

Projektmanagement im Maschinen- u. Anlagenbau und Dienstleistungsbereich

1. Was ist Projektmanagement?

DIN 69900 ff. in F&E-Fertigung-Organisation-Bau, Techn. Grundlagen: Maschinenbau-Energie-Anlagenbau (wahlweise)

2. Organisation des Projektmanagements

Funktional – Sparten – Matrixorganisation, Zentrales/Dezentrales Projektmanagement

3. Aufgaben des Projektmanagements

Ziel-Aufbau-Ablauf-Planung-Steuerung, Verhaltensgitter (Projektleiter) von Blake und Mouton

4. Projektverantwortung

Projektleiter-Fachbereiche-Steuerungsgremium, Schnittstellenproblematik

5. Das Projektteam und seine Aufgaben

Verzahnung der Fachdisziplinen, Geschlossenes/Offenes PM-Team, Internes/Externes PM, Kommunikationsaufwand

6. Projektabwicklung, Lastenheft und Pflichtenheft

Praxisbeispiele „technisch wünschbar“ vs. „fachlich machbar“, isometrische Modelle

7. Projektphasen

Produktentwicklung, Meilensteine, Phasenberg, Projektmanagementzyklus, Lebensdauerkurven

8. Projektplanung und Regelkreis

Leistung-Kapazität-Termine-Kosten, Produkt-/Projektstruktur, Verfahrenstechn./Projektmanagement-Regelkreis

9. Werkzeuge der Projektplanung und Grundlagen der Netzplantechnik

Gantt, CPM, PERT, MPM, Vorgangsliste, Netzplan-Fragment, Netzplan

10. Mathematische Methoden der Projektschätzung

Mehrpunktschätzung, Verteilungskurven, Betaverteilung, Standardabweichung

11. Projektcontrolling

Planabweichung, Earned value-Analyse, Analogie von Projekt-Trendanalyse und Konstruktionsgrundsätzen

12. Projektaufbereitung und Risikoanalyse von Projekten

Checkliste, Dokumentation, Techn.-wirtschaftl. Risiken, TWR- Positionen im Kalkulationsschema

13. Projektmanagement-Konzept

Drei-Säulen-Hypothese, Philosophenschulen

14. Zusammenfassung / Repetitorium



1. Was ist Projektmanagement?

- 1.1 Semantik zum Projektmanagement (Latein)
- 1.2 Was ist ein Projekt?
- 1.3 Definition „Projekt“
- 1.4 Projektarten
- 1.5 Was ist Projektmanagement
- 1.6. Definition „Projektmanagement“
- 1.7 Normen-Übersicht zum Projektmanagement
- 1.8 Historische Entwicklung
- 1.9 Literatur
- 1.10 Warum Projektmanagement? I
- 1.11 Warum Projektmanagement? II
- 1.12 Techn. Grundlagen Maschinenbau – Energie - Anlagenbau
- 1.13 Die Probleme, die es in der Welt gibt... (A. Einstein, 1879-1955)

Semantik zum Projektmanagement (Latein)

<u>Infinitiv</u>	<u>1. Pers. Präs.</u>	<u>1. Pers. Perf.</u>	<u>Partiz. Perf.</u>	<u>Deutsch (Infinitiv)</u>
iacere	iacio	ieci	iactum	werfen
proicere	proicio	proieci	proiectum	vorwerfen, nach vorne werfen (Lehn- wort „projizieren“)
agere	ago	egi	actum	handeln, treiben, tun, erledigen, bewerk- stelligen
<u>Substantiv</u>				
manus, -ūs, f. (4., u-Deklination)				die Hand
manu agere				mit(tels) der Hand erledigen

Menschlicher „Handbetrieb“, als die dem Nutzbetrieb durch Pferde, Ochsen, Esel, Wasserkraft etc. überlegene Form einer Erledigung.

Was ist ein Projekt?

Ein **Projekt** ist eine besondere, umfangreiche Aufgabe mit hohem Schwierigkeitsgrad und Risiko.

Aufgaben, die außergewöhnliche Vorhaben sind, werden in der Regel als **Projekte** bezeichnet.

Projekte

sind zeitlich prinzipiell begrenzte Aufgaben von relativer Neuartigkeit, die ein auf die Steuerung von „normalen“ Daueraufgaben eingerichtetes Management vor besondere Probleme stellt.

Definition „Projekt“:

Nach DIN 69901 lautet die Definition:

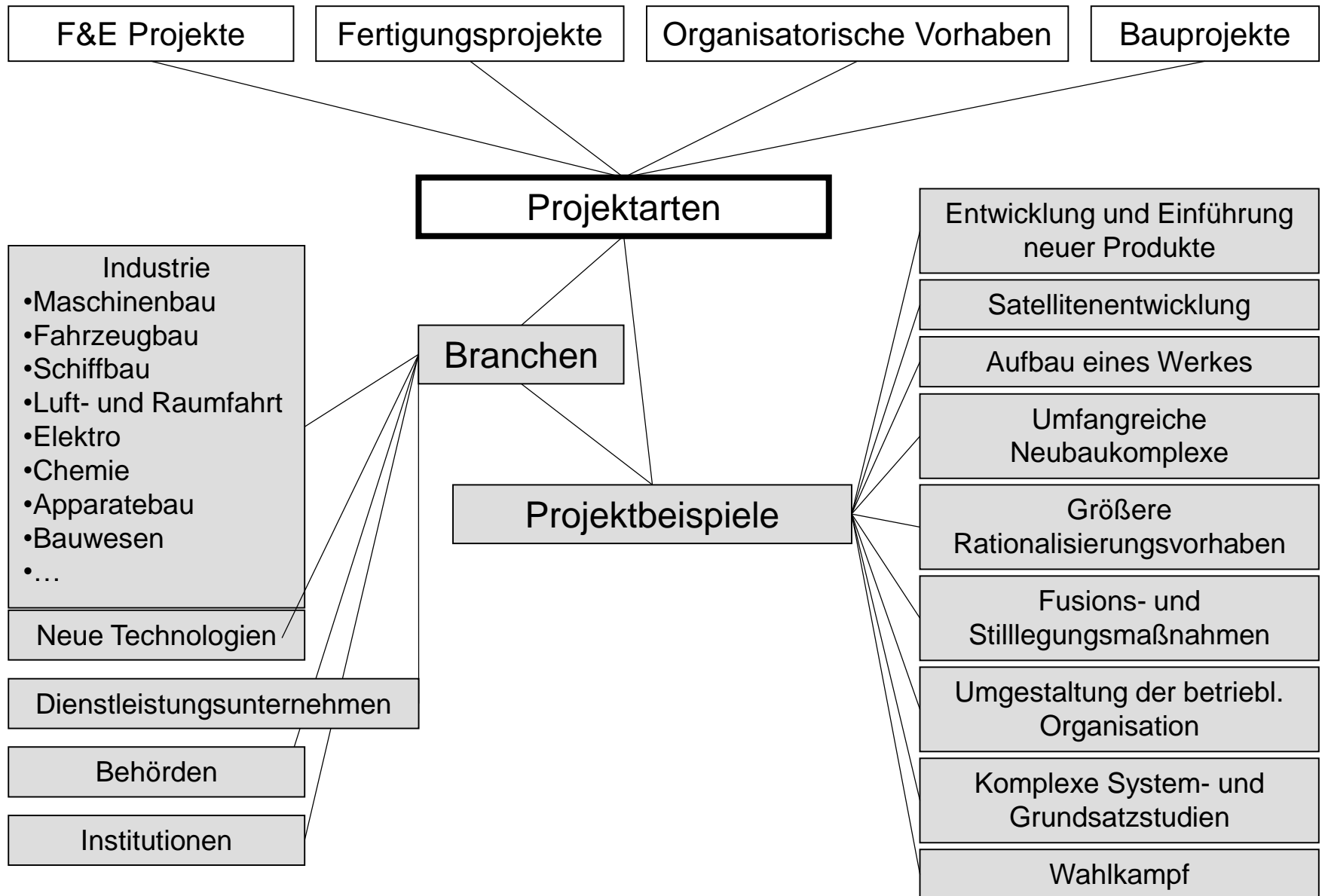
„Vorhaben, das im wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist, wie z.B.:

- Zielvorgabe
- zeitlich, finanzielle oder andere Begrenzungen
- Abgrenzungen gegenüber anderen Vorhaben
- projektspezifische Organisation.“

Oder allgemein:

Ein Projekt

ist eine besondere, umfangreiche und zeitlich begrenzte Aufgabe von relativer Neuartigkeit mit hohem Schwierigkeitsgrad und Risiko, die in der Regel enge fachübergreifende Zusammenarbeit aller Beteiligten fordert.



Was ist Projektmanagement?

Projektmanagement ist eine

- Führungskonzeption oder ein Führungsinstrument
- direkte, fachübergreifende Koordination der Planungs-, Steuerungs- und Entscheidungsprozesse, bei fachübergreifenden Aufgabenstellungen
- systematische Anwendung erprobter Verfahren aus den Gebieten der
Führungslehre,
Organisationstechnik,
Informationstechnik und der
Entscheidungstheorie

Quelle: G.C. Heuer, Projektmanagement



Definition „Projektmanagement“:

Nach DIN 69901 lautet die Definition:

„ Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und –mittel für die Abwicklung eines Projektes.“

Oder allgemein:

Projektmanagement

ist eine **Führungskonzeption** für direkte **fachübergreifende Koordination** von
Planung, Entscheidung, Realisierung,
Überwachung und Steuerung bei der Abwicklung
interdisziplinärer Aufgabenstellungen.

Normen-Übersicht zum Projektmanagement

DIN 69900	Netzplantechnik: Formen Netzplanarten Darstellung Ablauf Strukturplanung Zeitplanung Entscheidungsnetzplantechnik	DIN 69902	Einsatzmittel (Ressourcen): Zeit, Kapazität, Arbeitsmenge
		DIN 69903	Kosten, Leistung, Finanzmittel: Projektbezogene Kosten- und Leistungsrechnung
DIN 69901	Projektmanagement: Grundbegriffe Projektgliederung Personale Führungsorganisation Führungsinformation	DIN 276	Kosten im Hochbau: Planung, Ermittlung, Steuerung, Gliederung

Beuth-Verlag: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin,
Tel.: 030-2601-2260, <http://www.beuth.de>

Normenkatalog mit den meisten Normen über die VW-Bibliothek digital zugänglich



Historische Entwicklung

Das Führungskonzept *Projektmanagement* wurde Mitte bis Ende der 50er Jahre in den USA entwickelt. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, daß die Durchführung komplexer Vorhaben mit einer größeren Anzahl spezialisierter Fachleute aus unterschiedlichen organisatorischen Bereichen neue Organisationsstrukturen und Managementmethoden erfordert. Dies wurde im militärischen Bereich bei der Entwicklung von Waffensystemen und bei der Realisierung von Raumfahrtprogrammen deutlich und führte zur Entwicklung neuer Führungskonzepte und Managementtechniken.

Maßgeblichen Anteil an der **Entwicklung** des *Projektmanagements* hatten amerikanische Regierungsstellen, denen eine rasche Verbreitung des *Projektmanagements* in der Industrie dadurch gelang, daß in Regierungsaufträgen der Einsatz von Projektmanagementmethoden zur Auflage gemacht wurde.

Die **Verbreitung** dieser Führungsmethodik wurde in den USA durch die Advanced Management-Schools forciert, die sich schon früh mit verschiedenen Managementkonzepten beschäftigt haben. Als Vertreter dieser Richtung ist z.B. die Harvard-Business-School zu nennen.

Eine schnelle Aufnahme fand das *Projektmanagement* in der Forschung und Entwicklung der Bauindustrie und im Großanlagenbau. Entscheidenden Anteil daran hatten u.a. die in den Jahren 1957/58 entwickelten Netzplantechnik-Verfahren PERT und CPM, die die Planung und Kontrolle in großen und komplexen Projekten deutlich verbesserten.

In der ersten Phase konzentrierte sich die Anwendung auf die Entwicklung technischer Systeme. Mit der zunehmenden Verbreitung der EDV im kommerziellen Bereich wurde das Einsatzfeld des *Projektmanagements* auch auf soziotechnische Aufgabenstellungen ausgeweitet, wie z.B. die Einführung rechnergestützter Informationssysteme.

