

Zur Systematisierung Technischer Gebilde in Aus- und Weiterbildung

1.) Darstellung des Problem

Es gibt eine fast unübersehbare und immer größer werdende Anzahl und Verschiedenheit Technischer Gebilde. Überschaubarkeit und Systematisierung dieser Vielfalt sind auch für den professionellen Techniker und Technik-Didaktiker in Forschung, Entwicklung, Aus- und Weiterbildung immer problematischer.

Weiche der bekannten Systematisierungsaspekte und Lösungsvorschläge zur Systematisierung sind brauchbar?

Sind die Systematisierungsansätze und Begriffe einfach und international anwendbar? Bezeichnungen und Begriffe für die einzelnen technischen Systeme und Gebilde sind in den unterschiedlichen Sprachen nicht identisch und haben ganz unterschiedliche pragmatische Aussagen.

So unterscheidet man Technische Gebilde auch nach ihren wirtschaftlichen und sozialen Anwendungsgebieten z.B. in Werkzeuge, Maschinen, Automaten und Anlagen der Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung, des Verkehrs, der Chemieindustrie, des Bergbaus, des Militär- und Bauwesens, der Metall- und Kunststoffverarbeitung, der Metallurgie und Elektroindustrie, der Bekleidungsindustrie, der Wohnung, des Gesundheitswesens, der Bildung, der Kommunikation.

Natürlich möchte man die Technischen Gebilde genau nach ihren speziellen Funktionen benennen und systematisieren; aber es gibt mindestens ebenso unüberschaubar viele Funktionen wie es Technische Gebilde gibt. Da erscheint zunächst eine Systematisierung hoffnungslos. Dennoch ist es notwendig, allgemeine und einfache Ordnungssysteme und Modellstrukturen zu finden, die sich leicht und unabhängig von den speziellen Bezeichnungen der verschiedenen Fach- und Landessprachen anwenden lassen und nur wenige und übersichtliche Elemente enthalten.

So ist es heute internationaler Standard, die Technischen Gebilde nach den Grundsätzen der bekannten aber sehr allgemeinen Systemtheorie als Technische Systeme zu betrachten (Bild 1).

Jedes Technische System besitzt technische Elemente und hat einen definierbaren Existenzraum, eine typische Struktur, eine definierbare Hauptfunktion und ein funktionsgemäßes Verhalten zur Realisierung der vom Menschen gesetzten Zwecke.

Die Struktur eines Technischen Systems ist definiert als die Gesamtheit seiner Elemente und ihrer Relationen. Diese Betrachtung beinhaltet außerdem das pädagogisch besonders nützliche „Hierarchieprinzip“ z.B. mit den Aussagen „Element im System“ und „System im System“ („black-box“ und „white-box“-Prinzip). Technische Gebilde sind materiell und geometrisch definiert und deshalb gut ehrbar. Noch gibt es keine Maschinen und Automaten, die nur aus Strahlen und Feldern bestehen.

2.) Das Tripelmodell

Zur Systematisierung Technischer Systeme besonders in der Technik-Didaktik verwendet der Verfasser mit den Begriffen „Mensch M“, „Technisches Gebilde TG“ als Wirkungsmittel (Arbeitsmittel AM) und „Umwelt U“, als Wirkungsgegenstand (Arbeitsgegenstand AG) das sogenannte „lineare Tripel“ M-TG-U oder M-AM-AG (vgl. Bild 2).

Es gilt:

- Der „Mensch M“ steht in Wechselwirkung mit der Natur bzw. mit der ihn umgebenden natürlichen und künstlichen Umwelt (Umgebung) und muß seine Lebensbedürfnisse befriedigen, aus denen die von ihm gesetzten „Zwecke Z“ resultieren (Bild 3).
- Dazu setzt er zwischen sich und seine Umwelt zunächst „natürliche“ Mittel (z.B. Steine, Pflanzen, Tiere, Feuer) und zunehmend die von ihm bewußt gestalteten und entwickelten „künstlichen“ Mittel speziell als immer wirkungsvollere Technische Gebilde (Bilder 4 / 5).
- Ohne die permanente Anwendung und Weiterentwicklung Technischer Gebilde wäre die Menschheit nicht in der Lage gewesen, sich bis zum heutigen Niveau zu entwickeln; ohne den verantwortungsvollen Einsatz immer leistungsfähigerer Technischer Gebilde hat die Menschheit heute keine Chance zu überleben und die Weltprobleme zu lösen (z.B. Nahrung, Luft, Wasser, Energie, Medizin, Wohnung, Bevölkerungsexplosion).

Das Tripelmodell besitzt mit den drei Komponenten M, TG, U sowie den drei ausgewählten Schnittstellen S (M/TG), S (TG/TG) und S (TGIU) 6 Elemente des „Tripel-Systems“.

Auch die 3 Schnittstellen sind wieder räumlich abgrenzbare Systeme und Strukturen mit ihren eigenen Funktionen und Vorgängen. Das gilt auch für die beiden weiteren Schnittstellen S (M/M) und S (U/U) bzw. S (AG/AG), wobei an diesen z.B. interessante medizinische, medizin-technische, soziologische, soziotechnische, werkstofftechnische, arbeitsgegenstands- und umweltbezogene Aspekte und Probleme zu diskutieren wären. In dieser Arbeit werden die beiden Schnittstellen S (U/U) und S (AG/AG) zunächst ausgeklammert. So charakterisiert das Element bzw. System „Schnittstelle S (M/TG)“ die Bedienungsfunktion und die Kontaktierung des Menschen mit dem Technischen Gebilde, d.h. hier geschehen Bedienungsvorgänge und Bedienungseffekte, z.B. Hand/Lenkrad, Handhebel, Bleistiftschafte Fuß/Fußpedal, Auge/Monitor. Diese Schnittstelle beinhaltet wesentliche pädagogische Aufgaben der Aus- und Weiterbildung, denn „Beobachtung“, „Handhabung“ („handling“), „Steuerung“ und „Training“ prägen auch heute noch fast alle Berufe und Tätigkeiten des Menschen im unmittelbaren Umgang mit Technischen Gebilden und Systemen. Diese Bedienungsvorgänge müssen immer wieder erlernt werden. In den Schnittstellen S (TG/TG) im Technischen Gebilde gibt es die technischen Funktionen, technischen Vorgänge und technischen Effekte (z.B. Welle/Lager, Zahnrad/Zahnrad, Schraube/Mutter).

