

# RP-Verfahren im Entwicklungsprozess von Hausgeräten

Holger Löffler *BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH*

Keywords rp

URN: urn:nbn:de:0009-2-11165

## RP-Verfahren im Entwicklungsprozess von Hausgeräten

Löffler, Holger: BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH

© 2007 Holger Löffler; Lizenznehmer RTEjournal, weitere Informationen sind zu finden unter:  
<http://www.dipp.nrw.de/service/dppl/>

urn:nbn:de:0009-2-11165

### Zusammenfassung

Der Einsatz von RP-Verfahren ist ein fester Bestandteil im Produktentstehungsprozess von Hausgeräten. Der Produktentstehungsprozess wird in die Produktdefinitions-, Entwurfs-, Konstruktions- und Produktionsmittel-Phasen unterteilt.

#### 1. Produktdefinitions-Phase

Ergebnis dieser Phase ist die Festlegung der maßgeblichen Produkteigenschaften sowie eine erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Konzeptes. Dazu werden u.a. Design- und Ergonomiemodelle angewendet. Für den Erfolg des Projektes ist ein tragfähiges Konzept entscheidend. Zur Ausarbeitung müssen ausreichend Ressourcen und ein kompetentes Team zur Verfügung gestellt werden.

#### 2. Entwurfs-Phase

In der Entwurfs Phase werden die Anforderungen an das Produkt nach Haupt- und Nebenfunktionen strukturiert. Die Kommunikation des Entwurfes und Diskussion mit den beteiligten Ingenieuren, Entwicklungspartnern und Lieferanten ist für diese Phase ein wichtiges Element. Dazu werden Entwurfs-Prototypen (Konzept-Modelle) eingesetzt. Die Hürde für die Anfertigung der Konzept-Modelle sollte so gering wie möglich sein.

#### 3. Konstruktions-Phase

Auf Basis der Entwürfe wird die Konstruktion erstellt und stufenweise optimiert bis die finale Geometrie für die Anfertigung der Produktionswerkzeuge feststeht.

Die derzeit verfügbaren RP-Verfahren erlauben eine Aussage zur Grundfunktionalität des Produktes. Die Eigenschaften des Gesamtgerätes werden jedoch in wesentlichen Aspekten nur unzureichend wiedergegeben (Akustik, Transportverhalten, Lebensdauerverhalten etc.).

#### 4. Produktionsmittel-Phase

Nach dem Design-Freeze der Konstruktion beginnt die Anfertigung der Produktionsmittel. RP-Verfahren finden hier für die Herstellung der Vor-Nullserie Anwendung. Potential besteht eine zeitintensive Iterationsstufe einzusparen, wenn es gelingt, den Reifegrad der Konstruktion im Vorfeld weiter zu erhöhen.

## 1. Einleitung

Bei der BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH gibt es einen konzernweit einheitlich definierten Produktentstehungsprozess, dessen wesentliches Prinzip das „Simultaneous Engineering“ ist. Unser Ziel ist es, schnell auf Marktanforderungen reagieren zu können und die Zeit von der Produktidee bis zur Markteinführung zu minimieren bei gleichzeitiger Optimierung der Qualität und Wirtschaftlichkeit unserer Produkte.

Im Laufe des Produktentstehungsprozesses werden eine Vielzahl der dem Ingenieur für die Entwicklung zur Verfügung stehenden Werkzeuge angewendet. Die Auswahl richtet sich im einzelnen nach der Aufwand zu Nutzen Abwägung. Die Untersuchung von Prototypen und die Anwendung von CAX-Methoden stellen wesentliche Hilfsmittel dar. Im Folgenden gehe ich auf den Einsatz von RP-Verfahren in den einzelnen Phasen der Produktentstehung ein.

## 2. Produktdefinitions-Phase

Dabei handelt es sich um einen Prozess bei dem ausgehend von der aus der Marktbeobachtung entstandenen Produktidee eine schrittweise Optimierung des Konzeptes erfolgt. Ergebnis dieser Phase ist die Festlegung der maßgeblichen Produkteigenschaften sowie eine erste Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Konzeptes. Im Weiteren werden Produktszenarien betrachtet und die Wirtschaftlichkeit optimiert.

