

# 1

## Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln

### 1.1 Kosten und Kostenreduzierung in verfahrenstechnischen Systemen

Letztendlich entscheidend ist in der wirtschaftlichen Praxis, ob die entstehenden Kosten im ökologisch vertretbaren Rahmen verantwortet werden können. Kosten umfassen die fixen Kosten, z. B. Anlagekosten, und die variablen Kosten, z. B. die laufenden Betriebskosten. Für die Herstellung eines durchschnittlichen Produkts werden in [3] folgende Kostenanteile angeführt:

- Arbeitsentgelte, Kapitalkosten, Energiekosten jeweils 20 % bis 40 %;
- Rohstoffkosten 40 % bis zu 80 %.

Die höheren Werte gelten – dem jeweiligen Merkmal zugehörig – für intensive Produkte.

Im Durchschnittsfall umfassen Rohstoff- und Energiekostenanteil bereits mehr als 50 %.

Nun ist zu bedenken: Rohstoffkosten können ggf. durch Substitution, Recycling, höhere Ausnutzungsgrade gesenkt werden, meist ist aber durch die Art des Produkts und seines Herstellungsprozesses der Spielraum zur Rohstoffkostenbeeinflussung gering. Im Unterschied dazu ist – in der Vielfalt der Umwandelbarkeit der Energie begründet – bei Energie eine größere Einflussnahme auf die Kosten möglich, Energieeffizienz ist daher *der* Rationalisierungsschwerpunkt, und Steigerung der Energieeffizienz ist für die Wirtschaftlichkeit von zentraler Bedeutung.

Das trifft auch – wenn auch mehr indirekt, weil die fixen Kosten betreffend – für die Nutzung regenerativer Energien zu: Auch wenn hier die Natur die Primärenergie, z. B. Sonnenstrahlung oder Windkraft, kostenlos bereitstellt und deshalb hohe Wirkungsgrade in der Energieumwandlung keine Kosteneinsparung für vermindert einzusetzende Primärenergie erbringen, so wird doch der gerade bei regenerativen Energien sehr hohe Investaufwand für die Anlagentechnik bei verbesserten Wirkungsgraden vermindert.

Insgesamt wird deutlich: verbesserte Energieeffizienz vermindert letztlich beide Kostenanteile, die variablen wie die fixen Kosten.

## 2 | 1 Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln

Das gilt nicht nur, wie vordergründig zu vermuten ist, für die Energietechnik und thermische Verfahrenstechnik, sondern auch besonders für die chemische Reaktionstechnik, da deren Wirtschaftlichkeit – *liegt die chemische Reaktion als vorgegeben fest* – ganz wesentlich durch die energieeffiziente Prozessführung bestimmt wird.

### 1.2

#### Strategische Orientierungen und Maßnahmeklassen der Rationalisierung

Ingenieurtechnische Regeln – also auch die hier interessierenden Kompositionsregeln – ergeben sich aus der Erfahrung der ingenieurtechnischen Praxis. Um sie in *geordneter* Form ins Bewusstsein der Ingenieure heben zu können, müssen diese Erfahrungen an *obergeordneten* Prämissen für rationelle Prozessführung reflektiert werden.

Solche Prämissen sind

- physikalisch-technisch begründete strategische Orientierungen (SO) und
- allgemeingültige Maßnahmeklassen (MK)

einer auf Einsparung abzielenden Rationalisierung.

Aus der Sicht der Physik gelten offenbar folgende, aus den Hauptsätzen abgeleitete, strategische Orientierungen

- Massenerhaltungs- und Energieerhaltungssatz (I. Hauptsatz) als „Gesetze der Bilanz“  
→ 1. *strategische Orientierung*: kein Perpetuum mobile I. Art bauen;
- Energieerhaltungssatz (II. Hauptsatz) als „Gesetz des Geschehens“  
→ 2. *strategische Orientierung*: kein Perpetuum mobile II. Art bauen.

