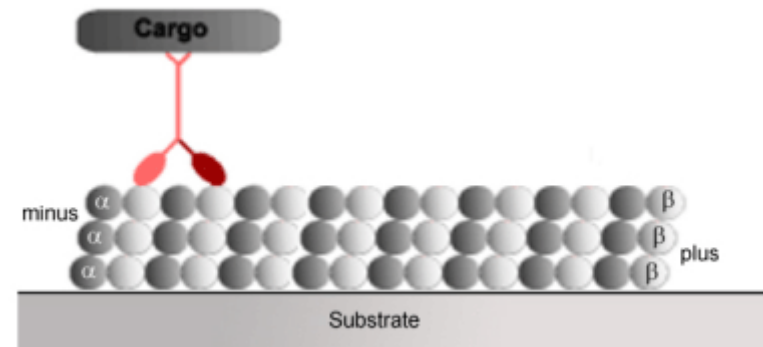
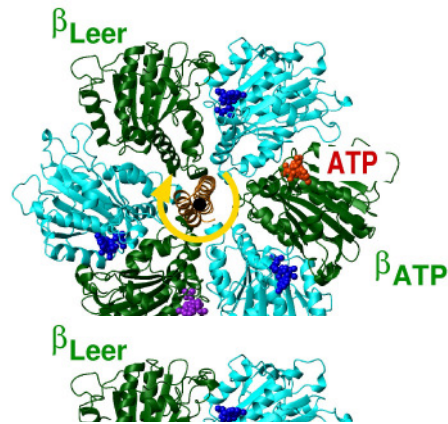
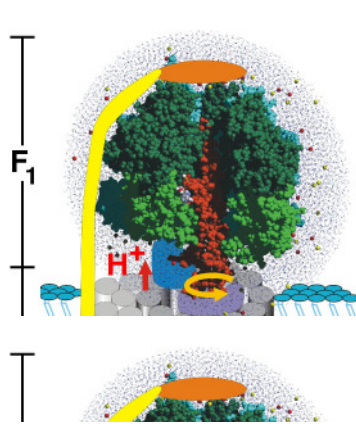


