

FRÜHZEITIGER VERSCHLEISS - WARUM UNSERE PRODUKTE ZU FRÜH KAPUTT GEHEN

SS18-09-BM_FRÜHZEITIGER_VERSCHLEISS_PRODUKT_WIESER-
HÖRMANN

Projektteam				
Name	Vorname		E-Mail	
Herner	Sascha			
Leitenmaier	Michael			
Mang	Michael			
Nieß	Thomas			
Betreuer				
Prof. Hörmann			Florian.Hoermann@hs-augsburg.de	
Prof. Wieser			Helmut.Wieser@hs-augsburg.de	

1 Kurzzusammenfassung

Erster Gegenstand der Produktuntersuchung ist ein defekter Wasserkocher, dessen Einschalter gebrochen ist. Eine unnötige Schwachstelle wird als Versagensursache festgestellt und ein optimiertes Ersatzteil gefertigt. Als weiterer Untersuchungsgegenstand werden Handrührgeräte gewählt. Das Vorgehen gliedert sich in Auswertung von Statistiken, Analyse als defekt deklarerter Geräte und einem selbst durchgeführten Überlastungs-Test. Es kann ein statistischer Rückgang der Lebensdauer festgestellt werden. Möglichkeiten der Einflussnahme auf den Verschleiß des Getriebes werden aufgezeigt. Der Überlastungstest ergibt, dass die Betriebstemperatur des Motors nach wenigen Minuten Werte erreicht, die eine thermische Abschaltung zum Schutz des Geräts sinnvoll erscheinen lassen. Analog zum Wasserkocher treten auch bei Handrührgeräten defekte Einschalter als Ausfallursache in Erscheinung. Diese Übereinstimmung der Schadensursache bei Geräten mit unterschiedlichen Aufgaben legt nahe, dass Schalter anfällig für Schwachstellen sein können.

Herzlicher Dank gilt unseren Betreuern Herrn Prof. Hörmann und Herrn Prof. Wieser die uns mit ihren Ratschlägen unterstützt haben.

Unser besonderer Dank gilt Herrn Dr.-Ing. Josef Mair, der uns in dem Projekt in allen kunststofftechnischen Fragen beiseite gestanden ist. Ohne dessen Kompetenz und breites Wissen auf dem Gebiet wäre es uns sehr viel schwerer gefallen die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen.

2 Inhaltverzeichnis

1 Kurzzusammenfassung	2
2 Inhaltverzeichnis	3
3 Abkürzungen	4
4 Produktuntersuchung	4
4.1 Wasserkocher	5
4.2 Handrührgeräte	7
4.2.1 Statistik	7
4.2.2 Untersuchung defekter Handrührgeräte	8
4.2.3 Belastungstest	13
4.3.4 Zusammenfassung	16
4.4 Quellen	17
4.5 Abbildungsverzeichnis	17
4.6 Tabellenverzeichnis	18
4.7 Diagrammverzeichnis	18

3 Abkürzungen

POM Polyoxymethylen

KB Kurzbetrieb

4 Produktuntersuchung

„Geplante Obsoleszenz“ [1] – unter diesem Begriff ist eine schnellere Alterung oder Abnutzung von Produkten zu verstehen, als es von den Herstellern realisierbar wäre. Sie kann technisch unter anderem durch Schwachstellen oder die gezielte Nutzung qualitativ minderwertiger Materialien und Konzepte umgesetzt werden.

Dass Produkte einem stetigen Verschleiß ausgesetzt sind und Firmen selbst ein Interesse haben, die Lebensdauer ihrer Produkte zu kennen und beeinflussen zu können, ist verständlich. Doch wenn Produkte gezielt nach Ende der Garantiezeit ihre Funktion aufgeben oder die Lebensdauer des Produkts mit einer Schwachstelle gezielt verkürzt wird, kann von keinem kundendienlichen Verhalten mehr gesprochen werden.

Geplante Obsoleszenz ist selten nachweisbar – ist eine vermeintliche Schwachstelle wirklich geplant oder sind im Engineering Fehler passiert? Eindeutig belegte Vorfälle gibt es dadurch nur wenige. Dennoch gibt es viele Produkte, bei denen geplante Obsoleszenz vermutet wird.

Um mehr Erkenntnisse zu diesem Thema zu erarbeiten, setzt sich eine Studiengruppe der Hochschule Augsburg unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Florian Hörmann und Prof. Dr. mont. Helmut Wieser gezielt mit dem Thema „frühzeitiger Verschleiß an Produkten“ auseinander.

Ziel dieser Projektarbeit ist es, aufgefundene Ausfallursachen mit Ingenieurs- Grundwissen abzugleichen.

4.1 Wasserkocher

Der Produktgruppe wurde ein Wasserkocher mit einem Alter von ca. 10 Jahren vorge-
stellt. Der Wasserkocher besteht aus einem hochwertigen Topf aus rostfreiem Edel-
stahl und einem Kunststoffgehäuse mit integrierter Elektronik. Der Einschalter ist im
unteren Bereich des Griffes angebracht. Der Einschalter weist einen Bruch auf. Eine
Recherche im Internet-Fachhandel auf Ersatzteile ist negativ verlaufen.



