|  |
| --- |
| **Die DDM-Geschichte** |

Als sich vor 20 Jahren ein Team von Ingenieuren und Wissenschaftlern aufmachte, um eine effizientere und leistungsstärkere Alternative für die Motortechnik zu entwickeln, war der Auslöser dafür die Unzufriedenheit, die James Dyson für deren Leistung und Effizienz empfand. Seit 1997 hat Dyson über 320 Mio. Pfund in F&E investiert.

Die Forschungsaktivitäten begannen mit einem Team, dessen Mitglieder man an den Fingern einer Hand abzählen konnte; einer von ihnen feierte jüngst sein 20. Jubiläum bei Dyson. Der heutige Direktor bei der Abteilung Motors and Power Systems, Matthew Chile, beschäftigt ein grosses Team, das für die Weiterentwicklung der Technologie zuständig ist. Das Team greift auf die firmeninterne Expertise in Hinsicht auf Mechanik, Elektrik, Elektronik, Luftfahrt, Materialien und Software zurück.

Davon überzeugt, dass es einen besseren Weg gibt, nahm das Team gemäss James‘ Anweisung die Entwicklung eines gänzlich neuen Motors auf. In den ersten zwei Jahren hatte man mit der Technik noch sehr zu kämpfen, doch dann baute das Team einen 1200-Watt-Motor, der mit 80.000 UpM lief. Der erste voll ausgereifte Motor wurde erst 2006 produziert. Dabei handelte es sich um den X020, der mit einer Geschwindigkeit von 1.666 Umdrehungen pro Sekunde läuft. Seine technologischen Wurzeln lagen im Bereich geschalteter Reluktanzmaschinen, doch mit seiner Geschwindigkeit, Grösse und Diagnosefähigkeit stellte er einen Quantensprung für die Wissenschaft dar.

Drei Jahre später brachte Dyson den um ein Drittel kleineren V2 heraus. Er war für Dyson-Handstaubsauer der neuen Generation entwickelt worden, nämlich DC30 und DC31. Anschliessend lancierte das Team die Motoren V4, V6, V8 und V9. Jeder von ihnen ist für seinen Einsatz in einem Dyson-Gerät massgeschneidert.

Das Motoren-Team hat jetzt eine Belegschaft von 240 Personen, die im Laufe der Jahre gemeinsam das Potential von Dyson-Produkten freigesetzt haben. Die bahnbrechende Entwicklung des Supersonic™ Haartrockners war dank des V9-Motors möglich, der nur halb so viel wiegt wie ein herkömmlicher Haartrockner-Motor, dafür aber achtmal so schnell ist. Der Motor besitzt ein winziges Axial-Laufrad aus bearbeitetem Aluminium sowie sensorlosen intelligenten Algorithmus, der bis zu 1.900 Anpassungen pro Sekunde vornehmen kann. Er bewegt über 13 Liter Luft pro Sekunde durch eine Öffnung mit einem Durchmesser von gerade mal 27 mm. Und unsere Engineering-Teams suchen stets nach besseren Lösungen.

**Dyson Digitaler Motor V9**

Der Dyson Digitale Motor V9 ist unser kleinster, leichtester und ausgereiftester digitale Motor. Wie in einem modernen Düsentriebwerk fliesst die Luft entlang der Motorachse rein und raus, sodass der Motordurchmesser so klein wie möglich gehalten wird, während er zugleich hohen Luftstrom und Luftdruck gewährleistet. Er ist bis zu achtmal so schnell und dabei halb so schwer wie herkömmliche Haartrockner-Motoren, bei einer Grösse, die der einer 500-Yen-Münze entspricht[[1]](#footnote-1).

Die technische Herausforderung bestand darin, einen Motor zu bauen, der in den Griff des Dyson Supersonic™ Haartrockners passte. Es musste der kleinste Dyson-Motor aller Zeiten sein, der aber dennoch über 13 Liter Luft pro Sekunde durch eine Öffnung mit dem Durchmesser einer 2-Penny-Münze, nämlich 27mm, bewegen würde.

**James Dyson:** *“Motoren sind eine Grundlagentechnologie, die es uns erlaubt, Hochleistungstechnologien zu entwickeln, an denen andere scheitern. Das ist unser bislang kleinster, leichtester und ausgereiftester Motor; dank der Kombination mit unserer patentierten Air Multiplier™ Technologie war es uns gelungen, den Motor in den Griff einzubauen.“*

**Leistungsdicht**

Der V9 enthält ein Axial-Laufrad, das bei 110.000 UpM rotiert; dieses Laufrad ermöglicht es dem Motor, dreizehn Liter Luft pro Sekunde zu bewegen.