Nanobiotechnologie III – Molekulare Motoren



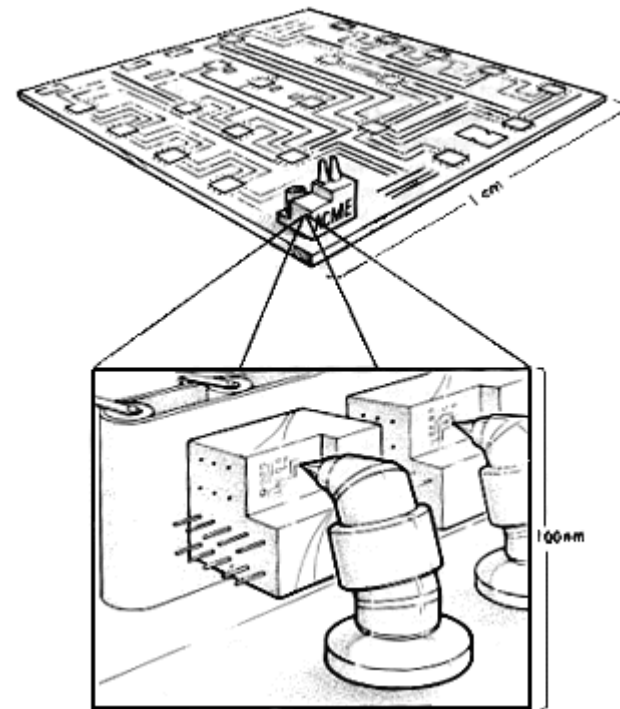
- Robert Gerten, Florian Strauß

Themenübersicht

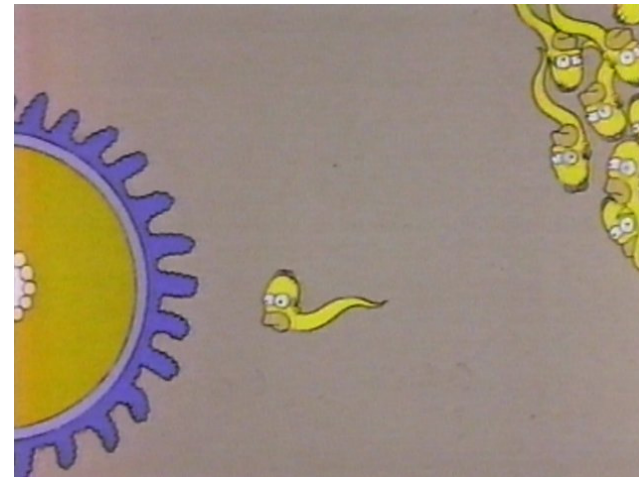
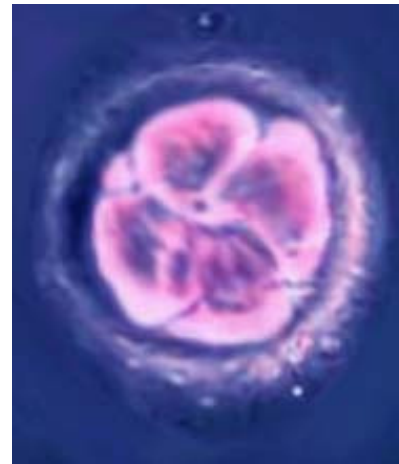
- Mögliche Anwendungsbereiche und Visionen
 - Molekulare Motoren In Vivo
 - Aufbau der F0-F1-ATPase
 - Experimentelle Erkenntnisse
 - Fazit
-

Motivation - Anwendungen und Visionen

- Nanoroboter
- Molekulare Fabriken
- Sensitiver Transport von Teilchen



Molekulare Motoren In Vivo



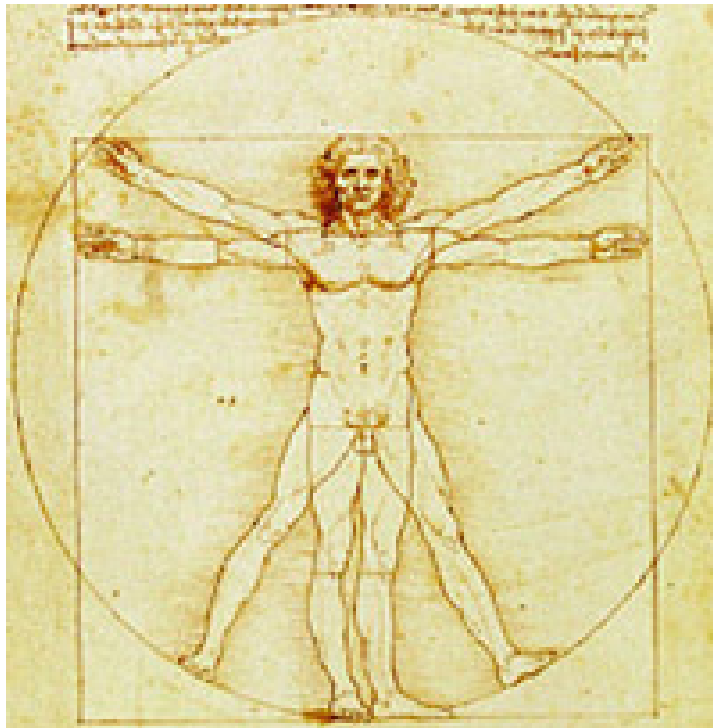
Biologische Grundlagen

- Fundamentaler Mechanismus des Energieaustauschs in biologischen Systemen



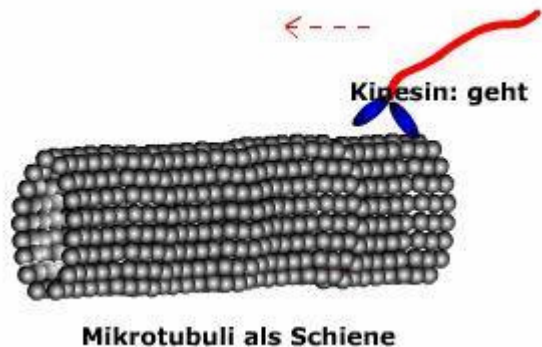
- ATP entsteht durch Oxidation von Brennstoffmolekülen, Photosynthese
 - ATP wird verbraucht durch Bewegung, aktiven Transport, Biosynthese und Signalverstärkung
-

