

Die ingenieurmäßige Umsetzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse unter sinnvoller Nutzung der Ressourcen in anwendbare Technik ist ein Kreativitätsprozeß, der sich signifikant von der Erfassung und der verstandesmäßigen Durchdringung der Naturgesetze unterscheidet. Aufbau und Struktur, ebenso wie Gesetzmäßigkeiten und ihr Zusammenspiel vom Kosmos bis zu den Elementarteilchen, sind von einer Schöpfung, die außerhalb von Menschen faßbarer Dimensionen liegt, vorgegeben. Der exakten Naturwissenschaft bleibt die Aufgabe, diese Gesetzmäßigkeiten innerhalb der Möglichkeiten und Grenzen unseres Denkens und Handelns zu erfassen und zu verstehen. Dies erfolgt durch Beobachten, theoretische Überlegungen und experimentelles Verifizieren.

Anders stellt sich die Aufgabe des Ingenieurs. Er geht von den vorgegebenen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen aus und versucht, diese mit Hilfe von ihm selbst geschaffener Vorrichtungen im Rahmen der Naturgesetzmäßigkeiten und der verfügbaren Materialien so zu beeinflussen, daß sie vom Menschen beherrscht und in seinem Sinne genutzt werden können. Dem Ingenieur bleiben in seinem vorgegebenen Rahmen dazu eine Reihe von Möglichkeiten, die a priori nicht übergeordnet festgelegt, sondern menschlicher Entscheidung anheim gestellt sind.

Allein die Aufgabe, durch elastische Formänderungsarbeit mechanische Energie aufzunehmen, zu speichern und wieder abzugeben, um damit Stöße zu mildern, läßt sich mit einem Wirkprinzip erfüllen, das grundsätzlich allen Federn gemeinsam ist. Die Ausführungsformen von Federn sind vielfältig und unterscheiden sich zunächst nach der Art der Beanspruchung Zug, Druck, Biegung, Torsion und Schub. Sodann werden je nach der gewünschten Charakteristik zur Energieaufnahme Metalle, faserverstärkte Polymere, Elastomere, insbesondere Gummi, und sogar Keramik eingesetzt. Schließlich finden auch gasförmige Medien in Gasdruckfedern Verwendung.

Die Auswahlkriterien für den Lösungsweg für eine bestimmte technische Aufgabe richten sich nach möglichst vollständigen Anforderungsprofilen, in deren Aufstellung Erfah-

rung in Montage, Betrieb und Wartung einzugehen haben. Bereits am genannten Beispiel der Feder, also eines zunächst relativ einfachen Maschinenelements, zeigt sich deutlich, daß die Ausführung einer Maschine und Anlage dem Ingenieur Entscheidungen abverlangt, die nicht eindeutig mit dem Ergebnis einer deterministischen Berechnung zu treffen sind. Neben rechnerisch erfaßbaren Auslegungskriterien erfordert die technische Gestaltung vielfältige Überlegungen und Beurteilungen von Zusammenhängen ebenso wie die Auswertung von Ergebnissen aus Versuchen und schließlich aus dem Betriebs- und Störverhalten in der Praxis.

Die Entscheidungs- und Kreativitätsprozesse des Ingenieurs unterliegen allen Schwächen und Irrtümern, die menschlichem Handeln innewohnen. Erst bei der Anwendung ausgeführter Technik zeigt sich in letzter Konsequenz, wo Schwachpunkte liegen, mit denen vorher nach Art und Umfang nicht gerechnet wurde, und wie diese im Ablauf technischer Vorgänge und Prozesse zur Auswirkung kommen können. Als Grundlage für einen iterativen Prozeß, wie es die Verbesserung von Zuverlässigkeit und Sicherheit in der Technik darstellt, ist somit die Erarbeitung von Erkenntnissen aus der Nutzungsphase der technischen Produkte erforderlich. Solche Erkenntnisse über unerwartete Fehlfunktionen, Schwachstellen und Auslösung von Versagensprozessen erfordern konsequenterweise ein Vorgehen, das wieder streng wissenschaftlich ausgerichtet ist und Ähnlichkeit hat mit dem wissenschaftlichen Vorgehen bei der Aufklärung von Naturgesetzen.

Die systematische wissenschaftliche Aufklärung von Versagensfällen in der Technik ist eine Aufgabe, die sich oft aus zahlreichen Teilproblemen zur Klärung der Einflüsse aus den verschiedenen Phasen der Produktentstehung und Produktnutzung zusammensetzt.

Das Ergebnis eines technischen und/oder menschlichen Versagens ist ein Endzustand, bei dem das „Warum“ und das „Wie“ einer Ereigniskette mit Indizien und Recherchen nachvollzogen werden muß. Zur Aufklärung dienen in gleicher Weise wie in der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung die Beobachtungen, die Einordnung der Beobachtungen in Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge und schließlich die Verifizierung eines theoretischen Modells im Experiment. Die Selektion der für die technischen Anwendungen optimalen und zuverlässigen Lösungswege kann sich somit letzten Endes nur aus der Praxisbewährung der vom Ingenieur geschaffenen Produkte ergeben, da einzig auf diese Weise die Vielfältigkeit aller z. T. nicht vorhersehbaren Einflußgrößen auf Bauteile und Material und die dabei entstehenden Reaktionen offenbar werden.

In der Schlußfolgerung aus der Aufklärung der Einflüsse, die bei einem Versagensablauf auslösend und begünstigend wirksam werden, haben sich Rückwirkungen auf Annahmen und Vorgaben, Berechnungen, Gestaltung, Werkstoffwahl, Werkstoffbehandlung, Fertigung und Betrieb zu ergeben, die zur Ausbildung einer bestimmten Gestaltung und Form eines technischen Produktes führen. Eine solche Rückkopplung zwischen dem Kreativitätsprozeß und der Analyse des Verhaltens im technischen Einsatz unter unterschiedlichen Bedingungen ist dabei unabhängig davon, ob die Wahl der Ausführung eines technischen Erzeugnisses nach Vorbildern der Natur oder aufgrund eigenständiger logischer Überlegungen und Folgerungen geschieht. In eine solche analytische Betrachtung sind bereits die Überlegungen und Annahmen, die zu einer bestimmten Gestaltung eines tech-

nischen Erzeugnisses geführt haben, mit in das System von Funktion und Fehlfunktion einzubeziehen, um schon im Ansatz Schwachstellen und Versagensursachen und -möglichkeiten aufzuklären.

Weiterführende Literatur

- Beitz W (1989) Entwicklung u. Konstruktion K33/K36. Hütte Grundlagen der Ingenieurwissenschaften, 20. Aufl. Springer, Berlin
- Neiryneck J (1994) Der göttliche Ingenieur. expert, Renningen
- Pelloux RM (1995) History of failure analysis, a review in failure analysis and prevention. Proceedings of international conference. International Publishers, Beijing
- Planck M (1934) Wege zur Physik. Erkenntnis. Hirzel, Leipzig

Integrierte Schadenanalyse

Technikgestaltung und das System des Versagens

Schmitt-Thomas, K.G.

2015, XX, 388 S. 301 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-662-46133-4