Abbildung 1: Wasserkocher

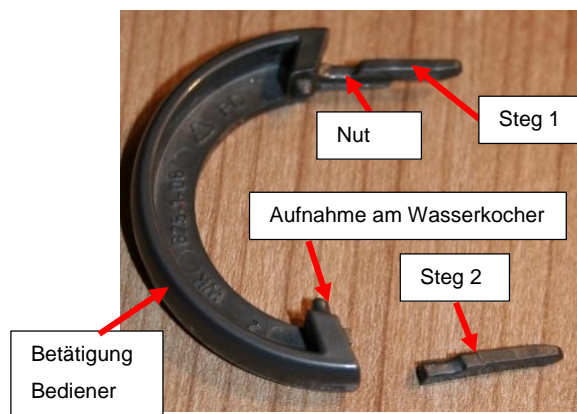


Abbildung 2: defektes Originalteil

Für die bessere Einschätzung des Schadens wurde der Wasserkocher zerlegt. Die
beiden Stege betätigen den Schalter im Inneren des Wasserkochers. Der Einschalter
ist aus Polycarbonat gefertigt. Dieses Material ist ein verhältnismäßig widerstands-
fähiger Thermoplast. Polycarbonat weist eine Wärmeformbeständigkeit von 125 °C und
eine Bruchdehnung von 120% auf [2]. Abbildung 2 zeigt den defekten Einschalter.
Hierbei fällt die Einkerbung bzw. Nut am Übergang zum Inneren des Wasserkochers
auf. Für die Nut konnte keine technische Funktion identifiziert werden. Die vermeintli-
che Einsparung von Material an dieser Stelle macht keinen Sinn.

Zur Behebung des Schadens wird ein 3D-Drucker verwendet.

Der neue Einschalter wird im 3D-Zeichenprogramm Creo modelliert und an der
Schwachstelle verbessert. Aus dieser Datei wird mit Hilfe eines 3D-Druckers der neue
Einschalter additiv aus Polymilchsäure gefertigt.



Abbildung 3: 3D gedrucktes Ersatzteil



Abbildung 4: Wasserkocher mit neuem Einschalter

Abbildung 3 zeigt den neuen Einschalter und Abbildung 4 stellt diesen im eingebauten Zustand dar. Der Wasserkocher wird nach dem Zusammenbau erfolgreich auf seine Funktion getestet. Der Verdacht geplanter Obsoleszenz liegt nahe, da die Nut im alten Einschalter für den Betrieb nicht notwendig ist. Der Vergleich der beiden Einschalter (Abbildung 5) am offenen Gerät zeigt dies sehr deutlich.

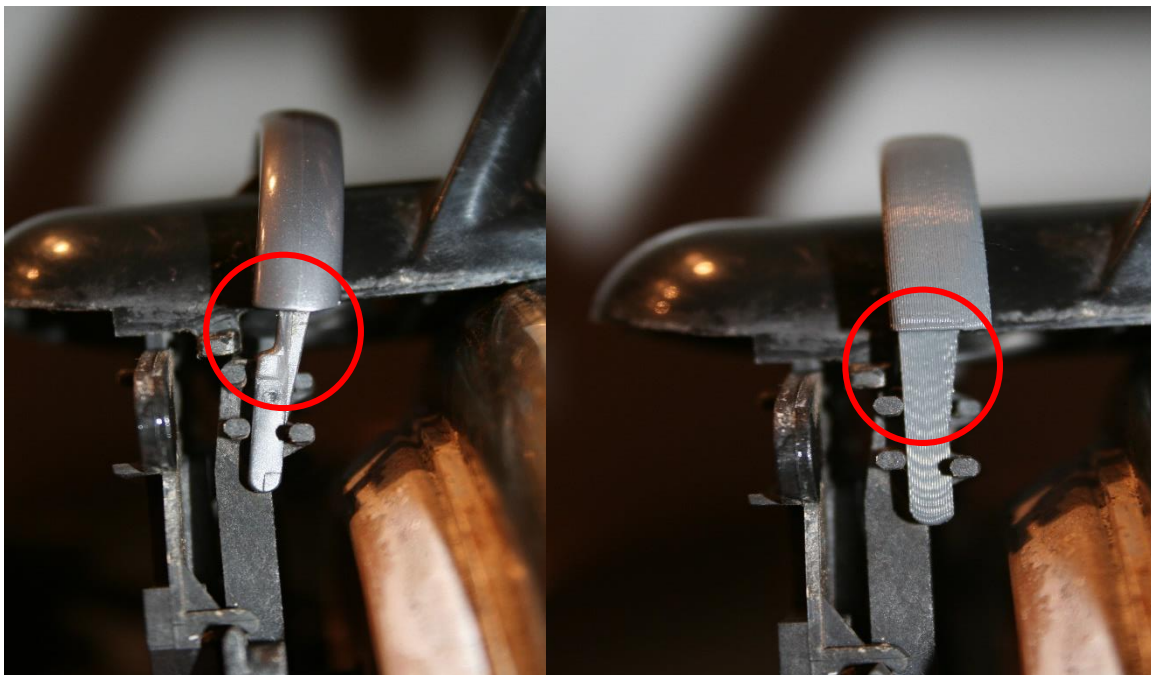


Abbildung 5: Vergleich der beiden Einschalter

4.2 Handrührgeräte

Inspiziert durch den Wasserkocher werden Handrührgeräte von der Studiengruppe untersucht. Dazu werden vorhandene Statistiken ausgewertet, neun als defekt deklarierte Geräte untersucht, und ein Belastungstest durchgeführt.