Die wichtigste Aussage des II. Hauptsatzes aus praktischer Sicht besagt, dass die Energie  $E$  aus zwei Anteilen besteht, die nicht beliebig ineinander umwandelbar sind:

$$E = Ex + Ea$$

- a) Exergie  $Ex$  = nützlicher, gebrauchsfähiger Energieanteil, weil in *alle* anderen Energieformen umwandelbar. Es gilt: mechanische Energie, elektrische Energie sind zu 100 % Exergie, aber auch die exotherme Reaktionsenthalpie von Brennstoffen (Brennwert  $H_s$ ) ist fast 100 % Exergie.
- b) Anergie  $Ea$  = nicht mehr gebrauchsfähiger Energieanteil, weil in *keine* andere Energieform (ohne externen zusätzlichen Exergieaufwand) umwandelbar.

Der Energieinhalt der Umgebung bei  $T_0$  = Umgebungstemperatur ist 100 % Anergie.

## 1.2 Strategische Orientierungen und Maßnahmeklassen der Rationalisierung | 3

Die Beziehung  $E = Ex + Ea$  ist für die Wärme  $Q$  mit den Temperaturen  $T$  gemäß  $T_0 < T < \infty$  typisch, wobei für die Wärme der Exergieanteil  $e_x$  sich gemäß

$$e_x = Ex/Q = (1 - T_0/T)$$

berechnet. Zusammengefasst kann der II. Hauptsatz so formuliert werden:

- Exergie verwandelt sich von allein in Anergie, aber nicht umgekehrt!
- Reale Prozesse benötigen oft ein Energiegemisch aus  $Ex$  und  $Ea$ . Daraus folgt als
  - 3. *strategische Orientierung*: Exergieeinsatz an den Exergiebedarf anpassen oder anders formuliert:  
Energieumwandlungen sind *exergetisch* zu optimieren.  
Beispiel: Raumheizung mit Brennstoffverbrennung in Heizkesseln:  
Nötig ist ein Gemisch von etwa 15 % Exergie und 85 % Anergie.  
Eingesetzter Brennstoff: Brennwert = ca. 100 % Exergie  
→ Brennstoffverbrennung für Heizzwecke ist reine Exergieverschwendung, denn rd. 85 % der zugeführten Exergie sind als Verlust zu werten!

Der 1. und 2. SO wird heutzutage dadurch entsprochen, dass z. B. Patentämter keine Patententwürfe mehr annehmen, die Perpetua mobilia zum Inhalt haben. Allerdings ist der Nachweis der Verletzung dieser Orientierungen nur bei der 1. SO leicht, Patenteinreichungen mit dem Charakter eines Perpetuum mobile II. Art sind häufig sehr schwer erkennbar und dadurch quasi auch unausrottbar. Vergleiche Kapitel 4 dieses Buchs. Bestimmend für das Weitere ist daher die 3. SO. *Aus der Sicht der Technik* gelten offenbar folgende, mit der Praxis übereinstimmende Orientierungen:

- Technik ist „künstliche Natur“, m. a. W.: Funktionierende Technik außerhalb der Naturgesetze gibt es nicht. Daraus folgt als
  - 4. *strategische Orientierung*: Nutzung neuer (oder bekannter, aber bisher nicht angewandeter) natürlicher Effekte (Wirkprinzipien, Reaktionen, Phänomene).
- Technische Vorrichtungen bzw. die in ihnen ablaufenden Verfahren sind Systeme. Weil nach der Systemtheorie das Gesamtsystem Verhaltensweisen zeigen kann, die keinem der Elemente zukommen (Volksmund: „Das Ganze ist mehr als seine Teile“), gilt als
  - 5. *strategische Orientierung*: wirkungsbehaftetes Zusammenbringen („Integrieren“) von ansonsten Isoliertem.

Zur 3. bis 5. SO bestehen offenbar folgende Fragen:

- Kennen wir schon *alle* ausnutzbaren Wirkprinzipien und Phänomene?
- Wie viele *denkbare* Anwendungen sind noch nicht implementiert, und woher kennt man diese? (z. B. durch Studium alter Patente!)
- Woher weiß man, *welche* Einzellösungen im Sinne einer Struktur mit minimalen Exergieverlusten in einem konkreten Einzelfall integrativ zu verknüpfen sind?
- Mit wie viel *Zusatzaufwand* wird Exergieeffizienz beim Integrieren erkauf?