In Anlehnung an J. Platz u. H. Schmelzer, Projektmanagement in der industriellen F&E



- Bernecker, Gerhard** (2001): „Planung und Bau verfahrenstechnischer Anlagen“, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 4. Auflage
- Burghardt, Manfred** (2007): „Einführung in Projektmanagement : Definition, Planung, Kontrolle, Abschluß“, Siemens AG, Berlin/München, 5. Auflage
- Cleland, David I.** (2006): „Project Management: Strategic Design and Implementation“, Irwin/McGraw Hill, 5. Auflage
- End, Wolfgang; Gotthardt, Horst; Winkelmann, Rolf** (1986): „Softwareentwicklung : Leitfaden für Planung, Realisierung und Einführung von DV-Verfahren“, Siemens AG, Berlin/München, 5. Auflage
- Hansel, Jürgen; Lohmnitz, Gero** (2000): „Projektleiter-Praxis“, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 3. Auflage
- Kessler, Heinrich; Winkelhofer, Georg A.** (2004): „Projektmanagement: Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten“, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 4. Auflage
- Kochendörfer, Bernd; Liebchen, Jens H.; Viering, Markus G.** (2007): „Bau-Projekt-Management : Grundlagen und Vorgehensweisen“, Teubner, Stuttgart/Leipzig, 3. Auflage
- Litke, Hans-Dieter** (2007): „Projektmanagement : Methoden, Techniken, Verhaltensweisen. Evolutionäres Projektmanagement“, Hanser, München, 5. Auflage
- Madauss, Bernd J.** (2009): „Handbuch Projektmanagement“, Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 7. Auflage
- Meredith, Jack R.; Mantel, Samuel J.** (2000): „Project Management : A managerial approach“, Wiley, New York/Weinheim et al., 4. Auflage
- Patzak, Gerold; Rattay, Günter** (2008): „Projektmanagement“, Linde Verlag, 5. Auflage
- Pinto, Jeffrey K.; Morris, Peter W.G.** (2004): „The Wiley Guide to Managing Projects“, Wiley VCH, Weinheim
- Platz, Jochen; Schmelzer, Hermann J.** (1993): „Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung : Einführung anhand von Beispielen aus der Informationstechnik“, Springer, Berlin/Heidelberg/New York
- Reschke, Hasso; Schelle, Heinz** (1989): „Handbuch Projektmanagement Band 1 und 2“, Verlag TÜV Rheinland, Köln
- Schmitz, Heiner; Windhausen, Michael P.** (1986): „Projektplanung und Projectcontrolling : Ein Beitrag zur Planung und Überwachung von komplexen Entwicklungsvorhaben“, VDI Verlag, Düsseldorf
- Seibert, Siegfried** (1998): „Technisches Management : Innovationsmanagement, Projektmanagement, Qualitätsmanagement“, Teubner, Stuttgart/Leipzig
- Steinbuch, Pitter A.** (2002): „Projektorganisation und Projektmanagement : Moderne Organisation für Praxis und Studium“, Friedrich Kiel Verlag, Ludwigshafen, 2. Auflage
- Weiss, Josph W.; Wysocki, Robert K.** (1992): „5-Phase Project Management : A Practical Planning and Implementation Guide“, Addison-Wesley, Reading (USA)
- Wieczorrek, Hans W.; Mertens, Peter** (2008): „Management von IT-Projekten : Von der Planung zur Realisierung“, Springer, Berlin/Heidelberg/New York, 3. Auflage [online verfügbar über TU-Bibliothek]
- Zielasek, Gotthold** (1999): „Projektmanagement als Führungskonzept : Erfolgreich durch Aktivierung aller Unternehmensebenen“, Springer, Heidelberg/Berlin/New York, 2. Auflage [vergriffen, Vorlage an TIM-Lehrstuhl]

Warum „Projektmanagement“? I

1. Reduzierung von Risiken bei der Projektarbeit

aufgrund von:

- Fehlbesetzungen
- Konfliktsituationen
- Konkurrenzsituationen
- mangelndem Informationsfluss
- Kompetenzstreitigkeiten und Kompetenzüberschreitungen

2. Anwendung professioneller Projektarbeit

3. Praktizierung echter Teamarbeit

4. Förderung der persönlichen und fachlichen Qualifikation der Projektmitarbeiter

5. Steigerung der Kreativität und Innovationsfähigkeit

Warum „Projektmanagement“? II

6. **Zielorientierte Kooperation**
7. **Nutzung projektfördernder Werkzeuge**
8. **Konsequente Projektplanung**
(einschl. Ressourceneinteilung sowie Zeit- und Kostenplanung)
9. **Verbesserung des Informationsflusses und –austausches**
10. **Erhöhung der Effizienz bei der Projektarbeit**

Techn. Grundlagen Maschinenbau - Energie (Thermodynamik) - Anlagenbau

- 1.12.1 1. Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz)
- 1.12.2 2. Hauptsatz der Thermodynamik (Energieentwertungs-/Entropiesatz)
- 1.12.3 3. Hauptsatz der Thermodynamik (Wärmethorem)
- 1.12.4 0. Hauptsatz der Thermodynamik (kinetische Gastheorie)
- 1.12.5 Alle vier Hauptsätze der Thermodynamik
- 1.12.6 Perpetua mobilia 1. und 2. Ordnung
- 1.12.7 Wasserfall (1961) Lithographisches Perpetuum mobile (M.C. Escher)
- 1.12.8 Stromerzeugung durch EEQ, Kohle, Kernkraft (Auswahl)
- 1.12.9 Großanlagenbau – Prinzipskizze Wärme-(Kern-)kraftwerk
- 1.12.10 Großanlagenbau – Prinzipskizze Gas- und Dampfturbinenkraftwerk
- 1.12.11 Gasturbinensatz SGT5-8000H, 340 MW, 444 t
- 1.12.12 Energieeffizienz in Deutschland
- 1.12.13 Umweltbelastung durch Energiearten (CO₂-Emissionen)

Julius Robert Mayer, James Prescott Joule, Mechanisches Wärmeäquivalent (1842)

(1814-1878)

(1818-1889)

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = n \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$\Delta W = p \cdot \Delta V$$

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

(ΔW wird aus ΔQ verrichtet)

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W$$

(ΔW wird von außen verrichtet)

ΔQ Zu-/abgeführte Wärmemenge [Joule] früher [kcal], $1 \text{ kcal} = 4,19 \cdot 10^3 \text{ J}$

c Spez. Wärmekapazität eines Stoffes/Körpers $\left[\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$ früher $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right]$

m Masse eines Körpers [kg]

ΔT Temperaturerhöhung /-erniedrigung (Erwärmung / Abkühlung) [K] früher [$^\circ\text{C}$]

ΔU Zuwachs/Verlust an innerer Energie (eines Gases) [J]

n Stoffmenge (eines Gases) [mol, kmol]

$C_{v,p}$ Wärmekapazität (eines Gases) bei konstantem Volumen (V) bzw. Druck (p) $\left[\frac{\text{Joule}}{\text{K}} \right]$ früher $\left[\frac{\text{kcal}}{^\circ\text{C}} \right]$

ΔW Zuwachs / Verbrauch an äußerer (mechanischer) Arbeit (bei der Volumenveränderung) [kpm]

V Volumen [cm^3 , m^3]

p Druck [N/cm^2], früher [kp/cm^2], $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$