4.2.1 Statistik

Ein Mechanismus geplanter Obsoleszenz ist eine schrittweise Absenkung der Produktlebensdauer unterhalb der Wahrnehmungsschwelle. Ein Hersteller verringert die Lebensdauer seines Produkts, eventuell kombiniert mit einem Preisvorteil gegenüber der Konkurrenz, die anderen Hersteller ziehen nach, um nicht vom Markt verdrängt zu werden [3, S. 38]. Die Betrachtung vorhandener Statistiken liefert Hinweise auf eine abnehmende Lebensdauer.

Eine Studie der Gesellschaft für Konsumentenforschung hat für den Zeitraum 2004 – 2012 bei 20.000 ausgewählten Haushalten eine durchschnittliche Lebensdauer von Handrührgeräten von 12 Jahren ermittelt, mit Tendenz zu einer absinkenden Lebensdauer [4, S. 108]. Eine internetbasierte Umfrage mit über 500 Teilnehmern ergab, dass die Lebensdauer von Handrührgeräten im Jahr 2016 im Schnitt 10 Jahre betrug [4, S.222f]. Die Kombination beider Studien zeigt somit eine scheinbare Reduzierung der Lebensdauer von Handrührgeräten, im Zeitraum 2004 – 2016, um circa zwei Jahre auf.

Das Markenbewusstsein der Kunden hat sich seit 2011 nicht nennenswert verändert. Circa 50 % der Kunden richten sich bei ihrem Einkauf nach dem Preis, während circa 40 % der Kunden auf die Marke achten [5]. Damit ist die Verringerung in der Lebensdauer der Handrührgeräte nicht in einer Änderung im Kaufverhalten zu preisgünstigeren Produkten, mit vermeintlich geringerer Qualität, veranlagt. Die Lebensdauer der Produkte hat sich bei gleichbleibendem Kaufverhalten reduziert. Dies kann als ein Anzeichen für frühzeitigen Verschleiß interpretiert werden.

Ein Rechenbeispiel verdeutlicht, welche Kosten den Verbrauchern durch eine um ein Jahr verringerte Lebensdauer entstehen. Bei einer Verringerung der Lebensdauer von zehn auf neun Jahre, soll der Bestand in den deutschen Haushalten von 37 Millionen

Stück aufrechterhalten werden [6]. Dazu müssen pro Jahr im Schnitt anstatt 3,7 Mio. Handrührgeräte nun 4,1 Mio. ersetzt werden. Wird ein Durchschnittspreis von 30 Euro angesetzt, müssen 123 Mio. Euro statt 111 Mio. Euro jährlich ausgegeben werden.

4.2.2 Untersuchung defekter Handrührgeräte

Produktentwickler sammeln mit fortschreitender Zeit mehr und mehr Erfahrung über die Leistungsfähigkeit ihrer Konstruktionen, dadurch besteht die Möglichkeit, technische Verbesserungen vorzunehmen. Demzufolge müssten technische Defekte seltener auftreten. Dies bestätigt sich jedoch nicht. Der Grund für das Ausrangieren der Handrührgeräte liegt zu über 75 % bei einem technischen Defekt, während circa 15 % der Fälle sich aus verschiedenen persönlichen Gründen von dem alten Produkt trennen [4, S. 225]. Der Studiengruppe wurden neun ausrangierte Geräte zur Verfügung gestellt, um deren Defekte aufzudecken und zu bewerten. Nach einer Funktionsprüfung wurden die Handmixer geöffnet, um nach der Ursache des Defekts zu suchen. Die Handmixer sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

Nr.	Baujahr	Leistung [W]	KB [min]	Drehzahlsteuerung	Zahnräder Abnutzung	Defekt
1	1970/80	140	8	Schalter	keine	Schaltkontakt oxidiert
2		300	k.A.	Leistungselektronik	wenig	Nicht gefunden
3	2001	200	k.A.	Leistungselektronik	wenig	Nicht gefunden
4	2002	200	k.A.	Leistungselektronik	wenig	Stift für Drehzahl- verstellung abgebrochen
5	2005	350	k.A.	Leistungselektronik	stark	
6	1999	350	k.A.	Leistungselektronik	stark	
7		200	10	Schalter		Motor
8		160	5	Schalter	keine	Motor
9	Ca. 1970	?	?	Schalter	keine	Kein Defekt