**Intelligent**

Der V9 ist der erste digitale Motor von Dyson, der auf "sensorlosem" Design basiert: Die Steuerungselektronik reguliert den Strom, der durch den Motor fliesst, und entscheidet, wann die digitalen Impulse umgeschaltet werden sollen, die dafür sorgen, dass sich der Motor dreht; eine Aufgabe, für die bislang immer spezielle Sensoren notwendig waren. Der sensorlose Algorithmus ermöglicht mehr als 1.900 Anpassungen pro Sekunde und erleichtert die Motorkonstruktion.

Die Enden der Ventilatorblätter erreichen eine Geschwindigkeit von 335 Meilen pro Stunde und werden durch ein intelligentes Software-System reguliert, das 3.500 digitale Impulse pro Sekunde aussendet und dadurch die Position des Laufrads optimiert. Die Blätter drehen sich lediglich 70 Mikrometer vom Motorengehäuse entfernt – das ist weniger als eine Haaresbreite.

**Akustisch ausgereift**

Aeroakustik – das Geräusch des Luftstroms – ist in jeder Entwicklungsphase ins Motordesign eingeflossen. Dyson-Ingenieure analysierten die Bewegung der Luft, wenn sie vom Laufrad wegwirbelt, und wie man sie glätten und die Turbulenzen im Luftstrom beheben könnte. Die Simulationen liefen stunden- und sogar tagelang; 4.865 Prototypen wurden während der Entwicklungsphase gebaut und getestet.

Die Ingenieure bei Dyson haben es geschafft, eine der Schallfrequenzen des Laufrads mit 13 Blättern innerhalb des Motors so auszurichten, dass sie ausserhalb der für Menschen hörbaren Reichweite liegt.

**Präzisionsfertigung**

Dutzende von Robotern, verteilt auf 20 Stationen, montieren den V9 in einer Anlage, die speziell dafür konstruiert wurde, um alle neun Sekunden einen Motor zu produzieren. Jeder Motor weist auf einer kleinen Fläche am Hochgeschwindigkeitslaufrad einen lasergedruckten Code auf.

|  |
| --- |
| **Wie funktioniert das?** |

Herkömmliche Motoren sind mit Kohlebürsten bestückt, die letztendlich verschleissen und während ihrer Lebensdauer Kohlestaub-Emissionen abgeben. Diese Emissionen verschmutzen die Luft, und die Kohlebürsten verschleissen letztendlich, sodass der Motor redundant wird. Diese herkömmlichen Motoren unterliegen zudem Einschränkungen in Hinsicht auf die gebotene Geschwindigkeit und Leistung. Normalerweise laufen sie mit einer Geschwindigkeit von 30.000 UpM, sind unhandlich und ihr Design ist der Entwicklung neuer Geräte nicht förderlich.

In einem bürstenlosen Motor (oder geschaltetem Reluktanzmotor) wird der elektrische Storm abwechselnd schnell ein- und ausgeschaltet, um Magnetflüsse zu erzeugen, die den Metallrotor im Herzen des Motors zum Drehen bringen; je schneller die Umschaltfrequenz, desto höher die Umdrehungszahl des Motors pro Minute (UpM).

Ein geschalteter Reluktanzmotor hat eine Welle in der Mitte und einen sich frei drehenden Rotor und aussen einen Stator, der auf jeder Seite mit Kupferspulen umwickelt ist. Wenn Energie durch die Wicklungen fliesst, versucht der Rotor, sich an die Magnetflussrichtung anzupassen. Das Wort 'Reluktanz' bezeichnet einen magnetischen Mindestwiderstand. Und bei jeder Schaltung binnen von Mikrosekunden wird der Rotor magnetisch gedreht, wodurch eine Leiterbahn mit Mindestwiderstand entsteht, durch die bei der nächsten Schaltung Elektrizität fliessen kann.

|  |
| --- |
| **Wie wird es gemacht?** |

Die Entwicklung unserer eigenen Motoren setzt eigene Produktionslinien voraus – jede von ihnen ist für jede Iteration unserer Motorentechnik nach Mass angefertigt.

Westpark, Dysons vollautomatische Fertigungslinie, wurde 2012 eröffnet und hat über 30 Mio. Motoren produziert. 2017 sind wir darauf eingestellt, dass alle2,6 Sekunden ein neuer Motor die Produktionslinie verlässt.

Jeder Produktionsprozess ist isoliert, um Störungen im Fall von Mängeln zu verhindern. Im Zentrum befindet sich ein Isolations-Reinraum, wo Hochgeschwindigkeits-Motorenlager frei von Verschmutzungen in den Motor eingesetzt werden. Fachingenieure arbeiten in Teams, um alle Merkmale der Motoren im Detail mithilfe von spezieller Software zu entwerfen, unter Berücksichtigung aller Aspekte der Funktion und Leistung der Motoren.