#### 4 | 1 Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln

Mit diesen Fragen „im Hinterkopf“ muss man den genannten strategischen Orientierungen durch geeignete Rationalisierungsmaßnahmen gerecht werden. Zwei Aspekte sind zu beachten:

1. Mit der Formulierung von Maßnahmeklassen wird die Maßnahmenvielfalt überschaubar, was Assoziationen durch Analogieschlüsse, Vergleiche usw. erleichtert.
2. Mit der Formulierung von Kompositionsregeln wird das Finden effektiver Maßnahmen im konkreten Einzelfall erleichtert.

Geeigneter Ausgangspunkt für das Finden von Maßnahmeklassen ist wegen des bereits genannten Systemcharakters technischer Objekte das „Blackbox-Modell“ der Systemtheorie – dahingehend präzisiert, dass in menschlichen Nutzungsprozessen der Output grundsätzlich zwei Teile hat, den Nutzoutput  $O_N$  und den vom menschlichen Zweck her gesehen unnützen Verlustoutput  $O_V$  (siehe Abb. 1.1).

Das Modell ermöglicht zunächst die Ableitung von fünf (und nur fünf!) Maßnahmeklassen MK der Rationalisierung, die sich wie folgt begründen lassen:

1. **MK S – Kon- und Substitutionsmaßnahmen:**  $O_N$  steigern ( $\uparrow$ ) durch effektivere Wege  $I \rightarrow O_N$ .

Für das Konstituieren einer technischen Lösung (oder das Substituieren einer vorläufigen bzw. bisherigen Lösung durch eine bessere!), die den Übergang vom vorgegebenen Input  $I$  zum gewünschten Nutzoutput  $O_N$  ermöglicht, ist das Festlegen des natürlichen Effekts (Wirkprinzips, Reaktion, Phänomens) offenbar das *primäre*, wobei dann *die* Lösung am besten wäre, die eine Steigerung von  $O_N$  bei sinkendem Input  $I$  erlaubt.

Beispiele:

Allgemein: Verfahrens- oder Energieträgersubstitution

Aus exergetischer Sicht: Ersetzen isolierter betrieblicher Versorgungseinrichtungen durch eine Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung als Ausdruck des dem exergetischen Bedarf entsprechenden Energieeinsatzes.

2. **MK V – Verlustverhinderungs-/minderungsmaßnahmen:**  $O_V$  senken ( $\downarrow$ ).

Im Vergleich zu MK S zwar sekundär, in der Rationalisierungswirkung u. U. aber keineswegs schwächer, ist das Verhindern von Verlusten, also Senken von  $O_V$  (bei gleichbleibendem  $O_N$ ), wie die Wärmeschutzisolierung am Beispiel der Wärmedämmung im Bauwesen deutlich macht.

Weitere Beispiele: Schmierung in bewegten Festkörpersystemen, aber auch Abfallvermeidung.

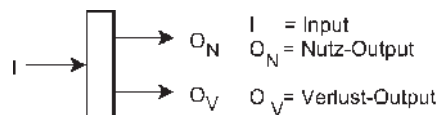


Abb. 1.1 Blackbox-Modell der Systemtheorie.

3. *MK A – Anpassungsmaßnahmen*:  $O_N \uparrow$  und  $O_V \downarrow$  durch Anpassung der Werte der Größen.

Größen umfassen Maßzahl und Maßeinheit. Ausdruck der Quantität ist die Maßzahl. Der Prozess im technischen System unterliegt i. Allg. quantitativen Schwankungen, sei es durch die Bereitstellbarkeit des Input I oder im bereit-zustellenden Output  $O_N$  zur Deckung schwankenden Bedarfs bedingt. Um unnötige Verluste zu vermeiden, sind folglich entsprechende Anpassungsmaßnahmen erforderlich.

Beispiele:

Allgemein: Regelung, Speicherung

Aus exergetischer Sicht: Potentialverschiebung zur bedarfsgerechten Verschiebung prozesstreibender Potentiale (Temperatur-, Druck-, Konzentrationsdifferenzen)

4. *MK K und W – Kopplungsmaßnahmen*:  $O_N \uparrow$  und  $O_V \downarrow$  durch Kopplung sonst nicht gekoppelter Systeme.