An der Schnittstelle S (TG/U) sind technologische Funktionen, Vorgänge und Effekte lokalisiert, durch die der Mensch letztlich seine Zwecke Z realisiert (z.B. Pflugschare/Erde, Bohrer/Werkstück oder Bleistiftspitze/Papier). Die letzten beiden Schnittstellen sind dominant Ingenieur-technisch geprägt und sind gleichzeitig exportierte Aufgaben der Aus- und Weiterbildung. So ist besonders die Schnittstelle S (TG/U) als „Stelle der Zweckrealisierung“ für jeden Menschen, der mit Technischen Gebilden arbeitet, ebenfalls eine Aufgabe des Könnens und muß trainiert werden, zum Teil bis zur „Meisterschaft“ (z.B. „Jeder lernt das Fahrradfahren, doch nur wenige schaffen es Radsportler oder Radartisten zu werden“ oder „Jeder kann Holz mit einem Schnitzmesser schneiden, doch nur wenige erzielen dabei ein Kunstwerk“).

Die vom Menschen gesetzten Zwecke Z und die gewählten 6 Elemente des Tripelsystems kann man systematisch weiter untergliedern:

(1) Mensch M:

- a) Einzelner Mensch M1
- b) Gruppe von Menschen M1.. Mx
- c) Kind/Erwachsener
- d) Mann/Frau
- e) Professioneller/Laie

(2) Schnittstelle S (M/TG) Bedienungsvorgänge:

- a) Hantieren (hantieren mit dem Werkzeug)
- b) Mechanisieren (bedienen der Maschine)
- c) Automatisieren (bedienen des Automaten)
- d) Bedienungsvorgänge durch den Menschen (antreiben, steuern, beobachten, eingreifen, entscheiden...)
- e) Ein- und Mehrmannbedienung

usw.

(3) Technisches Gebilde TG („blackbox“):

- a) Technische Mittel (natürlicher künstliche, organische/anorganische, formlose/formbare/ geformte, Energiefelder, Strahlen...)
- b) Technische Gebilde (geometrisch bestimmte und geometrisch variable, stationäre und bewegte, kleine und große, leichte und schwere, einfache und komplexe...)
- c) Technische Gebilde in der Gesellschaft (Landwirtschaft, Bergbau, Produktion, Verkehr, Medizin, Bildung, Bauwesen, Militärwesen, Energiewirtschaft, Kommunikation, Haushalt, Wohnung, Körperschutz...)
- d) Technische Gebilde nach Komplexität und Struktur (Werkzeug, Vorrichtung, Mechanismus, Gerät, einfache Maschine, Maschine, halbautomatische Maschine, Automat, automatische Anlage/Fabrik). Dabei können z.B. die Maschine als verhältnismäßig „selbstständiges Werkzeug“ und der Automat, die Anlage als „verhältnismäßig selbstständig arbeitende Maschine“ usw. aufgefaßt werden.
- e) Technische Gebilde nach ausgewählten Funktionen (Grundfunktionen z.B. für den Arbeitsgegenstand „Stoff als „Gestaltänderung, Beschaffenheitsänderung, Standortänderung, Aufbewahrung, Maßbestimmung, Gütebestimmung“) usw.

4) Schnittstelle S (TG/TG), Technisches Gebilde („white-box“):

- a) Maschinenelemente/Funktionen (Wellen, Getriebeglieder, Schrauben, Kupplungen, Lagerungen/Übertragen, verbinden, kuppeln, lagern, führen)
- b) Baugruppen/Funktionsorgane (Antriebs-, Übertragungs-, Arbeits- und Trägerorgane...)
- c) Wirkprinzipie (mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, elektrisch, chemisch, biologisch...)
- d) usw.

(5) Schnittstelle S (TG/U)

- a) Technologische Grundvorgänge (Formen, Wandeln, Transportieren, Speichern, Messen, Prüfen)
- b) Fertigungsverfahren DIN 55B0 mit den Hauptgruppen „Urformen, Umformen, Trennen, Beschichten, Stoffeigenschaften ändern und Fügen von Stoffen
- c) Verarbeitungstechnische Vorgänge (Automatisierung, z.B. der Konsumgüterherstellung)
- d) Verfahrenstechnische Vorgänge (Chemie, Metallurgie, Landwirtschaft)
- e) Vorgänge der Nahrungsmittelerzeugung (Vermehren, Wachsen, Konservieren, Gären...
Informationstechnische Vorgänge (Computertechnik, elektronische Steuerungen, Meßtechnik... usw.

(6) Umwelt U (Umgebung, Wirkungsgegenstand, Arbeitsgegenstand):

- a) Stoff S, Energie E, Information I
- b) Lebende Natur (Fauna, Flora...)
- c) Tote Natur (Erde, Wasser, Luft, Klima, Feuer...)
- d) Technische Gebilde (Werkzeuge, Waffen, Gebrauchsgegenstände, Kleidung, Geräte, Maschinen, Apparate, Anlagen, Gebäude.