Tabelle 1: Zusammenstellung untersuchter Handmixer

Schalter

Bei den Rührgeräten 1 bis 5 wird die Drehzahl durch eine Leistungselektronik gesteuert. Der Handschalter, den der Bediener bewegt, ist ein Spritzgussteil. Dieses Kunststoffbauteil besitzt einen bei seiner Herstellung mitgespritzten Stift. Dieser Stift durchdringt im Einbauzustand formschlüssig ein Potentiometer und eine Nocke, in Abbildung 7 mit „P“ und „N“ gekennzeichnet. Der Stift ist an seinem Ende im Gehäuse gegengelagert. Die Drehung des Handschalters bewirkt über den Stift die Verstellung des Potentiometers. Dadurch gibt das Potentiometer der Leistungselektronik die zu erzeugende Drehzahl vor. Die Nocke arbeitet gegen die Federkraft eines Schaltkontakts (in Abbildung 7: „S“). Es handelt sich um denselben Schaltkontakt, welcher mit der Turbo-Taste geschlossen wird. Bei maximaler Drehung des Handschalters ist dieser Kontakt durch die Nocke geschlossen. Maximale Schalterdrehung entspricht dadurch dem Betätigen der Turbo-Taste. Die Turbo-Taste wurde für die Abbildung entfernt, sie überdeckt Nocke und Potentiometer im Einbauzustand.



Abbildung 6: Vergleich defekter/intakter Schalter

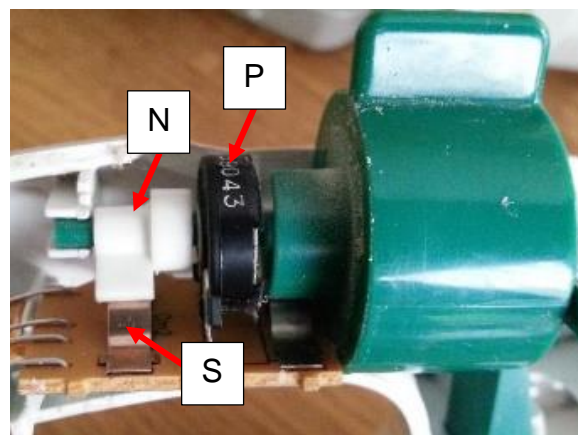


Abbildung 7: Aufbau Stift, Potentiometer und Nocke

Bei den untersuchten Rührgeräten 4, 5 und 6 ist dieser Stift an seinem Fußpunkt abgebrochen, was dazu führt, dass das Gerät zwar eingeschaltet, die Drehzahl jedoch nicht mehr verstellt werden kann. Abbildung 6 zeigt den defekten im Vergleich zu einem intakten Schalter. Da die Endlagen des Schalters begrenzt sind, wird ein Gewaltbruch durch den Bediener ausgeschlossen. Der Übergangsbereich vom Stift auf die

drei Stege ist scharfkantig ausgeführt. Eine Maßnahme, um die Kerbwirkung der abrupten Querschnittsänderung zu mindern, ist nicht erkennbar [7]. Das Wissen um die Kerbwirkung erlangt der Maschinenbau-Student bereits im Grundstudium, dennoch scheint dies nicht berücksichtigt. Das Projekt stellt nur eine Momentaufnahme dar, dennoch wurden drei Geräte dieser Baureihe mit dem selben Defekt gefunden.

Getriebe

Das Drehmoment des Motors eines Handrührgeräts wird im Allgemeinen über ein Getriebe an die Rührwerkzeuge weitergeleitet. Alle untersuchten Getriebe sind als Schraubradgetriebe ausgeführt. Bei dieser Bauart treibt eine Schneckenwendel Schrägstirnräder an. Diese Wendel ist bei allen Geräten direkt auf die Motorwelle gerollt, eine sinnvolle Funktionsintegration, um Fertigungskosten einzusparen. Die Schnecke gleitet beim Schraubradgetriebe prinzipbedingt über die Zahnflanke des Schrägstirnrads, der Gleitvorgang ist folglich verschleißbehaftet.



Abbildung 8: verschmutzter Antrieb

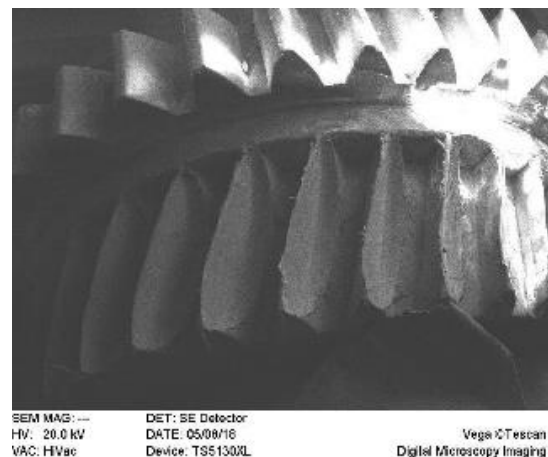


Abbildung 9: Schadensbild am Kunststoff Zahnrad

Der Zahnradwerkstoff der Geräte 5, 7 und der Geräte aus dem Belastungstest wurde durch Infrarotspektroskopie bestimmt. Es wird Polyoxymethylen (POM), ein thermoplastischer Kunststoff, für die untersuchten Zahnräder eingesetzt. POM wird in der VDI 2736 als Zahnradwerkstoff mit günstigen Eigenschaften, wie z.B. einem niedrigen Verschleißkoeffizienten gegenüber Stahl, für Schraubradgetriebe aufgeführt. Um das Verschleißverhalten zu beurteilen, muss das tribologische System als Ganzes betrachtet werden.

