



G. HIRMANN

**Die Verminderung des Energiebedarfs
durch die Anwendung der DIGITALMECHANIK**

Zürich, den 30. Juli 1992

G. HIRMANN, INSTITUT FÜR DIGITALMECHANIK CH-8037 ZÜRICH

NORDSTRASSE 358 TEL (01) 271 68 62 FAX (01) 272 46 89



Inhaltsverzeichnis

Zur Einführung einige Publikationen:

Zum status quo	2
Die Mechanik des Lebens	3
Zwei Welten	4
Vor 5000 Jahren	5
Ein Loch im Eimer	6

Inhalt der Studie:

1. Digitalmechanische Antriebe (H-STEP-Projekt)	7
2. Die waagrechte Verschiebung einer Last	8
3. Die Verminderung der Reibungskraft durch den Gleitschritt	9
4. Gleitschrittantrieb einer rollenden Last	17
5. Der Rollschritt für binäre Fahrweise	20
6. Der Rollschritt-Fahrzeugantrieb	22
7. Die Energiespeisung der Antriebe von heute	27
8. Energiespeisung bei der Digitalmechanik	29
9. Abschlussbetrachtung	40

Bitte beachten Sie, dass alle dargestellten Einrichtungen sowie der Gleitschritt als Grundsatz bereits als angemeldete bzw. erteilte Patente in den massgebenden Industrieländern geschützt sind.

ZUM STATUS QUO

Für die laufende Erhöhung der Produktivität und der Leistungsfähigkeit der Produkte, war bis jetzt allein der wirtschaftliche Erfolg massgebend.

Infolge niedriger Energiekosten gab es keinen wirtschaftlichen Grund für einen wesentlichen Mehraufwand um Energie zu sparen.

Heute bemüht man sich Energie zu sparen und den Energiebedarf der Produkte durch Verbesserungen zu senken.

Bahnen, Automobile und Maschinen sind aber nur verfeinerte Nachfolger ihrer Vorgänger und die technischen Verbesserungen werden durch die Vermehrung der Produkte überkompensiert.

Deshalb ist das Energieproblem eigentlich ein Problem der uneffizienten Verbraucher.

Um die Probleme der Umweltbelastung und Energiewirtschaft erfolgversprechend zu lösen, müssen zwei Tatsachen beachtet werden.

Ein Verzicht auf die Vorteile, welche durch die Errungenschaften der Technik erreicht wurden, ist nicht mehr zumutbar.

Neue Alternativprodukte müssen attraktiver werden als ihre Vorgänger. Allein das bessere Gewissen ist noch ein viel zu schwaches Verkaufsargument.

Damit haben wir die neue, interessante Aufgabe vor uns:

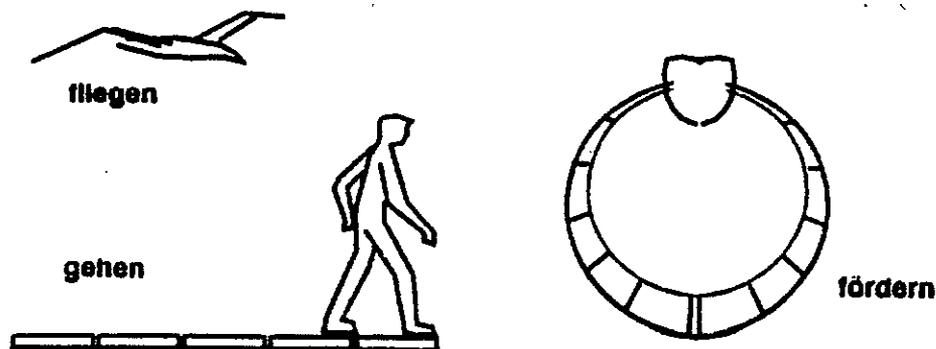
**EINE UMWELTKONFORME TECHNISCHE PERIPHERIE FÜR DEN MENSCHEN
ZU SCHAFFEN.**

DIE MECHANIK DES LEBENS

Die vordergründige Erscheinungsform des Lebens ist die pulsierende Bewegung aus taktweise zugeführten Energiequanten.

Diese digitale Art der Biomechanik entstand bereits vor 400-Millionen Jahren mit den zyklischen Bewegungen des Einzellers.

Auch die Bewegungen unseres Körpers haben digitalen Charakter.



Das Gehen und Atmen, wie auch unser Blutkreislauf basieren auf einer frequenz- und amplitudenmodulierten, getakteten Mechanik.

Wenn man überlegt, dass ein Mensch weniger Energie zum Leben braucht, als eine Taschenlampe und unter einer quadratmeter- grossen Erdoberfläche zehntausende von Lebewesen in allen Jahreszeiten existieren können, so finden wir genügend Vorbilder für technische Effizienz. Seit Jahrmillionen bewährte Baumuster, deren Nachahmung für uns aussichtslos ist. Sie lehren uns aber einen Gestaltungsstil, als Leitfaden zur Effizienz.

Diese Überlegungen ergaben Impulse zur Gestaltung meiner

DIGITALMECHANIK.

ZWEI WELTEN . . .

In unserer Biosphäre herrschen "harte Sitten".

Es können nur Organismen entwickelt werden, deren örtlich autonome Energieversorgung gesichert ist. Durch die begrenzte Energiemenge und aus den vorhandenen Stoffen, musste - im Gegensatz zu unserer Technik - eine qualitative Entwicklung von feinen, hybriden Funktionsstrukturen stattfinden.

Als Beispiel die Funktionsstruktur einer pflanzlichen Zelle.

Wir finden genügend Vorbilder für technische Effizienz. Seit Jahrmillionen bewährte Baumuster in der Natur, deren Nachahmung für uns aussichtslos ist. Sie lehren uns aber einen Gestaltungsstil, als Leitfaden zur Effizienz.

Die Entwicklung der Mikroelektronik und der Chemie ist dem Weg der Strukturverfeinerung gefolgt . . .

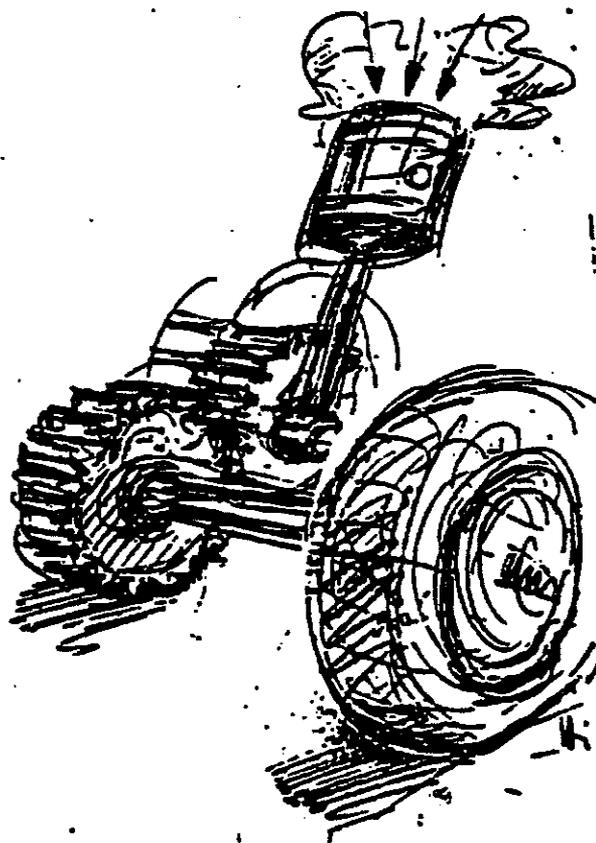
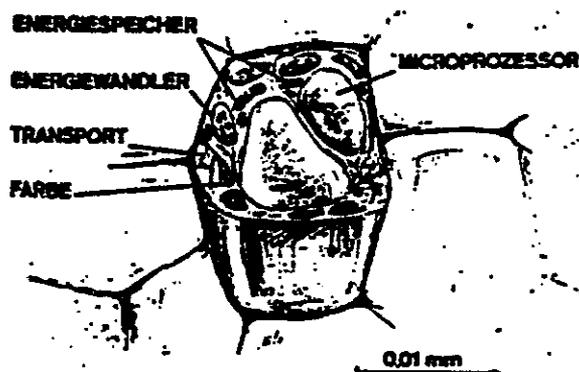
. . . nur unsere Mechanik lebt heute noch in der Zeit der Dinosaurier.

Rotierende Antriebe, Bahnen, Automobile und Flugzeuge sind Erfindungen der eigenwilligen Intelligenz des Menschen. Durch die Faszination für Stärke, Grösse und Geschwindigkeit vergass man die akzeptablen Grenzen des Aufwandes zu bestimmen.

Ein wesentlicher Schritt zur naturkonformen Technik mit hoher Effizienz, insbesondere in den Bereichen Maschinenbau, Transportsysteme und Fahrzeugbau bringt die

DIGITALMECHANIK

Eine pflanzliche Zelle in technischer Interpretation



Vor 5000 Jahren



Der Ursprung unseres Energieproblems begann eigentlich vor 5000 Jahren. Man hat im alten Sumer die Töpferscheibe und das Rad erfunden.

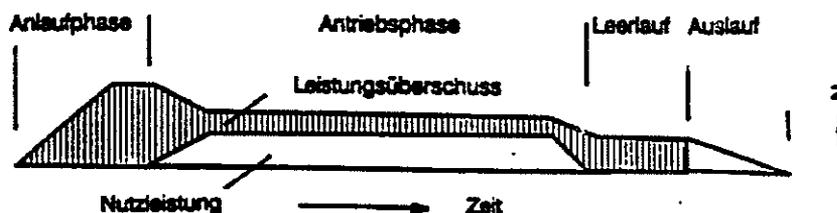
Die Rotation als Antriebsbewegung hat die Phantasie des Menschen immer mehr belebt. Vor 3000 Jahren hat Heron von Alexandrien die fünf einfachen Maschinen beschrieben. Vier davon : Das Rad, die Schraube, der Hebel und der Flaschenzug enthielten die Drehbewegung.

Damit begann die Entwicklung der Analogmechanik für kontinuierlich drehende Maschinen. Diese werden normalerweise vor der Lastübernahme eingeschaltet und nach dem Arbeitsvorgang abgeschaltet oder sie bleiben bis zum nächsten Arbeitsvorgang im Leerlaufzustand.

Um die erforderliche Drehzahl auch unter Vollast zu halten, muss der Antrieb gegenüber der Nutzleistung stets überdimensioniert werden. Deshalb ist ihr Energiebedarf gegenüber der Nutzleistung überproportional.

Die drehenden Teile von Motor und Getriebe enthalten ungebremste kinetische Energie. Deshalb drehen sich die Teile nach Abschalten des Motors weiter, bis die gespeicherte kinetische Energie durch die jeweiligen Gegenkräfte abgebaut wird.

Beispiel: elektromechanische Antriebe



Die Probleme in den Bereichen Energie, Umwelt und Wirtschaft sind deshalb nur die Nebenwirkungen der bisherigen technischen Entwicklung, die heute noch unvermindert weiterläuft.

Ein Loch im Eimer...

Es ist ein naiver Traum, für den heutigen Energiebedarf umweltfreundliche Energie-Alternativen zu finden.

Nur wenn unser Energiebedarf auf einen Bruchteil des Gegenwärtigen reduziert wird, werden wir dieses Ziel erreichen können.

Die zahlreichen Energieszenarien enthalten nicht die notwendige Minderung des Energiebedarfs, weil sie die Technik der Verbraucher nicht verändern können.



Der gegenwärtige Trend der Produktentwicklung vermehrt die Bestandteile. Bei gleichzeitigem Anwachsen der Arbeitszeit-Kosten ist die vermehrte Automatisierung unerlässlich. Die damit wachsende Kapitalbindung in Produktionsmitteln und der Konkurrenzdruck treiben die Wirtschaft in einem blinden Amoklauf zu immer Grösserem und zu Stärkerem . . . in eine gefährliche Zukunft.

Die technische Entwicklung hat bisher Wünsche erweckt und ohne Rücksicht auf den Aufwand erfüllt.

Will man aber - ohne auf die Wünsche zu verzichten - die technische Effizienz als neue Maxime setzen, so erfordert dies einen Neubeginn. Eine grosse Chance für die Industrie . . . und Umwelt.

Diese Leitgedanken führten uns zur Entwicklung unseres H-STEP-Projektes mit dem Ziel:

**EFFIZIENTERE ENERGIE NUTZUNG . . .
DURCH DIGITALMECHANIK.**

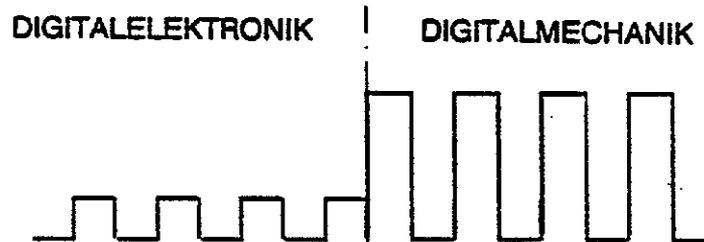
1. Digitalmechanische Antriebe (H-STEP-Projekt)

Durch die Anregung aus der Mikroelektronik und aus der Biomechanik und mit einem mutigen Griff in die "Trickkiste der Physik" entstand die Digitalmechanik.

Es wäre aussichtslos, Intelligenz und Technik einer Fliege oder auch "nur" eines Regenwurms nachbauen zu wollen. Man kann aber einige Stilelemente in der funktionellen Gestaltung in der Biosphäre erkennen.

Die Digitalmechanik ist eine mit der Digitalelektronik verwandte Technik. Sie arbeitet mit mechanischen anstatt elektrischen Energiequanten. Sie bildet die direktsteuerbare Arbeitsperipherie der Mikroelektronik, mit der binären Bewegungsform für schrittweise oder kontinuierliche Bewegung.

Die digitale Mikroelektronik und die Digitalmechanik bilden zusammen eine umfassende und autonome Digitaltechnik zum Steuern und Bewegen.



viele Bereiche der Antriebstechnik werden durch die Digitalmechanik neu belebt. So entstehen neue, einfachere, wirtschaftlichere Produkte.