Für diesen Prozess werden Ergonomie- und Designmodell verwendet. Die Modelle werden von einem darauf spezialisierten Musterbau erstellt und für Akzeptanzuntersuchungen, Beurteilung des Designs, Diskussion mit dem Vertrieb und Präsentation vor Entscheidern genutzt.

Zur Modellerzeugung kommen die üblichen Verfahren (SLA, SLS, Fräsen etc.) zum Einsatz. Die Oberflächen werden manuell nachbehandelt und lackiert. Der Aufwand ist insgesamt relativ hoch, es besteht daher der Bedarf, die Kosten und Durchlaufzeiten zu verringern.

Neben dem Design werden die Performance-Ziele festgelegt (Energieverbrauch, Geräusch, Trocknungsgeschwindigkeit etc.). Auf dieser Basis erfolgt eine erste Abschätzung der Herstellkosten und der weiteren für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung relevanten Eckdaten.

Trotz des in dieser Phase betriebenen Aufwandes kommt es vor, dass Projekte letztlich nicht ganz so erfolgreich sind, wie ursprünglich erwartet. Gelegentlich werden nach Abschluss dieser Phase während der Ausarbeitung des Konzeptes die ursprünglichen Annahmen wieder in Frage gestellt und verändert. Je nachdem wie weit das Projekt bereits fortgeschritten ist, führt dies zu Mehraufwand, Verzögerungen oder zusätzlichen Risiken.

Im Laufe des Projektes werden neue Informationen über die Entwicklung des Marktes und das Verhalten von Wettbewerbern gewonnen. Eine Anpassung des Konzeptes kann also durchaus sinnvoll sein. Der Forderung nach Flexibilität wird begegnet, indem für ausgewählte Produkteigenschaften die Konzepte so lange offen gehalten werden, bis ausreichend Informationen für eine Entscheidung gewonnen sind. Dies erhöht den Aufwand und verlangsamt den Produktentwicklungsprozess, da z.B. mehrere Lösungen parallel verfolgt werden müssen. Es ist daher nötig, genau abzuwägen, für welche Eigenschaften man sich dies leisten möchte.

Gelingt es, den Zeitraum bis zum Vertriebsstart gering zu halten, so wird die Unsicherheit über das Konzept minimiert. Unsere Bestrebungen in der BSH gehen daher dahin, den nachfolgenden Entwicklungsprozess so kurz wie möglich zu gestalten. Der Einsatz von RP-Verfahren stellt hierzu ein wichtiges Hilfsmittel dar.

Für die Produktdefinition wird ein erheblicher Aufwand betrieben und eine Vielzahl von Werkzeugen werden dazu eingesetzt. Mit QFD, Akzeptanzuntersuchungen, Benchmarking, ReverseEngineering, etc. seien nur einige genannt. Mit diesen Maßnahmen wird versucht, das Produktkonzept hinsichtlich seines Markterfolges zu optimieren. Trotzdem bleibt eine Unsicherheit über die Akzeptanz am Markt und damit die Wirtschaftlichkeit des Projektes bestehen, da das Produkt als solches nicht dem realen Markt ausgesetzt war. Es liegt daher nahe, das Produkt in Test-Geschäften unter Beobachtung dem Markt auszusetzen, um damit eine verlässlichere Aussage über die Erfolgchancen des Projektes zu gewinnen, als es mit anderen Methoden möglich wäre. Voraussetzung hierfür ist die Bereitstellung von Prototypen, die eine dem späteren Serienprodukt gemäße Präsentation am Verkaufsort erlauben. Dafür ist nur eine eingeschränkte Funktionalität erforderlich, während das Design dem späteren Produkt entsprechen sollte.

Die Herstellung derartiger Prototypen ist derzeit mit einem erheblichen Aufwand verbunden und stellt eine Hürde für die Durchführung von Untersuchungen in Test-Märkten dar. Es besteht daher der Bedarf, den Herstellungsprozess für eine Stückzahl von 10-100 Geräten soweit wie möglich zu minimieren.