- e) Technische Stoffe (Rohstoffe, Chemikalien, Kunststoffe, Brennstoffe...
- f) Mensch (als „Arbeitsgegenstand“ in Medizin, Hygiene, Bildung, Sport, Kunst, Militär...
- g) Menschen in den sozialen und arbeitsteiligen Gruppen (Familie, Arbeit, Bildung, Freizeit, Sport, Kunst... usw.

(7) Zweck Z (Generelle vom Menschen gesetzte Lebenszwecke):

- a) Materielle Lebensmittel (Nahrung, Wasser, Luft)
- b) Ideelle Lebensmittel (Kommunikation, Bildung, Wissenschaft, Kunst, Unterhaltung...
- c) Schutz, „Umgebung (Wohnung und Gebrauchsgegenstände, Mikroklima, Kleidung, Waffen, Heilmittel, Energie)
- d) Arterhaltung (Vermehrung, Aufwachsen, Bildung, Kommunikation, Training, Arbeit, soziale Einrichtungen)
- e) Herstellung von Technischen Gebilden (Werkzeuge, Maschinen, Waffen, Kleidung, Wohnung, Medikamente, Medizintechnik, Gebrauchsgegenstände, Kommunikationsinstrumente, Kunstobjekte, Bauten, Verkehrseinrichtungen)
- f) Gewinnung von Rohstoffen, Werkstoffen, Energieträgern...
- g) Personen- und Güterverkehr (Land, Wasser, Luft) usw
- h) Systematisierung mit dem Tripelmodell

Die Untergliederung der Elemente (1) bis (6) sowie der Zwecke Z nach (7) in die Punkte a), b), c), ... und ihre Kombinationen ermöglichen je nach der Systematisierungsaufgabe die Systematisierung in eine unterschiedliche Anzahl von Technischen Gebilden.

1. Beispiel:

- Umwelt U mit den drei Arbeitsgegenständen Energie, Information Stoff, (Punkt (6)a))
- Schnittstelle S (TG/U) mit 6 Grundvorgängen → Formen, Transportieren, Speichern, Prüfen Punkt (5)a))

Man erhält daraus $3 \times 6 = 18$ verschiedene Gruppen und Gruppenbezeichnungen von Technischen Gebilden zum Formen, Wandeln, Transportieren, Speichern, Messen und Prüfen von „Stoff, Energie und Information“.

Oder anders und nur mit (2) b) oder (3) d) formuliert: 18 Maschinengruppen als Stoffmaschinen, Energiemaschinen und Informationsmaschinen für die 6 Grundvorgänge „Formen, Wandeln, Transportieren, Speichern, Messen und Prüfen“.

Sie sind z.B. in Deutschland unter den traditionellen Namen „Arbeitsmaschinen“ (Stoffmaschinen), „Kraftmaschinen“ (Energiemaschinen) und Informations-Maschinen (z.B. „Computer“ bekannt.

2. Beispiel:

- Umwelt U mit 3 Arbeitsgegenständen Stoff, Energie und Information (Punkt (6)a))
- Schnittstelle S (M/TG) mit den drei Punkten (2) a), (2) b) und (2) c) sowie mit (3) d) als Arbeit mit dem Werkzeug, der Maschine, dem Automaten.

Man erhält dann $3 \times 3 = 9$ verschiedene Gruppen und Gruppenbezeichnungen von Technischen Gebilden als „Werkzeuge, Maschinen und Automaten“ für die Verarbeitung von „Stoff, Energie und Information“ als Stoffwerkzeuge, Stoffmaschinen, Stoffautomaten, Energiewerkzeuge, Energiemaschinen, Energieautomaten, Informationswerkzeuge, Informationsmaschinen, Informationsautomaten.

3. Beispiel:

Man nimmt das 2. Beispiel und erweitert dieses mit:

- Punkt (5) a) mit 6 Grundvorgängen „Formen, Wandeln, Transportieren, Speichern, Messen und Prüfen“
- Punkt (4) c) mit 6 Wirkprinzipien „mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, elektrisch, chemisch, biologisch“

Man erhält dann schon $9 \times 6 \times 6 = 324$ verschiedene Gruppen und Gruppenbezeichnungen von Technischen Gebilden, die sich z.B. vom „mechanischen Werkzeug zum Formen von Stoff“ über den „elektrischen Automaten zum Messen von Information“ bis zur „biologischen Anlage zum Wandeln von Stoff“ usw. erstrecken.

Jede Erweiterung der Zahl der Gruppen Technischer Gebilde durch systematische Kombinationen der jeweils verwendeten 6 Tripelelemente mit ihren Ordnungspunkten a), b), c) usw, ergibt eine schnell anwachsende und dann schwer übersehbare Anzahl von Gruppen Technischer Gebilde.

Auch im Interesse der pädagogischen Wirksamkeit und der eindeutigen Bezeichnungen Technischer Gebilde muß die Zahl dieser Gruppen klein gehalten werden. Deshalb sollten stets möglichst wenige Gruppen von Technischen Gebilden nach dem Muster der vorstehenden 1. und 2. Beispiele gebildet werden (etwa < 20). Besonders wichtig sind daher weniger das Lehren einzelner Vokabeln und Normen, sondern vielmehr die Entwicklung der Gruppenbezeichnungen die aus der Kombination der Tripelelemente entstehen. Die Anwendung des „Tripelmodelles“ erlaubt eine fachübergreifende und angemessene Systematisierung und Begriffsbestimmung Technischer Gebilde in Lehre und Forschung. Wenn man in der Aus- und Weiterbildung mit dem „Tripelmodell“ arbeitet, ist es möglich, wissenschaftlich konsequent und trotzdem großzügig und tolerant zu sein; wenn es um Normierungen und Pragmatik von Begriffen Technischer Gebilde in den verschiedensten Wissenschaftsdisziplinen, Wirtschaftsbranchen, Ländern und Sprachen der Weit geht.