Die Rauigkeit der Schnecke sollte möglichst niedrig sein, was die Begutachtung bestätigt. Die auftretende Gleitgeschwindigkeit ergibt sich aus der Anwendung, die Auswirkung auf den Reibwert ist laut der VDI 2736 gering. Die Güte der Schmierung ist, im Besonderen durch den hohen Gleitanteil, von großer Bedeutung. Bei Verlust der Schmierung kommen die Notlaufeigenschaften des Werkstoffs zu tragen. Wird Notlauf allerdings zum Dauerzustand, führt dies, wie in Abbildung 9 zu sehen ist, zum Abtrag des Werkstoffs. Durch Vergleich mit in der VDI 2736 aufgeführten Schadensbildern handelt es sich im vorliegenden Fall wahrscheinlich um eine Kombination aus Anschmelzung und Reibungsverschleiß. Wie auf Abbildung 8 zu sehen ist, ist viel Staub von Backzutaten über die Belüftung in das Gehäuse gesaugt worden. Das Schmierfett wurde verdrängt. Im geschmierten Neuzustand erreichen die Zahnflanken Temperaturen zwischen 35° C und 80° C, wie der Belastungstest zeigt. Ohne Schmierung sind höhere Temperaturen mit lokaler Erweichung des Kunststoffes zu erwarten, dies fördert den Verschleiß. Die Tragfähigkeit unter Volllast geht bei Erweichung verloren, was das Versagen der Zähne begünstigen kann. In erster Linie ist daher das Aufrechterhalten des Schmierfilms die wichtigste Maßnahme für eine lange Lebensdauer. Dies sollte bei der Erstellung des Getriebekonzepts berücksichtigt werden. Durch ein Getriebegehäuse kann Verschmutzung von außen und folglich ein Abwandern des Schmierstoffs verhindert werden.



Abbildung 10: Getriebe älterer Bauart mit Gehäuse

Bei dem Vergleich mit älteren Modellen fällt auf, dass im Gegensatz zu späteren Geräten (Tabelle1: Nr. 2 – 8) ein Getriebegehäuse vorhanden ist.

Für die Zahnräder der älteren Geräte wird Hartpapier, ein Verbundwerkstoff aus Phenolharz und Zellstoffgewebe, verwendet. Dieses Material hat einige vorteilhafte Eigenschaften. Phenolharz ist ein Duroplast, Duroplaste sind temperaturunempfindlicher als Thermoplaste wie POM. Das Zellstoffgewebe verstärkt den Werkstoff zusätzlich. Die Technologie, thermoplastische Kunststoffbauteile im Spritzgussverfahren sehr kosteneffizient herzustellen, führte höchstwahrscheinlich zur Verdrängung des Hartpapiers.

Insgesamt ergibt sich durch den Verzicht auf ein Getriebegehäuse zusammen mit temperatursensibleren Zahnrädern ein verschleißanfälligeres Konzept im Vergleich zur Bauart mit Gehäuse und Hartpapier-Zahnrädern. Das Getriebe ist für die Funktion des Handrührgeräts mit all seinen Zubehör Komponenten essentiell notwendig. Eine Einsparung an dieser Stelle setzt die Lebensdauererwartung des gesamten Systems herab. Die Mehrkosten eines Konzepts mit Gehäuse für den Endkunden würden vermutlich durch die gesteigerte Lebensdauer überkompensiert. Auch ohne Veränderung des Zahnradwerkstoffs kann der Verschleißproblematik begegnet werden, indem die entsprechenden Ersatzteile, welche in der Herstellung wenige Cent kosten, schon beim Neukauf beiliegen.

Wartung und Reparatur

Aufgrund der Notwendigkeit, den Motor zu kühlen, sind Lüftungsschlitze erforderlich. Zwangsläufig verschmutzen eingesaugte Stäube das Innere des Gerätes. Eine Reinigung ist – abhängig von den konkret verarbeiteten Lebensmitteln – früher oder später angebracht. Dazu muss das Gerät geöffnet werden. Diese Aufgabe erfordert keine tiefgreifende Fachausbildung, sondern lediglich die Sorgfalt alle Komponenten wieder richtig zusammensetzen. Es scheint daher sinnvoll, Handrührgeräte so zu bauen, dass sie einfach geöffnet werden können. Bei den Geräten 3, 4, 6, 7, 8 aus Tabelle 1 ist Spezialwerkzeug erforderlich. Auch um Ersatzteile einzubauen, muss das Gehäuse zu öffnen sein. Reparaturen durch Servicecenter sind zwar möglich, aber die Gesamtkosten dafür übersteigen schnell die einer Neuanschaffung. Reparaturen können sich unter anderem dadurch verteuern, dass die Hersteller selten jedes Einzelteil separat bereitstellen, sondern Ersatzteilgruppen bilden. Die vom Bundesumweltamt festgestellte niedrige Reparaturquote von 5 % bestätigt, dass Reparaturen derzeit unattraktiv

sind. Zuletzt trägt auch die Werbung dazu bei, dass der Eindruck entsteht neue Geräte seien den alten überlegen und eine Neuanschaffung daher sinnvoll.