Wärmemenge und mechanisches Arbeitsvermögen sind zwei Erscheinungsformen derselben physikalischen Größe, die man als Energie (früher: Kraft) bezeichnet

Arbeit mech.(früher) $1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ Joule} = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ kcal}$

“ “ (heute) $1 \text{ Nm} = 1 \text{ Joule} = 2,34 \cdot 10^{-4} \text{ kcal}$

Leistg.mech.(früher) $1 \text{ kpm/s} = 9,81 \text{ Watt} = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ kcal/s}$

“ “ (heute) $1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ Watt} = 2,34 \cdot 10^{-4} \text{ kcal/s}$

Arbeit elektr. $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Joule} = 860 \text{ kcal}$

Leistung elektr. $1 \text{ kW} = 102 \text{ kpm/s} = 1 \text{ kNm/s} = 1,36 \text{ PS}$

Mittelklasse-PKW **100 kW** **=** **136 PS**

Rudolf Clausius (1854), Äquivalenzwert der Energieverwandlung

(1822-1888)

Entropiezuwachs: $\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad \left[\frac{J}{K} \right]$ $T [K]$: Temperatur, bei der die Zu-/Abführung der Wärmemenge $dQ [J]$ erfolgt.

- ΔS = Maß der Energieverwandlung vom Zustand 1 auf 2 in Richtung einer Entwertung
- $\Delta S \rightarrow$ Maximum, wenn die in einem geschlossenen System wirkende Energie ihre Fähigkeit zu wirken verloren hat, d.h. vollständig entwertet ist
- $\Delta S \geq 0$ bei reversiblen Prozessen.
- $\Delta S > 0$ bei irreversiblen Prozessen (in der Natur kommen in geschlossenen Systemen nur diese vor)

Wirkungsgrad der idealen Wärmekraftmaschine zur Umwandlung von Wärme in Arbeit (Carnot'scher Kreisprozeß)

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$Q_1$$

$$Q_2 = Q_1 - A$$

$$A = Q_1 - Q_2$$

Zugeführte Wärme bei (höherer) Temperatur T_1
 Nicht in Arbeit umgewandelte Wärme, die bei (tieferer) Temperatur T_2 wieder abgegeben wird.
 In Arbeit umgewandelte Wärme

Schon bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt von $-273,15^{\circ}\text{C}$ (0K) nimmt die Energieverwandlung (Entropie) eines thermodynamischen Systems – unabhängig vom Druck oder Volumen – den Wert 0 an, d.h. der absolute Nullpunkt ist nicht erreichbar.

(Walther Nernst (1864 – 1941), Wärmetheorem 1906, Nobelpreis Chemie 1920)

Definition der Temperatur als Zustandsgröße aus der kinetischen Gastheorie
 durch Daniel Bernoulli (1700 – 1782), J.C. Maxwell (1831 – 1879) und
 Ludwig Boltzmann (1844 – 1906)

Die Temperatur T ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie W_{kin} der Atome bzw. Moleküle eines Systems

$$W_{\text{Kin}} = \frac{k \cdot T \cdot 3}{2} \quad [\text{Joule}]$$

k = Boltzmann'sche Konstante = $1,381 \cdot 10^{-23}$ [Joule/K]

$k = R/N$

R = Allgem. Gaskonstante = $8,314 \cdot 10^3$ [Joule/mol · K]

N = Avogadro'sche (früher Loschmidt'sche) Konstante
 (Zahl) = $6,022 \cdot 10^{23}$ /mol

Je höher T , desto größer W_{kin} . Am absoluten Nullpunkt (bei $0 \text{ K} = -273,16 \text{ °C}$), der tiefstmöglichen Temperatur eines Körpers, haben die Teilchen keine Bewegungsenergie mehr.

0. Hauptsatz

Kin. Gastheorie

(1738)

(1860)

$$W_{\text{kin}} = \frac{k \cdot T \cdot 3}{2} [\text{Joule}]$$

Daniel Bernoulli 1700-1782

J.C. Maxwell 1831-1879

Ludw. Boltzmann 1844-1906

k = Boltzmann'sche Konstante = $1,381 \cdot 10^{-23}$ [Joule/K]

Mittl. kinetische Energie der Atome wächst proportional zur Temperatur T . Bei $0 \text{ K} = -273,15 \text{ °C}$ haben die Teilchen keine Bewegungsenergie mehr.

1. Hauptsatz

Erhaltungssatz

Mech. Wärme-
äquivalent

(1842)

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T [\text{Joule}]$$

Julius Rob. Mayer 1814-1878

James P. Joule 1818-1889

c = spez. Wärmekapazität eines Stoffes/Körpers [$\frac{\text{Joule}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$]
 m = Masse eines Körpers [kg]

Arbeit mech.(früher) 1 kpm = 9,81 Joule = $2,34 \cdot 10^{-3}$ kcal

“ “ (heute) 1 Nm = 1 Joule = $2,34 \cdot 10^{-4}$ kcal

Leistung mech.(früher) 1 kpm/s = 9,81 Watt = $2,34 \cdot 10^{-3}$ kcal/s

“ “ (heute) 1 Nm/s = 1 Watt = $2,34 \cdot 10^{-4}$ kcal/s

Arbeit elektr. 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ Joule = 860 kcal

Leistung elektr. 1 kW = 102 kpm/s = 1 kNm/s = 1,36 PS

Mittelklasse-PKW 100 kW = 136 PS

2. Hauptsatz

Entwertungssatz

Entropiesatz

(1854)

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{dT} \left[\frac{\text{J}}{\text{K}} \right]$$

Rud. Clausius 1822-1888

T [K] = Temperatur, bei der die Zu-/Abführung der Wärmemenge dQ [J] erfolgt. ΔS = Energiewandlung von $1 \rightarrow 2$ in Richtung einer Entwertung (Entropiedifferenz).

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Q_1 = Zugeführte Wärme, bei höh. Temp T_1
 Q_2 = Nicht in Arbeit gewandelte Wärme } η des Carnot-Kreisprozesses

3. Hauptsatz

Wärmethorem

(1906)

$$\lim_{T \rightarrow 0} s(p, V, \dots) = s_0$$

Walther Nernst 1864-1941

(Nobelpreis Chemie 1920)

Schon bei Näherung an den absoluten Nullpunkt von $-273,15 \text{ °C}$ (0 K) nimmt die Entropie eines Systems (unabhängig von p oder v) den Wert 0 an, d.h. sie bleibt konstant. Der absolute Nullpunkt ist also nicht erreichbar.