### 3. Entwurfs-Phase

In der Entwurfs Phase werden zunächst die Anforderungen an das Produkt strukturiert und priorisiert. (Design, Mechanik, Verfahrenstechnik...). Daraus ergeben sich die Haupt- und Nebenfunktionen, die das Produkt zu erfüllen hat. In einer Analyse werden die dimensionierenden Lastfälle bestimmt und hoch priorisiert. Aus den Funktionen leitet sich der Entwurf für das Produkt ab. Die Hauptfunktionen bestimmen den Entwurf der mechanischen und verfahrenstechnischen Konzepte.

In der Regel werden mehrere Entwürfe erstellt, die dann einer Bewertung und Auswahl unterzogen werden. Die Entscheidung wird dabei danach getroffen, ob die vorliegenden Informationen ausreichen, einen Entwurf zu verwerfen. Für die übriggebliebenen Entwürfe werden die Informationen festgelegt, die für eine nächste Beurteilung von Relevanz sind.

Insbesondere sind die folgenden Fragen von Interesse:

Erfüllt die Konstruktion die gestellten Anforderungen? Welche Aufwendungen sind für die Herstellung des Serienproduktes erforderlich? Welche Zeiten sind für die Entwicklung bis zur Serienreife erforderlich? Etc.

Das Entwurfsteam ist bei der Beantwortung der Fragen auf die Kompetenz von Partnern angewiesen. Die Kommunikation des Entwurfes und die Diskussion mit den beteiligten Ingenieuren, Entwicklungspartnern und Lieferanten ist in dieser Phase ein wichtiges Element. Dazu werden Entwurfs-Prototypen (Konzept-Modelle) eingesetzt, die maßstäblich verkleinert sein können. Diese Modelle sollen nur den Entwurf wiedergeben und die Kommunikation im Team unterstützen. Es werden keine Anforderungen an Ihre Funktion gestellt. Die Modelle sollten möglichst schnell und einfach zu erzeugen sein, so ähnlich wie das Ausdrucken einer Zeichnung. Die Entwickler sollten jederzeit selbst entscheiden können, wann sie ein Modell anfertigen lassen. Sie sollten daher über einen unmittelbaren Zugriff auf die entsprechende Anlage verfügen. Andernfalls läuft man Gefahr, dass die Modelle erst erzeugt werden, wenn sich der Konstrukteur schon sicher ist, dass es sich um den finalen Entwurf handelt. Der eigentliche Nutzen der Konzept-Modelle ginge damit verloren. Damit sich dies in der Praxis umsetzen lässt, ist es erforderlich, ein Verständnis für die Notwendigkeit dieser Konzept-Modelle zu erzeugen.

Die derzeit verfügbaren Anlagen entsprechen den gestellten Anforderungen bereits teilweise und die Funktionalität ist soweit, dass ein sinnvoller Einsatz möglich ist. In unserem Hause wird dazu ein System der Firma „Objet“ eingesetzt.

Es besteht der Bedarf, die Systeme hinsichtlich Geschwindigkeit, Kosten und Qualität der Bauteile weiter zu optimieren. Dies wird zu einer weiteren Verbreitung der Systeme und der damit verbundenen Verbesserung des Entwicklungsprozesses führen.

Zur Bewertung der Entwürfe werden außerdem CAx-Methoden als wichtiges Hilfsmittel eingesetzt; z.B. wird die Strukturmechanik- und die Strömungsanalyse mittels Simulation durchgeführt.

Auf diese Weise werden die Entwürfe weiterentwickelt und bewertet bis schließlich der erfolgversprechenste Entwurf übrig bleibt, der die Basis für die Ausarbeitung der Konstruktion bildet.

### 4. Konstruktions-Phase

„Eine Konstruktion ist dann optimal, wenn man nichts mehr weglassen kann.“

In dieser Phase wird auf Grundlage der Entwürfe die Konstruktion mittels 3D-CAD erstellt und stufenweise optimiert bis die finale Geometrie für die Anfertigung der Produktionswerkzeuge feststeht.