Die Ingenieure arbeiten eng zusammen, um Simulationen durchzuführen, die ausschlaggebend dafür sind, wie sich der Motor in verschiedenen Szenarien bei normalem Betrieb und in Ausnahmesituation verhalten wird. Sobald das virtuelle Design auf optimale Leistung ausgerichtet wurde, werden von den Bauteilen Prototypen erstellt und die ersten Motoren gebaut. Die ersten Prototypen der Motoren durchlaufen einen rigorosen Evaluationsprozess, um sicherzustellen, dass der Motor bestimmungsgemäss funktioniert. Eventuelle Unterschiede zwischen dem virtuellen Motordesign und den Tests unter realen Bedingungen werden analysiert, und die Ergebnisse fliessen in den iterativen Designprozess für die Feinabstimmung des Motors ein. Der Prozess wird über die gesamte Lebensdauer des Projekts kontinuierlich fortgeführt, bis der Motor exakt die Leistung erbringt, die für die Endanwendung erforderlich ist



Bei der **Plasmabehandlungsmaschine** handelt es sich um eine Maschine, die dem Verkleben von Bauteilen für den Dyson Digital Motors dient. Sie macht von einer Technik zur Oberflächenmodifizierung Gebrauch, bei der Niedertemperatur-Plasma aus der Koronaentladung eingesetzt wird, um eine Veränderung der Oberflächeneigenschaften zu bewirken. Koronaplasma wird dadurch generiert, dass eine hohe Spannung an eine Elektrode angelegt wird, wodurch an der Spitze Plasma entsteht. (Siehe Abbildung unten.) Das Plasma streift über das Material, um seine Oberflächenenergie zu erhöhen; das ermöglicht eine direkte Haftung der Materialien, die wir verkleben wollen.

**Die Benchtop-Spulenwindungsmaschine** ist ein halbautomatischer Wickler. Diese Maschine ermöglicht es den Motoren-Teams, unsere eigenen Spulen gemäss den erforderlichen Spezifikationen zu winden, inklusive Typ, Grösse, Drahtanordnung, Anzahl der Schichten und die Menge der Windungen, die wir untersuchen wollen.

**Auswuchtmaschine**

Während der Entwicklung eines Rotors, der in einem Motor sitzt, muss jeder Prototyp präzise ausbalanciert sein, um zu gewährleisten, dass jedes Bauteil korrekt sitzt und sich die Teile nicht gegenseitig behindern. Dadurch werden schwingungsarmer Betrieb, Lärmreduzierung und eine präzise Angabe der Lebensdauer für die Rotorentwicklung sichergestellt.

Die Maschine misst die Rotor-Unwucht bis zu einer Geschwindigkeit von 120.000 UpM, sodass ein produzierter Motor genau repräsentiert wird; anschliessend kalkuliert die Maschine, wie viel Material entfernt werden muss, um die Leistung zu verbessern.

All diese Tests werden in einem Reinraum der Klasse vier durchgeführt, sodass gewährleistet ist, dass bei der Montage der Bauteile keinerlei Partikel ins Innere des Motors gelangen. Dadurch erzielen wir beste Ergebnisse, während wir an neuen Iterationen des Motors arbeiten.

|  |
| --- |
| **Wichtige Fakten und Daten** |

**Motoren-Zeitachse:**

* 2002       Dyson eröffnet ein neues Werk in Johor, Malaysia, um den Produktionsbetrieb zu verbessern.
* 2004       Der erste digitale Motor von Dyson wird in Singapur hergestellt.
* 2007       Dyson eröffnet ein neues Werk in Singapur, um den Projektübergang vom Design zur Herstellung zu verbessern.
* 2010       Das Entwicklungswerk in Singapur zieht an einen neuen Standort von 3.000m² im Alexandra Technopark und erhöht die Zahl seiner Mitarbeiter um 700%. Alle blätterlosen Ventilatoren und Handtrockner werden hier für die Produktion entwickelt.
* 2012       Dyson eröffnet Westpark Singapur, um seine digitalen Motoren der zweiten Generation für V2, V4, V6 zu fertigen

2015       Der 10-millionster Dyson-Motor verlässt die Westpark-Produktionslinie. Automatische Linien sind nun in der Lage, alle 4,6 Sekunden einen Motor zu produzieren.

* 2016       Dyson weitet seine globale Forschung, Entwicklung und Demonstration sowie Aktivitäten in Südostasien (SEA) durch die Eröffnung eines weiteren Werks auf den Philippinen aus, um die Produktionskapazität seiner digitalen Motortechnologien zu erhöhen.
* 2016 Dyson stellt seinen 20-millionsten Motor her.
* 2016 Dyson eröffnet eine neue Produktionsstätte für Motoren auf den Philippinen
* 2017 Dyson stellt seinen 30-millionsten Motor her, wobei alle 2,6 Sekunden ein Motor vom Band läuft.
1. Im Vergleich zu den 10 meistverkauften Haartrocknern in Japan, Stand März 2015. [↑](#footnote-ref-1)