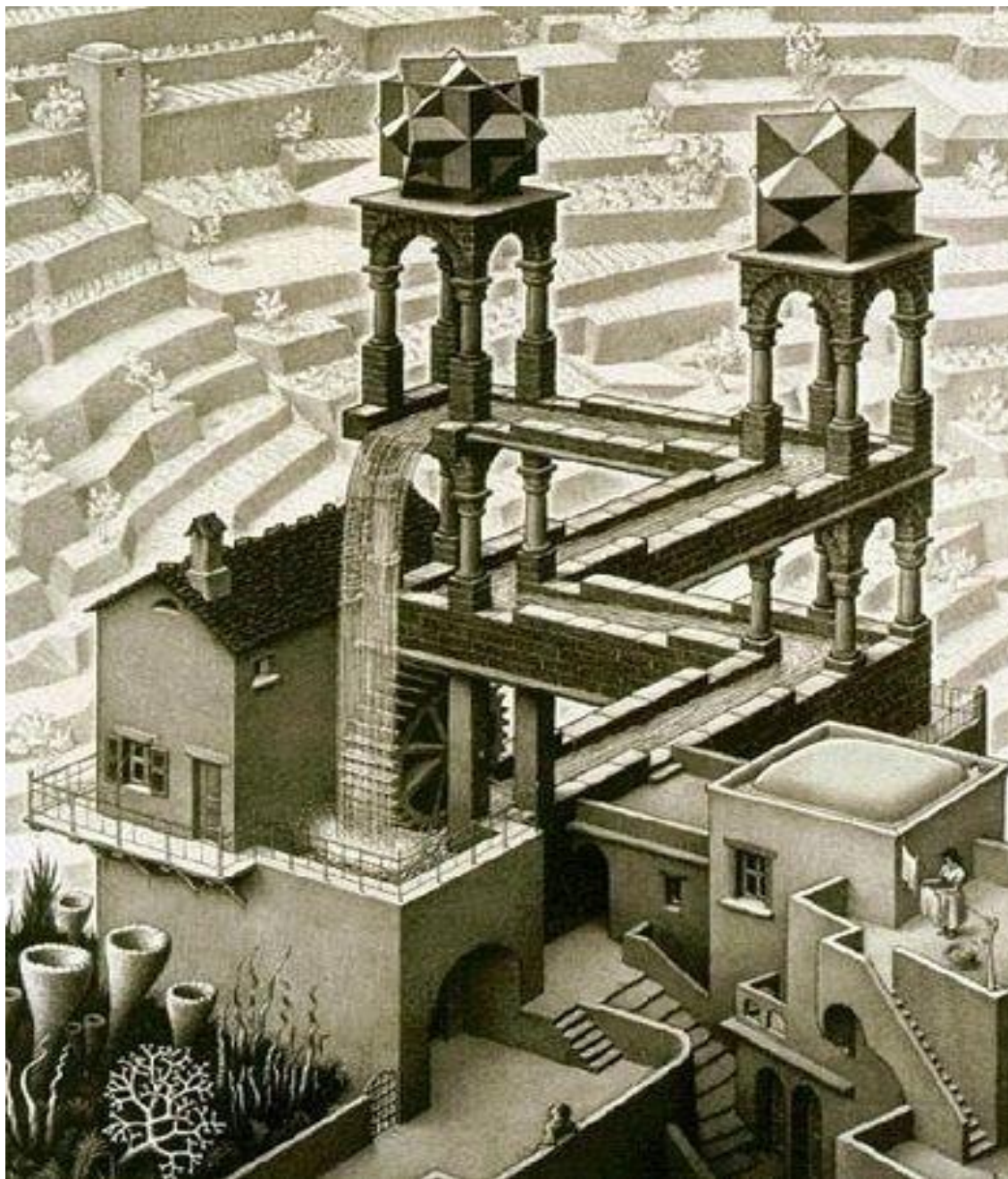


Perpetuum mobile: (erster Art) Wärmeenergie kann unbegrenzt in mechanische Energie (Antriebsenergie für Industrie- und Haushaltsmaschinen) umgewandelt werden, d.h. dass keine Energie verloren geht (Energieerhaltungssprinzip, Mayer, Joule, 1842); die Ressourcen dieser Energie, sofern fossile Brennstoffe verwendet werden, sind jedoch begrenzt, fallen also für eine Energiezufuhr irgendwann aus. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik sagt daher u.a. aus, dass es kein Perpetuum mobile erster Art geben kann, das dauernd mechanische Arbeit (für Industrie und Haushalt) verrichtet, also Energie nach außen abgibt, ohne dass ihm von außen Energie zugeführt wird.

Überleitung: Der Energieerhaltungssatz beschreibt das Gleichgewicht der hin und her gewandelten Energien, er sagt aber nichts aus über die Richtung, in welche die vorhandene Energie in die angestrebte Energie umgewandelt wurde oder werden soll.

Perpetuum mobile: (zweiter Art) Umwandlungen von einer Energieform in eine andere sind mit einer Entwertung der Energie verbunden, von Clausius 1854 als Entropie bezeichnet, die wegen der immer vorhandenen Entwertung der umgewandelten Energie nur als Entropiezuwachs (ΔS) erfaßt werden kann (Energieentwertungssatz). Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik sagt damit u.a. aus, dass es auch kein Perpetuum mobile zweiter Art geben kann, das aus einer vorhandenen Wärme dauernd mechanische Energie erzeugt, ohne dass es in der Umgebung, d.h. den vor- oder nachgelagerten Subsystemen zu einer Entwertung kommt.

(nach Knizia, K., S. 52-56)



„Perpetuum mobile“
Optische Täuschung
Lithographie 378 x 300

M.C. Escher (1898-1972)
Holländ. Graphiker

Energieerzeugung und Klimaschutz im Fokus des Großanlagenbaus



Kohle, 700 MW, Heilbronn (Neckar)



Kernkraft, 1360 MW, Grohnde (Weser)



Wasser, 105 MW, Verzasca (Tessin)