Mit Hilfe der CAD-Modelle und daraus abgeleiteten Daten für Analysen mittels Simulation können bereits Fragestellungen zu Einzelaspekten des Gerätes untersucht werden. Bauraumstudien, Kinematikuntersuchungen, Strömungs- und Festigkeitsbetrachtungen zählen hier dazu. Das Verhalten des Gesamtgerätes ergibt sich aus dem Zusammenspiel aller sich gegenseitig beeinflussenden Komponenten und lässt sich mit angemessenem Aufwand nicht ausreichend genau mittels theoretischer Modelle vorhersagen. Erkenntnisse zum Verhalten des Gesamtgerätes werden an Hand der physischen Funktions-Prototypen gesammelt.

Das Vorgehen bei der Ausarbeitung der Konstruktion richtet sich danach, möglichst schnell einen ersten Prototyp aus den CAD-Daten ableiten zu können. Der Ablauf der CAD-Modellerstellung wird mit den Anfertigungszeiten für die unterschiedlichen Arten von Komponenten derart koordiniert, dass alle Komponenten zu gleich für die Erstellung des ersten Prototypen-Gerätes im Musterbau eintreffen.

In der BSH haben wir eine einheitliche CAD-Konstruktions-Methodik entwickelt, die es erlaubt, schnell Varianten zu erzeugen und die eine Übergabe der CAD-Modelle ohne größeren Einarbeitungsaufwand von einem Konstrukteur zum nächsten ermöglicht. Im Verlauf der Entwicklung können umfangreiche Änderungen an Baugruppen erforderlich werden. Die Flexibilität in der Konstruktionsgruppe, ist Voraussetzung dafür, die aus den Untersuchungen gewonnen Erkenntnisse auch in die nächste Prototypen-Stufe bzw. das Produkt einfließen lassen zu können.

Parallel zur Ausarbeitung der Konstruktion wird für die besonders auslegungsrelevanten Geometrien und Komponenten (Bsp. Anströmung Lüfterräder, Eigenschaften Wärmetauscher) eine Optimierung mittels Simulation durchgeführt.

Die Prototypen werden dabei von vornherein an diesen Stellen modular gestaltet, so dass schnell Varianten dargestellt und untersucht werden können.

Die Anzahl an Iterationsstufen richtet sich nach dem Neuigkeitsgrad und der Komplexität des Produktes. Der Umfang an durchgeführten Untersuchungen steigt mit zunehmendem Projektfortschritt. Die Analysen werden weitestgehend parallel durchgeführt, es wird also auch eine größere Anzahl von Prototypen in der jeweiligen Stufe benötigt. Zu Beginn zwischen 1 und 3 Geräten in der letzten Iterationsstufe zwischen 10 und 20 Geräten. Die verfügbaren Kapazitäten unserer RP-Dienstleister stellen dabei ein Nadelöhr dar.

Vorwiegend wird für die Herstellung der Kunststoffkomponenten in unserem Hause das Lasersintern eingesetzt. Die Durchlaufzeit für die Herstellung eines größeren und komplexen Bauteils (z.B. Basismodul eines Wäschetrockners, 550x500x200 mm<sup>3</sup>) beträgt etwa 1 Woche. Die Baugruppe wird wegen Ihrer Größe segmentiert und parallel je nach verfügbaren Anlagen auf zwei oder drei Maschinen verteilt bzw. auf einer Anlage sequentiell gesintert. Danach werden die Einzelteile verklebt und ggf. infiltriert. Beispielhaft werden für einen Wäschetrockner ca. 3 verschiedene Baugruppen in dieser Größe und Komplexität benötigt. Dazu sind also bei den heute verbreiteten Anlagen zwischen 6 und 9 Maschinen nötig, damit alle Komponenten für ein Gerät parallel gefertigt werden können. Bei 10 Geräten das entsprechende Vielfache. Dies übersteigt die Kapazitäten eines einzelnen Dienstleisters. Der Auftrag wird daher auf mehrere Dienstleister verteilt und die Komponenten so segmentiert und im Bauraum angeordnet, dass die Anlagen möglichst effizient arbeiten.

Hier besteht der Bedarf, die Komponenten in kürzerer Zeit und zu geringeren Kosten herstellen zu können. Dazu ist eine weitere Steigerung der Baugeschwindigkeit der Anlagen notwendig. Systembedingt wird es beim Lasersintern jedoch eine Obergrenze geben, ab der der Aufwand zur Geschwindigkeitssteigerung dem Nutzen überwiegt. Potential bieten hier Mehrkopfsysteme und die weitere Verfahrensoptimierung.