Über die beiden Outputs  $O_N$  und  $O_V$  ist ein technisches System mit anderen koppelbar im Sinne der o. g. fünften strategischen Orientierung, wenn diese Outputs zu Inputs anderer (oder im Grenzfall des eigenen Systems) werden. Dabei sind offenbar zwei Fälle zu unterscheiden:

- a) *MK K*: Die Kopplung erfolgt über den Nutzoutput  $O_N$  so, dass dabei die Verluste  $O_V$  sinken.

Beispiele:

Allgemein: Versorgungsnetzbildung, multivalenter Anlagenbetrieb, Kapazitätsquantelung

Aus exergetischer Sicht: Verbundstrukturbildung zu bedarfsangepasster und trotzdem Verluste minimierender Energiebereitstellung

- b) *MK W*: Die Kopplung erfolgt über den Verlustoutput  $O_V$ .

Beispiele:

Allgemein: alle Arten des Recycling, aber auch Warmformvergüten

Aus exergetischer Sicht: Energierückgewinnung aus Fortenergie als „energetisches Recycling“ bis hin zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung oder zu den nach der Pinch-Point-Methode strukturierten Wärmeübertragungssystemen

Für die Präzisierung dieser Maßnahmeklassen im Hinblick auf die Energieumwandlung in einem bestimmten Prozess ist nach der dritten strategischen Orientierung die Betrachtung der Exergie bestimmend, weshalb bei den Beispielen speziell solche aus „exergetischer Sicht“ angeführt wurden. Dabei ist zu beachten: Eine exergetisch orientierte Präzisierung ist bei der Maßnahmeklasse „Verlustverhinderung“ rein logisch nicht möglich – das Verhinderte ist (im Extremfall!) ja nicht mehr da, und Nicht-Vorhandenes kann nicht manipuliert, also auch nicht präzisiert werden.

Reale Ratiomaßnahmen können mehreren Klassen angehören wie z. B. die Wärme-Kraft-Kälte-Kopplung. Dass sie bei MK S und MK W zweimal genannt wird, ist also kein Fehler. Erläuterung siehe im Kapitel 2 in den Abschnitten 2.2.2.1.1 und 2.2.7.1.

## 6 | 1 Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln

### 1.3

#### Funktions- und Prinzipstrukturen

Das Kernstück dieses Buchs sind die Kompositionsregeln – sie dienen dem (möglichst schnellen) Finden konkreter Maßnahmen in konkreten Anwendungsfällen. Weil die reale technische Welt bereits eine außerordentliche Vielfalt erreicht hat, bedarf es vorher einiger Worte zur *Darstellung von Denkergebnissen* beim „Komponieren“ verfahrenstechnischer Systeme, um u. a. auch durch *Einfachheit* in der Darstellung kreatives Denken zu unterstützen!

Das Prinzipielle einer verfahrenstechnischen Anlage wird in dem sog. Verfahrensflißschema, oft einfach auch „Fließbild“ genannt, dargestellt.

→ *Verfahrensflißschemata sind Prinzipstrukturen (PS)!*

Prinzipstrukturen können in sehr vielfältiger Detaillierung vorliegen: nur auf das Qualitative beschränkt oder auch quantifiziert durch Angabe von Drücken, Temperaturen, strömenden Mengen usw.

Die Quantifizierung der Vorgänge erfolgt – insbesondere, wenn die Energie-wandlung interessiert – anhand ingenieurtechnischer Diagramme. Allgemein bekannt und oft genutzt sind z. B.

- p-V- und T-s-Diagramm für grundsätzliche thermodynamische Betrachtungen;
- h-s-Diagramm für Berechnungen bei Kraftprozessen wie bei Wasserdampfkraftprozessen;
- h-logp-Diagramm für Berechnungen in der Kältetechnik;
- h-x-Diagramm (bzw. h-Y-Diagramm) für Gasgemische wie z. B. bei feuchter Luft;
- logp-(-1/T)-Diagramm, insbesondere bei Prozessen mit Sorptionsvorgängen;
- spezielle Diagramme für spezielle Prozesstypen, z. B. McCabe-Thiele-Diagramm für das Destillieren/Rektifizieren.

