

ben alle eine bestimmte Leistung und über ihre zeitliche Inanspruchnahme einen Energieverbrauch, der ebenfalls auf den Produktionsdurchsatz bezogen werden kann bzw. muss. In Summe spricht man hier vom betriebsbedingten Nebenverbrauch, der sich vom produktionsunabhängigen Nebenverbrauch, z.B. im Verwaltungsgebäude, durch die Außenbeleuchtung u. ä. unterscheidet.

Es ist eine weitere Aufgabe des betrieblichen Energiemanagements, den betriebsbedingten Nebenverbrauch an der Anlagenperipherie zu quantifizieren, weil dieser mit fortschreitender Automatisierung der Produktion in Summe immer gewichtiger wird. Es gibt bereits Industriebereiche, in denen dieser Anteil bis zu 40% der gesamten Einsatzenergie im Unternehmen ausmacht.

Ob der betriebsbedingte Nebenverbrauch auch als spezifische Größe ermittelt werden muss, hängt vor allem von seiner Komplexität und Struktur ab. Eine geeignete Summenmessung ist als analytische Basis möglichst anzustreben. Er kann dann auch als sog. peripherer Zuschlag auf den spezifischen Energieverbrauch des Hauptaggregats verwendet werden. Eine Überlagerung der Funktion des spezifischen peripheren Energieverbrauchs mit dem des Hauptaggregates wird es nur in einzelnen Fällen geben, wie aus mehrfachen eigenen Untersuchungen hervorgeht.

### **2.3. Der Energiefluss und die Energiebilanz im betrieblichen Energiemanagement**

Grundsätzliche Ausgangsbasis für ein aktives Betriebliches Energiemanagement ist die Kenntnis vom Energiefluss im Unternehmen. Es muss bekannt und in einem sog. *Energiefließschema* darstellbar sein,

- wo die einzelnen Energieträger eingespeist werden,
- ob sie nochmals umgewandelt werden müssen bevor sie zur Anwendung kommen,
- in welchen Prozessen/Anlagen sie direkt oder nach Umwandlung zur Anwendung kommen,
- ob nach den Prozessen/Anlagen eventuell noch Energieträger zur Verfügung stehen, die genutzt oder nicht genutzt werden können,
- ob nach der Umwandlung von Energieträgern die Umwandlungsprodukte außer im Unternehmen auch außerhalb zur Verfügung gestellt (verkauft) werden können.

Beim Energiefließschema geht es darum „was wohin geht“. Es geht noch nicht darum „wie viel wohin geht“. Räumliche Anordnungen und Entfernungen sollten prinzipiell erkennbar sein. Das Hauptproblem ist die Abgrenzung des Betriebssystems, insbesondere dann, wenn das Betriebsterritorium nicht genau abgrenzbar ist. In Abb. 2.21. ist ein Energiefließschema als Beispiel dargestellt.

Aus dem Energiefließschema werden die maßgeblichen Energieumwandlungs-, Energieanwendungs- und sog. Nebenanlagen erkennbar und es rückt folglich die Frage nach dem „Wie viel“ in den Vordergrund.

Mit der Bilanzierung sollte man an einzelnen, aus dem Fließschema als maßgeblich erkennbaren Anlagen beginnen. Es ist nicht ratsam, umgekehrt zu verfahren und als erstes die gesamte Betriebsbilanz in Angriff zu nehmen. Im industriellen Energiemanagement werden aus praktischen Erwägungen Energiebilanzen nach dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik erstellt. Das heißt, an der Anwendungsanlage wird der Bedarf an Nutzenergie bestimmt und unter Berücksichtigung der entstehenden Verluste bzw. des Wirkungsgrades wird das Quantum Einsatzenergie ermittelt.

Energiebilanzen von technischen Systemen stellen demzufolge im Zusammenhang mit dem betrieblichen Energiemanagement die Energieinhalte der in einer bestimmten Zeit in ein System eintretenden, die den in derselben Zeit austretenden Energieströmen gegenüber. Auch hier ist eine eindeutig festzulegende räumliche und zeitliche Bilanzgrenze maßgeblich.

Alle über die Bilanzgrenze über einen einheitlichen Betrachtungszeitraum eintretenden Energien  $\dot{Q}_{Zu}$  sind zugeführte, alle austretenden  $\dot{Q}_{Ab}$  sind abgeführte Energien:

$$\sum \dot{Q}_{Zu} = \Delta \dot{Q}_{sp} + \sum \dot{Q}_{ab} \quad (2.62)$$

$\Delta \dot{Q}_{sp}$  ist die Veränderung von in der Anlage thermisch, mechanisch oder auch chemisch gespeicherter Energie, die sowohl ein positives als auch ein negatives Vorzeichen haben kann.