2. Die waagrechte Verschiebung einer Last

Wenn man die Position eines Gegenstandes durch Verschieben verändern will, so muss man den vorhandenen Reibungswiderstand (F_R) überwinden.

Die erforderliche mechanische Arbeit, um den Gegenstand mit F_G Gewichtskraft und mit μ Reibungskoeffizient zwischen den anliegenden Flächen um eine Weglänge s waagrecht zu verschieben, beträgt

$$W = F_G \cdot \mu \cdot s$$

Beispiel: Ein Betonblock auf dem Betonboden.

$$F_G = 10000 \text{ N} \quad \mu = 0.7 \quad s = 1 \text{ m}$$

Der Reibungswiderstand $F_R = 10000 \cdot 0.7 = 7000 \text{ N}$

und die notwendige mechanische Arbeit

$$W = 10000 \cdot 0.7 = 7000 \text{ Nm}$$

Man würde aber kaum einen solchen Betonklotz am Boden ziehen.



Um die notwendige mechanische Arbeit auf konventionelle Art zu vermindern, wählt man heute eines der üblichen Mittel für den Transport, wie Gabelstapler, Rollenbahn, Räder oder Hebezeug auf einer Hängebahn.

3. Die Verminderung der Reibungskraft durch den Gleitschritt.

Die Antriebe in der Digitalmechanik basieren grundsätzlich auf einer binären Bewegungsform.

Ähnlich der digitalen Mikroelektronik spricht man in der Digitalmechanik vom "0"- bzw. "1"- Bewegungszustand.

Der "0"- Bewegungszustand entspricht dem Stillstand mit der Reibungskraft der Ruhelage. (Beim vorgehenden Beispiel $F_R = 7000 \text{ N}$)

Der Gleitschritt entsteht durch eine Normalkraft an der gegenüber der Last-Führungsebene geneigten Führungsbahn des AKTIVKEILS. Wir behalten hier die Daten vom vorgehenden Beispiel.

Die Wahl des Neigungswinkels bestimmt die Übersetzung der wirkenden Kräfte und lässt die Größe des Reibungswiderstandes vorbestimmen.

Wenn wir die obige Last anstatt mit 7000 N über den Boden zu ziehen, in Gleitschritt, über die Kräftegeometrie des AKTIVKEILS verschieben wollen, so wählen wir beispielsweise eine Keifflankenneigung mit

$$\tan \alpha = 0.1 \quad (\arctg 0,1 = 5,7^\circ)$$

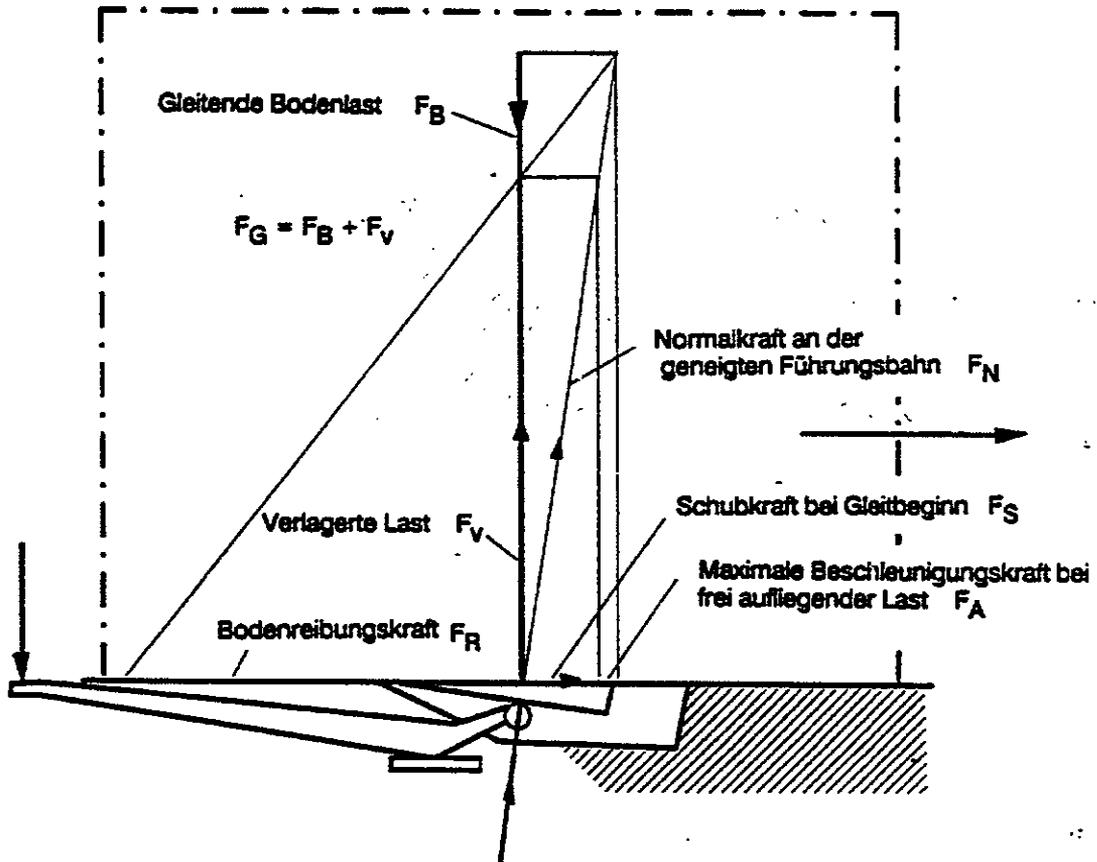
Die wirkenden Kräfte können, wie folgt berechnet werden:

$$\begin{aligned} F_B &= (F_G \cdot \tan \alpha) / (\mu + \tan \alpha) = \\ &= (10000 \cdot 0.1) / (0,7 + 0,1) = \\ &= 1250 \text{ N verbleibende Bodenlast} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_V &= (F_G \cdot \mu) / (\mu + \tan \alpha) = \\ &= (10000 \cdot 0,7) / (0,7 + 0,1) = \\ &= 8750 \text{ N verlagerte Last} \end{aligned}$$

$$F_S = F_V \cdot \tan \alpha = 8750 \cdot 0,1 = 875 \text{ N die notwendige Schubkraft}$$

$F_A = (F_G \cdot \tan \alpha) - F_S = (10000 \cdot 0,1) - 875 = 125 \text{ N}$ ist die restliche Schubkraft für den Rollreibungsverlust an der Keifflanke, bzw. für die Beschleunigung der Last.



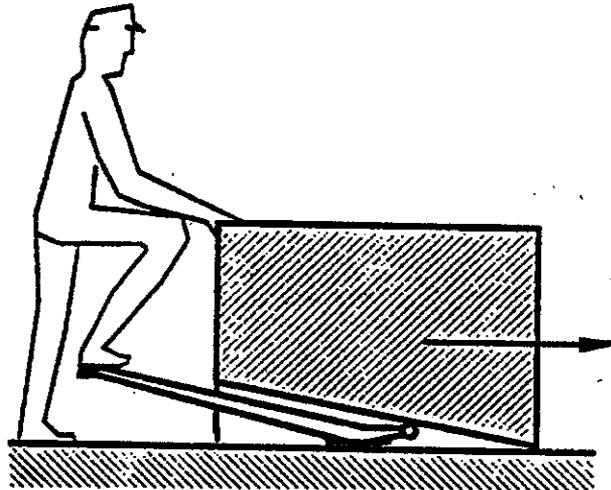
Wenn man eine grössere Beschleunigungskraft braucht, wird der Neigungswinkel des Aktivkeils erhöht.

Die notwendige Arbeit für den Gleitzustand beträgt nun

$$W = F_S \cdot s = 875 \cdot 1 = 875 \text{ Nm}$$

Damit wird der Reibungswiderstand beim vorgehenden Beispiel, verschieben eines Betonblocks über einen Betonboden, mit Gleitschritt auf $875 / 7000 = 0,125$ also auf 12,5 % der ursprünglichen Reibungskraft reduziert.

Nach diesem Funktionsprinzip kann man mit einer Tonne Last, z.B. mit Fusskraft, schrittweise über den Boden gleiten.



Die Dimensionierung des Hebels:

$$F_V = 6750 \text{ N}$$

Für Fussdruck angenommen $F_F = 250 \text{ N}$ auf $s_F = 0,3 \text{ m}$

ermöglicht bei $F_V = 6750 \text{ N}$ einen Sekundärhub von

$$H_K = (F_F \cdot s_F) / F_V = 250 \cdot 0,3 / 6750 = 0,01 \text{ m} \text{ und eine Schrittlänge von}$$

$$S_K = H_K / \tan \alpha = 0,1 \text{ m}$$

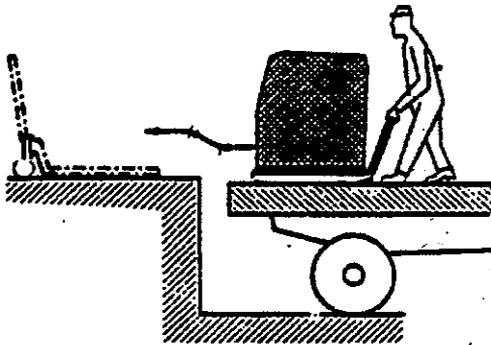
Der Vorschub über Fusspedal mit 250 N Pedaldruck ermöglicht, die Last auf 1 m Distanz in 10 Einzelschritten zu verschieben. Verwendet man aber zwei Fusshebel so kann eine kontinuierliche Lastverschiebung um 1 m Weg durch alternative Betätigung der Hebel in 5 Doppelschritten erfolgen.

Obige Berechnung will nur Richtwerte und Zusammenhänge darstellen, welche jedoch einen grossen Freiraum für die kreative Lösung der jeweiligen Aufgaben ermöglicht.

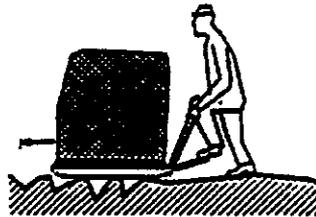
Der Grenzwert der Lasten für gleitende Verschiebung über Fusshebel liegt bei etwa 2000 kg .

Verstärkt man aber den Fussdruck über pneumatische Mittel oder wenn man anstatt mit Fusshebel z.B. niederdruckpneumatische Kraftzellen vorsieht, so können die einzelnen Grössen beliebig erhöht werden.

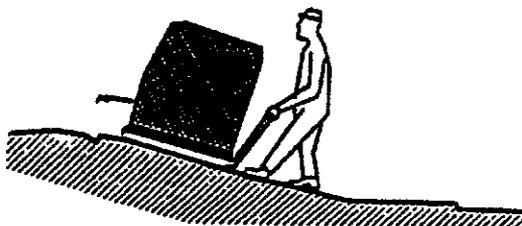
Gleitschritt-Palettenstepper



Eine Niveaudifferenz zwischen Rampe und Fahrzeug-Ladefläche erschwert - ohne Anpassungsrampe - das Umladen von Lasten.



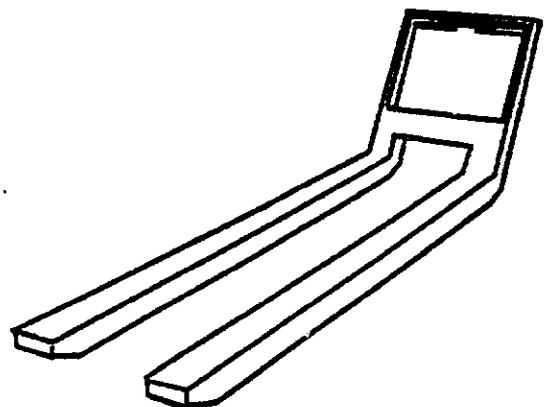
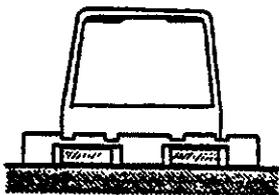
Wo Hubstapler und Palettenhubwagen versagen, kann der H-STEP-SCHLITTEN das Umschlagproblem lösen.



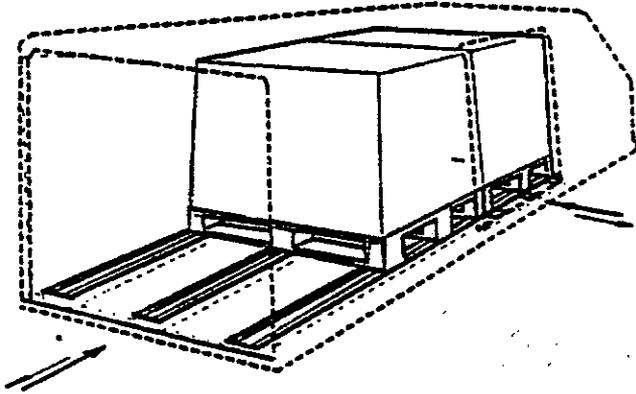
Die Fahrwerke werden je nach Ausführung, pneumatisch oder durch Fusskraft mittels Tretbügel, schrittweise bewegt. Die dargestellte Schlittenausführung dient nur für den Umladeprozess und ist nur beschränkt lenkbar.

Das Zu- bzw. Weiterführen der Last auf ebenem Boden, kann z.B. über Palettenhubwagen erfolgen.

Die Stepperbalken werden in die Öffnungen der Palette geschoben. Sie verschieben die Last nach leichtem Anheben, schrittweise vor- oder rückwärts.