Durch Eintragung der (gegebenen oder geforderten) Merkmale der Anlagenelemente in diese Diagramme entsteht ein Linienzug oder Liniennetz, mit dem das *funktionell Wichtige quantitativ* abgebildet wird. Oder anders ausgedrückt:

→ *Darstellungen in Diagrammen sind quantifizierbare bzw. quantifizierte Funktionsstrukturen (FS).*

Oft führen Überlegungen zur Prozessveränderung mittels dieser Diagramme zu veränderten Prinzipstrukturen, zwischen PS und FS bestehen mithin Wechselbeziehungen, wie auch in der noch zu diskutierenden Abb. 1.2 angedeutet.

An einem Beispiel soll nun gezeigt werden, dass es noch eine weitere Art von Funktionsstrukturen geben muss. Abbildung 1.2 zeigt für einen einfachen Dampfkraftprozess

- in Teilbild (b) die Prinzipstruktur als Fließbild mit den Elementen Dampferzeuger incl. Überhitzer, Turbine mit Generator, Kondensator und Kesselspeisepumpe und
- in Teilbild (c) die zugehörige (quantifizierbare) Funktionsstruktur im T-s-Diagramm.

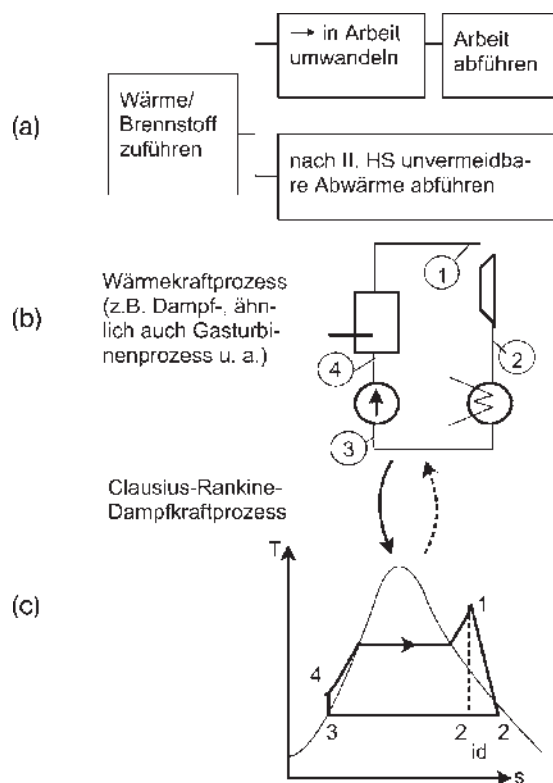


Abb. 1.2 Funktions- und Prinzipstrukturen am Beispiel Dampfkraftprozess

Nun kann eine Krafterzeugung aber auch mittels Verbrennungsmotor und Generator oder durch eine Brennstoffzelle erfolgen. Für diese Fälle ist aber Teilbild (b) offenbar keine zutreffende Strukturdarstellung. Im Unterschied zu Prozessen der thermischen Verfahrenstechnik oder chemischen Reaktionstechnik, wo z. B. die chemischen Reaktionen, deren Reaktionskinetik und die physikalisch-chemischen Wandlungsbedingungen die mögliche Prinzipstruktur (Fließbild) weitestgehend vorbestimmen, ist die Variationsbreite bei der Betrachtung der Energieumsetzungen größer. Bezogen auf das Beispiel heißt das:

Es muss dem Teilbild (b) eine Strukturdarstellung vorzulagern möglich sein, die das funktionell Prinzipielle aller drei genannten Realisierungsvarianten qualitativ auszudrücken imstande ist. Das könnte z. B. durch eine einfache „Kästchendarstellung“ wie in Teilbild (a) erfolgen. Für die gemäß fünfter strategischer Orientierung angestrebte Verknüpfung zu integrierten Energiesystemen ist aber diese Kästchendarstellung zu wenig aussagekräftig. Es wurde deshalb eine Methodik entwickelt [4], die es gestattet, auf der Basis eines pragmatisch präzisierten Black-box-Modells

→ *Energiewandlungen als qualitative Funktionsstrukturen (FS)* darzustellen, wie die folgenden Abbildungen zeigen sollen.