4. Einige erweiterte Tripelmodelle

Die große Anzahl und Vielfalt Technischer Gebilde in der Praxis sowie die Komplexität ihrer Anwendungsbereiche, Strukturen, Tripel und Tripelelemente erfordern eine Erweiterung des „linearen Tripelmodelles“ zu einem „räumlichen Tripelmodell“.

Das ist auch notwendig, weil an den Schnittstellen des Tripelmodelles und bei Überlagerungen mehrerer „Tripelräume“ neben den gewollten Funktionen, Vorgängen und Effekten stets ungewollte und z.T. schädliche auftreten (Probleme betreffend Gesundheitsschutz, Ökologie und Umwelttechnik).

Beispiele:

Die Elemente des Tripelsystems sind nicht nur selbst definierbare und abgrenzbare Systeme, sondern ihre Komponentenpaare z.B. M/TG und TG/U ergeben wieder neue Systeme, ebenfalls mit entsprechenden umwelttechnischen, ökologischen, sowie psychologisch-technischen, soziotechnischen, physiologisch-technischen und technisch-technologischen Funktionen, Vorgängen und Effekten (Bild 6). Ordnet man in den Schnittstellen der beiden Komponentenpaare nur die Effekte in „gewollte“ und „ungewollte“, in „schädliche“ und „unschädliche“, in „erkannt“ und „nicht erkannt“, in „vermeidbare“ und „unvermeidbare“, in „zulässig“ und „unzulässige“ usw., erhält man übersichtliche Systematisierungsschritte z.B. zur Umwelttechnik sowie zum Umweltschutz und Gesundheitsschutz.

Wenn mehrere Menschen $M_1 \dots M_x$, mit einem oder mehreren Technischen Gebilden $TG_1 \dots TG_x$ auf vielfältige Umwelt $U_1 \dots U_x$ oder auf entsprechende Arbeitsgegenstände gleichzeitig einwirken, wird das „lineare Tripelmodell“ durch ein räumliches „Kugelmodell-Tripel“ ersetzt (Bild 7). Das Kugelmodell steht symbolisch für ein räumliches Tripelmodell mit verschiedenen Raumhüllen. Damit lassen sich z.B. komplexe und komplizierte

Praxisfälle sowie Arbeitsteilung (Team-Arbeit) anschaulicher darstellen (Menschen in Flugzeugen, in Schiffen, in Schienen- und Straßenfahrzeugen, mit Produktionsanlagen in der Industrie.

In Bild 8 sind Tripelmodelle in der Ebene und im Raum systematisch und zufällig angeordnet (parallel, in Reihe, im Kreis, hierarchisch und sich teilweise überdeckend); Menschen oder Menschengruppen (M1 ... Mx wirken dabei mit ihren Technischen Gebilden TG in komplexen Tätigkeitsfeldern (z.B. Straßenverkehr, Flugplatz, Hafen, Fabrik, Bergwerk, Baustelle, Produktion mit „Fließfertigung“ und „Nestfertigung“, Sportplatz, Schlachtfeld). Wiederum sind Funktionen, Vorgänge und Effekte bezüglich psychologischer, soziotechnischer, physiologisch-technischer, technisch-technologischer, umwelttechnischer, ökologischer und globaler Probleme anschaulich und konkret diskutiere, lehrn- und lehrbar und die Technischen Gebilde und Systeme sind entsprechend systematisier- und bezeichnenbar.

Kompetenzgebiete:

- Technik für Alle / Technikdidaktik
- Allgemeine Maschinentechnik / Maschinenelemente (Systeme und Komponenten) und ihre Didaktik
- Umwelttechnik und ihre Didaktik
- Zuverlässigkeit / Lebensdauer / Arbeitsmenge (speziell Pneumatik)
- Tribotechnik (Reibung, Schmierung, Verschleiß)
- Dichtungs- und Lagerungstechnik (speziell Kunststoffdichtungen)
- Automatisierung und ihre Komponenten (speziell Verarbeitungsautomaten und anlagen)
- Begutachtung (Anlagen, Automaten, Systeme und Komponenten)
- Konstruktion, Entwicklung und partielle Erprobung technischer Systeme