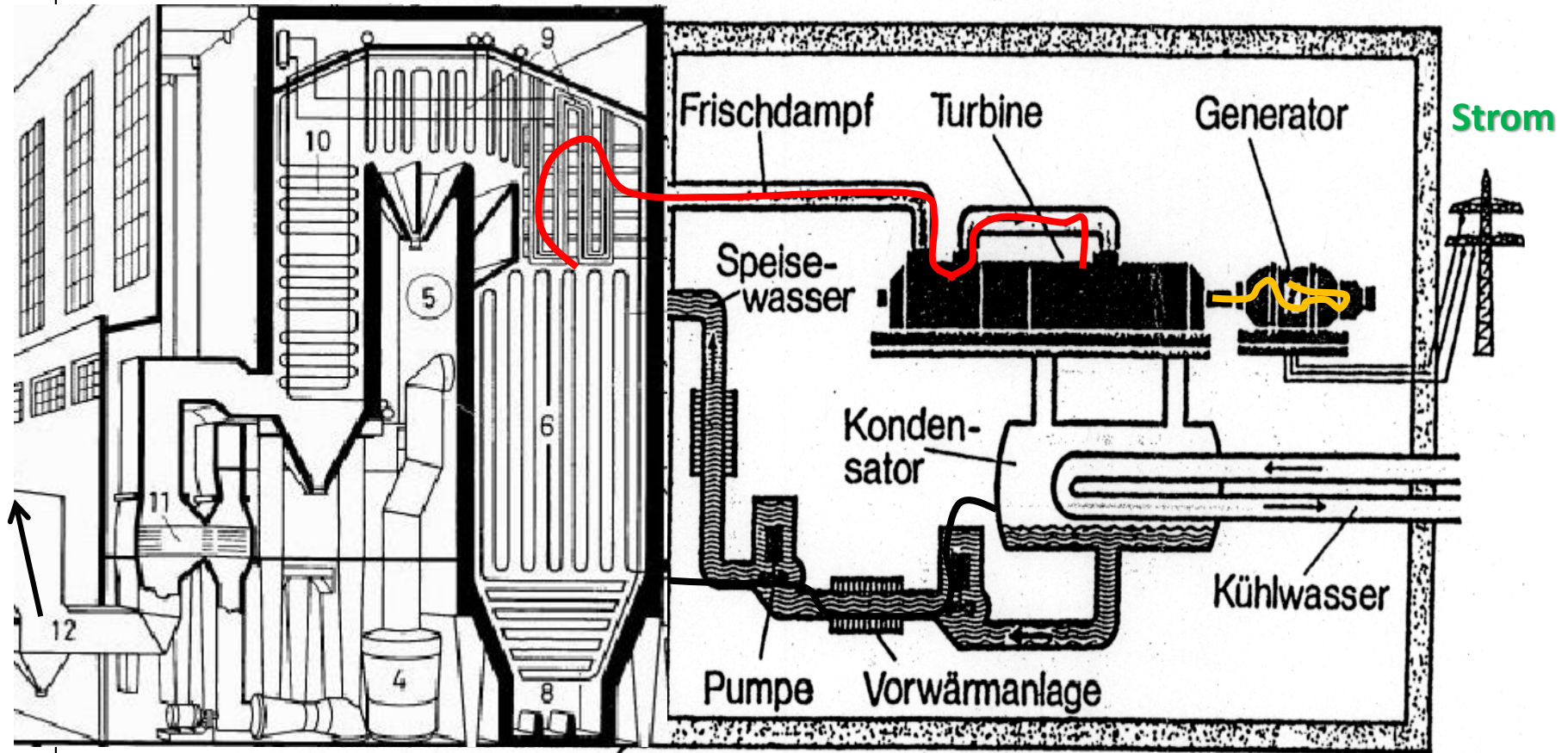
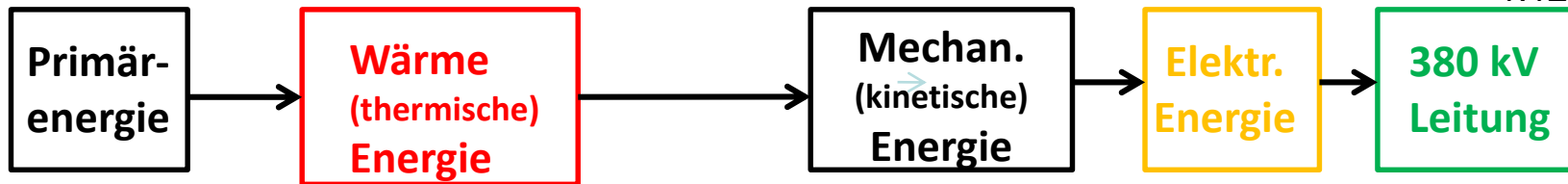
Wind, 35 x 750 kW, Lelystad (NL)



Biomasse, 16 MW, Herbrechtingen



Solar, 5 MWp, Espenhain



Dampfkessel
(Kohle, Gas, Öl, Abfall)