8 | 1 Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln

Abbildung 1.3 zeigt das Grundmodell.

Es werden

- Einsatz-, Ziel- und Fortenergien bei der Bilanzierung gemäß I. Hauptsatz unterschieden und
- drei „Schienen“ definiert, längs derer bzw. zwischen denen die Umwandlung Einsatzenergie EE → Zielenergie ZE stattfindet.

Die „Schienen“ repräsentieren drei Bereiche verschieden hohen Exergieanteils  $e_x$  der Energie, wodurch eine *sehr grobe* Berücksichtigung des II. Hauptsatzes erfolgt:

- Kraftschiene (P-Schiene): Umsetzung hochexergetischer Energie mit  $e_x$  gleich bzw. nahe 100 %;
- Kaltschiene ( $Q_0/Q_K$ -Schiene): Umsetzung von Kaltwärme mit  $e_x$  nahe 0 % bzw. Kälte mit  $e_x < 0$  %, wenn bei Temperaturen  $T$  kleiner als Umgebungstemperatur  $T_0$  der Exergieanteil  $e_x$  in gleicher Weise wie sonst berechnet wird;
- Warmschiene (Q-Schiene): Umsetzung von Wärme, also Energie mittleren Exergiegehalts zwischen Kraft- und Kaltschiene. Im allgemeinen Fall gilt, dass sich der Exergieanteil  $e_x$  auf dem Weg EE → ZE ändert.

Die Grenzen zwischen den drei Bereichen sind nicht fest, sondern fließend entsprechend einer *gewünschten* Unschärfe bei der *qualitativ orientierten* Funktionsstrukturbildung. Deshalb werden auch die drei Bereiche vereinfacht durch Striche symbolisiert.

Die in Abb. 1.4 eingetragene Auswahl typischer Energiewandlungsfälle zeigt die durch die Abstraktion erreichte Einfachheit, vgl. das Lesebeispiel bei Nr. 9 – Wärmepumpe in Abb. 1.4 (die eingetragenen Nummern entsprechen denen in dem zugrunde liegenden Forschungsbericht [4]).