Zur Definition des Betriebszustandes einer Anlage ist zunächst eine Leistungsbilanz (Momentaufnahme) zweckmäßig. Bei der Leistungsbilanz ist zwischen zwei Fällen zu unterscheiden:

$$\begin{array}{ll} \Delta \dot{Q}_{sp} = 0 & \text{stationärer, d.h. unveränderlicher Zustand der Anlage} \\ \Delta \dot{Q}_{sp} \neq 0 & \text{instationärer, d.h. veränderlicher Zustand der Anlage.} \end{array}$$

Ein exakt stationärer Zustand energieverbrauchender Anlagen ist nur anzutreffen, wenn der Lastgrad sich nicht verändert, also  $\dot{Q}_{zu}$  und  $\dot{Q}_{ab}$  innerhalb der Bilanzzeit konstant sind, z.B. stationärer Leerlaufzustand.

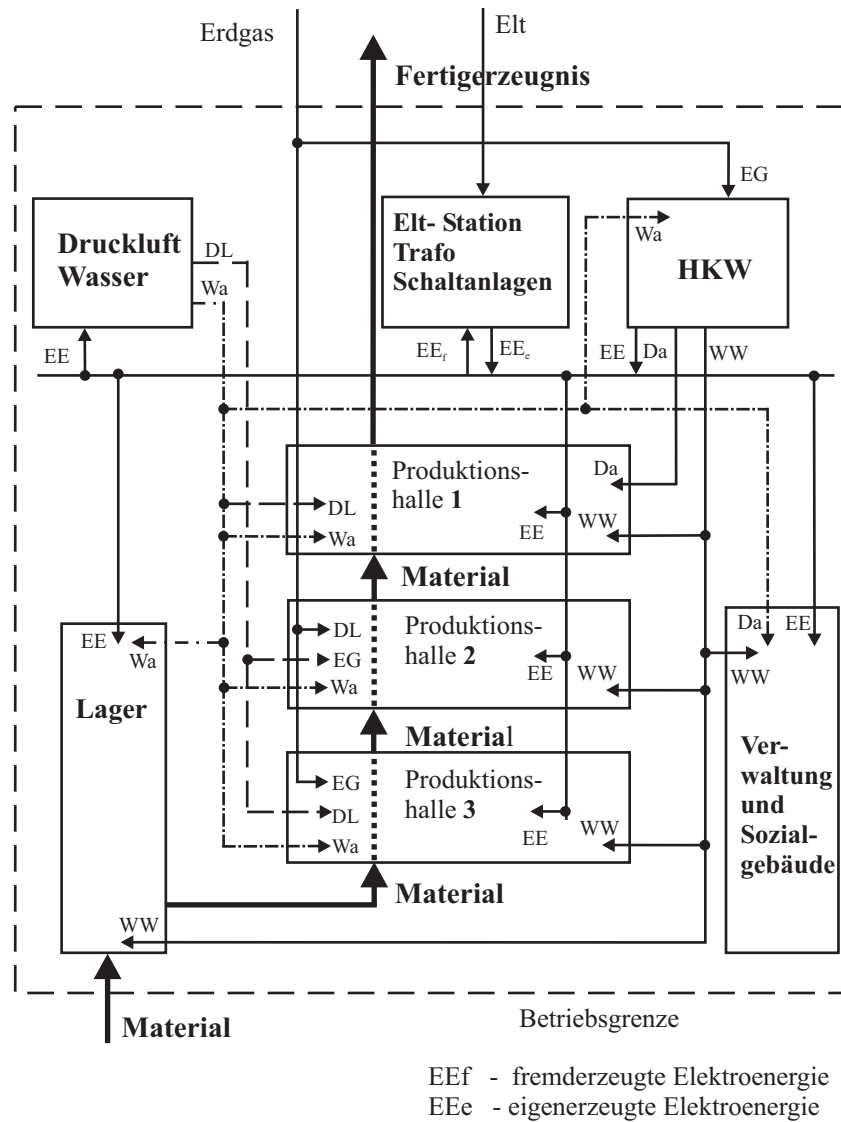


Abb. 2.21. Energie-Fließbild eines Industrieunternehmens

Von quasistationären Verhältnissen spricht man, wenn der Betriebszustand der Anlage am Anfang und am Ende der Gleiche ist und sich innerhalb der Bilanzzeit nicht wesentlich ändert. Wenn z.B. eine wärmetechnische Anlage nicht nennenswert abgekühlt und wieder aufgeheizt wurde. Die Resultate der Bilanzierung unter stationären/quasistationären Bedingungen dienen der energietechnischen Beurteilung einer Anlage unter Nennbedingungen.