4.2.3 Belastungstest

Geräte unterschiedlicher Preisklassen werden bezüglich Temperaturentwicklung im Gerät, erster Abnutzungserscheinungen und Funktionstüchtigkeit bei Extrembelastung bewertet. Zusätzliche Auffälligkeiten werden ebenfalls aufgenommen. Die Testbedingungen sind am oberen Rand bzw. über der haushaltsüblichen Belastungsintensität angesetzt. Doch um in kurzer Zeit Hinweise auf Versagensmöglichkeiten zu sammeln, scheint ein intensivierter Test zweckdienlich.

Der Versuch besteht darin, einen Brotteig aus 1 kg Mehl herzustellen, wofür 20 Minuten kneten notwendig sind. Bei den Geräten handelt es sich um Testgerät 1, zum Preis von 14 Euro. Laut Hersteller muss das Gerät nach einer Betriebszeit von 3 Minuten 10 Minuten auskühlen. Weiterhin ist die maximal zu verarbeitende Teigmenge mit 0,5 kg angegeben. Testgerät 2 zum Preis von 100 Euro gewählt. Der Hersteller macht keine Angaben zu Betriebszeit und maximaler Teigmenge. Das dritte Testgerät stammt aus den 1970er-Jahren. Die empfohlene maximale Betriebszeit beträgt 8 Minuten. Es wer-

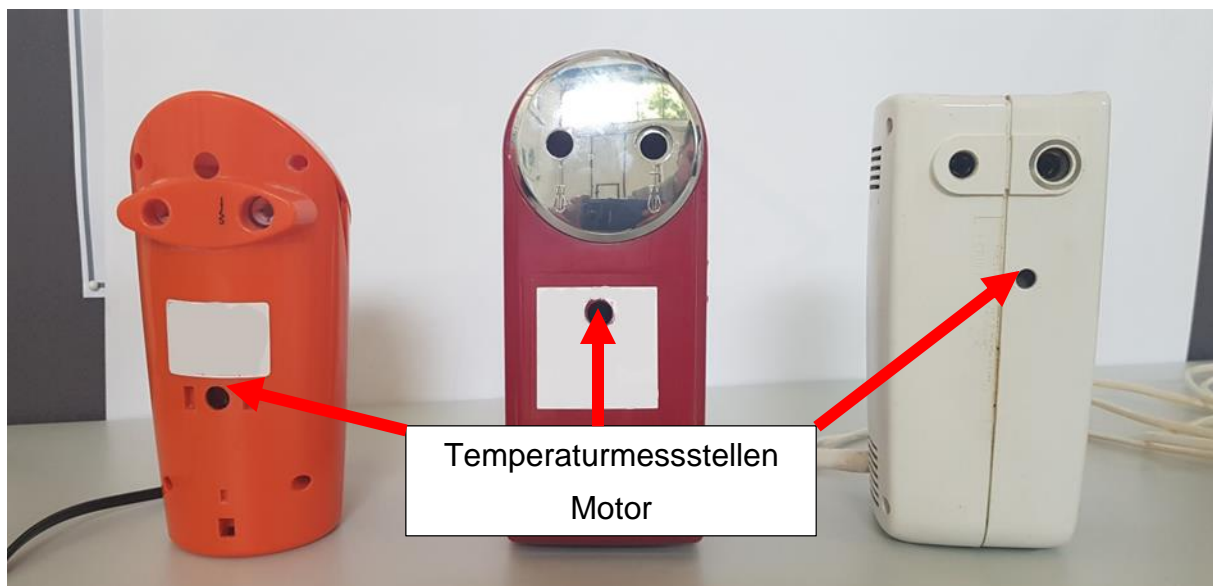


Abbildung 11: Temperaturmessstellen Motor. links Testgerät 1, Mitte Testgerät 2, rechts Testgerät 3

den Öffnungen im Gehäuse angebracht, um die Temperatur der innenliegenden Bauteile zu erfassen. Die Öffnungen sind zwischen den Messintervallen abgedeckt, um Verfälschung der Messung durch Ventilation zu verhindern.

Bei allen Geräten ist festzustellen, dass das Kneten der Teigmenge von 1 kg eine Herausforderung darstellt. Das Testgerät 3 rührt den Teig die geforderten 20 Minuten ohne signifikante Geruchsentwicklung. Der Motor erreicht 85° C. Das Rührgerät ist nach dem Test voll funktionsfähig. Das Testgerät 1 bewältigt den Test, entwickelt dabei jedoch stechenden Geruch und ist voll funktionsfähig. Der Motor erreicht 119° C. Insgesamt entsteht der Eindruck, dass dieses Gerät deutlich überlastet ist. Das teuerste Gerät versagt bereits nach 10 Minuten aufgrund einer durchgebrannten Motorwicklung. Nach 7 Minuten setzte Rauchentwicklung und stechender Geruch ein. Starke Erwärmung war spürbar. Es wurde eine Temperatur von 127° C gemessen.