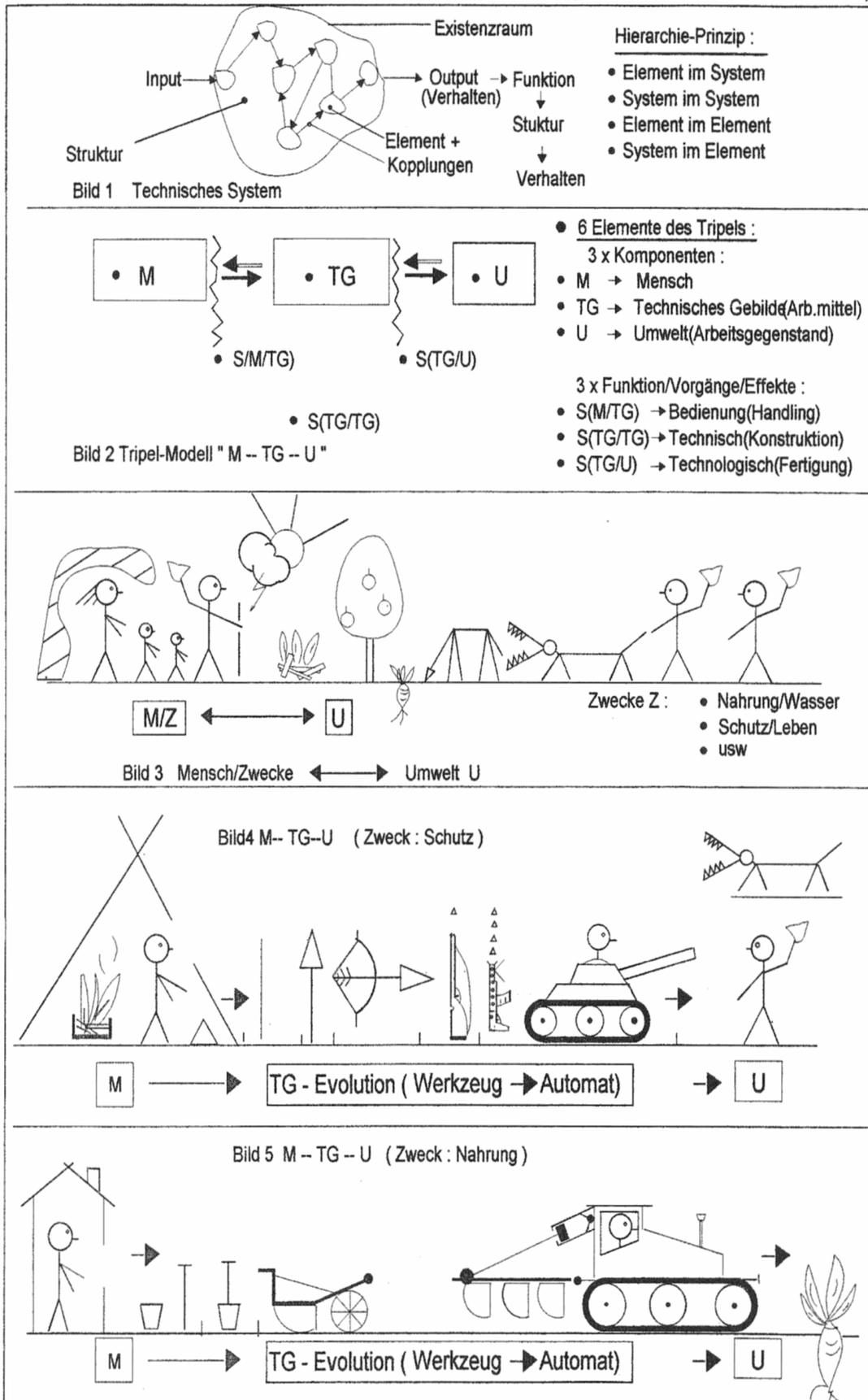
5. Bilder

- Bild 1 Technische Systeme
- Bild 2 Tripel Modell „M-TG-U“
- Bild 3 „M/A-U“
- Bild 4 „M-TG-U“ (Schutz)
- Bild 5 „M-TG-U“ (Nahrung)
- Bild 6(a) Systematisierung der Effekte im Tripel „M-TG-U“
- Bild 6(b) Systeme im Tripel „M-TG-U“
- Bild 7 Kugelmodell -Tripel
- Bild 8 Tripelanordnungen
- Bilder 9 Kombinationen im Tripel

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil Gottfried Schneider

Institut für Technische Wissenschaften und Betriebliche Entwicklung (ITB)
Lehrstuhl Maschinentechnik/Technische Forschung
Pädagogische Hochschule Erfurt (PH Erfurt)

Nordhäuser Str. 63 D-99089 Erfurt, Deutschland



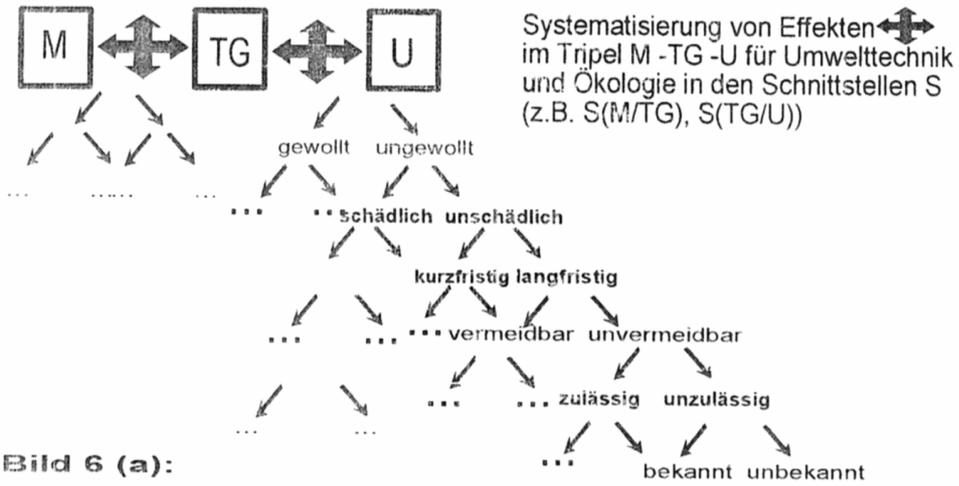


Bild 6 (a):