Enthält die Betrachtungszeit dagegen wechselnde Lastgrade, Aufheiz- und /oder Abkühlphasen, Leerlauf- und Pausenzeiten, wird also der Betrachtungszeitraum größer, dann können die Resultate nicht mehr in direkten Zusammenhang mit einem bestimmten Zustand gebracht werden. Sie sind mehr auf der betriebstechnischen und -wirtschaftlichen Seite verwendbar, also im permanenten betrieblichen Energiemanagement.

### 2.3.1. Energiebilanz einer Produktionsanlage

Die energietechnische Zielstellung einer Produktionsanlage ist, ein technologisch/fertigungstechnisch erforderliches Quantum Nutzenergie zur vorgesehenen Einwirkung auf das zu verändernde Produktionsgut (Bedarfs-träger, Arbeitsgegenstand) im Prozessablauf so bereit zu stellen, dass die Umwandlung der eingesetzten Energie (Einsatzenergie) verlustarm erfolgt und nach Ablauf dieses Vorgangs nur noch vertretbar wenig noch arbeitsfähige Energie verbleibt. Die Erfüllung dieser Zielstellung sorgt für einen niedrigen spezifischen Energieverbrauch und für niedrige Emissionen von Schadstoffen und CO<sub>2</sub>.

Aus Abb. 2.22. geht hervor, dass die eingesetzte Energie  $Q_E$  (ev. ergänzt durch  $Q_S$ ) hauptsächlich in Nutzenergie  $Q_{NP}$  gewandelt wird. Dabei entstehen Verluste in der Anlage, z.B. Kühlwasser, Ausflammverluste, Wandverlust (vgl. auch Abschn. 2.2.3), und die separat ausgewiesene noch arbeitsfähige Energie  $Q_A$ , die auch als Anfallenergie bezeichnet wird, z.B. Abgas mit hoher Temperatur. Damit lautet die Energiebilanz:

$$Q_E(+Q_S) = Q_{NP} + Q_{VA}(+Q_A) \quad (2.63)$$

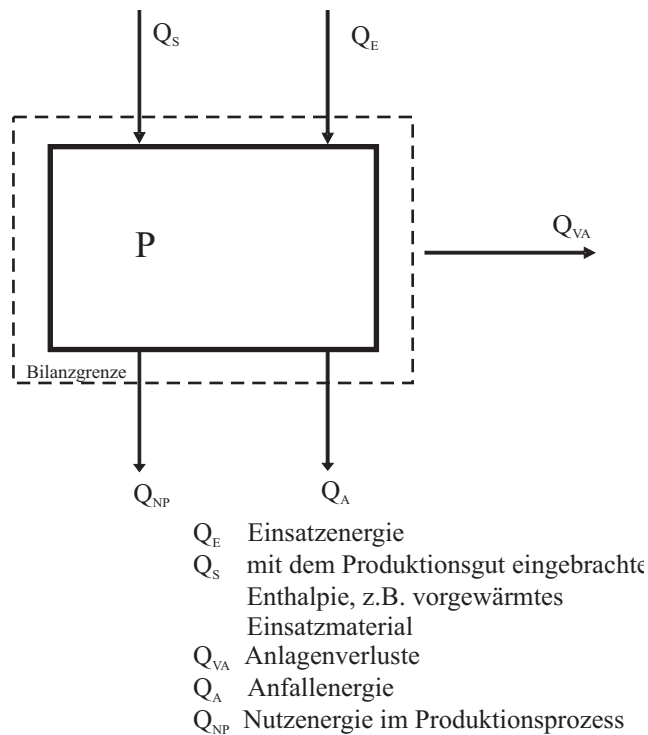
Diese prinzipiell dargestellte Energiebilanz ist kompatibel mit den unter Abschn. 2.2.3. und 2.2.4. darstellbaren Nutzungsgraden und spezifischen Energieverbräuchen:

$$n_{en} = \frac{Q_{NP}}{Q_E} \quad (2.64)$$

$$w = \frac{\dot{Q}_E}{\dot{m}_D} = \frac{Q}{M_j}$$

Hieraus, und verdeutlicht in Abb. 2.22., ist abzuleiten, dass bei konstant bleibendem Nutzenergiebedarf:

- eine Senkung der Verluste  $Q_{VA}$  zu einem geringeren Bedarf an Einsatzenergie führt,
- mit dem Produktionsgut eingebrachte Enthalpie  $Q_S$  zu geringerem Bedarf an Einsatzenergie führt,