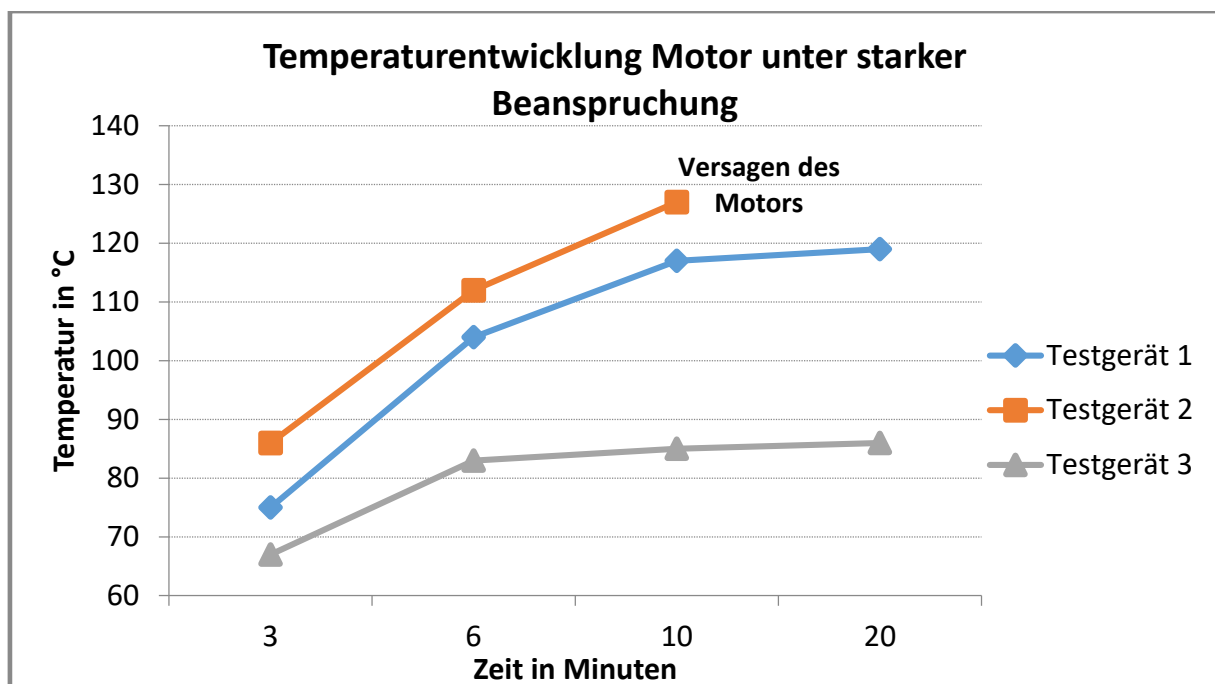


Diagramm 1: Temperaturentwicklung Motor

Das Diagramm 1 zeigt die unterschiedlichen Temperaturentwicklungen der Motoren. Die Temperatur des Testgerätes 3 (Dreieck) ist die niedrigste, die des Testgerätes 2 (Quadrat) erreicht den höchsten Wert. Dies ist jedoch durch das frühe Versagen beim Testgerät 2 Motor nicht deutlich zu erkennen. Ein direkter Zusammenhang zwischen Motorleistung und Temperaturentwicklung lässt sich aus den gemessenen Werten nicht ableiten.