Biologische Grundlagen



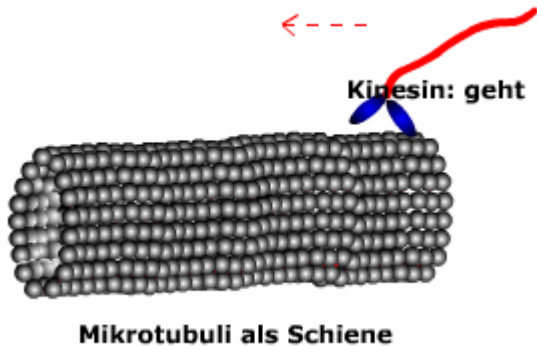
- Maximalmenge ATP im menschlichen Körper ca. 100g
 - Grundumsatz in 24h etwa 40kg
 - „Lebenszeit“ von ATP <1 min
 - 2h-Lauf verbraucht etwa 60kg
-

Verschiedene Arten – Linearmotoren



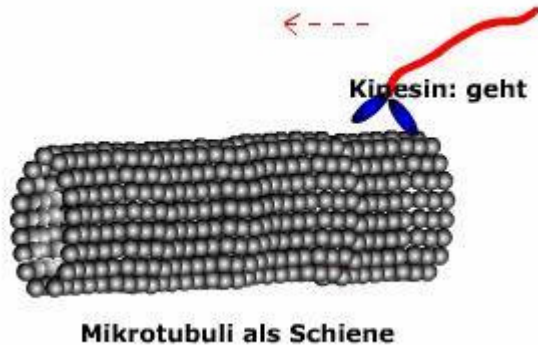
- Kinesin, Dynein: Bewegung entlang Microtubuli
- Myosin: Bewegung entlang Actinfilamenten
- RNA Polymerase: Bewegung entlang DNA

Verschiedene Arten – Linearmotoren

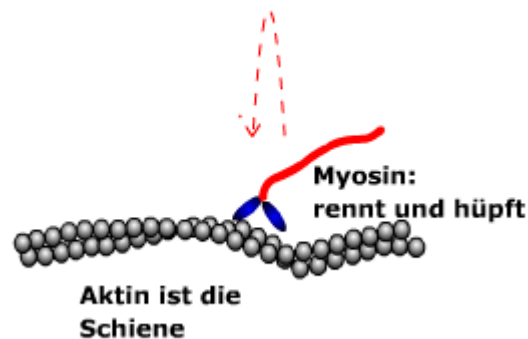


- Kinesin, Dynein: Bewegung entlang Microtubuli
- Myosin: Bewegung entlang Actinfilamenten
- RNA Polymerase: Bewegung entlang DNA