**Abb. 2.22.** Grundsätzliche Energiebilanz einer Produktionsanlage

- der in Abb. 2.22. und in der Bilanz berücksichtigte Term  $Q_A$  so nur das nutzbare Potential Anfallenergie darstellt.  
Wird  $Q_A$  genutzt, dann wird es in der Bilanz wirksam, wenn es hier im Entstehungsprozess zur Verwendung kommt (primär, gleiche Wirkung wie zunehmender  $Q_S$ ). Wenn es außerhalb der Bilanzgrenze (sekundär) zur Anwendung kommt, dann wirkt sich das hier energetisch nicht aus.
- die Möglichkeiten zur Reduzierung der Einsatzenergie (außer zur Erhöhung des Nutzungsgrades) immer zur Senkung des spezifischen Energieverbrauchs führen.

### 2.3.2. Energiebilanz einer Umwandlungsanlage

Es wurde bereits angedeutet, dass in einem Industrieunternehmen weitere Anlagen erforderlich sind, die vom Energieversorger erworbene Energieträger, z.B. Elektroenergie mit hoher Spannung, Gas mit hohem Druck, in die im Betrieb geforderte Form oder in einen neuen Energieträger umwandeln. Dazu gehören z.B. Transformatoren, Druckreduzierstationen, das Pumpen von Wasser aus Brunnen, die Druckluftherzeugung aus Elektroenergie und die kombinierte Wärme- und Elektroenergieerzeugung im Industriekraftwerk in der Regel aus Brennstoffen.

Charakteristisch für Energieumwandlungsanlagen im Industriebetrieb ist, dass diese nur indirekten Bezug zur Produktion haben. Ein spezifischer Energieverbrauch in der bisher verwendeten Weise führt hier zu einer eher zweifelhaften Erkenntnis. Demzufolge unterscheidet sich auch die Energiebilanz von der einer Produktionsanlage (vgl. Abb. 2.23.):

$$Q_B = Q_{U1} + \dots + Q_{Un} + Q_{VU} \quad (2.65)$$

$Q_B$	vom Unternehmen eingekaufte Bezugsenergie, die in U umgewandelt werden soll
$Q_{VU}$	in der Umwandlungsanlage entstehende Verluste
$Q_{U1} \dots Q_{Un}$	aus der Umwandlung entstandene Energieträger, z.B. Elektroenergie und Dampf/Heißwasser oder Druckluft verschiedener Druckstufen

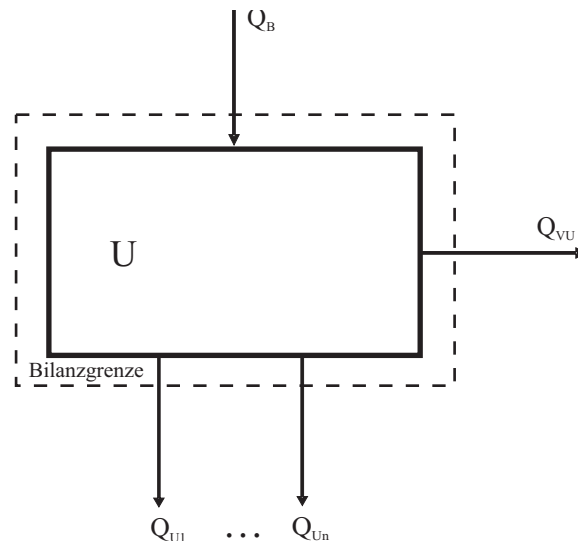
Auch in Umwandlungsanlagen ist grundsätzlich eine Leistungsbilanz erstellbar und zur Analyse der Umwandlungsanlage ist der Wirkungsgrad/Nutzungsgrad bestimmbar. Die Größe *spezifischer Energieverbrauch* wird, wenn überhaupt, in modifizierter Form verwendet, weil kein Produktionsausstoß erzielt wird.

Es wird aber der spezifische Brennstoff-Wärme-Verbrauch in kg Brennstoff oder  $\text{m}^3$  Gas pro erzeugte kWh verwendet. Auch  $\text{m}^3$  Druckluft pro

kWh eingesetzter Elektroenergie oder  $\text{m}^3$  Wasser pro eingesetzte kWh sind durchaus üblich und in diesem Bereich für analytische Zwecke hilfreich.

Die Output-Energieströme aus der Umwandlungsanlage  $Q_{U1} \dots Q_{Un}$  werden üblicherweise nach ihren Einsatzbereichen unterteilt:

- Energieträger aus der Umwandlungsanlage, die in der Produktion zur Anwendung kommen, kennzeichenbar mit  $Q_{UP}$ ,
- Energieträger, die in Nebenanlagen des Betriebes zur Anwendung kommen, kennzeichenbar mit  $Q_{UN}$ ,
- Energieträger, die an Dritte außerhalb des Betriebes verkauft werden, kennzeichenbar mit  $Q_{UD}$ .