Weitere Dokumentation in Vorbereitung



LADEN



MIT GABELSTAPLER



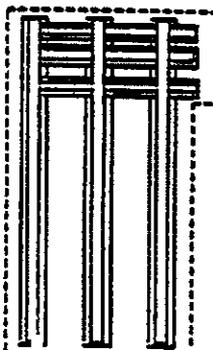
MIT H-STEP-BÜHNE

LADEBRÜCKE MIT 3 STEPPERBAHNEN

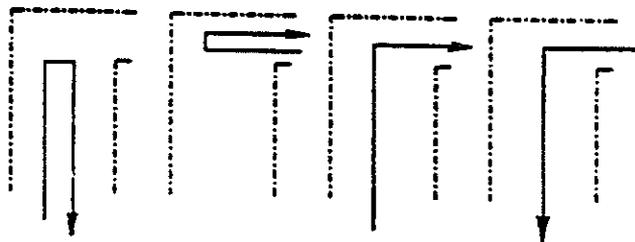


DO. MIT 5 STEPPERBAHNEN

LADEBRÜCKE MIT 3 STEPPERBAHNEN MIT QUERSTEPPER

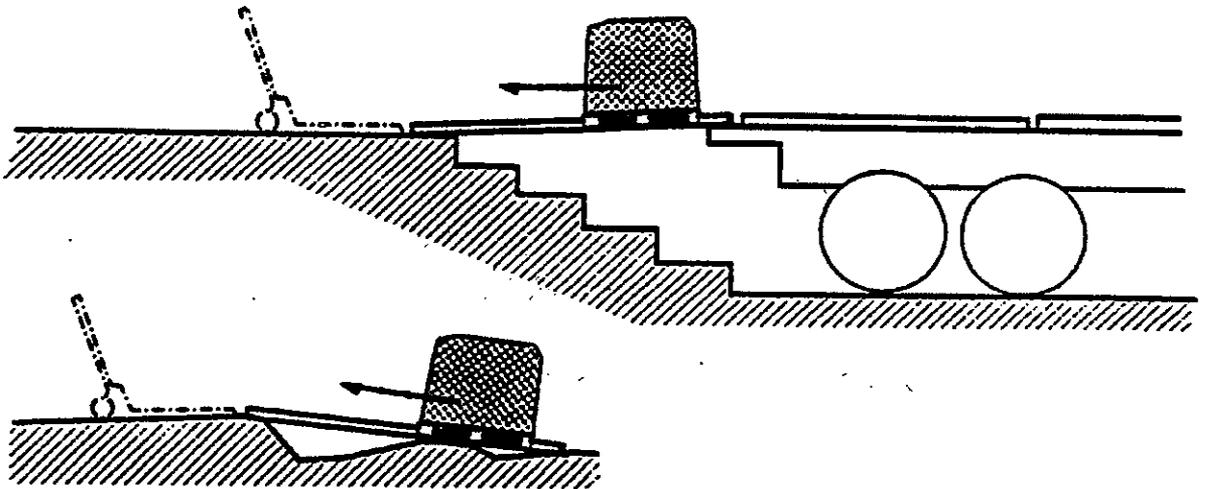


DIE LADEMÖGLICHKEITEN :



H-STEP-LADEBRÜCKE FÜR TRANSPORTER

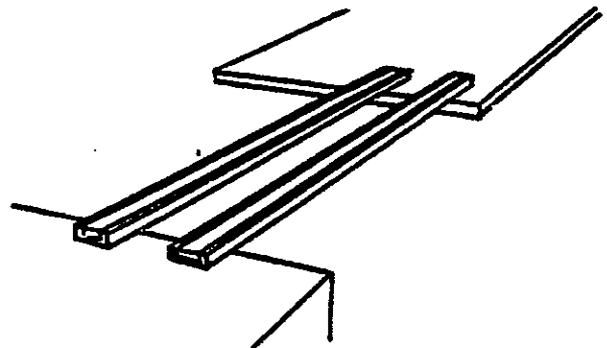
Förderbalken für Palettenumschlag



Um Norm-Paletten auf LKW- oder Waggon-Ladeflächen, in Containern oder an Rampen, ohne Rollbahnen, Palettenhubwagen oder ähnliche Fahrzeuge zu bewegen, dienen die H-STEP-Förderbalken. Sie können paarweise am Boden festmontiert oder in mobiler Ausführung zur Anwendung kommen. Mobile Förderbalken können in selbsttragender Ausführung, paarweise sogar breite Spalten überbrücken.

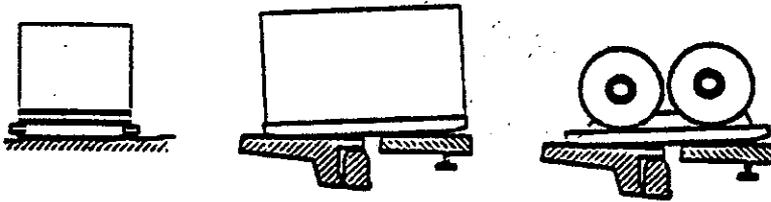
Die einzelnen Module können aneinandergereiht, gekoppelt, pneumatisch, simultan oder sektorenweise angesteuert werden.

Als mobile Umladebalken können sie ebenfalls mit steckbarem Fussantrieb ausgerüstet werden.

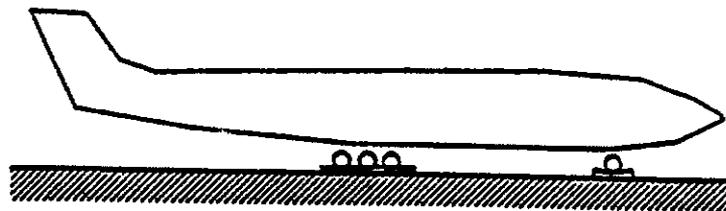


H-STEP-Fahrwerke als Objektträger

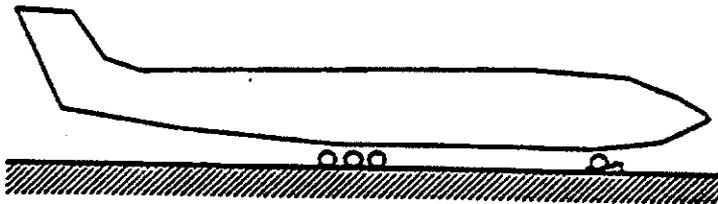
Anwendungsbeispiele für H-STEP-Paletten und Fahrwerke:



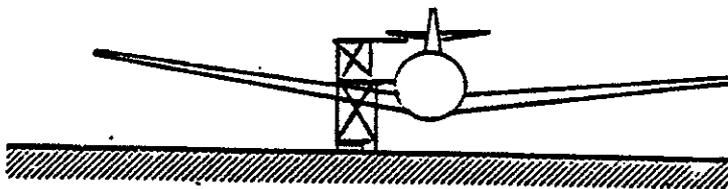
H-STEP-Paletten für den Transport und Umschlag von EURO-Paletten, EURO-Boxen, ISO-Containern, Papier- und Kabelrollen, sowie Behältern und Stückgut jeder Art.



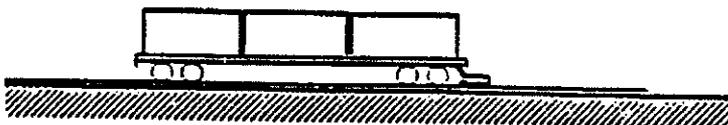
H-STEP-Paletten zum Verschieben von Flugzeugen bei der Fertigung und Wartung.



H-STEP-Bugradschlepper, bzw. Bugradantrieb.

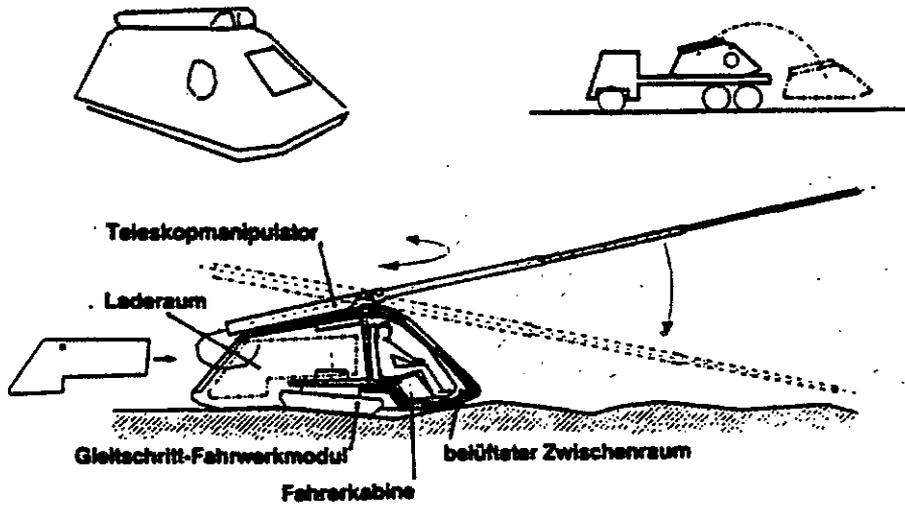


H-STEP-Fahrwerke zum Verschieben und Positionieren von Gerüsten.

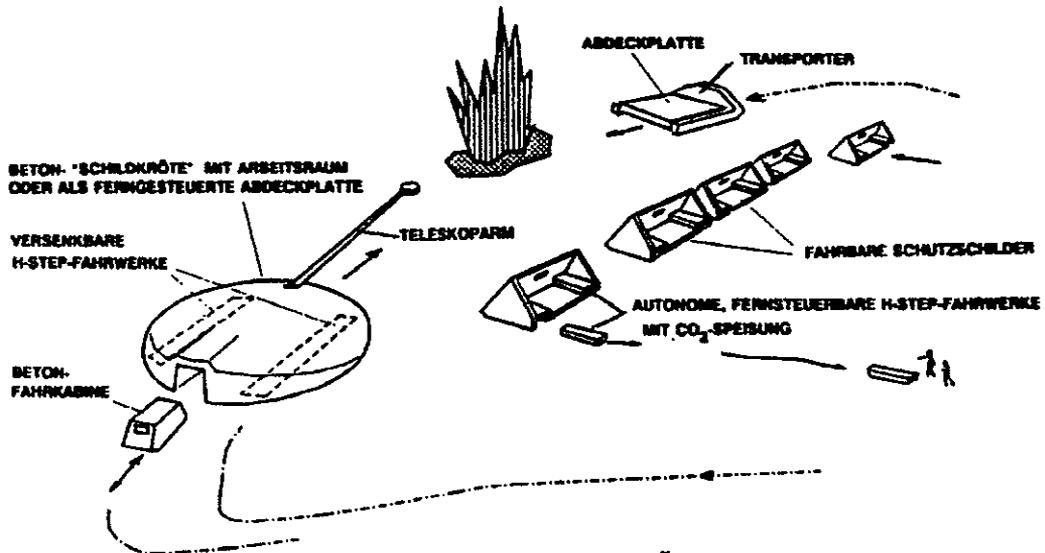


H-STEP-Fahrwerkmodul zum Bewegen von Bahnwagen.

Kuwait-Projekt



**H-STEP-GLEITSCHRITT-FAHRZEUG
 für Notfalleinsatz**



**H-STEP-BRANDLÖSCH-FAHROBJEKTE
 AUS ARMIERTEM BETON .**

4. Gleitschrittantrieb einer rollenden Last

Wenn wir als zweites Beispiel die selbe Last rollend unterstützen, wird deren Verschiebung ebenfalls effizienter als über konventionelle Antriebe, weil auch hier eine Entlastung der Lastauflage erfolgt.

Bei $F_G = 10000 \text{ N}$ und $\mu = 0.03$ Rollreibungskoeffizient beträgt der Reibungswiderstand für konventionelles Verschieben

$$F_R = F_G \cdot \mu = 10000 \cdot 0.03 = 300 \text{ N}$$

Wählt man die gleiche Lastführungsbahn-Neigung mit $\tan \alpha = 0,1$ wie vorhin, so bekommen wir eine verbleibende Bodenlast an der Rollbahn

$$F_B = (F_G \cdot \tan \alpha) / (\mu + \tan \alpha) = \\ (10000 \cdot 0.1) / (0,1 + 0,03) = 7692 \text{ N}$$

$$F_V = F_G - F_B = 2308 \text{ N}$$

$$F_S = F_V \cdot \tan \alpha = 230,8 \text{ N}$$

Die Verminderung der notwendigen Schubkraft für den Gleitzustand, hat sich hier auf $230 / 300 = 76,6 \%$ des Konventionellen verkleinert.

Bei einer Änderung des Keilwinkels auf $\tan \mu = 0.05$ bzw. $\arctg 0.05 = 3,18^\circ$ verändern sich die Daten wie folgt:

$$F_B = (F_G \cdot \tan \alpha) / (\mu + \tan \alpha) = \\ (10000 \cdot 0.05) / (0,05 + 0,03) = 6250 \text{ N}$$

$$F_V = F_G - F_B = 10000 - 6250 = 3750 \text{ N}$$

$$F_S = F_V \cdot \tan \alpha = 3750 \cdot 0,05 = 187 \text{ N}$$

Die Verminderung der notwendigen Schubkraft für den Gleitzustand hat sich hier - gegenüber dem vorgehenden Beispiel - noch weiter auf $187 / 300 = 62 \%$ der konventionellen Vorschubkraft, verkleinert.

Wenn man die Lastverschiebung über Fusshebel tätigen will, können wir ein ähnliches Beispiel wie unter Punkt 3 berechnen.

Weiterhin bleiben $F_F = 250 \text{ N}$ und $s_F = 0,3 \text{ m}$ für Fusshub.

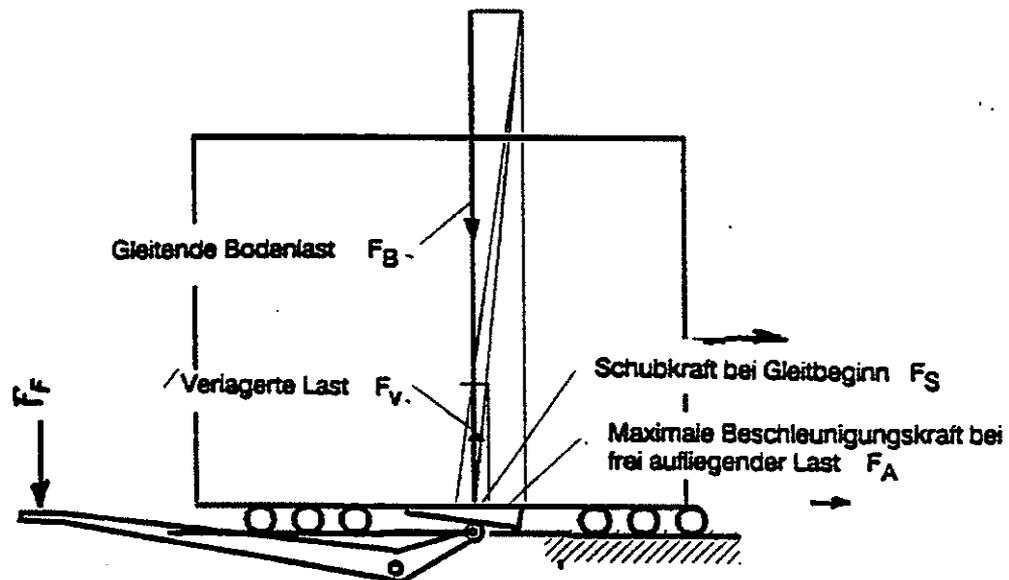
Diese zugeführte Muskelarbeit ermöglicht bei $F_V = 3750 \text{ N}$ einen Sekundärhub am Keil von

$$H_K = F_F \cdot s_F / F_V = 250 \cdot 0,3 / 3750 = 0,02 \text{ m}$$

und eine Schrittlänge von

$$S_K = H_K / \tan \alpha = 0,02 / 0,05 = 0,4 \text{ m}$$

Diese Resultate zeigen, dass bei diesem Beispiel die Last bereits mit 2,5 Einzelschritten auf 1 m Distanz verschoben werden kann.