Für die mittelfristige Zukunft sehen wir weiteres Potential mit alternativen Technologien wie maskenbasierten (SpeedPart) und Printing-Verfahren (VoxelJet). Insbesondere wenn es gelingt, die Eigenschaften der Komponenten denen des Serienmaterials weiter anzunähern und die Verfügbarkeit der Anlagen zu verbreitern.

Dem Lasersintern kann aus diesen Entwicklungen eine ernsthafte Konkurrenz entstehen.

Geometrisch einfache Blechkomponenten werden aus lasergeschnittenen Blechen mit Hilfsvorrichtungen hergestellt. Die Bleche werden an Biegekanten perforiert, dies erleichtert die Verarbeitung. Komplexere Geometrien werden in einfache unterteilt und an den Schnittstellen mit einer überlappenden Verbindung versehen. Die Einzelbleche werden mittels Schweißen, Nieten oder Schrauben zur gewünschten Prototypengeometrie zusammengefügt. Die Eigenschaften der auf diese Art erzeugten Prototypen unterscheiden sich natürlich von denen der Serie und werden daher vorwiegend für frühe Prototypenstadien eingesetzt.

Für größere Stückzahlen werden zusätzlich Prototypenwerkzeuge hergestellt.

Die Geräteprototypen erlauben nur eine Aussage zu der Grundfunktionalität und der Performance des Produktes, da sich die Prototypen zur späteren Serie deutlich unterscheiden.

Das vibroakustische Verhalten der Prototypen lässt keine verlässlichen Aussagen zum Geräusch zu. Zur Optimierung der Konstruktion setzen wir hier u.a. auf die Simulation des Schwingungsverhaltens. Das aeroakustische Verhalten wird gut von den Prototypen wiedergegeben.

Die Toleranzen der Einzelkomponenten unterscheiden sich von denen der Serie, die Toleranzen der Gesamtgeräteprototypen damit natürlich auch. Zu Eigenschaften, die stark von den Toleranzen abhängig sind (z.B. Dichtheit), können keine genauen Aussagen mittels Prototypen getroffen werden. Die Auslegung der Toleranzen wird mittels Toleranzrechnungen durchgeführt.

Zum Verhalten der Geräte über Lebensdauer kann nur eine eingeschränkte Aussage getroffen werden. Im Versagensfall lässt sich nicht exakt beurteilen, ob das spätere Serienteil sich ebenfalls so verhalten hätte und ob die Versagensursache wieder ähnlich wäre.

Die Festigkeit der Prototypen unterscheidet sich vom Serienzustand. Beim Transport der Geräte treten mit die höchsten mechanischen Belastungen auf. Z.B. muss das Gerät im verpackten Zustand der Klammerkraft eines Gabelstaplers widerstehen. Tritt hier Bauteilversagen des Prototypen ein, kann nicht darauf geschlossen werden, ob das Seriengerät ebenfalls versagt. Zu diesem Aspekt eine Aussage via Simulation des Gesamt-Gerätes einschließlich aller relevanten Lastfälle zu treffen ist sehr aufwendig und mit Unsicherheiten behaftet.

Die Entwicklung von Einzelkomponenten (Motor, Wärmetauscher etc.) erfolgt analog und parallel zur Entwicklung des Gesamtgerätes.

Die Untersuchung der Prototypen und der Einsatz von Simulation unterstützt bei der Auslegung und Entwicklung des Gerätes, das tatsächliche Verhalten der Seriengeräte lässt sich jedoch in vielen Punkten nicht ausreichend genau vorhersagen. An dieser Stelle kann auf die Untersuchung der Seriengeräte nicht verzichtet werden. Das gleiche gilt für die Einzelkomponenten.

Je besser es in Zukunft gelingt, die Eigenschaften der Prototypen denen der Serie anzunähern desto genauere Aussagen können mit Ihnen getroffen werden.

## 5. Produktionsmittel-Phase

Unsere Lieferanten und Werkzeugbauer werden frühzeitig in die Entwicklung der Komponenten eingebunden, damit die Fertigungsbelange ausreichend berücksichtigt werden.