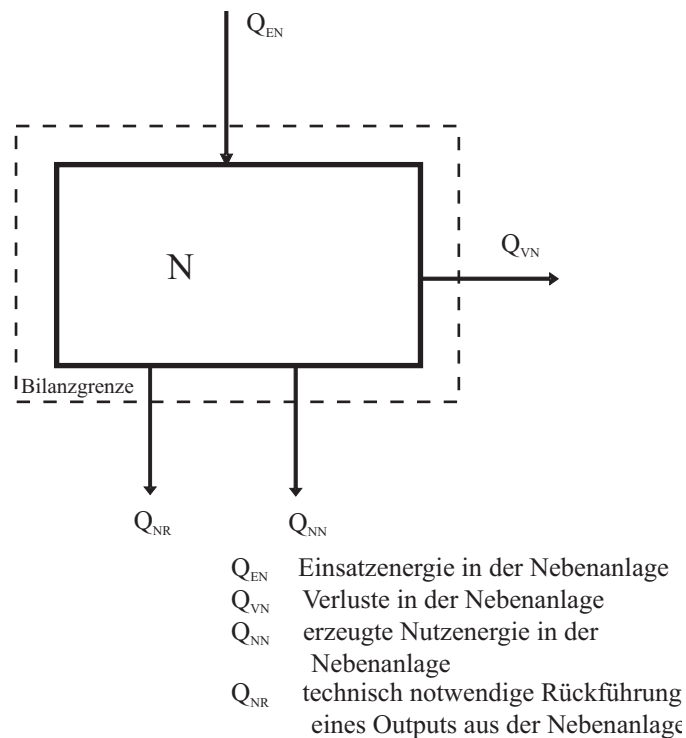
**Abb. 2.23.** Prinzipielle Energiebilanz einer Umwandlungsanlage im Betriebssystem

### 2.3.3. Energiebilanz einer Nebenanlage

Eine Nebenanlage ist in der bisherigen Logik der Darstellung von Energiebilanzen typischer betrieblicher Anlagen eine Mischform, insbesondere die Output-Energieströme betreffend. Während der Zusammenhang Einsatzenergie, Verluste, Nutzenergie der gleiche ist wie in der Produktionsanlage kann es notwendig werden, einen sog. „Rücklauf“ einzurichten

bzw. zu berücksichtigen. Typisch für diese Problematik ist der Heizungs-rücklauf.

Die Bezugnahme der Einsatzenergie, da kein Produktionsergebnis direkt vorhanden ist, erfolgt hier hauptsächlich auf die jährlichen Betriebsstunden und in bestimmten Fällen auf die Außentemperatur (vgl. auch Abschn. 2.2.2.).



**Abb. 2.24.** Grundsätzliche Energiebilanz einer Nebenanlage

### 2.3.4. Die einfache Energiebilanz eines Betriebes

Als einfache Energiebilanz eines Betriebes wird im Folgenden der Fall dargestellt, dass ein eindeutig abgegrenztes Industrieunternehmen aus einer Umwandlungsanlage U, einer Produktionsanlage P und einer Nebenanlage N besteht. Diese Konstellation kommt im Praktischen eher selten vor.



Es lassen sich an diesem sog. U/P/N-Modell<sup>1</sup> alle maßgeblichen energetischen und energiewirtschaftlichen Zusammenhänge und Verflechtungen darstellen und sinnvolle Analyseansätze finden. Außer der Anordnung der drei Anlagentypen entstehen typische Verflechtungen zwischen den Elementen, wodurch sich das grundsätzliche U/P/N-Modell konfiguriert wird:

Aus dem U/P/N-Modell lautet die einfache Energiebilanz des Betriebes:

$$Q_{BU} + Q_{BP} + Q_{BN}(+Q_S) = Q_{VU} + Q_{VA} + Q_{VN} + Q_{NP} + Q_{NN} + Q_{UDA} \quad (2.66)$$

Und daraus:

$$\sum \text{Bezugsenergie} = \sum \text{Verluste} + \sum \text{Nutzenergie} + \sum \text{Energie an Dritte}$$

(2.66.1)

$$\sum Q_B = \sum Q_V + \sum Q_N + \sum Q_D$$

Diese einfache Energiebilanz nach dem U/P/N-Modell gilt prinzipiell für jeden eindeutig abgrenzbaren Betrieb/Produktionsbereich. Bestenfalls ist sie vereinfachbar, wenn die Umwandlung bezogener Energie dezentral jeweils innerhalb der Bilanzgrenze der Produktionsanlage und Nebenanlage erfolgt. Das ist z.B. der Fall, wenn die Heizungsanlagen dezentral in den Gebäuden installiert sind, oder wenn die Druckluftherzeugung zur Peripherie der Produktionsanlage innerhalb der Bilanzgrenze zugeordnet ist, oder wenn die Trafostation bzw. Druckreduzierstation Eigentum des Energieversorgers sind und damit außerhalb der Bilanzgrenze des Betriebes liegen.