Der Grenzwert für die Gleitschrittverschiebung einer rollende Last über Fusshebel liegt bei etwa 20.000 kg, bei einer Last welche mit einem konventionellen Antrieb auf einer Rollbahn

$F_S = 20000 \cdot 9,81 \cdot 0,03 = 5886 \text{ N}$ Antriebskraft erfordern würde.

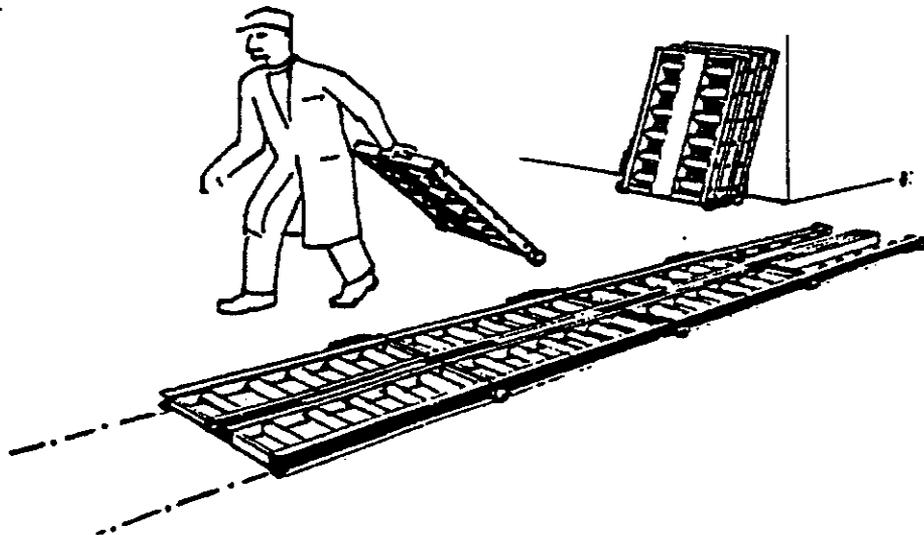
In eine solche Rollbahn würde man eine Motorengrösse von mindestens 2 - 3 KW einbauen.

Dieses Beispiel zeigt einen der energiewirtschaftlichen Vorteile der Digitalmechanik als eine mechanische Verstärkerstufe der Muskelarbeit des Menschen. Dadurch entfallen in vielen Anwendungsfällen elektromechanische Antriebe im niedrigen Leistungsbereich, bis etwa 3 KW.

Solche Lösungen ermöglichen ebenfalls hybride Antriebsarten zu gestalten, bei denen ein niederdruckpneumatischer Kraftverstärker zugeschaltet werden kann. Diese können ebenfalls oszillatorgesteuert vollautomatische Funktionen - auch ohne Muskelarbeit - erfüllen. Solche hybride Antriebe ermöglichen einen wahlweisen Betrieb. Beispiel: Dollys in der Air-Cargo-Logistik am Flugplatz durch menschliche Kraft und in der Lagerhalle durch Mediumdruck-Netzspeisung automatisch zu be- und entladen.

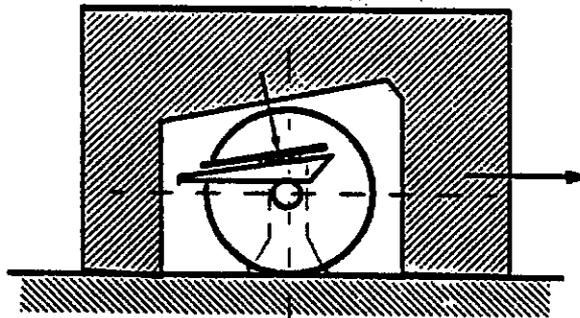
Paletten-Förderbahn mit Fussantrieb

... in Minuten betriebsbereit



5. Das Rollschrittfahrwerk für binäre Fahrweise

Das folgende Bild zeigt ein Fahrwerk bei dem der Aktivkeil durch eine mit der Last gestützte Kraftzelle über Rollager gegen den kleineren Durchmesser einer überetzten Walze gepresst wird und diese über Tangentialkraft antreibt.



Gewichtskraft des Fahrzeuges
inkl Last $= F_G$

Keilwinkel $= \alpha$

Reibwalzendurchmesser d

Fahrwalzendurchmesser D

Bodenreibungskoeffizient μ

Anpresskraft am Keil F_a

Verlagerte Bodenlast F_v

Der Rollschritt beginnt bei

$$F_B = (F_G \cdot (\tan \alpha \cdot d / D)) / (\mu + (\tan \alpha \cdot d / D))$$

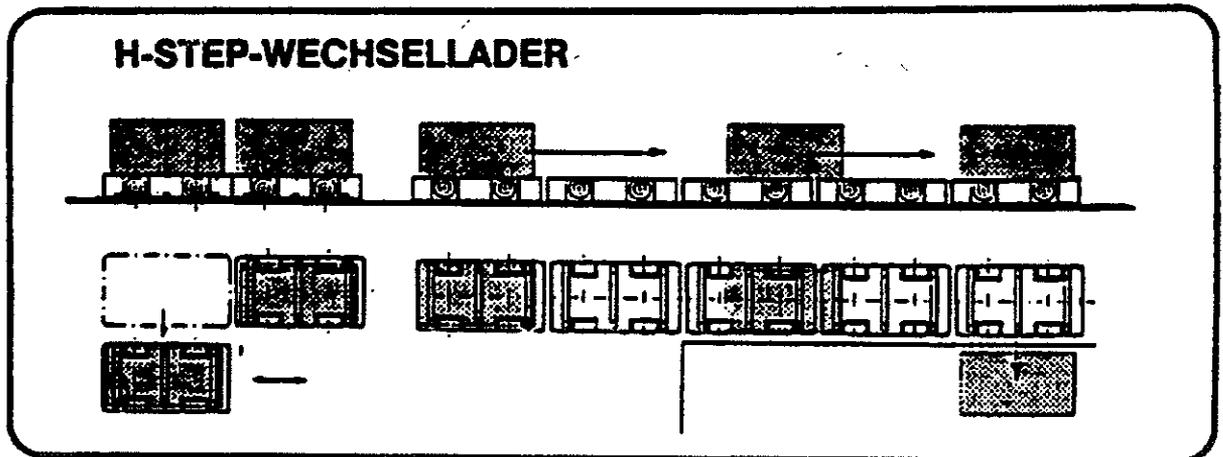
Die Wegübersetzung Anpresshub / Rollschrittlänge entspricht

$$\dot{U}_R = H_Z / (\tan \alpha \cdot d / D)$$

Solche Fahrwerke können z.B. in fahrerlosen Transportsystemen (FTS) ihre Aufgabe mit äusserst geringem Energiebedarf und mit sehr exakter Führung und Positionierung erfüllen. Sie können grundsätzlich für beliebig grosse Lasten konstruiert werden. Das Spektrum der Möglichkeiten reicht von der Apparaturgrösse, über EURO-Paletten und ISO-Container bis zum Bugradschlepper für Grossflugzeuge.

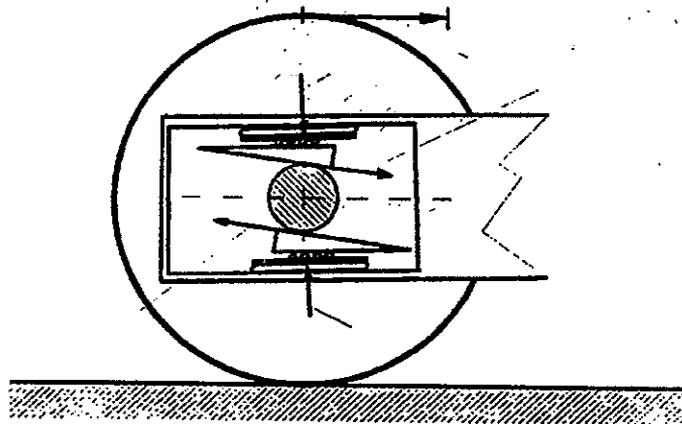
Eine gänzlich neue Art von Fahrzeugen repräsentiert der **H-STEP-WECHSELLADER**. Eine über Rollschritt-Fahrwerke bewegte Plattform, die nach kartesischen Koordinaten fahren und laden kann. Sie eignet sich für fahrerlose Transportsysteme (FTS) im Lager- und Produktionsbereich.

Die Fahrwerke, nach beiden Koordinaten und in beiden Ebenen, können exakt positionieren. Sie werden, als mobile Koordinatentische, bzw. Werkstückträger, die Basis zu neuen Robotersystemen bilden. Ein wesentliches Merkmal ist, dass diese fahrenden Plattformen in nicht-fahrendem Zustand stets planar am Boden aufliegen. Sie können also in der Halteposition auch durch grosse Kräfte belastet werden. Die Speisung der Fahrwerke erfolgt über eingebaute Druckmedium-Pufferspeicher, nachgeladen beim Überfahren von streckenweise angeordneten Bodenventilen.



6. Der Rollschritt-Fahrzeugantrieb

Das folgende Bild zeigt einen Rollschritt-Einzelantrieb in schematischer Darstellung. Die radial auf die harte Walze angepressten und über niederdruckpneumatische Kraftzellen simultan angesteuerten Aktivkeile, erzeugen reibungsschlüssig den Tangentialschub am Rad.

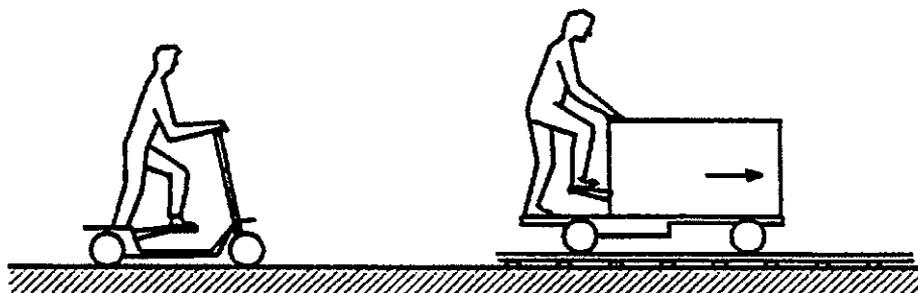


Nach diesem Funktionsprinzip wurden bereits Prototypen von Fahrrädern (Rollern) und niederdruckpneumatischen Fahrzeugmotoren gebaut.

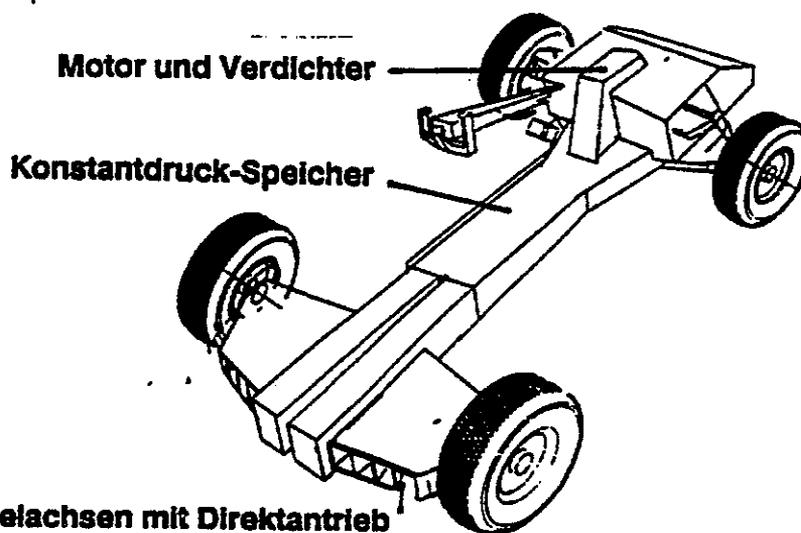
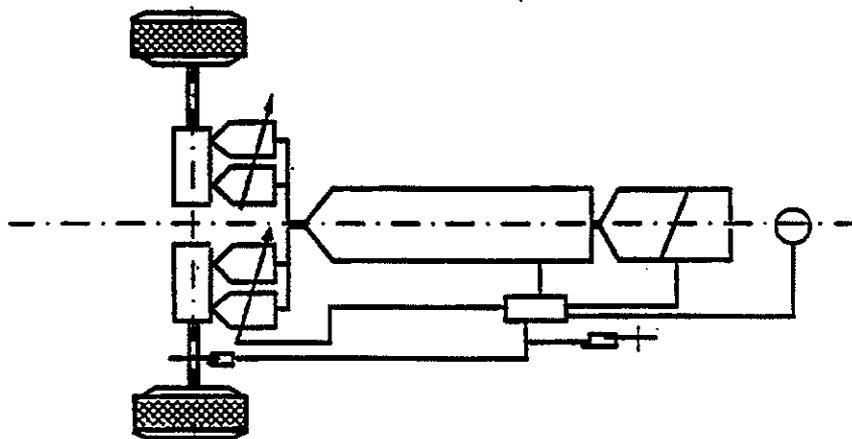
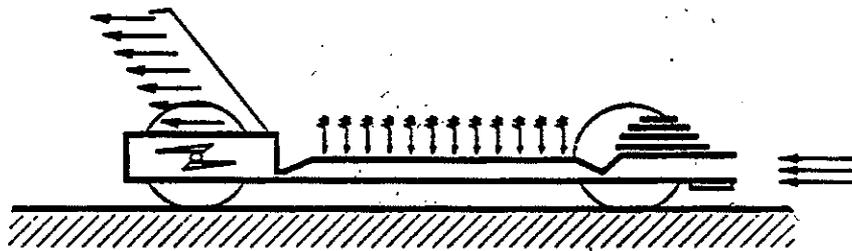
Die hohen mechanischen Wirkungsgrade zeigen fahrende Funktionsmodelle bis zu einem Hub/Fahrweg-Verhältnis von 1 : 200, wodurch diese einen höheren mechanischen Wirkungsgrad als 99,5 % nachweisen.

