomere gibt und diese in Umformprozessen verarbeitet werden, gibt es Rezepturen, in denen die Zusammensetzung von Zubereitungen in Form einer Rezeptur beschrieben wurden, da sie für sich allein nur von begrenzter Verwendungsfähigkeit sind. Von Beginn an waren das Ziel der Rezeptur Entwicklung, eine Elastomer Mischung zu ermöglichen, die sich ohne Probleme verarbeiten und ein Produkt erzeugen ließ, welches den an Anforderungen in Einsatz genügt. Die Verarbeitung bezog sich insbesondere auf die Herstellung der Mischung sowie den nachfolgenden Umformprozess mit weiteren sich anschließenden Verarbeitungsschritten, wie beispielsweise Verkleben. Da die Kosten der Verarbeitung zum überwiegenden Teil durch die Zubereitung bestimmt wurden, gehörten zu den Zielen der Rezeptur Entwicklung, unter Beibehaltung der Produktqualität – Fertigung und auch die Qualität des Erzeugnisses – die Materialkosten zu senken. Diese Eigenschaften werden durch die Menge und das beste Verhältnis der Mischungsbestandteile zueinander erzeugt und durch die Rezeptur beschrieben.

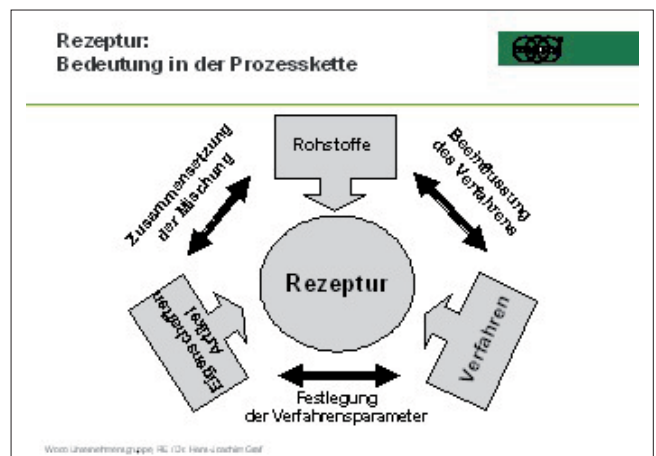


Abb. 1

Rezeptur Entwicklung

Die Herausforderung des Entwicklers besteht nun darin, dass die Bestandteile der Rezeptur nicht nur in Wechselwirkung zueinander treten, sondern auch Wechselwirkungen mit den Prozessschritten haben. (Abbildung 1) Darüber hinaus erfahren sie Veränderungen sowohl beim Mischen als auch durch das Umformverfahren, welches wiederum Auswirkung auf die Wechselwirkungen der Stoffe untereinander als auch auf das erzeugte Produkt hat (Abbildung 2). Die Summe dieser Veränderungen finden in der Rezeptur ihren Niederschlag und bedingen eine wechselseitige Anpassung der Rezeptur und der Verfahren in aufeinander folgenden iterativen Schritten. Eine derartige Situation würde eine klare, Ziel orientierte Vorgehensweise erfordern. Unter den zu Verfügung stehenden Methoden der Rezeptur Entwicklung werden dennoch einige subjektiv ausgewählt und in einer geeignet empfunden Intensität ausgewählt. Es erscheint sinnvoller, sich Methoden zur Lösung des Problems zu Nutze zu machen, die in Abhängigkeit von der Problemstellung, unter Berücksichtigung der handelnden Personen und situationsgerecht ausgesucht sind.

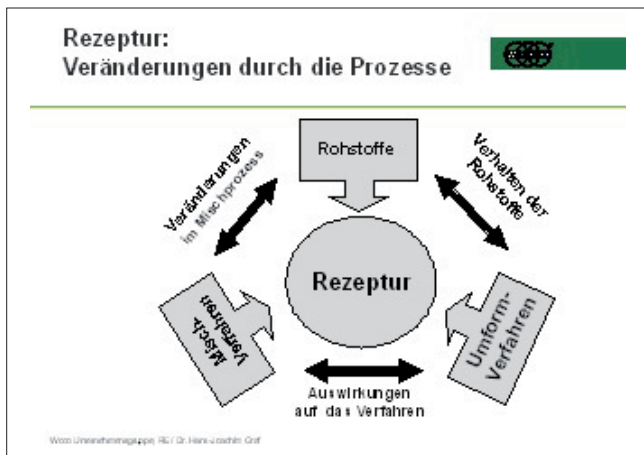


Abb. 2

Methoden für die Rezepturentwicklung

Es lassen sich heuristische und systematische Methoden unterscheiden. „Trial and Error“, sprich Versuch und Irrtum würde man heute als Evolutionsmethode bezeichnen. Zusammen mit den Versuchswiederholungen findet diese Methode immer noch Anhänger.