Verschiedene Arten – Linearmotoren

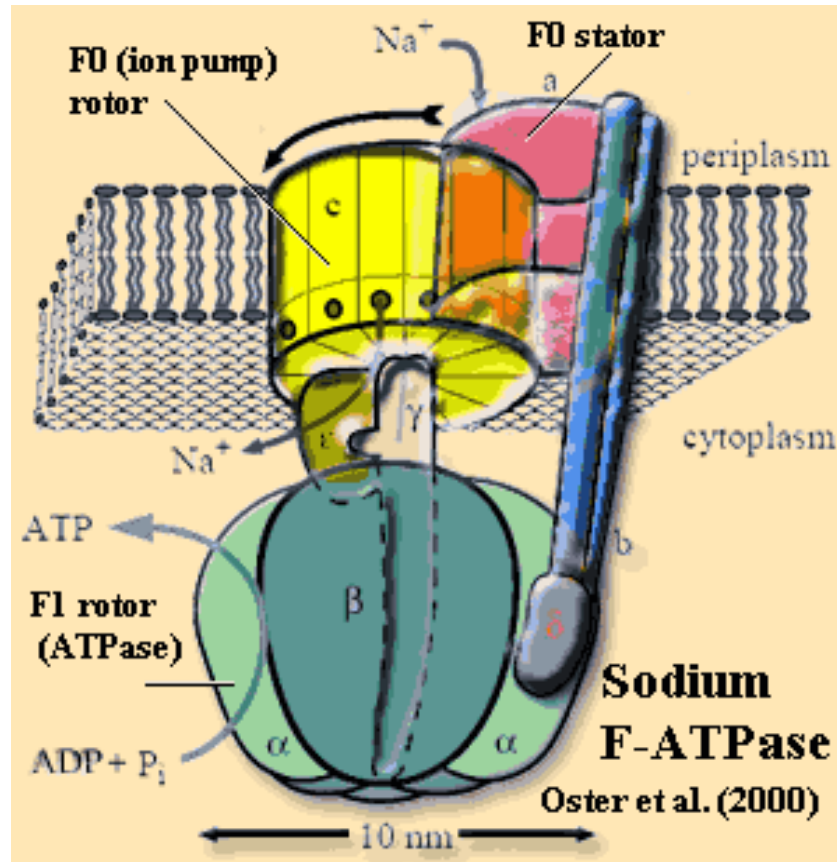


- Kinesin, Dynein: Bewegung entlang Microtubuli



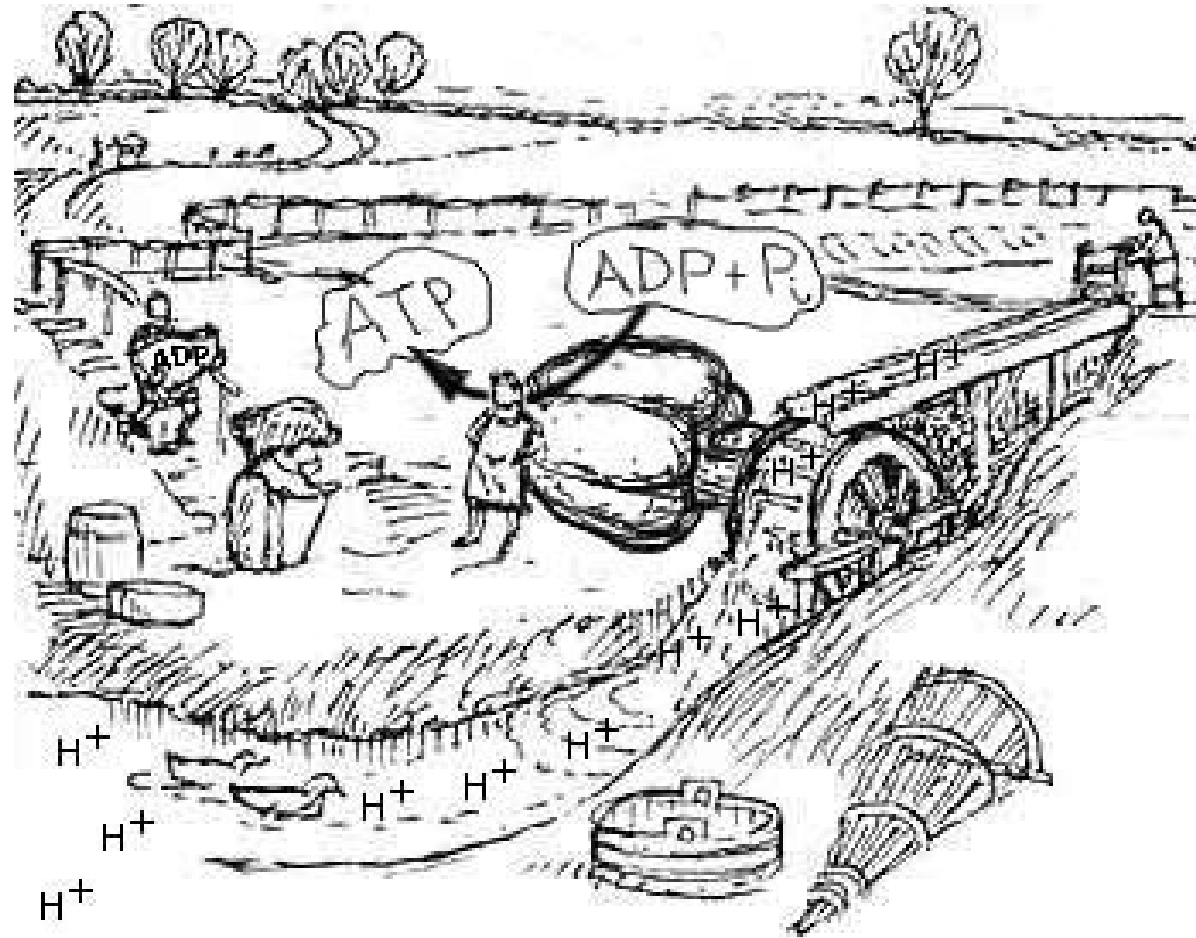
- Myosin: Bewegung entlang Actinfilamenten
- RNA Polymerase: Bewegung entlang DNA