Die bessere Anpassung der Mechanik an die ergonomischen Bedingungen des Menschen beim H-STEP-Roller, erhöht die Wirkung der Muskelkraft und die Verkehrssicherheit.

Die rollschritt-angetriebenen Dreiradscooter und die Schmalspurdraisinen sind Leichttransporter auch für Entwicklungsländer.

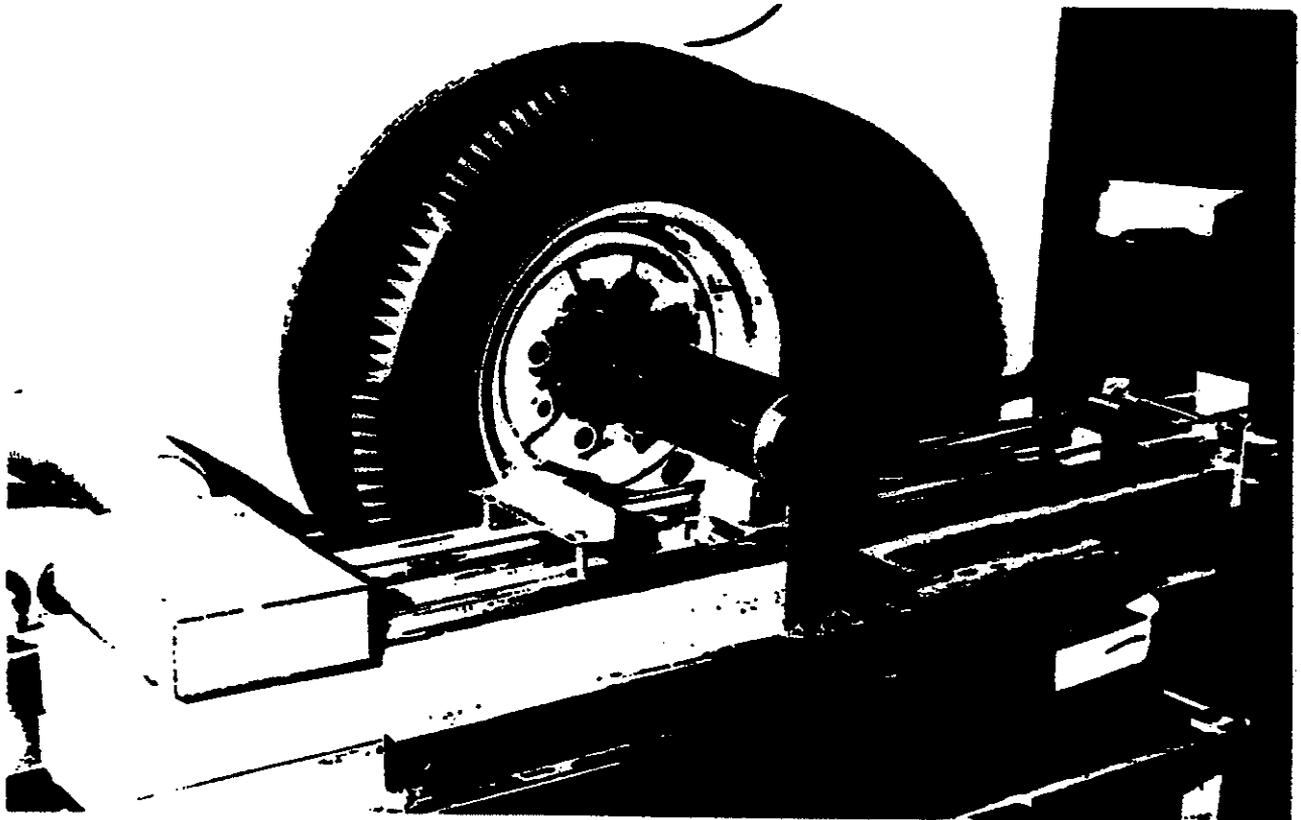


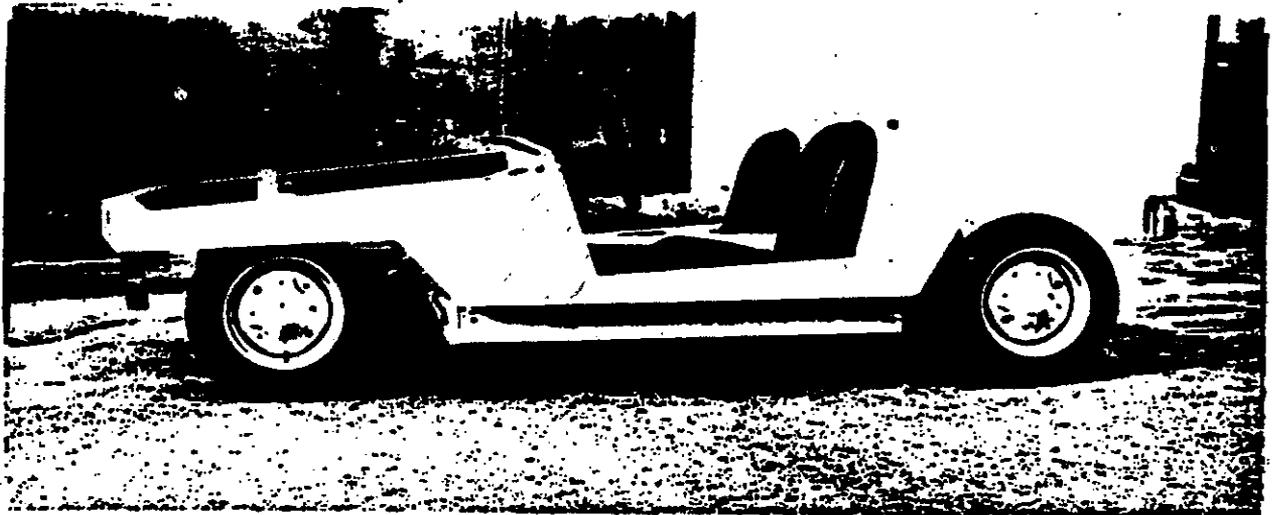
Das über niederdruckpneumatische Pufferspeicher gespeisene digitale H-STEP-Stadtauto und das H-STEP - Hybridauto haben einen stets fahrwiderstand-proportionalen Energiebedarf, einen hohen mechanischen Wirkungsgrad, ein geringes Eigengewicht und gute Beschleunigung. Sie bilden eine neue Generation von Individual-Fahrzeugen.



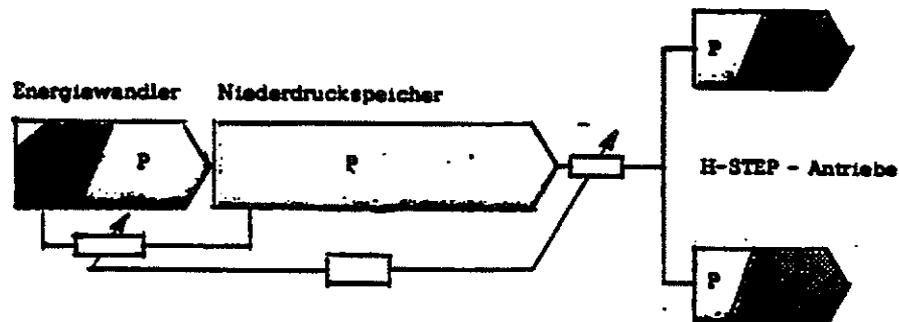
Pendelachsen mit Direktantrieb

Versuchs-Keilmotor für Prüfstand



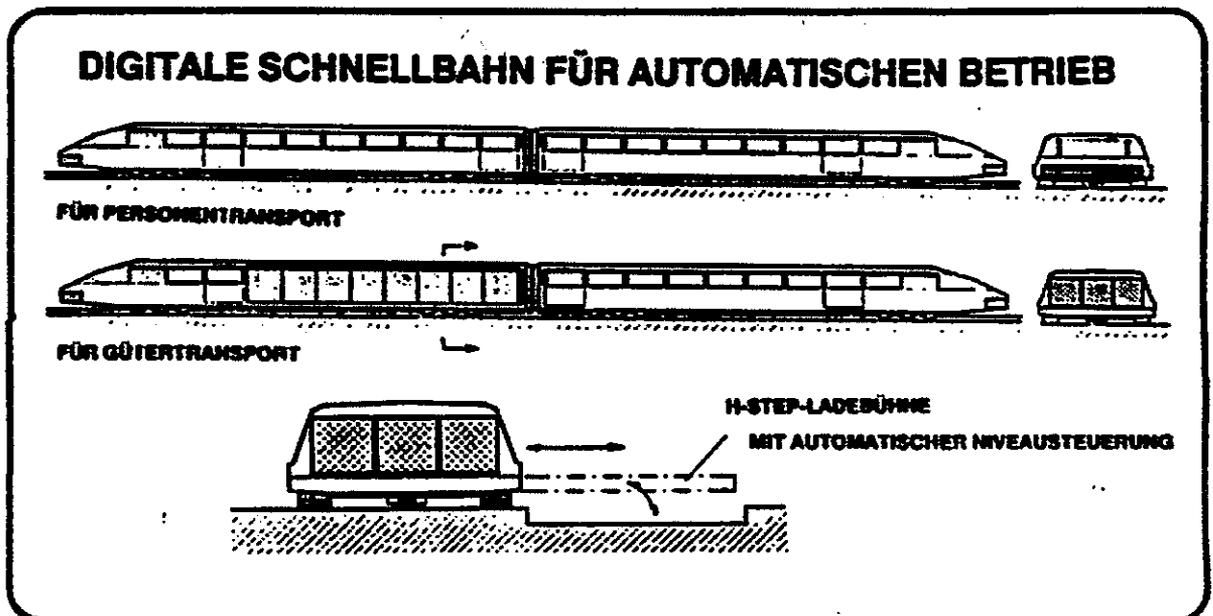


H-STEP-MOBIL - Versuchsfahrzeug im Rohbau



Den Bau dieses Prototyps musste ich wegen Finanzierungsmangel einstellen. Die Karosserie steht noch in meinem Lager, wird jedoch nächstens wegen Platzmangel verschrottet.

Digitale, über Keilmotoren angetriebene Schnellbahnen können wesentlich leichter und wirtschaftlicher werden, als ihre heutigen Alternativen. Ihr hohes Beschleunigungsvermögen bei geringem Energiebedarf, die genau programmierbare Halte-Positionierung für den Güterumschlag, das Umladen der Güter über Gleitschritt-Module und die geringen Herstellungskosten machen die Digitalbahn zukunftsgerichtet. Das selbe Konzept eignet sich für Monorails, wie auch für Einschienen-Hängebahnen. Der folgende Entwurf zeigt eine über Hochgeschwindigkeitsreifen rollende Schnellbahn, welche mittels Leitschiene an der Laufbahn, formschlüssig geführt wird.



7. Die Energiespeisung der Antriebe von heute

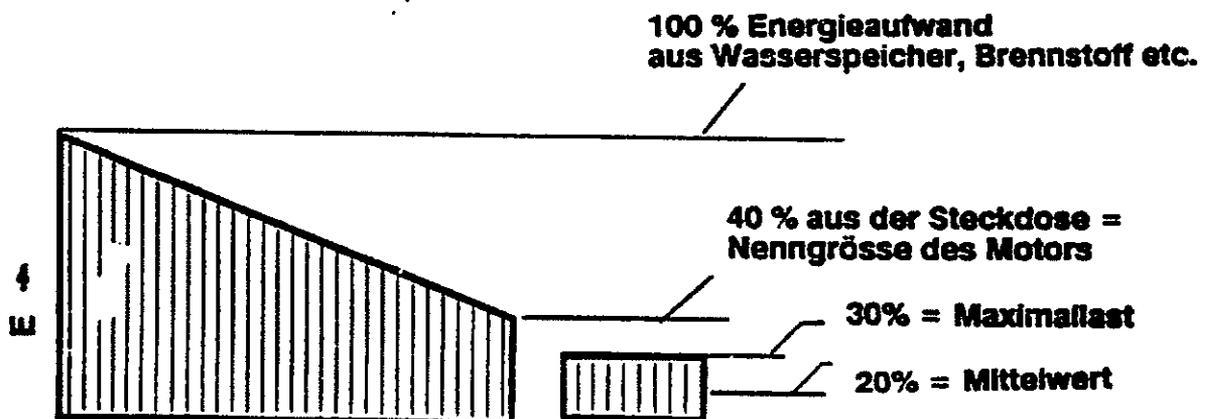
Heute werden die stationären Antriebe, wie auch die Antriebe der schienengebundenen Fahrzeuge, praktisch ausnahmslos elektrisch gespeist.

Man hat sich an die Meinung gewöhnt, dass die elektrischen Antriebe die sauberste und effizienteste Art repräsentieren.

Doch es ist nicht ganz so.

Wir wissen, dass beim Umwandeln der gebäuchlichen Energieformen in elektrische Energie, etwa 60 % Energieanteil verloren geht. Aus den verbleibenden 40 % muss ein Antriebsmotor gewählt werden, der, selbst bei der höchsten Belastungsspitze, noch genügend Leistung hat um die Drehzahl halten zu können um ein Abbrennen des Motors zu vermeiden. Auf diese Weise bleiben nur noch etwa 30 % der ursprünglichen Energiemenge im Normalbetrieb bei Vollast nutzbar.