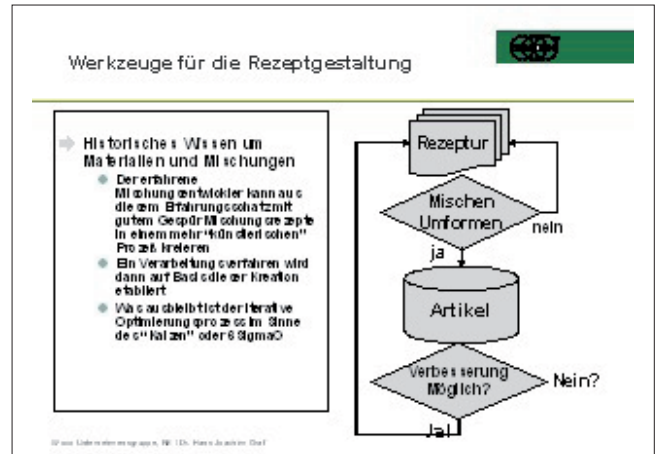


Abb. 3

Die Schwäche dieser Methode ist die Unsicherheit über die Güte des Ergebnisses, sowie die mangelnde Begründbarkeit von Ursache/Wirkung im Falle des Erfolgs. Der Entwickler mit seinem Unternehmen kennt sein eigenes „Know-How“ nicht (Abbildung 3).

Eine Iteration zur Verbesserung des Verfahrens unter Einbezug der zugehörigen Mischung findet nicht statt.

Anpassungen von Mischungen werden meistens durch die schrittweise Änderungen („One Factor at a Time“) eines Faktors oder durch die relative Änderung zweier Faktoren zueinander bewerkstelligt. Diese Methode hat Ihre Schwächen wegen der statistischen Unsicherheit, die durch die Vielschichtigkeit der Entwicklungsumgebung (s.o.) verursacht ist.

Diese Methode hängt von der Güte des historischen Wissens über die Mischung ab. Sofern durch Experiment überprüfbar Aufzeichnungen über die Mischung mit allen Auffälligkeiten bei der Herstellung, bei den Umformprozessen und später ihr Verhalten in Artikel existieren, kann dieses Vorgehen zu sehr schnellen Lösungen führen. Es wird vorgeschlagen, diese Lösung durch geeignete Versuche (s.u.) zu untermauern. Des weiteren könnte mit Hilfe in einer Mischungsdatenbank aufbereiteten historischen Wissens ein Pflichten-/Lastenheft für die Rezepturentwicklung entstehen, die insbesondere unerfahrenen Entwicklern bei ihrer Arbeit unterstützen kann. Als weitere Schwäche der Methode werden Wechselwirkungen ignoriert, sowie das statistische Rauschen. Die notwendigen Anpassungsschritte benötigen erheblichen Zeitaufwand, da die Produktion über einen längeren Zeitraum beobachtet werden muss, bevor Schlussfolgerungen möglich sind.

Analysen mit Hilfe von Korrelation und Regression im Sinne der Pareto-Analyse oder Ursache-Wirkungs Diagrammen erlauben, die notwendige Entwicklung auf wenige Faktoren einzuschränken, wodurch sich der Aufwand reduzieren und die Chancen auf Erfolg erhöhen lässt.

Für diese Methode werden sehr große Mengen von Daten benötigt, da wegen der Vielzahl der Faktoren statistische gute Modelle nur dann erhalten werden können, wenn eine genügende Anzahl von Modellgleichungen erzeugt werden kann. Wie bekannt, verdoppelt sich für jeden Faktor die Anzahl der benötigten Modellgleichungen: Beispielsweise für 6 Faktoren werden 64, für 7 Faktoren 128, usw. Gleichungen benötigt. Um Faktoren, die nur geringen Einfluß haben, zu eliminieren, sind entsprechende Voruntersuchungen notwendig, die den Aufwand erhöhen. Über den Datenraum hinaus kann keine Aussage gemacht werden.