Die einfache Energiebilanz eines Betriebes macht bereits deutlich, dass der gesamte Energiebedarf eines Industrieunternehmens nicht nur der für die Produktion ( $Q_{EP}$ ) ist. Er muss ergänzt werden durch den Bedarf der Nebenablagen ( $Q_{EN}$ ) und den Bedarf für die Energieumwandlung ( $Q_{EU}$ ) mit den daraus entstehenden Verflechtungen zur Produktion, zu den Nebenanlagen und unter Berücksichtigung einer eventuellen Energieabgabe an Dritte. Dass sich dieser komplexe Zusammenhang auch auf die Zu-

---

<sup>1</sup> Das U/P/N-Modell wurde vom Herausgeber nach langjährigen praktischen Arbeiten in den 80er Jahren entwickelt und am Lehrstuhl Energiewirtschaft der BTU Cottbus seit den 90er Jahren in die endgültige Form gebracht und umfassend in Lehre und praktischer Tätigkeit verwendet. Es ist auch logischer Bestandteil darauf aufbauender wissenschaftlicher Arbeiten, wie sie in den Kapiteln 3 und 4 noch dargestellt werden.

- |           |   |
|-----------|---|
| $Q_{BU}$  | Bezugsenergie für die Anlage U  |
| $Q_{BP}$  | Bezugsenergie für die Produktionsanlage   |
| $Q_{BN}$  | Bezugsenergie für die Nebenanlage   |
| $Q_{EU}$  | in der Umwandlungsanlage eingesetzte Bezugsenergie                                |
| $Q_{NRU}$ | aus der Nebenanlage rückgeführte und in der Umwandlungsanlage eingesetzte Energie |

$Q_{VU}$	Verluste in der Umwandlungsanlage
$Q_{UN}$	aus der Umwandlungsanlage abgegebene Energie an die Nebenanlage
$Q_{UP}$	aus der Umwandlungsanlage abgegebene Energie an die Produktionsanlage
$Q_{UD}$	aus der Umwandlungsanlage abgegebene Energie an Dritte
$Q_{EP}$	in der Produktionsanlage direkt eingesetzte Bezugsenergie, unter Berücksichtigung der zwischen Bezug und Einsatz stehenden Verluste ( $Q_{EP} \leq Q_{BP}$ )
$Q_{UPA}$	in der Produktionsanlage eingesetzte Energie aus der Umwandlungsanlage ( $Q_{UPA} \leq Q_{UP}$ )
$Q_{VA}$	gesamte Verluste in der Produktionsanlage
$Q_{NP}$	erforderliche Nutzenergie für die Durchführung des Produktionsprozesses
$Q_{EN}$	in der Nebenanlage direkt eingesetzte Bezugsenergie unter Berücksichtigung der zwischen Bezug und Einsatz entstehenden Verluste ( $Q_{EN} \leq Q_{BN}$ )
$Q_{UNA}$	in der Nebenanlage eingesetzte Energie aus der Umwandlungsanlage ( $Q_{UNA} \leq Q_{UN}$ )
$Q_{NN}$	erforderliche Nutzenergie für die Anwendung in der Nebenanlage
$Q_{NR}$	nach der Anwendbarkeit rückzuführende Energie aus der Nebenanlage

Aufgelöst nach den Haupt-Bedarfsgrößen lauten sie:

$$\begin{aligned}Q_{EU} &= Q_{UP} + Q_{UN} + Q_{UD} + Q_{VU} - (Q_{NRU}) & (2.67) \\Q_{EP} &= Q_{NP} + Q_{VA} - Q_{UPA} - (Q_S) \\Q_{EN} &= Q_{NN} + Q_{VN} - Q_{UNA} + (Q_{NR})\end{aligned}$$