Die effektive Auslastung der Einrichtungen bleibt normalerweise wesentlich unterhalb der Vollast. Wenn wir etwa 66 % mittlere Belastung annehmen, so bleiben nur noch 20 % nutzbar, bei einer weit überproportionalen Stromaufnahme. Noch weniger wird der Energieaufwand bei Einrichtungen mit stark variabler Belastung nutzbar gemacht, wie z.B. bei einer Drehbank.



Noch ungünstiger ist die Energienutzung bei den Bahnen und beim Automobil infolge hohem Eigengewicht.

Schrittantrieb
für schrittweises
Bewegen



Kontinuierliches Bewegen
mit zwei alternativ
angesteuerten Schrittmodulen



Das Problem bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor und mechanischer Kraftübertragung besteht auch darin, dass die Motorleistung nach der erforderlichen Beschleunigung dimensioniert werden muss. Unwirtschaftlich und stark überproportional ist dagegen die Leistung bei einer langsamen Kolonnenfahrt in der Stadt.

Die Funktionsweise eines analogmechanischen Antriebes.

Konventionelles Automobil mit "Analogmechanik"
z.B. im Stadtbetrieb



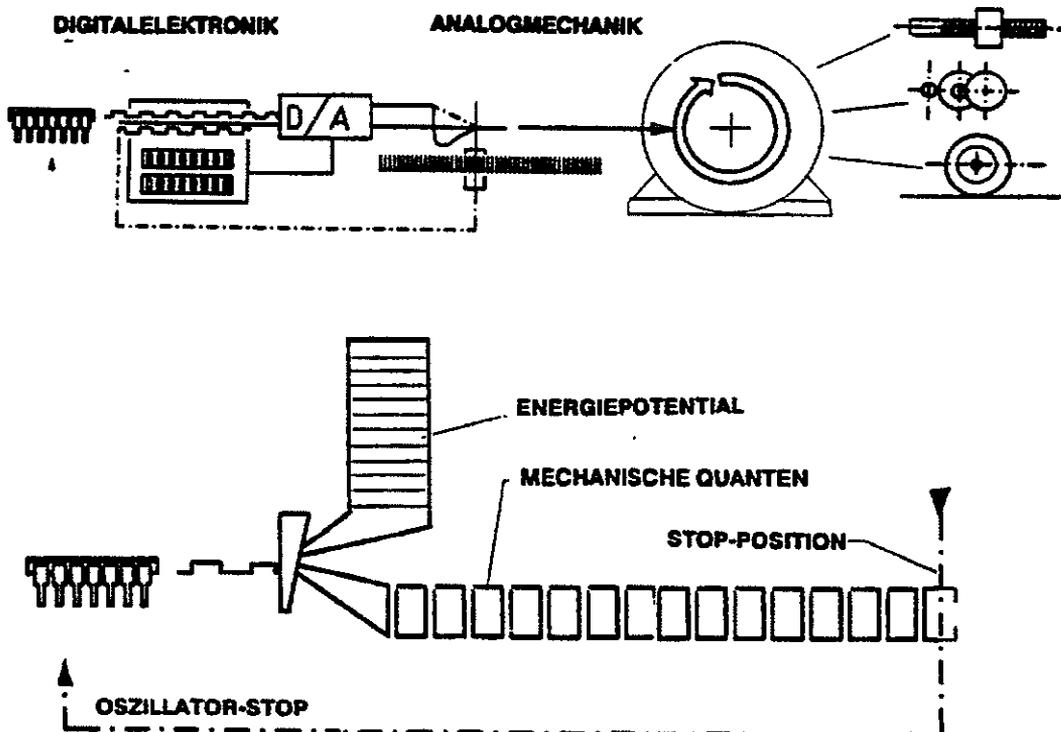
8. Energiespeisung bei der Digitalmechanik

Die Digitalmechanik arbeitet mit einzelnen Quanten von mechanischer Arbeit, aus deren taktgesteuerter Folge der Bewegungsprozess schrittweise, kontinuierlich oder als Schwingung entsteht.

Der Zustand während der Energiezuführung bedeutet bei der Digitalmechanik: Bewegung. Ohne Energiezufuhr ist nur ein Stillstand oder ein Freilauf möglich. Ein Leerlauf, wie bei konventionellen Antrieben - mit Analogcharakter - existiert nicht.

Die Grösse der einzelnen Kraft-Weg- oder Kraft-Zeit-Quanten und die Taktfrequenz sind direkt steuerbar.

Ein Vergleich zwischen einer konventionellen Positionssteuerung und einer digitalmechanischen Positionierung zeigen die folgenden Bilder in schematischer Darstellung.

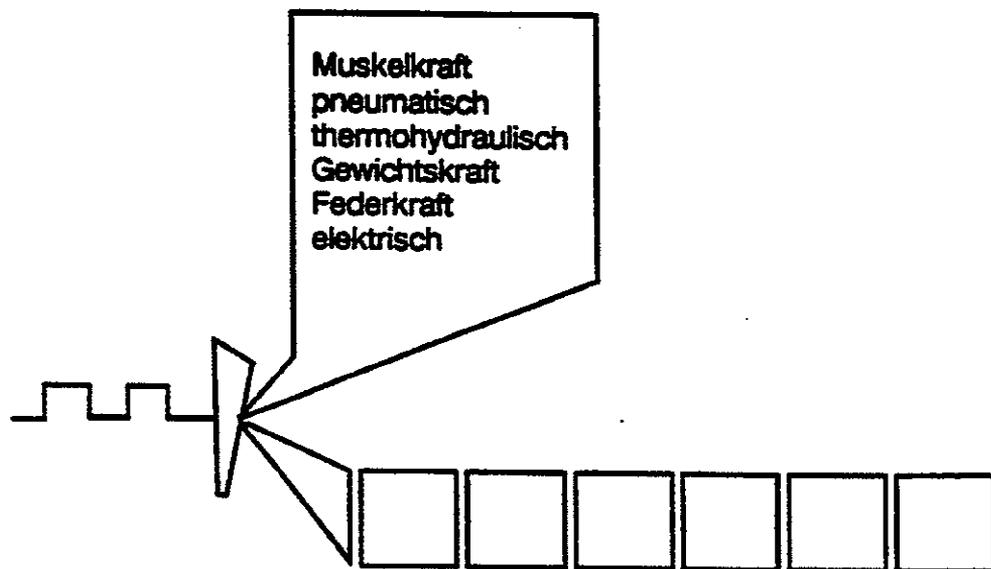


Der Energieinhalt der einzelnen Quanten kann durch Zeit- bzw. Weg-Rückkoppelung sowie über die Kraft-Grösse als Amplitude bestimmt werden. Die bestimmenden Grössen können über elektronische oder hydrostatische (pneumatische) Mittel eingestellt oder gesteuert werden.

Die Digitalmechanik ist also eine frequenz- und amplitudenmodulierbare Mechanik - dadurch in der Art mit der Biomechanik verwandt - und bildet eine über D/D-Schnittstellen mit der Digitalelektronik direktkoppelbare mechanische Arbeitsperipherie.

Zur Speisung der Digitalmechanik können alle Energieträger verwendet werden, welche sich zur Umwandlung in mechanische Arbeit direkt oder über Mediumdruck eignen.

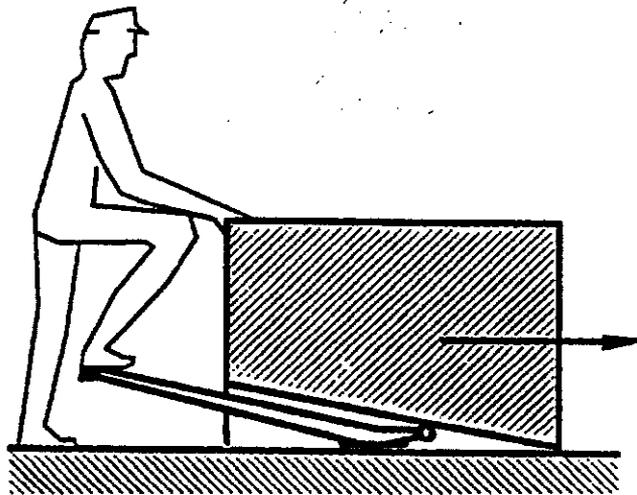
Die breite Kompatibilität ermöglicht verschiedene Speisungsarten wahlweise oder überlagert zu verwenden.



Eine pionierhafte Aufgabe der Digitalmechanik ist die Erweiterung der menschlichen Aktionfähigkeit durch die Funktion einer von der Psychomotorik direkt-proportional-steuerbaren Verstärkerstufe. Dadurch können Vorgänge in beliebigem Leistungsbereich feinfühlig gesteuert werden.

Die mit **Muskelkraft** angetriebenen Einrichtungen in den Bereichen Lastbewegung, Umschlagtechnik und Logistik ersetzen in vielen Fällen Elektromotoren, Weitere Vorteile ergeben sich durch eine bessere Kontrolle der Bewegung, Verminderung der Unfallgefahr, Netzunabhängigkeit und Ex-Sicherheit.

Die digitalmechanischen Antriebssysteme für automatische Vorgänge bis zum hohen Leistungsbereich, werden vorwiegend **niederdruckpneumatisch** betrieben.



Die praktisch ohne Verformungsarbeit und Dichtungs-Reibung, also praktisch ohne Verlust arbeitenden Kraftzellen ermöglichen, z.B. zwischen 10 - 10.000 mbar medi- umdruck-proportionale Kraft zu erzeugen.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit mit niedrigem Mediumdruck zu arbeiten. Nebst ver- lustarmem Komprimieren ergeben sich auch einfache Einrichtungen zur Speicherung und zur Steuerung des Druckmediums.

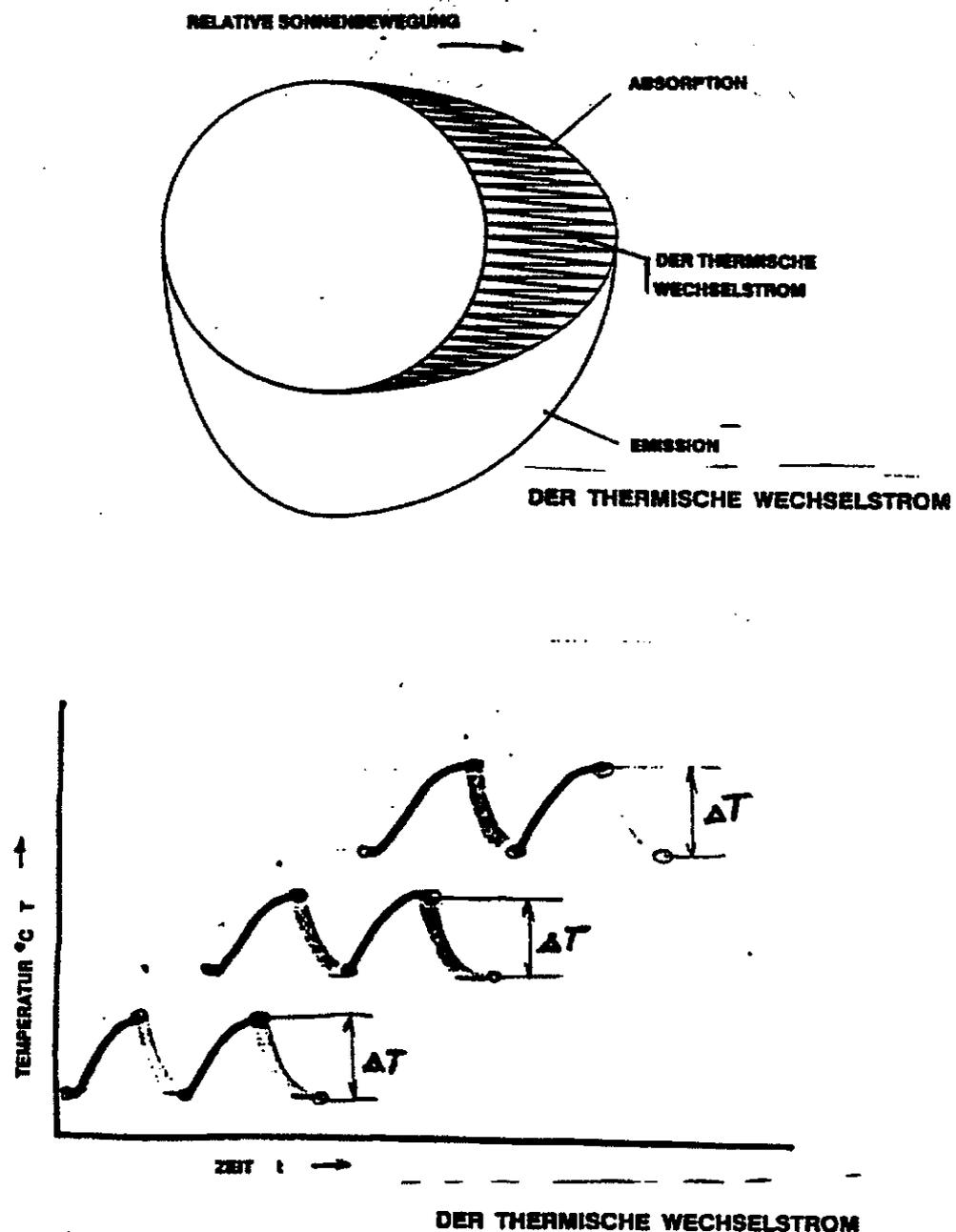
Die systemeigenen Speicher haben einen Konstantdruck-Charakter um Verlustvo- lumen bei einem Konstantvolumenspeicher zu vermeiden.

Zu den Besonderheiten dieser Technik gehören Verfeinerungen in der Mechanik und in der Handhabung der wirkenden Kräfte. In diesem Sinne wird das Programm mit dem "H-Compensor" und mit dem "Bremsstab" ergänzt.

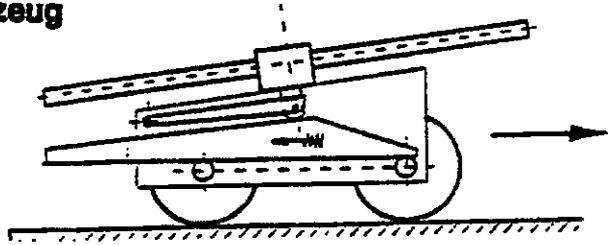
Die thermohydraulische Speisung basiert auf der Wärmeausdehnung einer Flüssigkeit.