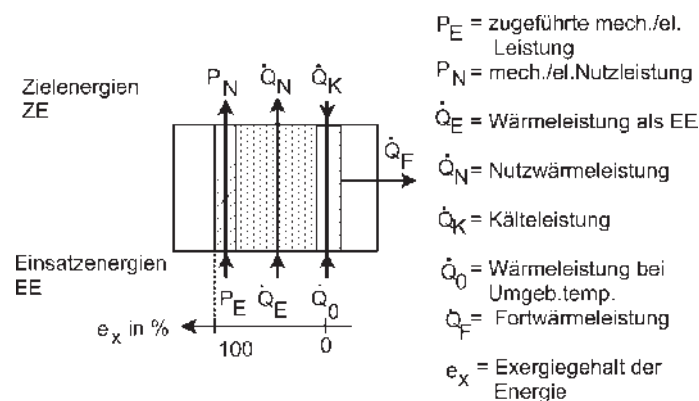


Abb. 1.3 Funktionsstruktur-Grundmodell



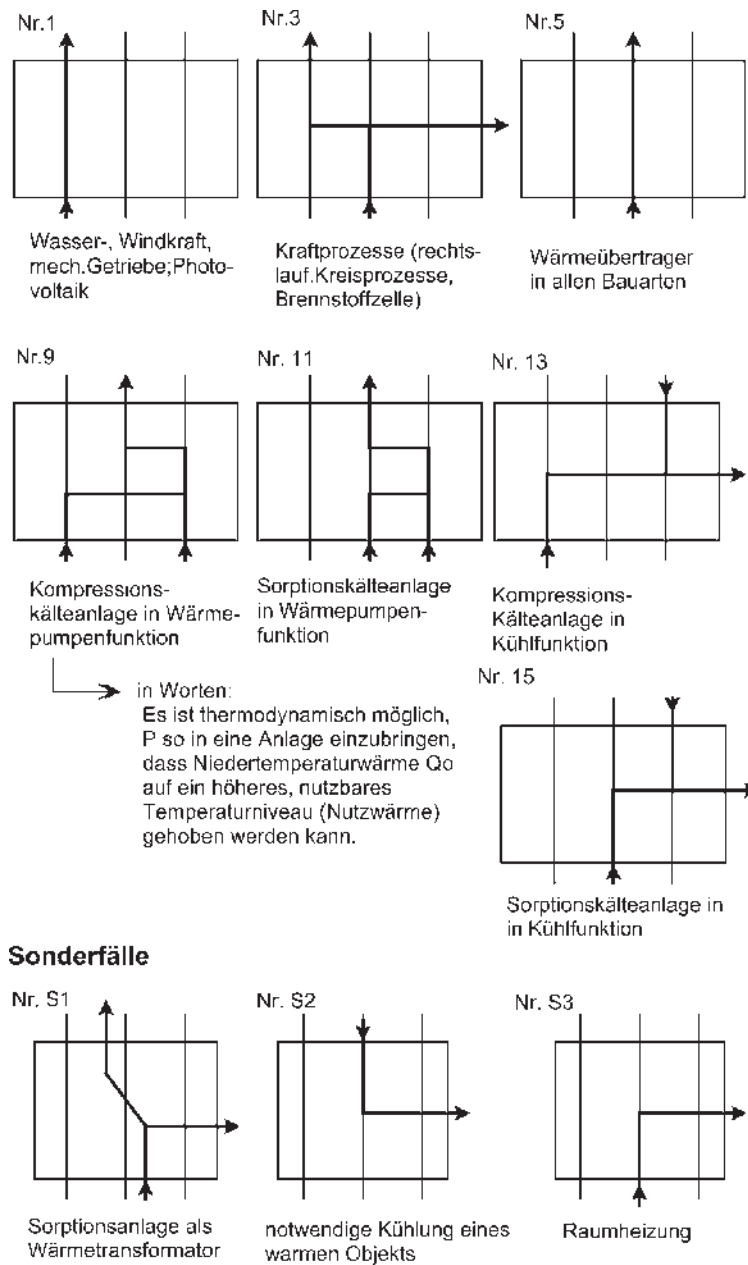


Abb. 1.4 Funktionsstrukturen typischer Energieumwandlungen.

10 | 1 Das Umfeld der Aufstellung und Nutzung von Kompositionsregeln

Natürlich gibt es einige Sonderfälle, deren Besonderheit durch die Abweichung von den „normalen“ Fällen gut veranschaulicht wird (Abb. 1.4):

- S1: bei Wärmetransformationen im engeren Sinne wird eine gegebene Wärmemenge so aufgeteilt, dass der eine Teil höher-exergetisch auf Kosten des anderen Teils (= Fortwärme) wird. Das auf *einer* Linie darstellen zu wollen, wäre eine unzulässig große Vereinfachung.
- S2: Kühlen ist ein Prozess, bei dem die Zielenergie – die „wegzukühlende“ Energie – *kein* Output, sondern ein *Input* ins System ist. Es ist pragmatisch sinnvoll, notwendiges Kühlen eines warmen Körpers mit  $T \gg T_0$  von dem Kühlen auf der Kaltschiene zu unterscheiden, weil die Möglichkeit besteht, im Sinne einer Zielekopplung die „weggekühlte“ Wärme für einen anderen Zweck zu nutzen; vgl. hierzu z. B. Abschnitt 2.2.7 (Beispiel Pinch-Point-Methode).
- S3: Die Besonderheit der Maßnahmeklasse V (Verlustverhinderung) wird bei der Wärmedämmung deutlich, am anschaulichsten bei der Raumheizung. Ziel dieses Prozesses ist nicht die Bereitstellung einer Zielenergie, sondern die Aufrechterhaltung eines Objektzustandes (Raumtemperatur). Alle Einsatzenergie dient also nur dem Ausgleich der durch nicht hinreichende Wärmedämmung anfallenden Fortenergie!