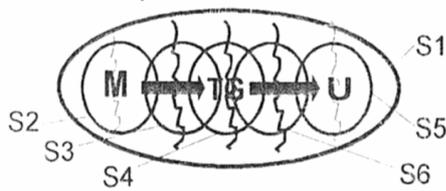


Bild 6 (b): 6 Systeme im Tripel M-TG-U

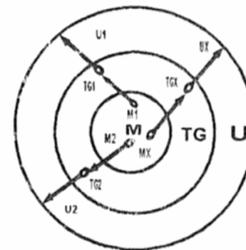


Bild 7: Kugelmodell-Tripel

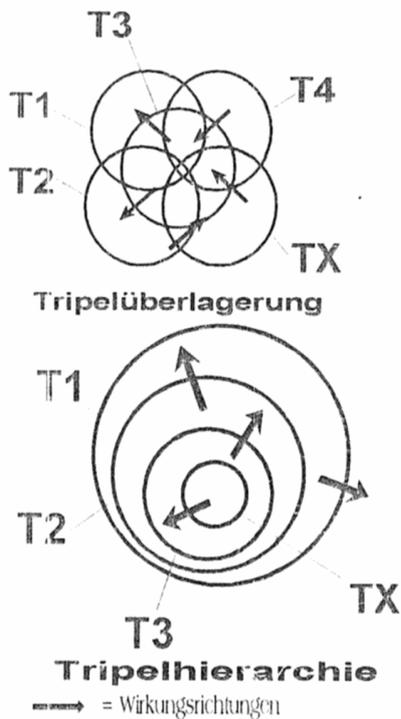
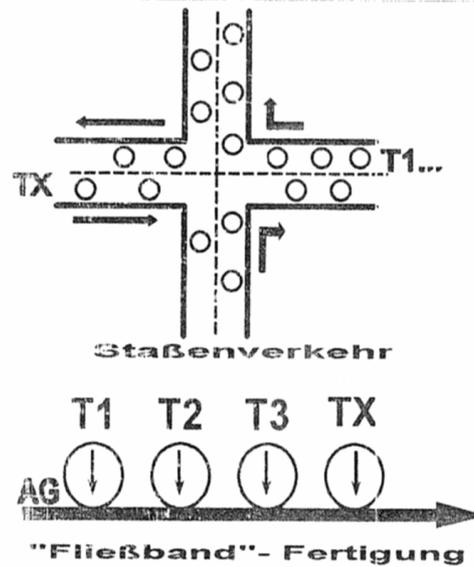
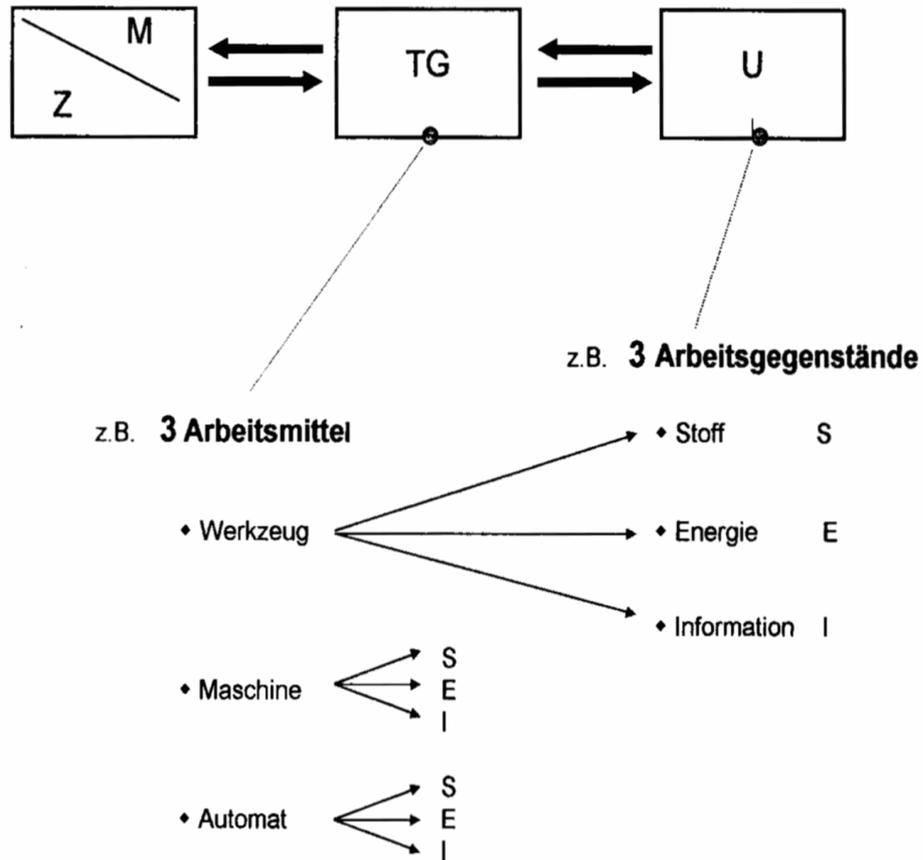


Bild 8: Tripelanordnungen T1...TX



M = Mensch
 Z = Zwecke
 TG = Technische Gebilde (spez.: AM = Arbeitsmittel)
 U = Umwelt (spez.: AG = Arbeitsgegenstand)



Technische Gebilde als:

1. Stoffwerkzeug („Arbeitswerkzeug“)
2. Energiewerkzeug
3. Informationswerkzeug
4. Stoffmaschine („Arbeitsmaschine“)
5. Energiemaschine („Kraftmaschine“)
6. Informationsmaschine
7. Stoffautomat
8. Energieautomat
9. Informationsautomat

Bild 9.1.: **Kombinationen im Tripel** (9 Gruppen von Technischen Gebilden TG)