Durch die Rückkoppelung von Temperaturgrenzwerten kann eine über Rückschlagventile gleichgerichtete Förderung eines Druckmediums zur additiven Füllung eines Druckspeichers erfolgen, beispielsweise zur Nachführung eines Solarpanels. (s. Seite 33)

Eine direkte Umwandlung der thermohydraulisch verdrängten Flüssigkeit in mechanische Arbeit ergibt über den AKTIVKEIL einen zyklischen Bewegungsprozess. Eine Mehrphasenanordnung solcher Funktionsgruppen ergibt eine kontinuierliche Bewegung. (Beispiele auf Seite 33)

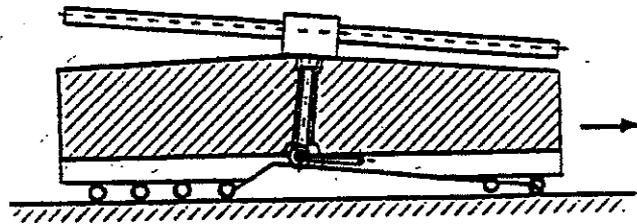


Thermohydraulisches Solarfahrzeug

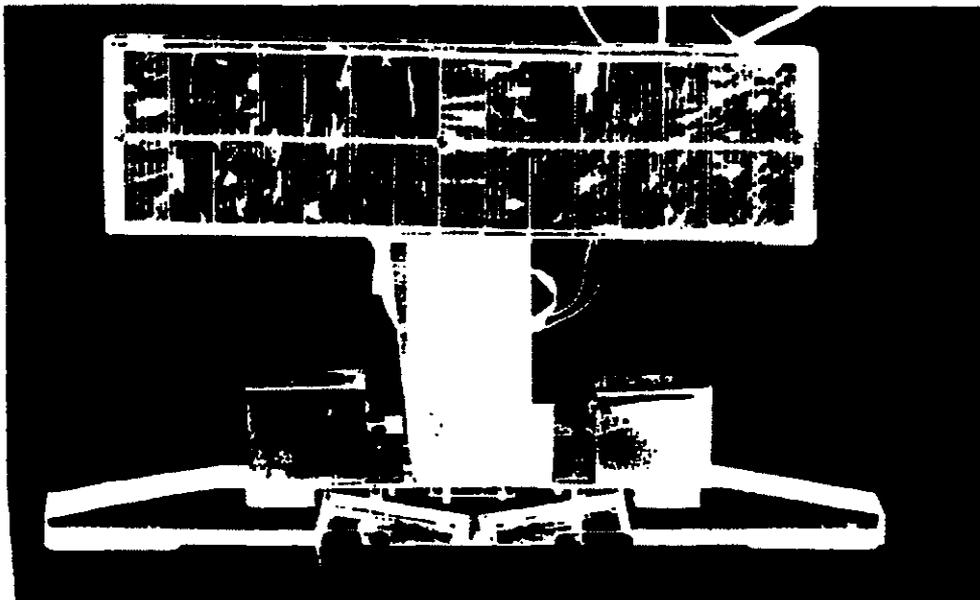
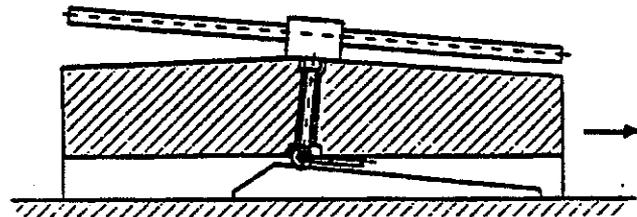


Thermohydraulischer Transport

rollend



gleitend



Vorführmodell für Solarpanel-Nachführung durch thermohydraulisch / niederdruckpneumatisch gespeisene Digitalmechanik.

Die Gewichtskraft des Menschen oder eines Gegenstandes kann über den AKTIVKEIL in verschiedenen Anwendungsbereichen überraschende Resultate bringen. Beispiel: Schiebe- und Drehtürantriebe. (S. Beilageblatt: Schnelle Türe ohne Netzanschluss)

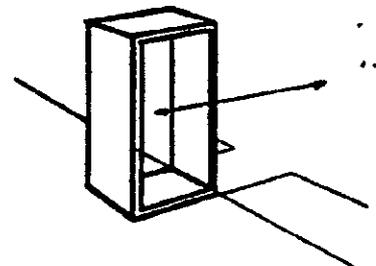
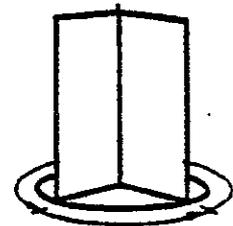
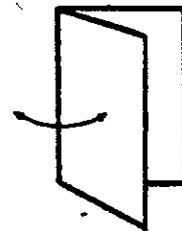
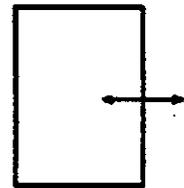
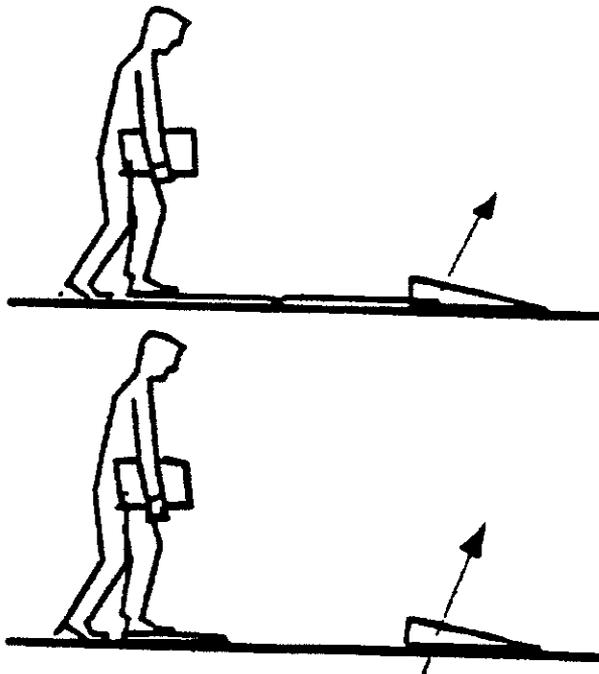
Das Funktionsprinzip der H-STEP-Türantriebe basiert auf den Gleitschritt.

Dieses neue physikalische Phänomen ermöglicht, eine in der Ruhelage durch Haftreibung blockierte Türe, bei Energiezuführung, mit ausserordentlich geringer Energiemenge zu bewegen.

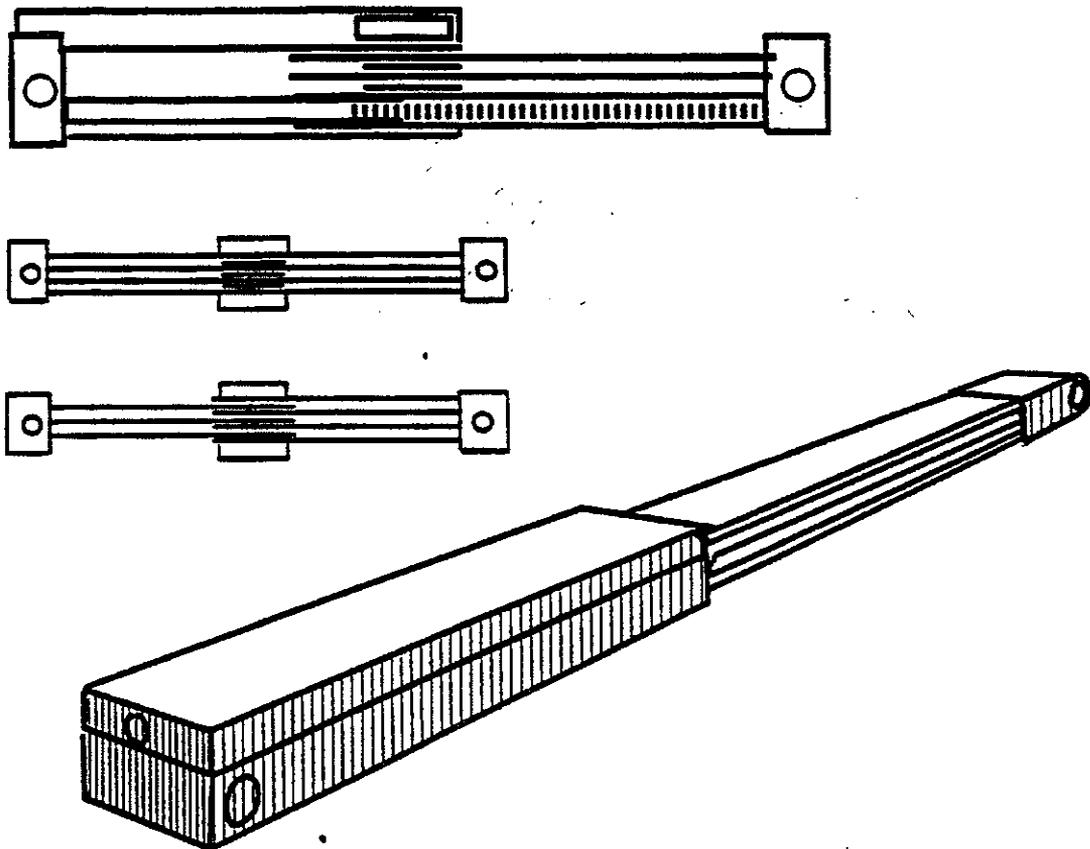
Die Antriebsart ist wahlweise:

- mechanisch durch Körpergewicht ausgelöst
- oder niederdruckpneumatisch

Die beiden Speisungsarten ergeben eine stromnetzunabhängige Funktion, mit besonderem Vorteil für die Anwendung in der Sicherheitstechnik, sowie in nassen oder ex-gefährdeten Bereichen.



Gesteuerte Bewegungs- und Positioniervorgänge aus gespeicherter Lage- oder Spannungsenergie (mechanische Feder, Gas u.ä.) ermöglicht der Bremsstab. (S. Beilageblatt: Bremsstab)



DER BREMSSTAB

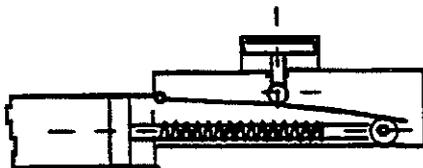
ist ein direkt- oder fernsteuerbares, stufenlos einstellbares Haft-Brems-Modul.

Es kann allgemein als spielfrei-selbsthaftende und längenveränderbare Stütze zum Fixieren der eingestellten Position bei höhenveränderbaren oder schwenkbaren Einrichtungen wie Arbeitstische, Stühle, Scherenhubtische, Stative, Gerüste, Tablare, Montagehilfen etc. verwendet werden und kann ebenfalls zur gesteuerten Positionierung mit hoher Haltekraft dienen.

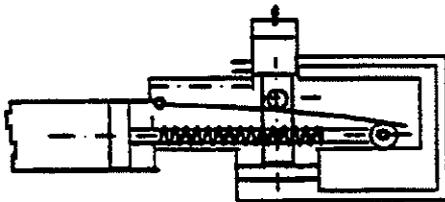
Das Lösen der Haftbremse kann direkt oder ferngesteuert, manuell, pneumatisch oder elektromechanisch erfolgen.

Zur Anpassung oder Linearisierung einer ungünstigen Kennlinie eines Primärvorganges auf einen Sekundärvorgang ermöglicht der Compensor (S. Beilageblatt: H-Compensor)

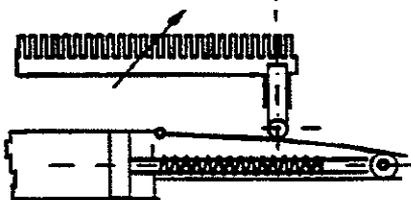
Beispiele: Es wäre sehr verlustreich mit Hydraulik Luft zu komprimieren. Der H-Compensor setzt die wegproportionale Arbeit der Hydraulik durch partielle Kolbengeschwindigkeitsanpassung an den p.v-Charakter des Kompressors um. Diese Eigenschaft wird beispielsweise bei der Umwandlung der thermohydraulischen Arbeit in einen niederdruckpneumatischen Speicher angewendet.