Verschiedene Arten – Drehmotor

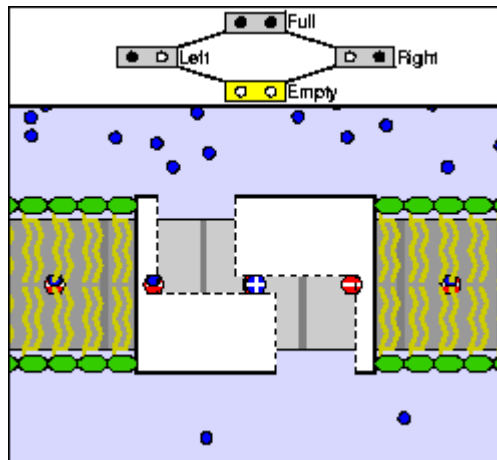


- F₀-F₁-ATPase: 2 gekoppelte Motoren
- F₀ getrieben durch Protonengradienten
- F₁ getrieben durch ATP-Hydrolyse

Funktionsweise F0-F1-ATPase

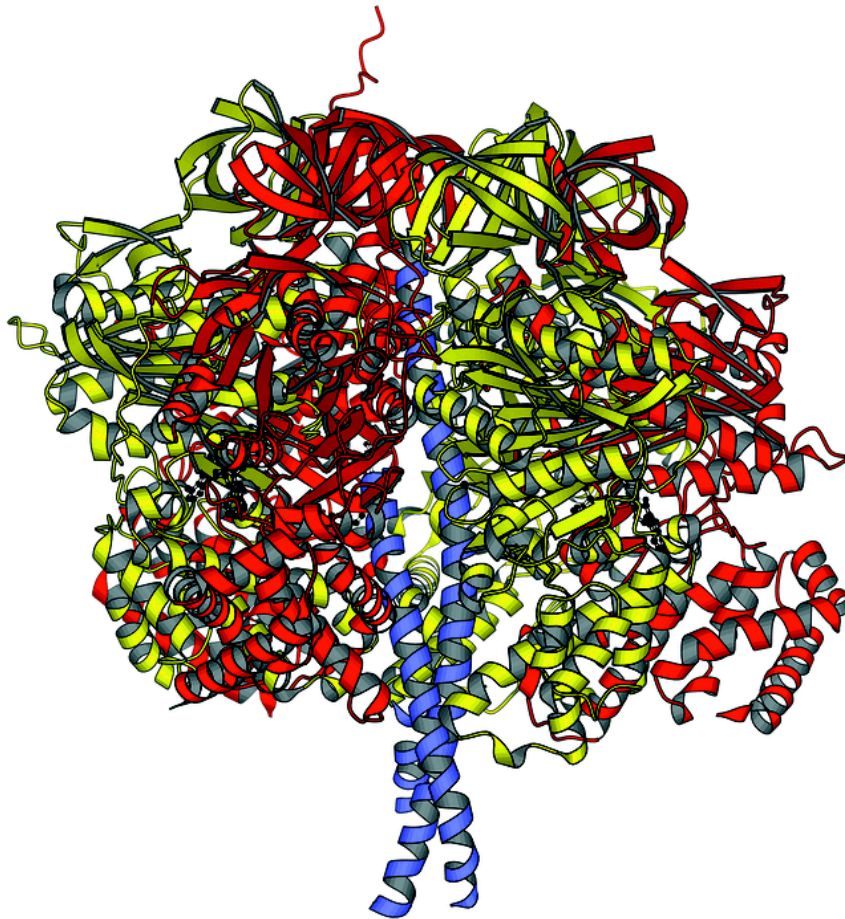


F₀-Motor – Funktionsschema



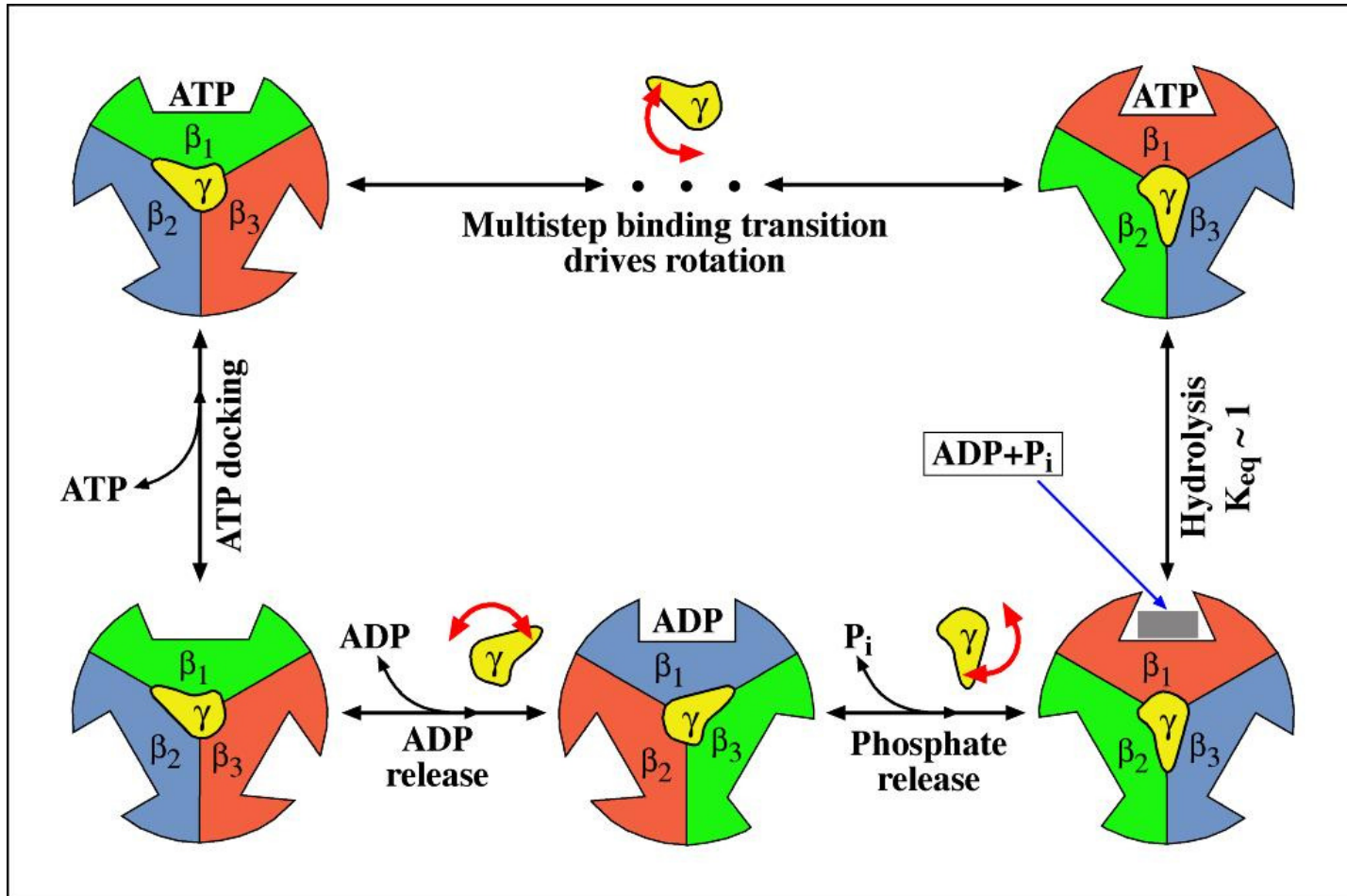
- Eingebettet in Membran
 - Protonengradient regt Bewegung an
 - Über g-Einheit an F₁-Motor gekoppelt
-