Die Summe der Einsatzenergien in der hier dargestellten Form lässt unbeachtet, dass beim Transport und bei der Bereitstellung der Energieträger im Betriebssystem ebenfalls Verluste zu berücksichtigen sind. Im Folgenden werden zum Beispiel Nutzungsgrade<sup>2</sup> der Transport- und Bereitstellungseinrichtungen in die Bilanzierung eingeführt. So sind:

$$Q_B = Q_{BU} + Q_{BP} + Q_{BN} = \frac{Q_{EU}}{n_{BU}} + \frac{Q_{EP}}{n_{BP}} + \frac{Q_{EN}}{n_{BN}} \quad (2.68)$$

Ebenfalls werden die entstehenden Verluste der Verteilung zwischen den Elementen wie folgt berücksichtigt:

---

<sup>2</sup> Gilt auch für Wirkungsgrade bei Leistungsbilanzen

$$\begin{aligned} Q_{UP} &= \frac{Q_{UPA}}{n_{UP}} \\ Q_{UN} &= \frac{Q_{NRU}}{n_{NR}} \\ Q_{UD} &= \frac{Q_{UDA}}{n_{UD}} \end{aligned} \quad (2.69)$$

$n_{BU}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Bilanzgrenze zur Umwandlungsanlage
$n_{BP}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Bilanzgrenze zur Produktionsanlage
$n_{BN}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Bilanzgrenze zur Nebenanlage
$n_{UP}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Umwandlungsanlage zur Produktionsanlage
$n_{UN}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Umwandlungsanlage zur Nebenanlage
$n_{NR}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Nebenanlage zur Umwandlungsanlage (Rückführung)
$n_{UD}$	Nutzungsgrad der Bereitstellung von Energie von der Umwandlungsanlage zur Bilanzgrenze (Übergabestelle)

Damit ist der gesamte Bedarf an Bezugsenergie eines einfachen Betriebssystems:

$$\begin{aligned} \sum Q_B &= \frac{1}{n_{BU}} \left( Q_{VU} + \frac{Q_{UDA}}{n_{UD}} \right) + \frac{1}{n_{BP}} (Q_{NP} + Q_{VA} - (Q_S)) + \frac{1}{n_{BN}} (Q_{NN} + Q_{VN}) \\ &+ Q_{UPA} \left( \frac{1}{n_{BP}} + \frac{1}{n_{BU} \cdot n_{UP}} \right) + Q_{UNA} \left( \frac{1}{n_{BN}} + \frac{1}{n_{BU} \cdot n_{UN}} \right) \\ &- Q_{NRU} \left( \frac{1}{n_{BU}} + \frac{1}{n_{BN} \cdot n_{NU}} \right) \end{aligned} \quad (2.70)$$

Das hier dargestellte U/P/N-Modell ist die qualitative Darstellung aller Verflechtungen wie sie im Industrieunternehmen prinzipiell vorhanden sind. Sie teilen sich grundsätzlich in

- alle Energieflüsse, die als Bezugsenergie (-träger) in die Bilanz eintreten, eventuell ergänzt durch  $Q_S$ ,
- alle Energieflüsse, die als Verluste die Bilanzgrenze verlassen,
- Nutzenergien in P und N, die mathematisch als Output erfasst werden,
- alle Energieflüsse, die die Umwandlungsanlage verlassen und in P und/oder N zur Anwendung kommen (in absoluten Einzelfällen eventuell auch von P nach N),
- eventuelle Rückführungen aus N (eventuell auch aus P)
- eventuelle Abgabe von Energie/Energieträgern aus der Umwandlungsanlage an Dritte (in Ausnahmefällen auch aus P).