Ein Beispiel der Bildung komplexer Strukturen nach dieser Methodik im Sinne der fünften strategischen Orientierung (→ integrierte Energiesysteme) zeigt

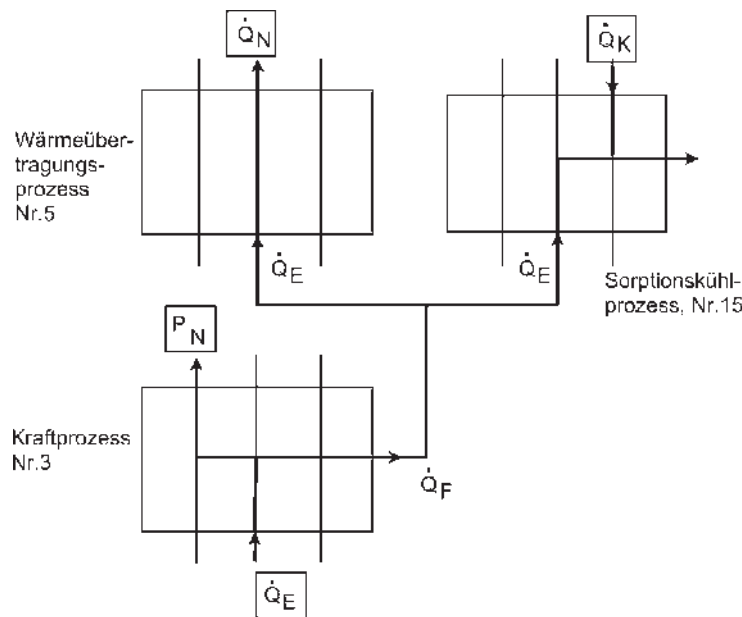


Abb. 1.5 Funktionsstruktur der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

Abb. 1.5 anhand der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK): Die Fortwärme des Kraftprozesses (Nr. 3) wird zur Einsatzenergie für Wärmenutzungszwecke (Nr. 5) und/oder für Kälteprozesse mittels z. B. Sorptionstechnik (Nr. 15). Abbildung 1.5 ist die qualitative Funktionsstruktur und damit die einfachste Darstellung der KWKK.

*Anmerkungen:*

- Das Komponieren thermischer Anlagensysteme (gemäß der im Vorwort gegebenen Begriffsbestimmung) hat mit dem Konstruieren von Maschinen, Apparaten usw. gemeinsam das Vorausdenken eines künftigen funktionsfähigen und herstellbaren Objekts und muss deshalb (neben systemtheoretischen) insbesondere auch erkenntnistheoretischen Gesetzmäßigkeiten folgen. Hierzu siehe z. B. [5].
- Die in den nächsten Abschnitten zu besprechenden Regeln betreffen vom Grundsatz her alle oben genannten Darstellungsformen, letztlich muss aber das „Komponieren“ in (quantifizierte) Fließbilder (Prinzipstruktur) münden. Die in diesen Fließbildern enthaltenen Symbole kennzeichnen funktionswichtige Apparate usw., die mehrheitlich an anderer Stelle konstruiert werden und oft nach Suche z. B. in Katalogen von Zulieferern bezogen werden.

Für die Konstruktion dieser Maschinen, Apparate usw. gibt es ebenfalls Konstruktionsregeln (siehe z. B. bei KOLLER [6]), die aber wegen konstruktionswissenschaftlich begründbarer Unterschiede zwischen dem Konstruieren und dem „Anlagenkomponieren“ zu den hier zu betrachtenden Kompositionsregeln verschieden, wenn auch eng verwandt, sind.

Ist allerdings ein Aggregat zu konstruieren, in dem ein komplizierter/komplexer, der typischen Verfahrenstechnik ähnlicher Prozess abläuft (wie z. B. in Verbrennungsmotoren), dann werden die Kompositionsregeln dieses Buches auch zu Konstruktionsregeln, vgl. hierzu z. B. Abschnitt 5.6.