F1-Motor – Funktionsschema

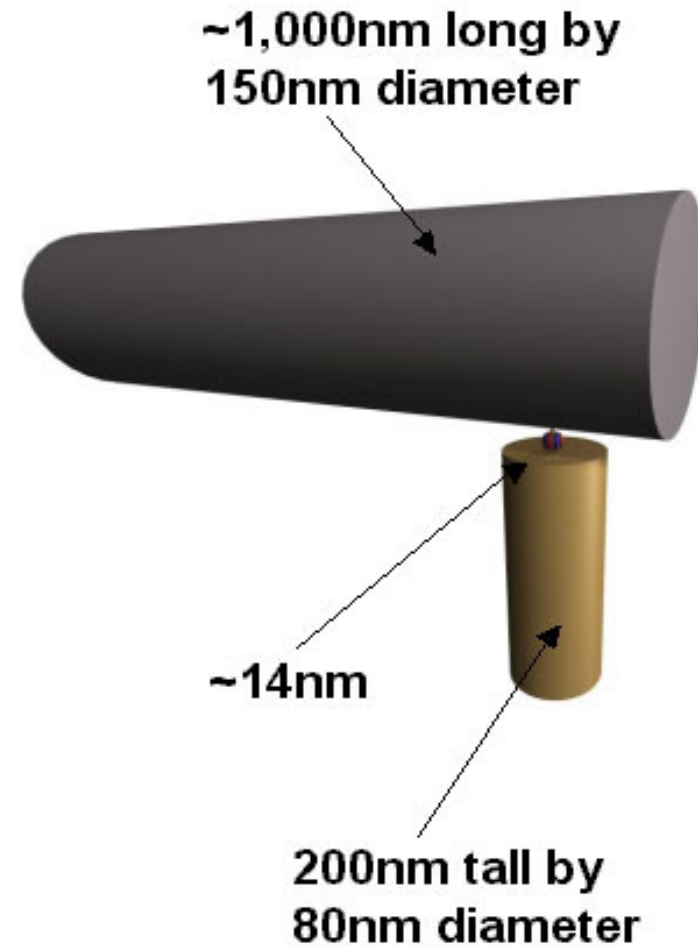
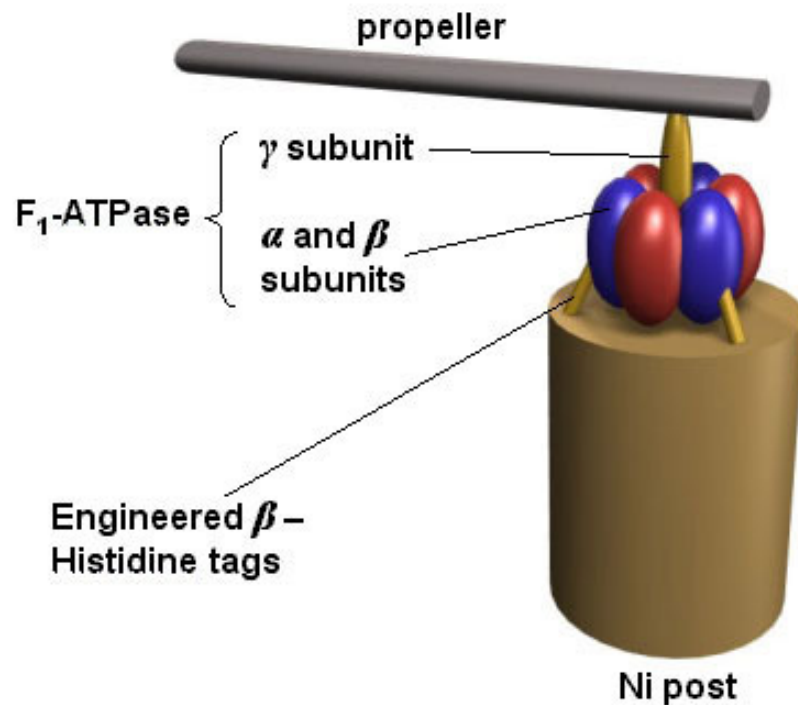


- Komplexe Schleifenstruktur
- 3a-3b-g Struktur

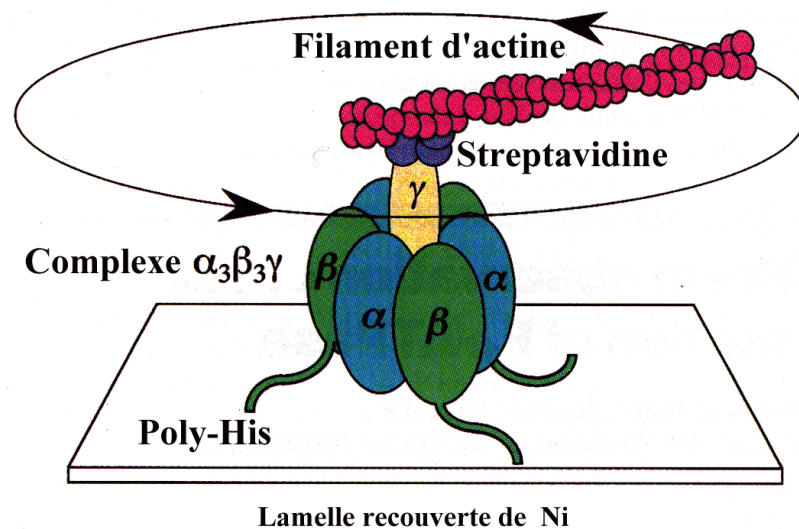
Binding-Zipper-Mechanism



In-Vitro-Analyse



In-Vitro-Analyse



- Genmanipulierte F1-Einheit bindet an Ni
- Actin-Propeller mit Fluoreszenzmarker
- Bei ATP-Präsenz Rotation