Die letzte Iterationsstufe der Prototypenphase dient der finalen Beurteilung der Herstellbarkeit. Sofern erforderlich werden noch kleine Anpassungen vor dem Design-Freeze für die Werkzeuge vorgenommen. Der Datenstand des Design-Freeze wird für die Anfertigung der Produktions-Werkzeuge und die Herstellung einer so genannten Vor-Nullserie verwendet. Zur Herstellung der Vor-Nullserie werden in der Regel RP-Verfahren und Musterwerkzeuge eingesetzt. Die entsprechenden Komponenten stehen wesentlich schneller als die Serienwerkzeuge zur Verfügung. Auf diese Weise können bereits während der Anfertigungszeit der Serienwerkzeuge weitere Erkenntnisse gesammelt werden.

Bei der Vor-Nullserie werden Geräte aufgebaut, die einer breiteren Erprobung und weiteren Optimierung dienen. Es werden Dauerlauf-Untersuchungen, Transporttests, Montage-Versuche, Sicherheits-Tests etc. durchgeführt. Ein besonderes Augenmerk wird hier auf die Performance-Versuche gerichtet und eine Feinabstimmung der Steuerung des Gerätes vorgenommen.

Die sich aus den Untersuchungen ergebenden Optimierungspotentiale werden gesammelt und es wird im Team bewertet, welche Änderungen noch in das Gerät einfließen. Hierbei ist abzuwägen zwischen der Notwendigkeit einer Änderung, dem mit der Änderung einhergehenden Aufwand und dem damit verbundenen Risiko.

Ziel der vorherigen Untersuchungen und Optimierungen ist es, einen möglichst hohen Reifegrad vor der Werkzeuganfertigung zu erzielen, um zeit- und kostenintensive Werkzeugänderungen zu vermeiden.

Bei Hausgeräten handelt es sich um Güter die in Massenproduktion hergestellt werden. Eine Stückzahl von mehr als 500.000 Geräten pro Jahr und Baureihe ist keine Seltenheit. Inspektionsintervalle, wie wir sie aus der Automobilindustrie kennen, sind nicht vorgesehen. Der Schaden der entsteht, wenn ein fehlerhaftes Produkt in den Handel gelangt, ist immens und muss unbedingt vermieden werden. Daher ist eine hohe Sicherheit vor Produktionsstart erforderlich, dass das Produkt den Anforderungen in allen Punkten entspricht.

Derzeit werden mehrere Iterationen an den Werkzeugen bis zum Start der Serienproduktion eingeplant. Potential besteht hier, Iterationsstufen einzusparen. Dies gelingt jedoch nur, wenn der Reifegrad der Konstruktion vor dem Start der Werkzeuganfertigung gesteigert werden kann. Dazu müssen die Prototypen verlässliche Aussagen zum späteren Serienverhalten zulassen. Voraussetzung hierfür ist, dass die Prototypenverfahren so weiterentwickelt werden, dass sie das spätere Serienverhalten exakter wiedergeben, als es momentan der Fall ist.

## 6. Kontaktangaben

Holger Löffler  
BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH  
Produktbereich Wäschepflege, PW/ET2 Fachreferatsleiter  
Gartenfelder Str. 28  
D-13599 Berlin  
Tel: +49 (0)30 386 41028  
Fax: +49 (0)30 386 154 41028  
E-Mail: holger.loeffler@bshg.com  
WEB: www.bsh-group.de

## Volltext

## Lizenz

Jedermann darf dieses Werk unter den Bedingungen der Digital Peer Publishing Lizenz elektronisch übermitteln und zum Download bereitstellen. Der Lizenztext ist im Internet unter der Adresse [http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL\\_v2\\_de\\_06-2004.html](http://www.dipp.nrw.de/lizenzen/dppl/dppl/DPPL_v2_de_06-2004.html) abrufbar.

## Empfohlene Zitierweise

Löffler H (2007). RP-Verfahren im Entwicklungsprozess von Hausgeräten. RTEjournal - Forum für Rapid Technologie, Vol. 4(2007). (urn:nbn:de:0009-2-11165)

Bitte geben Sie beim Zitieren dieses Artikels die exakte URL und das Datum Ihres letzten Besuchs bei dieser Online-Adresse an.