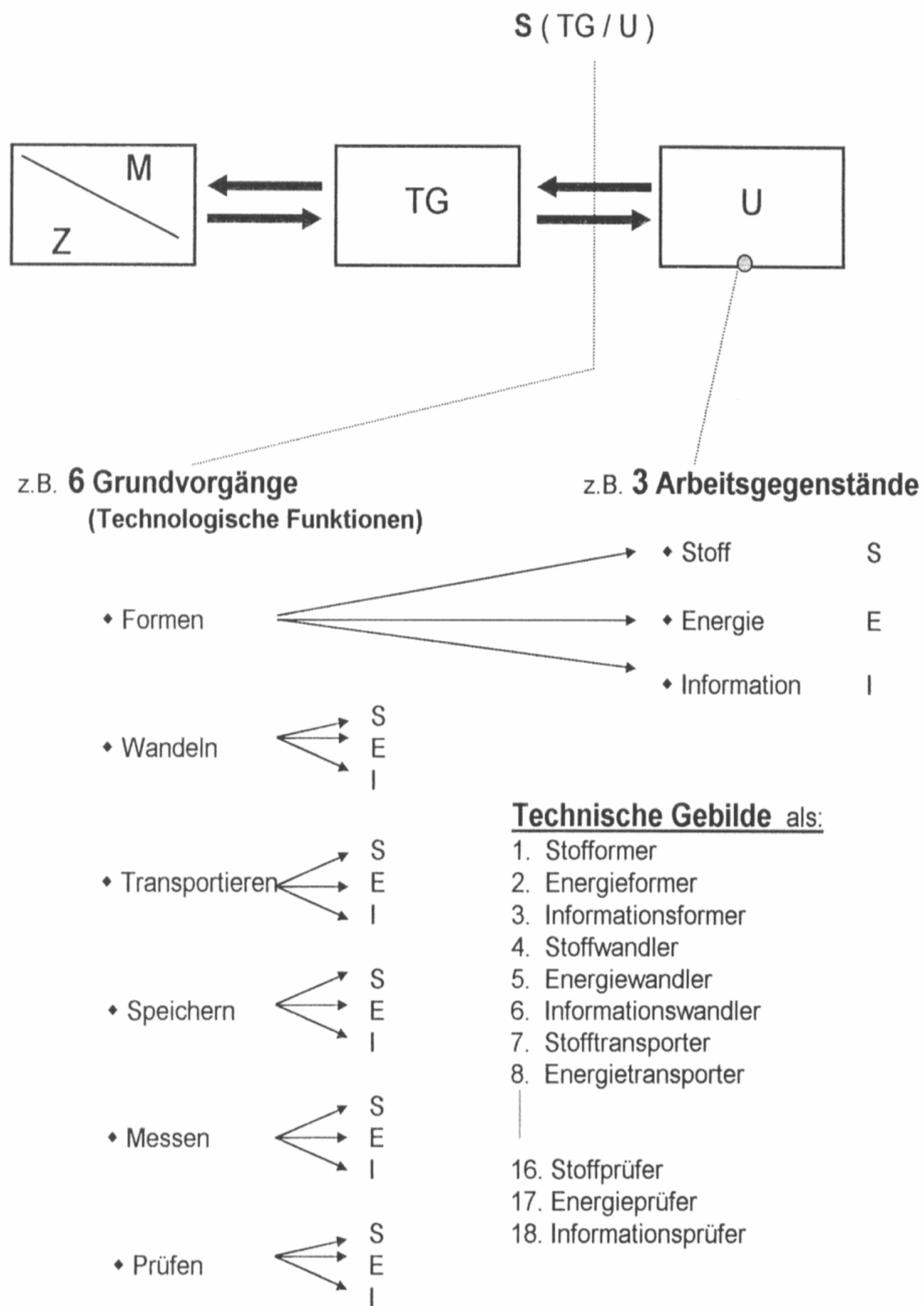


Bild 9.2. : **Kombinationen im Tripel** (18 Gruppen von Technischen Gebilden TG)