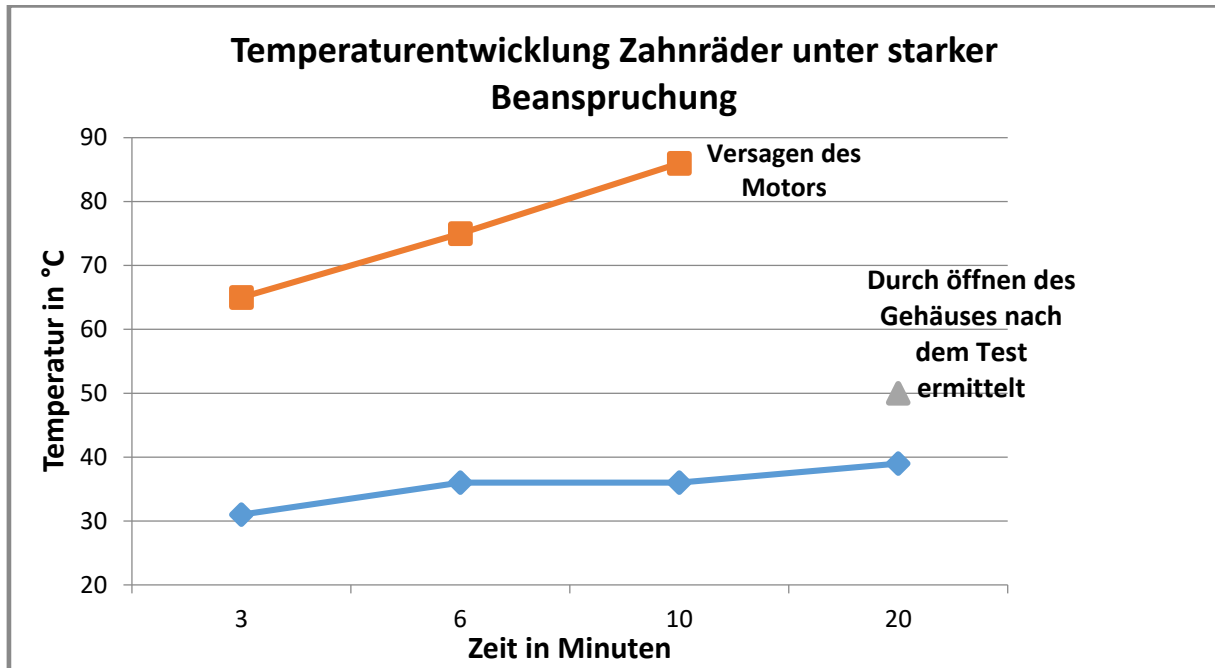


Diagramm 2: Temperaturentwicklung Zahnräder

Diagramm 2 zeigt die Temperaturentwicklung der Zahnräder. Die Temperatur des Testgerätes 1 ist im Vergleich die niedrigste, die des Testgerätes 2 ist die höchste. Während die Temperatur des Testgerätes 2 stark ansteigt, verläuft die Kurve des Testgerätes 1 beinahe waagrecht. Dieser Verlauf ist auf die Lüfter der Geräte zurückzuführen. Das Testgerät 1 saugt über einen verhältnismäßig großen Ventilator direkt vor den Zahnrädern viel Luft an, wodurch die Wärme von Zahnrädern wohl effektiv abgeführt wird. Für die Motorkühlung ist ein zweites Lüfterrad direkt vor dem Motor angeordnet. Die Ventilation schlägt sich allerdings in einer erhöhten Geräuschentwicklung nieder. Das Testgerät 2 demgegenüber verfügt lediglich über ein verhältnismäßig kleines Lüfterrad und erzeugt einen geringen Luftstrom, weshalb nur wenig Wärme aus dem Gehäuse abtransportiert wird.

4.3.4 Zusammenfassung

Der Verzicht auf ein Getriebegehäuse stellt eine konzeptionelle Schwäche dar, die frühzeitigen Verschleiß begünstigt. Der Hersteller wird dadurch in zweierlei Weise begünstigt. Zum einen können Fertigungskosten eingespart werden. Zum anderen müssen die Verbraucher, häufiger als bei einem langlebigen Produkt, Ersatzbeschaffungen tätigen. Dadurch besteht die Chance, dass der Kunde sich erneut für die gewohnte Marke entscheidet, was eine Erhöhung der Absatzchancen darstellt. Den Verbraucher treffen die Kosten der Ersatzbeschaffung. [3, S. 39]

Der Belastungstest zeigt, dass der Preis alleine kein Kriterium für einen qualitativ hochwertigen Handmixer ist. Der Verbraucher sollte eher darauf achten, für welche Teigmenge der Handrührer ausgelegt und welche Einsatzdauer möglich ist. Die Güte der Durchlüftung hat starken Einfluss auf die thermische Belastung der Bauteile. Des Weiteren ist es sinnvoll, vor dem Kauf Reparaturmöglichkeit und Ersatzteilverfügbarkeit zu prüfen.

4.4 Quellen

- [1] Voigt, Kai-Ingo: Gabler Wirtschaftslexikon, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/obsoleszenz-43892/version-267215>, eingesehen am 16.04.2018
- [2] o.V.: <https://de.wikipedia.org/wiki/Polycarbonate>, eingesehen am 14.06.2018
- [3] Schroot, Patrik: Geplante Obsoleszenz – theoretische Erklärung, empirische Evidenz und wirtschaftspolitische Konsequenzen. Bachelorarbeit Hochschule Merseburg, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, 2016.
- [4] Prakash, Siddarth; Dehoust, Günther; Gsell, Martin; Schleicher, Tobias; Stamminger, Rainer: Umwelt-Bundesamt, https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_11_2016_einfluss_der_nutzungsdauer_von_produkten_obsoleszenz.pdf, eingesehen am 29.05.2018.
- [5] o.V.: statista, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/176004/umfrage/markenbewusstsein-preisbewusstsein-beim-kauf-elektrischer-haushaltsgeraete/>, eingesehen am 30.05.2018.
- [6] o.V., statista, <https://de.statista.com/outlook/16020000/137/haushaltskleingeraete/deutschland#market-onlineRevenueShare>, eingesehen am 27.05.2018.
- [7] Läßle, Volker: Einführung in die Festigkeitslehre Kapitel 7. 3.Aufl. Springer. Wiesbaden 2011.

4.5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wasserkocher.....	5
Abbildung 2: defektes Originalteil	5
Abbildung 3: 3D-gedrucktes Ersatzteil.....	6
Abbildung 4: Wasserkocher mit neuem Einschalter	6
Abbildung 5: Vergleich der beiden Einschalter	6
Abbildung 6: Vergleich defekter/intakter Schalter	9
Abbildung 7 Aufbau Stift, Potentiometer und Nocke	9
Abbildung 8: verschmutzter Antrieb.....	10
Abbildung 9: Schadensbild am Kunststoff Zahnrad	10
Abbildung 10: Getriebe älterer Bauart mit Gehäuse	11

Abbildung 11: links Testgerät 1, Mitte Testgerät 2, rechts Testgerät 3.....**Fehler!**
Textmarke nicht definiert.

4.6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenstellung untersuchter Handmixer 8

4.7 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Temperaturentwicklung Motor 14

Diagramm 2: Temperaturentwicklung Zahnräder 15