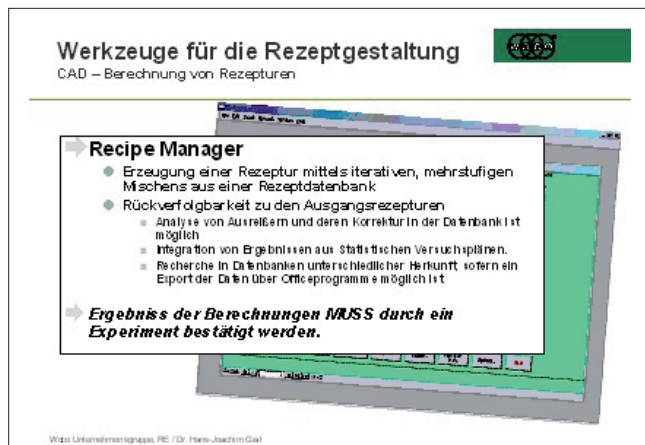


Abb. 4

Mehrere Faktoren gleichzeitig lassen sich nur mit Hilfe der statistischen Versuchsplantechnik untersuchen, wenn auch Wechselwirkungen zwischen den Faktoren vermutet werden müssen. Dabei lässt sich die Aussagegenauigkeit durch die Einengung des Vertrauensbereichs (Unterdrückung des statistischen Rauschens) soweit erhöhen, dass die Modelle eine gute Vorhersage erlauben. Es stehen, unter anderen, quadratische und faktorielle Versuchsansätze zur Verfügung. Bei guter Planung und Ausführung der Versuche behalten die auf diese Weise erhaltenen Modelle über die Einzeluntersuchung hinaus ihre Gültigkeit.

Als Nachteil dieser Methode wird der hohe Aufwand zu Beginn der Entwicklung gesehen. Es kann jedoch an vielen Beispielen gezeigt werden, dass sich dieser Aufwand lohnt.

Erzeugung von Rezepturen mittels der Mathematik neuronaler Netzwerke ist in der Vergangenheit versucht worden. Diese Methode benötigte sehr große Datenbestände, die zudem auch keine Fehler, beispielsweise die Eigenschaften betreffend, enthalten durfte, da diese Berechnungen intolerant gegenüber Fehlern sind. Derartige Programme sind wieder vom Markt genommen, da sie dem Anspruch nicht gerecht werden konnten. Insbesondere ließen sich Fehler in der Datenbank nachträglich nicht korrigieren, da eine rückwärtige Analyse der Daten auf Grund eines inakzeptablen Ergebnisses nicht möglich war. Es kann heute ein Programm vorgestellt werden, welches in aufeinander folgenden iterativen Rechenschritten eine Rezeptur aus einer Datenbank erzeugen kann unter Angabe, aus welchen Komponenten des Datenbestandes diese Rezeptur erzeugt wurde. Wird ein nicht zu akzeptierendes Ergebnis erhalten, können die verwendeten Komponenten der Datenbank untersucht und gegebenenfalls korrigiert oder neu erstellt werden. Eine Wiederholung der Rechnung bringt dann das gewünschte Ergebnis, welches durch ein Experiment bestätigt werden muss.

Als Nachteil einer derartigen Methode ist, dass zuerst Datenbestände vorliegen müssen, die der Überprüfung standhalten. Bei den Eigenschaften ist die Mittelwertbildung aus Mehrfachmessungen hilfreich, damit die Unsicherheit von Einzelmessungen weitestgehend ausgeschlossen werden kann.

Zusammenfassung

Mit Hilfe der beschriebenen Methoden der Rezepturenentwicklung lässt sich Entwicklung planen auch im Falle von komplexen Entwicklungsaufgaben, wie sie bei der Rezeptgestaltung vorliegen. Da statistisch gesicherte Aussagen erarbeitet werden, bleiben die Ergebnisse über den Tag hinaus gültig.

Kostenvorteile werden erwirtschaftet insbesondere dann, wenn diese Instrumente auf alle Verarbeitungsschritte in der Fertigung eingesetzt werden. Nicht nur die Erhöhung der Ausbringung ist der Lohn, sondern auch eine bessere Ausnutzung des Materials.