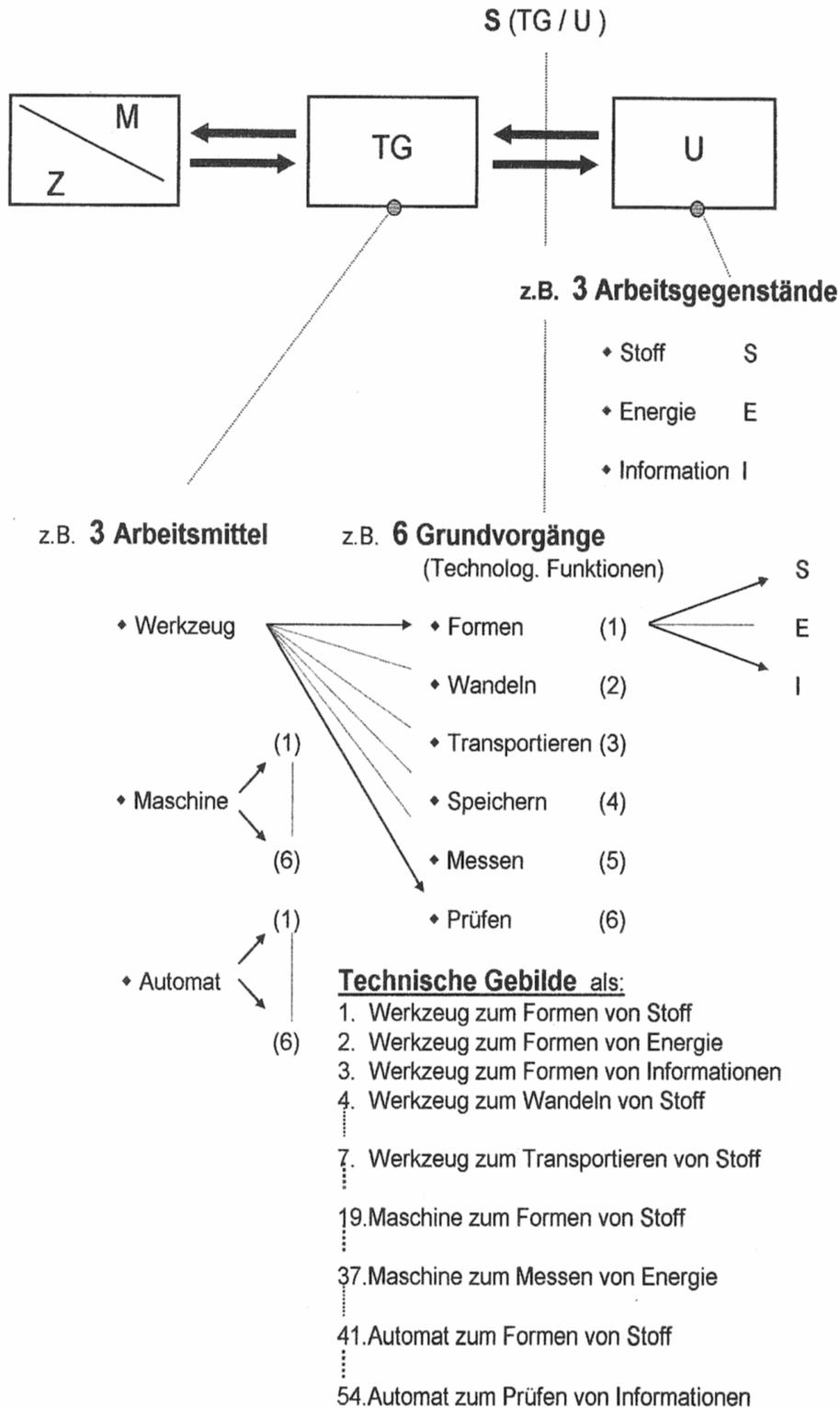
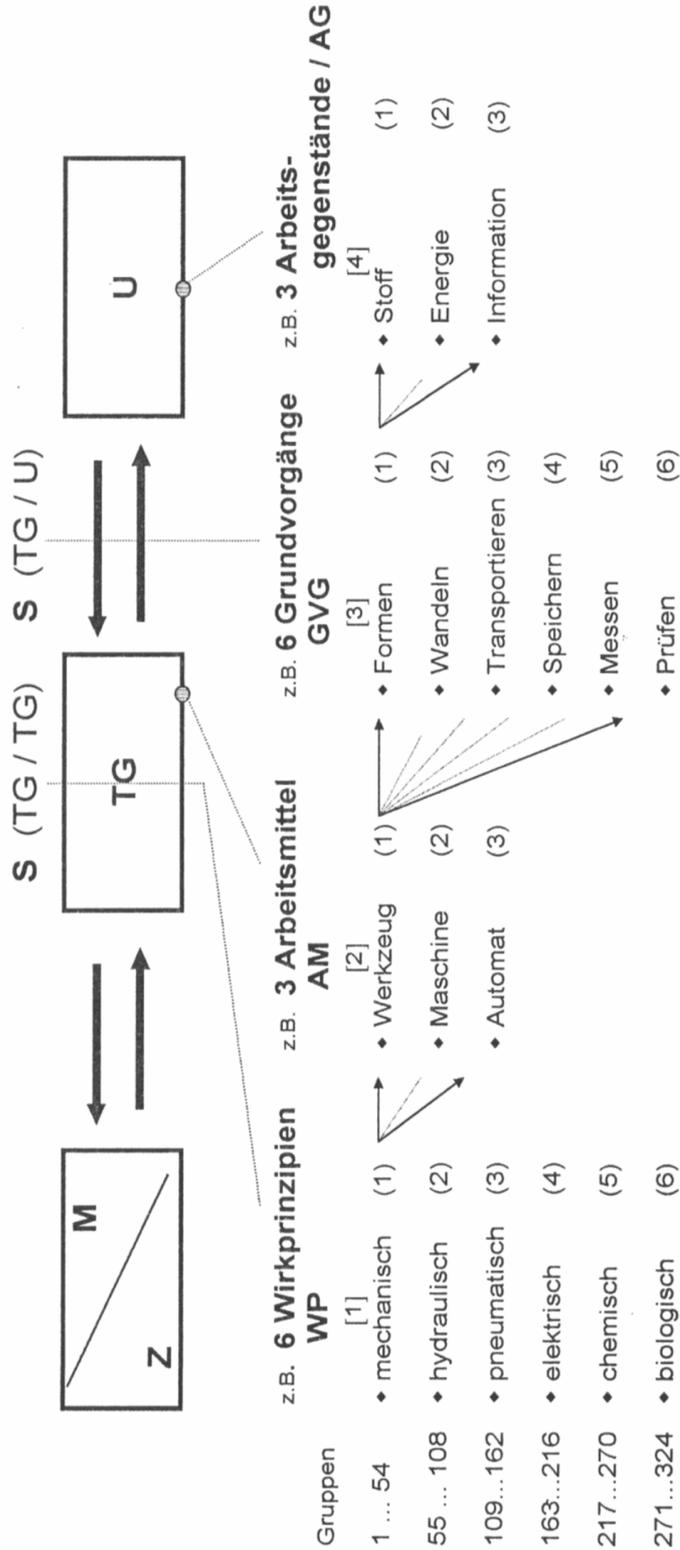


Bild 9.3. : **Kombinationen im Tripel** (54 Gruppen von Technischen Gebilden TG)



Technisches Gebilde als:

1. Mechanisches Werkzeug zum Formen von Stoff
2. Mechanisches Werkzeug zum Wandeln von Stoff
3. Mechanisches Werkzeug zum Prüfen von Stoff
54. Mechanischer Automat zum Prüfen von Informationen
179. Elektrische Maschine zum Formen von Stoff
310. Biologischer Automat zum Wandeln von Stoff
324. Biologischer Automat zum Prüfen von Informationen

Bild 9.4. : **Kombinationen im Tripel** (324 Gruppen von Technischen Gebilden TG)