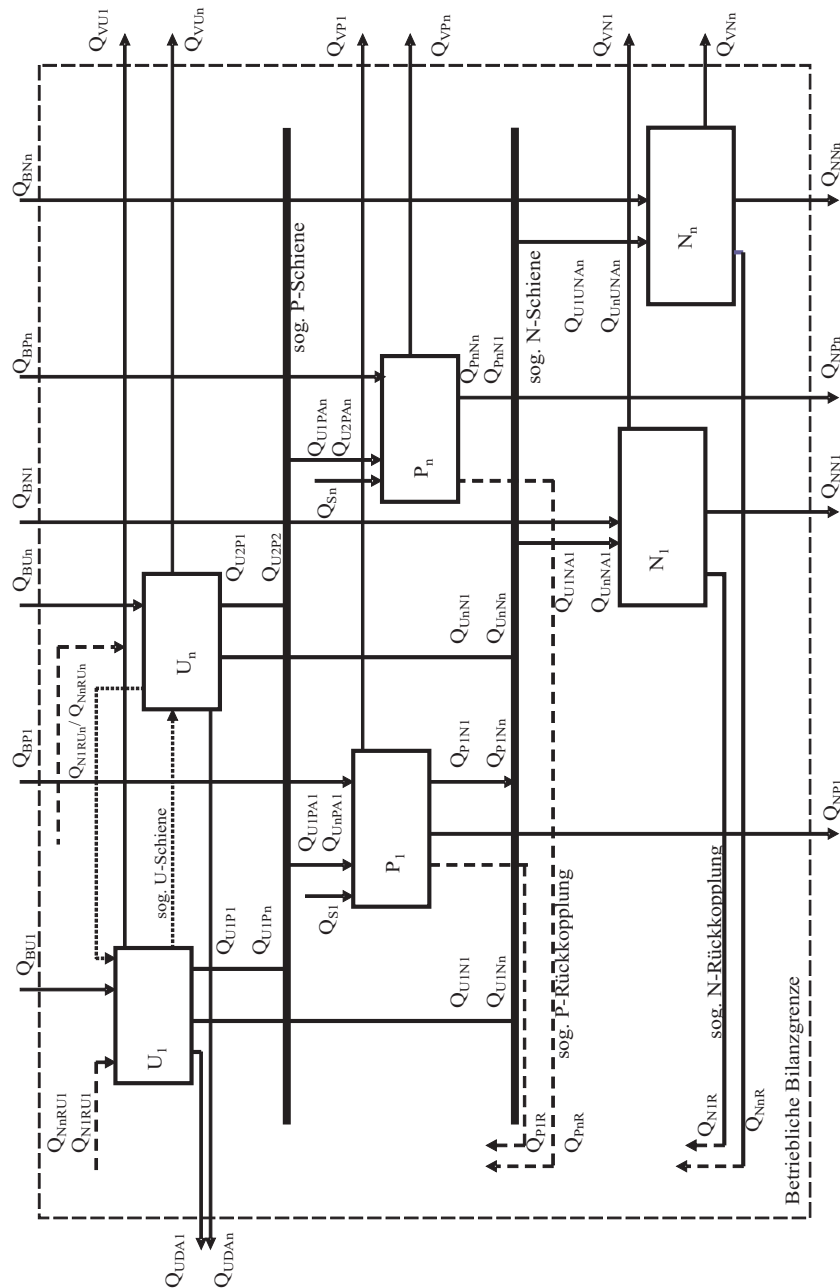
Nach Gl. 2.70 ist prinzipiell der Gesamtbedarf des Betriebes an Bezugsenergie aus den Bedarfsgrößen des betrieblichen Bereichs (Elemente) unter Berücksichtigung aller betrieblichen Verteilungsverluste und möglicher Energieabgabe quantifizierbar. Grundsätzlich bietet das U-, P-, N-Modell eine strukturierte Basis der allgemeinen, methodischen Abbildung der Energiebilanzen im Einzelnen und im Zusammenhang. Es ist auch die Basis für eine rechentechnische Darstellung des Betriebssystems aus energetischer Sicht.

### **2.3.5. Das industrielle energetische System**

Die quantitative Darstellung des U-, P-, N-Modells wird wesentlich komplexer mit zunehmender Anzahl der Energieträger und mit jeweils mehr als einer Anlage der Elemente U, P und N. Man spricht dann von einem industriellen energetischen System, zu erkennen an der U-, P- und N-Schiene.

In Abb. 2.26. ist ein industrielles energetisches System, bestehend aus jeweils 1...n Umwandlungs-, Produktions- und Nebenelementen, dargestellt. Mit der Einführung der U-, P- und N-Schiene finden alle Querverbindungen zwischen den nebeneinander liegenden U/P/N-Modellen ihren Ausdruck. Die zunehmende Komplexität ist deutlich zu erkennen.

In der praktischen Anwendung findet in den meisten Fällen eine ungleichmäßige Erweiterung des Ausgangssystems statt. Durch die Aufnahme des Bezugs ganz konkreter Energieträger und ihre ebenso konkrete Verwendung fallen einige hier als Möglichkeiten dargestellte Verbindungen heraus. Es entsteht das jeweils modifizierte System für jeden einzelnen Anwendungsfall. Für das betriebliche Energiemanagement des industriellen Systems muss ein Energie-Bezugs-Planungs- und Steuerungssystem (EBPS-System) möglich werden. Ein Ansatz dazu wird in Kap. 4 diskutiert.



**Abb. 2.26.** Das industrielle energetische System, dargestellt mit jeweils  $n$  Umwandlungs-, Produktions- und Nebenelementen

Energiemanagement-Tools

Anwendung im Industrieunternehmen

Schieferdecker, B.; Fünfgeld, C.; Bonneschky, A. -

Schieferdecker, B. (Hrsg.)

2006, VIII, 303 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-25478-2