4. Kohlenmühle

5. Dampfkessel (2-zügig)

6. Verbrennungsraum

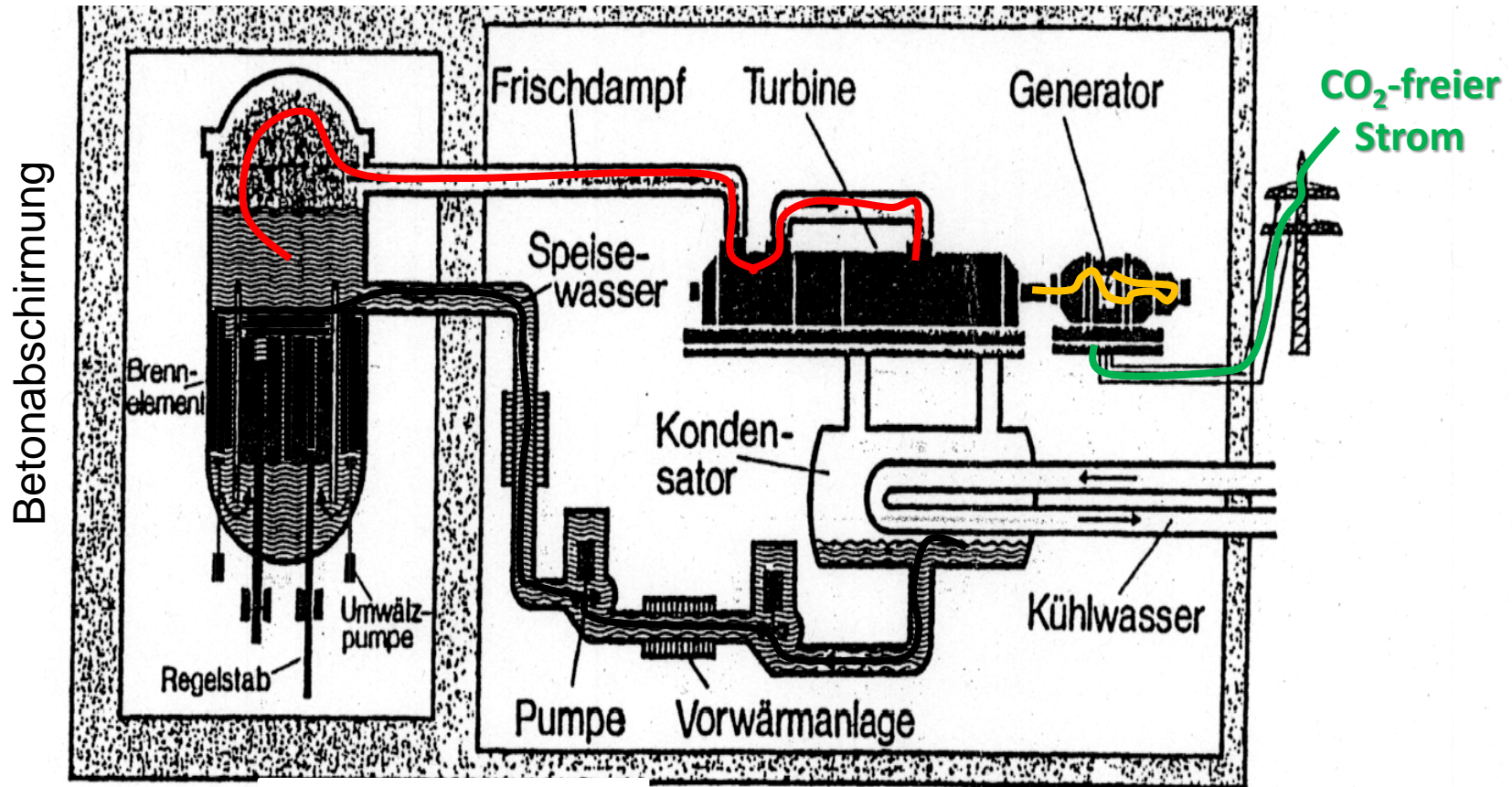
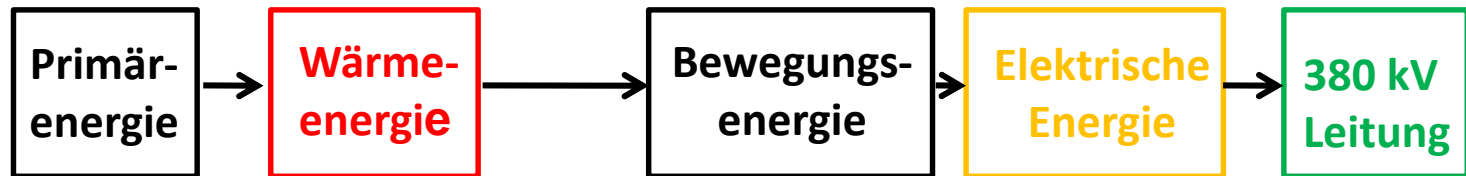
8. Schlackenabzug

9. Überhitzer

10. Speisewasservorwärmer

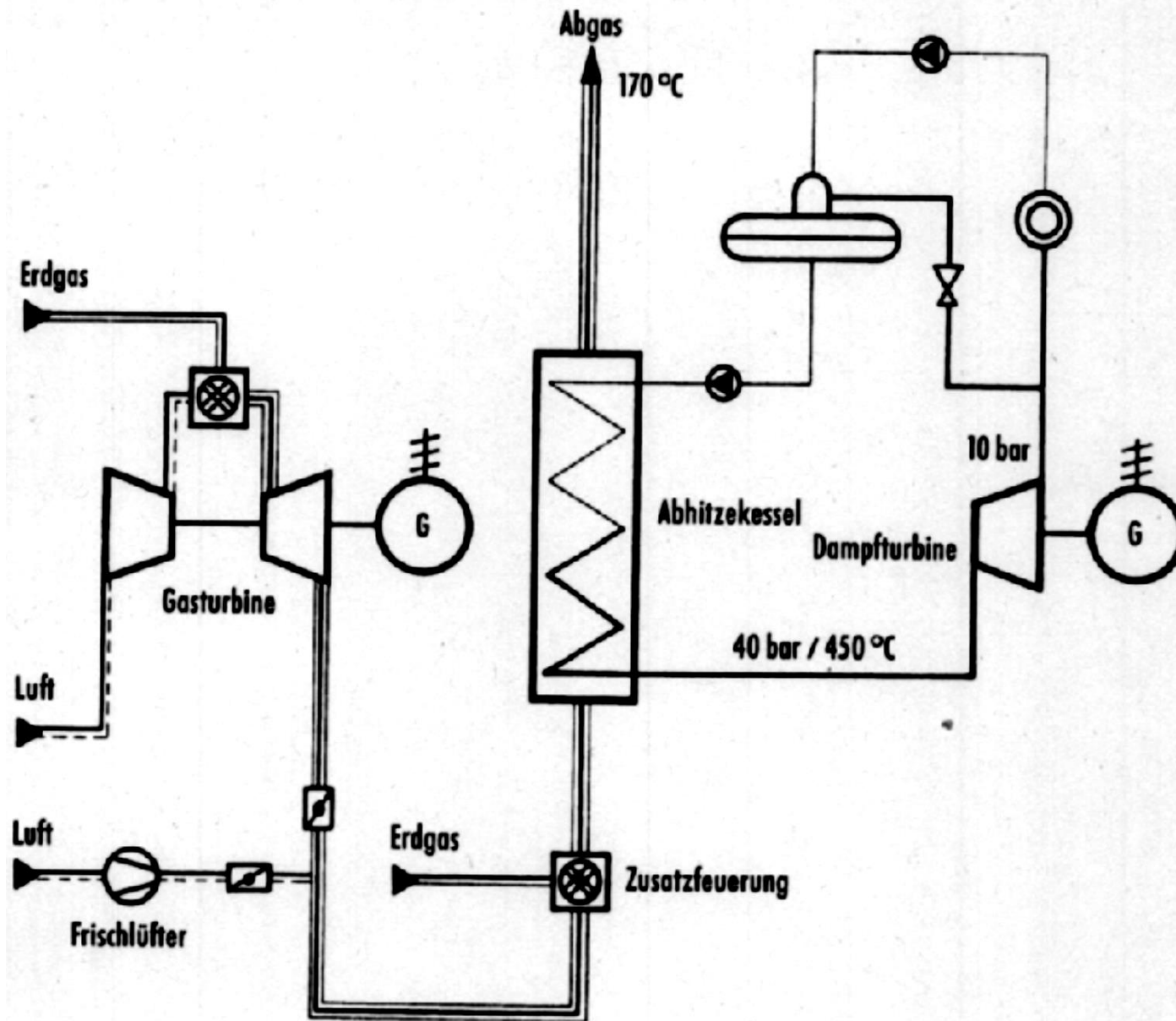
11. Verbrennungsluftvorwärmer

12. Abgaskanal (zur Gasreinigung)



Schema Siedewasserreaktor (Einkreislauf). Deutsche Siedewasserkernkraftwerke:

Brunsbüttel	(Vattenfall)	806 MW,	Isar I	(EON)	912 MW
Krümmel	(Vattenfall)	1402 MW,	Gundremmingen B	(RWE)	1344 MW
Philippsburg I	(EnBW)	1468 MW	Gundremmingen C	(RWE)	1344 MW



$$\eta_{\text{ges.}} > 0,5$$

Je nach Anforderung
Zusatzfeuerung zur
Erzielung eines
hohen Brennstoff-
nutzungsgrades der
Kombi-Anlage

Vorteil:
Hohe Stromkennzahl
der GT und hoher η
der DT-Gegendruck-
stromerzeugung

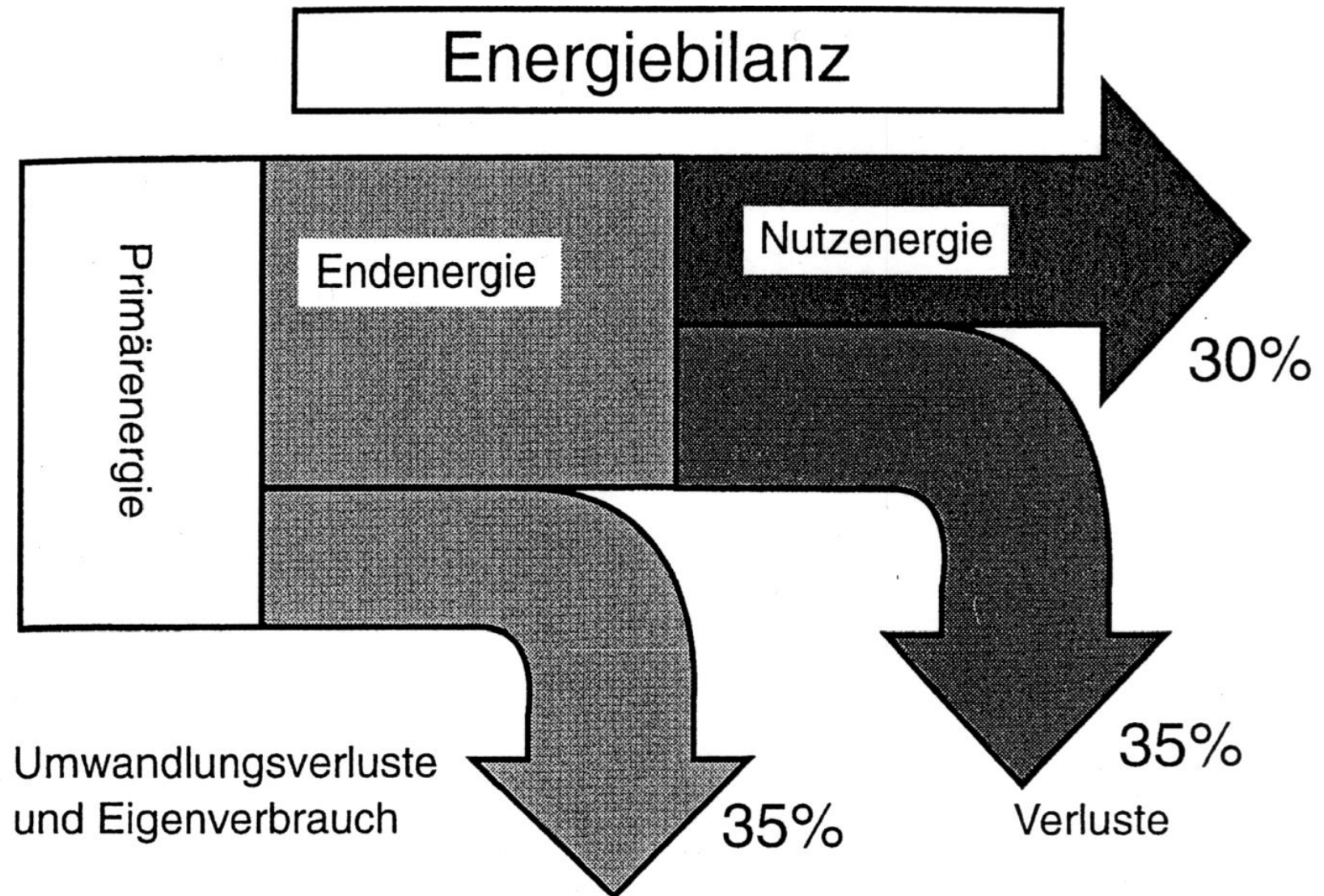


Quelle: Siemens Power Generation



Gasturbinensatz (Rotor) SGT5-8000H, 340 MW, 444 t

Dr.-Ing. M. Mach



Quelle: AG Energiebilanzen, 2000

CO₂-Emissionen (Primärenergie)	kg/kWh
Braunkohle	0,407
Steinkohle	0,335
Erdöl schwer	0,285
Erdöl leicht	0,267
Erdgas	0,200
U ²³⁵ (Kernspaltung)	0,000
D ₂ + T ₂ (Kernfusion)	0,000
Wasser	0,000 ¹⁾
Wind, Sonne	0,000 ²⁾

- 1) Mit 5-7 €Cent/kWh (je nach Standort) teurer als Kernenergie und Erdgas, aber billiger als Kohle, Biomasse, Wind und Sonne. Jetziger Anteil von rd. 5 % an dt. Stromerzeugung aus geologischen Gründen nicht weiter ausbaubar.
- 2) Mit 9-11 (Wind) bzw. rd. 60 €Cent/kWh (Sonne, PV) zu teuer u. nicht bedarfsgerecht bzw. nachts überhaupt nicht verfügbar.

Quelle: Pfaffenberger, W.: Ausstieg aus der Kernenergie – und was kommt danach?, Alfred-Herrhausen-Gesellschaft für internationalen Dialog mbH, Frankfurt/Main, 1999, S. 82

Die Probleme, die es in der Welt gibt, können nicht mit den gleichen Denkweisen gelöst werden, die sie erzeugt haben.

Albert Einstein, dt. Physiker, geb. 1879 Ulm,
gest. 1955 Princeton /N.J.

Leiter d. Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik in Berlin 1913-1933 (heute Max-Planck Inst.)

Spez. Relativitätstheorie 1905 ($E=m \cdot c^2$, Äquivalenz von Masse und Energie),

Allg. Relativitätstheorie 1916 (beruft sich u.a. auf das Mach'sche Prinzip – Relativität der Trägheit von 1909/ 1910 von Ernst Mach, 1838-1916, Wheeler-Einstein-Mach-Spacetime),

Nobelpreis Physik 1921 für die Erklärung des photoelektrischen Effektes von 1905