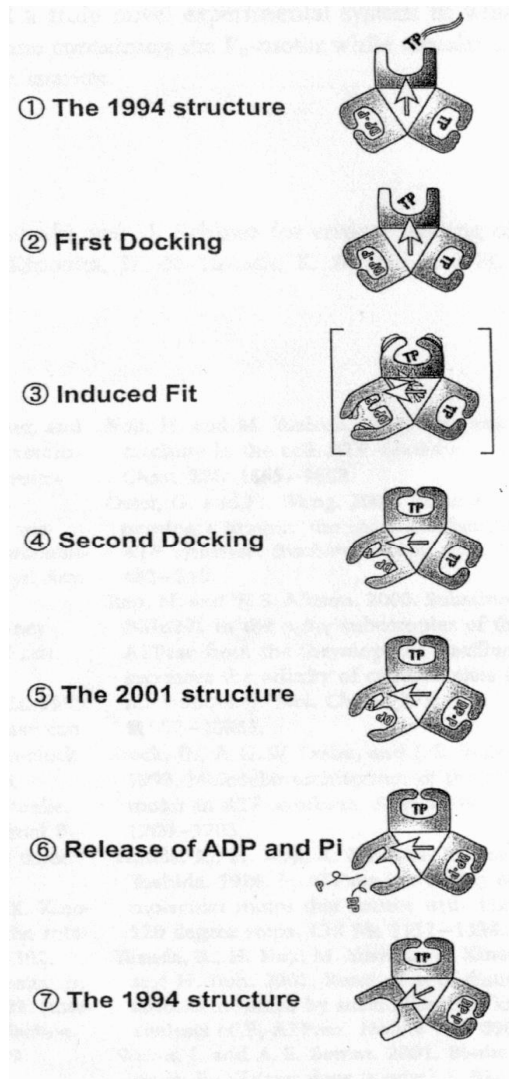
In-Vitro-Analyse



Fig. 1 A microsphere attached to ATP synthase for single molecular rotation experiments.

- Gold-Nanoperle von 40 nm Durchmesser ersetzt Actin-Filament
- Viskose Reibung um Faktor 10^{-3} verringert

Binding-Zipper-Mechanismus



- 120°-Schritte unterteilt in 30° und 90° Unterschritte
- ATP-Bindung bewirkt 90°-Schritt
- P_i-Abgabe bewirkt 30°-Schritt

Eigenschaften ATPase

- Bisher kleinster entdeckter Motor der Welt
 - ATPase erzeugt konstantes Drehmoment von ca. $40\text{pN}\cdot\text{nm}$
 - Drehung mit bis zu 130Hz
 - Wandelt chemische Energie aus ATP-Bindung direkt in mechanische Energie um
-

Eigenschaften ATPase

- 2 reversible Betriebsmodi, abhängig von Protonengradient und ATP-Konzentration
 - Veränderung der Protonenkonformationen werden in gerichtete Bewegungen umgewandelt
 - Arbeitet nahezu im thermischen Gleichgewicht
 - Wirkungsgrad der ATPase zwischen 80 und 100%
-

Probleme

- Bisher geringe Kenntnis über Physik im Nanometer-Bereich
 - Räumliche und zeitliche Kontrolle der Motoren problematisch
 - Bestimmte Umgebungsbedingungen müssen gegeben sein, z.B. Temperatur, pH-Wert und Ionenkonzentration
 - Vision künstlich hergestellter Nanomotoren scheitert unter anderem an Treibstoff
-

Fazit

- Breite Forschung erst am Anfang
 - Sehr großes Potential
 - Natur benutzt molekulare Motoren für fast alles, der Mensch für fast nichts
 - Im Moment ist alles denkbar!
-

Quellen

- S.Dietz, J.H.Helenius, J.Howard, *Biomolecular Motors Operating In Engineered Environments*; Nanobiotechnology, 185-200, edited by Niemeyer & Mirkin; Wiley-VCH (2004)
 - R.L.Cross, *Molecular Motors: Turning The ATP-Motor*; Nature 427 (2004), 407-408
 - H.Noji, *F1-Motor of ATP Synthase*, Molecular Motors, 142-151, Wiley-VCH 2003
 - <http://www.biologie.uni-osnabrueck.de/biophysik/Feniouk/Haupt.html>
 - http://www.cse.ucsc.edu/%7Ehongwang/ATP_synthase.html
 - <http://www.barrettresearch.ca/teaching/nanotechnology/nano09.htm>
 - <http://www.foresight.org>
 - <http://www.columbia.edu>
-