HYDRAULISCHER KOMPRESSOR



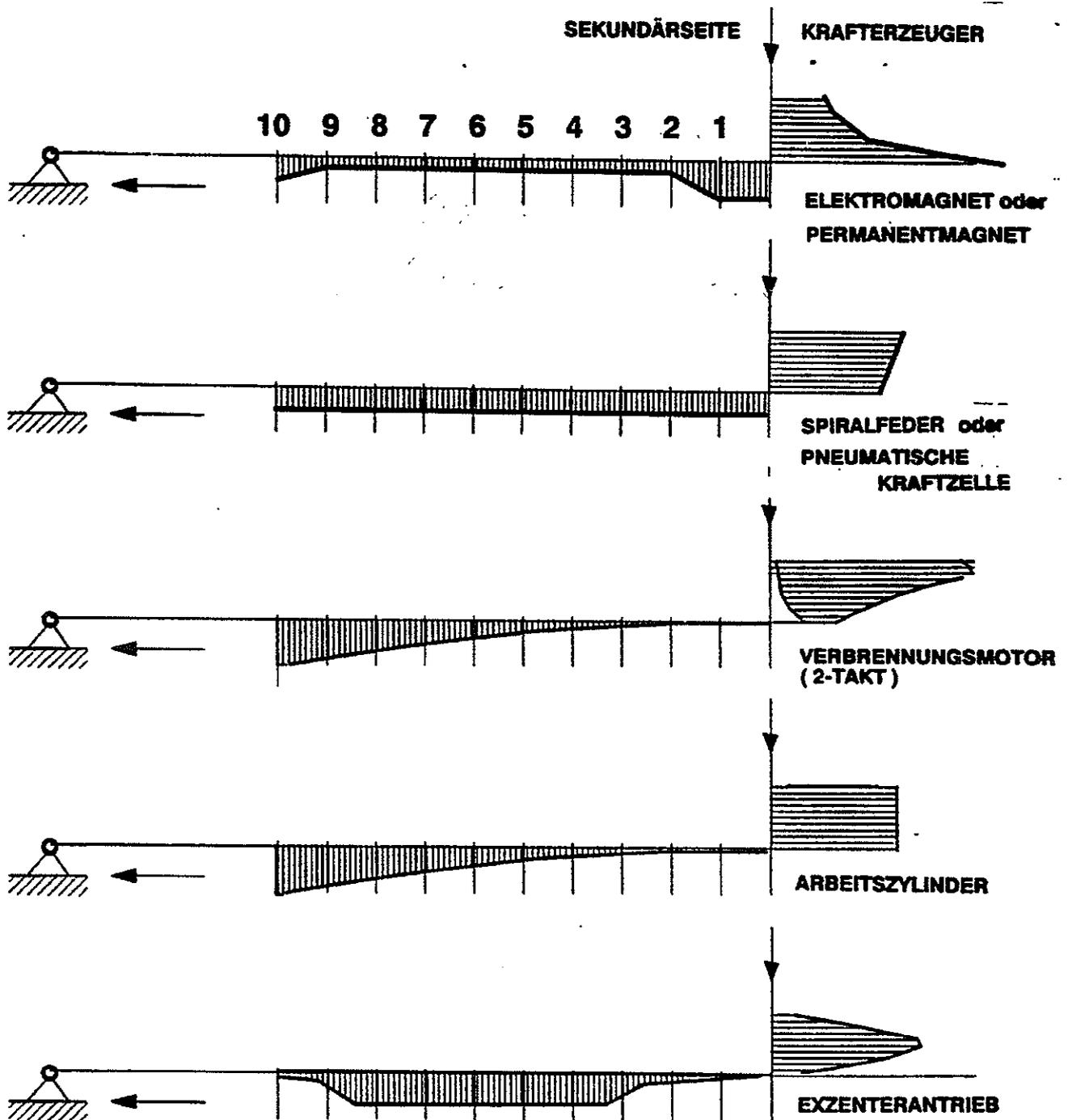
**VERBRENNUNGSMOTOR /
KOMPRESSOR**



**THERMOHYDRAULISCHER
KOMPRESSOR**

H - COMPENSATOR

KRAFT/WEG-KENNLINIEN (BEISPIELE)



Die **elektrische Speisung** wird nur zur Druckmediumherstellung mit einem konventionellen Kompressor oder mit einem zu diesem Zweck optimierten Niederdruckkompressor verwendet.

Die **Direktnutzung elektromechanischer Felder** zur Speisung der mechanischen Quanten, ist unzweckmässig, weil:

1. Progressive Kraft/Weg-Charakteristik
2. Der angezogene Zustand erfordert eine Dauerspeisung.
3. Die fehlende Linearität zwischen Strom und Kraft.
4. Aufwendige und unwirtschaftliche Speicherung über Batterie.
5. Überlastsicherung für Funktionen nur über Überdimensionierung.

9. Schlussbetrachtung.

Wenn man beginnt, mit der Digitalmechanik Antriebsprobleme zu lösen, bekommt man ein sehr ausgeprägtes Gefühl für Energieaufwand und für überschüssige Energiemengen, welche wir durch Neugestaltung der technischen Arbeitsperipherie des Menschen in einem grossen Mass vermeiden können.

Meine Studie versucht neue Wege zur mechanischen Effizienz aufzuzeigen welche ermöglichen:

Die angeborene Fähigkeiten des Menschen und seine Aktionsfähigkeit durch eine direkte mechanische "Verstärkerstufe" mit oder ohne Fremdenergie zu erweitern.

Eine verlustarme direkte Proportionalität zwischen Arbeitsleistung und Energiebedarf zu schaffen.

Temporäre Überlastungen, anstatt Überdimensionierung, durch Energie-Pufferspeicher zu speisen.

Soweit möglich, örtlich vorhandene Energieresourcen zur Umwandlung in mechanische Arbeit zu verwenden.

Den Energieaufwand bei der Herstellung der Produkte durch deren Vereinfachung und durch die Wahl von wirtschaftlichen Technologien zu reduzieren. Bei der Herstellung der digitalmechanischen Produkte dominiert die Kaltverformung aus Blech, im Gegensatz zu der heute dominierenden spanabhebenden Bearbeitung.

Die Digitalmechanik begann eigentlich nicht als Energieprojekt. Das Ziel war, eine hocheffiziente und direktsteuerbare Peripherie für die digitale Mikroelektronik zu schaffen. Auch der Taschenrechner wurde nicht aus Gründen der Energieeinsparung entwickelt. Er ist ein eklatantes Beispiel dafür, dass nur neue Wege zur technischen Effizienz markante Lösungen zur Energieeinsparung bringen können.

Die kritische Betrachtung der elektromechanischen Antriebstechnik erachte ich als Notwendigkeit, besonders in der heutigen Zeit. Die verführerische Faszination zur allgemeinen elektrischen Automatisierung lässt nämlich einen steigenden Energiebedarf nicht vermeiden.

Dagegen betrachte ich es als eine besondere Chance zur wesentlichen Reduktion des Fremdenergiebedarfs, das grosse Potential der Umweltwärme thermohydraulisch in niederdruckpneumatischer Form zu nutzen.

Die Digitalmechanik und die dazu entwickelten Umsetzer ermöglichen, die natürliche oder gesteuerte Oszillation der niederwertigen Umweltwärme effizient zu nützen. Thermohydraulische Wandler lassen sich ohne optisch wahrnehmbare Veränderungen an Umwelt und Architektur integrieren. (Demomaterial ist bei mir in Zürich vorhanden.)

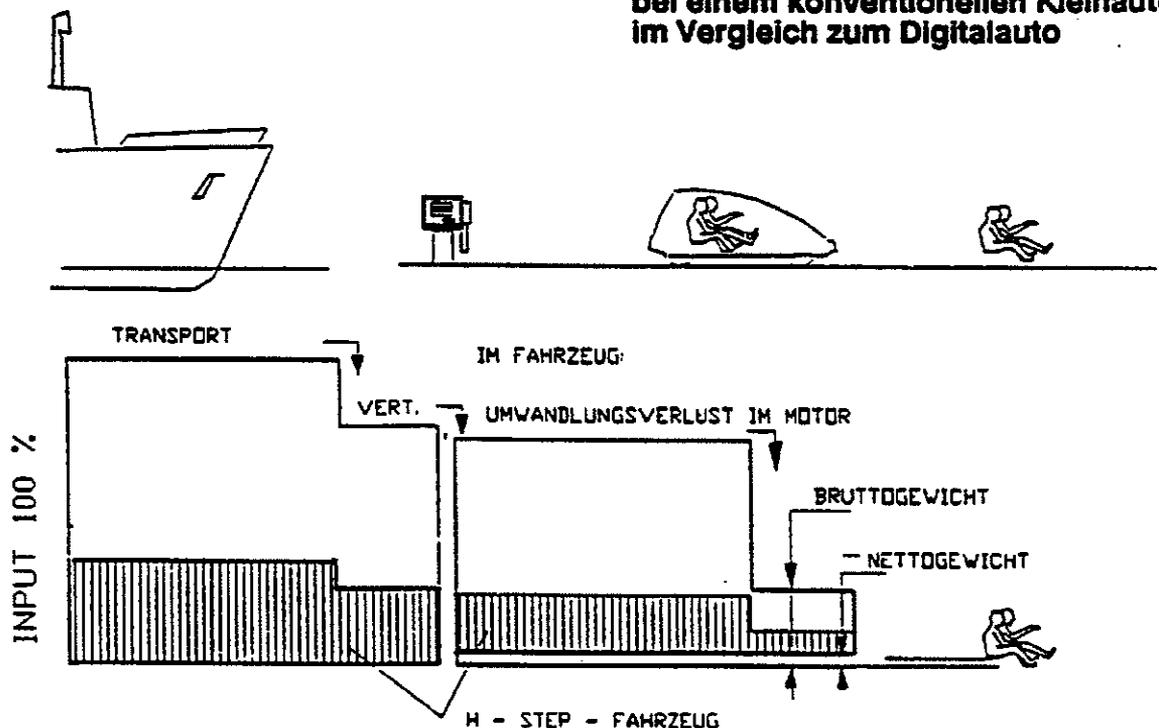
Der Umfang dieser Studie ermöglicht mir, vieles nur in Stichworten oder in Kurzfassung zu präsentieren. Ich bin gerne bereit die einzelnen Themen ausführlicher darzustellen.

Nachdem die Digitalmechanik nicht die Verbesserung heutiger Produkte, sondern neue Ersatzprodukte bringt und die Energiespeisung auch umgestaltet, können sich die zu erwartenden energiewirtschaftlichen Resultate nicht auf die heutige Statistik stützen.

Deshalb möchte ich den Vergleich, gegenüber heute bekannten Lösungen, nur relativ geschätzt darstellen. Die Unterschiede sind jedoch so gross und die Möglichkeit einer Teilverlagerung auf eine naturkonforme Energiespeisung so eindeutig, dass es m.E. keiner weiteren Begründung zu einer Umstellung bedarf.

Zwei Beispiele:

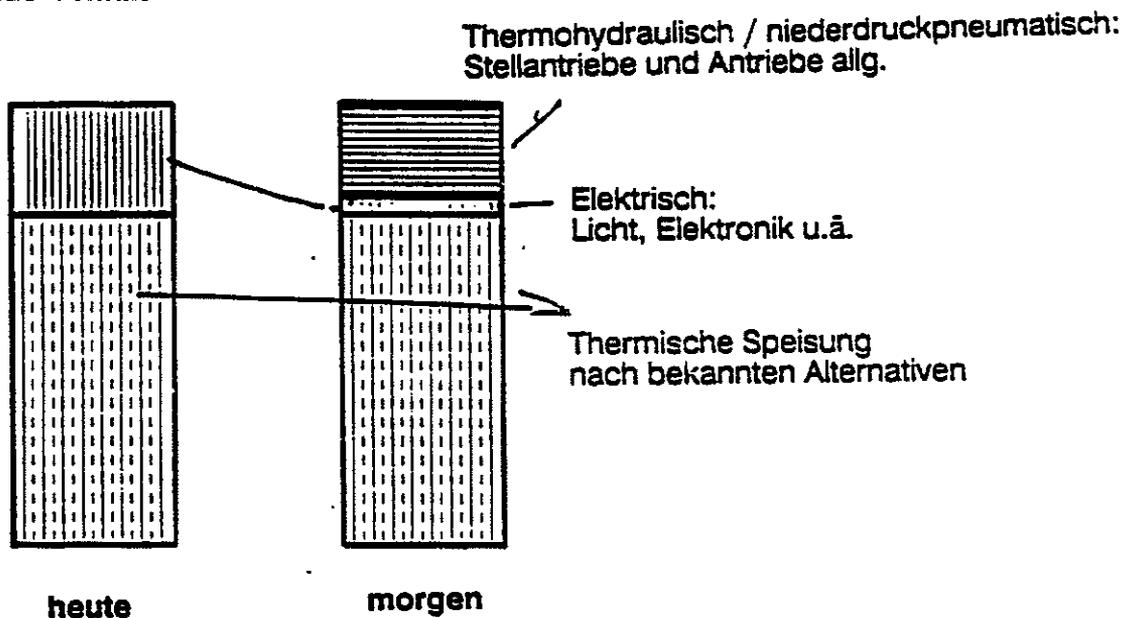
Energietransport und Energiebedarf bei einem konventionellen Kleinauto im Vergleich zum Digitalauto



Das über niederdruckpneumatische Pufferspeicher gespeisene digitale H-STEP-Stadtauto und das H-STEP - Hybridauto haben einen stets fahrwiderstand-proportionalen Energiebedarf, einen hohen mechanischen Wirkungsgrad, ein geringes Eigengewicht und gute Beschleunigung. Sie bilden eine neue Generation von Individual-Fahrzeugen.

Das Bild zeigt symbolisch den notwendigen Energieaufwand zum Fortbewegen von zwei Menschen und ihrem Automobil, als konventionell angetriebenes Auto (obere Kurve) und als digital über einen Pufferspeicher angetriebenes Auto (schraffiertes Feld), insb. im Stadtverkehr, sowie den verlustreichen Weg der z.B. fossilen Energieträger.

Haustechnik



Die zwei Balken zeigen einen geschätzten Vergleich zwischen der Energiespeisung, z.B. eines Wohnhauses, mit elektromechanischen Antrieben, im Gegensatz zu einem Haus mit dem gleichen Energiebedarf, in dem jedoch alle Antriebsfunktionen digital-mechanisch erfüllt und aus niederwertiger Umweltwärme (Seite 32) vorzugsweise über einen, mittels H-Compensor (Seite 36) gekoppelten Kompressor auf Niederdruck umgewandelt, gespeist werden. In einem solchen Haus bleiben nur noch das Licht und die Elektronik im hochhohmigen Bereich elektrisch gespeist. Die Speisung des Wärmebedarfs bleibt dagegen von der Digitalmechanik unberührt.

Abschliessend möchte ich meiner Hoffnung Ausdruck geben, dass meine Studie für Ihr Departement anregend wirken wird, um einzelne meiner Projekte zu unterstützen.

Mein H-STEP-Projekt entstand in einer etwa 10-jährigen Entwicklungsarbeit, mit Eigenfinanzierung, teilweise auch mit der Unterstützung von Privatinvestoren, mit einem Aufwand an externen Kosten von über 2,5 Mio Sfr., ohne irgendwelche Unterstützung durch die öffentliche Hand. Die Bereiche Transport und Umschlagtechnik, sowie Schwerlastbewegung bis 30.000 to, sind bereits durch aktuelle Projekte begonnen worden.

Dagegen finde ich kein besonderes Interesse in der Industrie für das Digitalauto und für das Projekt Thermohydraulischer-Energiewandler. Beide Projekte konkurrieren die heutigen Industrien, liegen aber im öffentlichen Interesse.

Deshalb würde es mich freuen, wenn ich von Ihnen zur Förderung dieser Projekte - als Studium und / oder Pilot-Demoprojekt - unterstützt werden könnte.

In diesem Falle würde ich gerne ein Kurzexposee über diese Themen anfertigen.

Zürich, den 31. Juli 1992 Hi / rm



Georg Hirmann

G.HIRMANN, INSTITUT FÜR DIGITALMECHANIK
Nordstrasse 358, 8037 Zürich