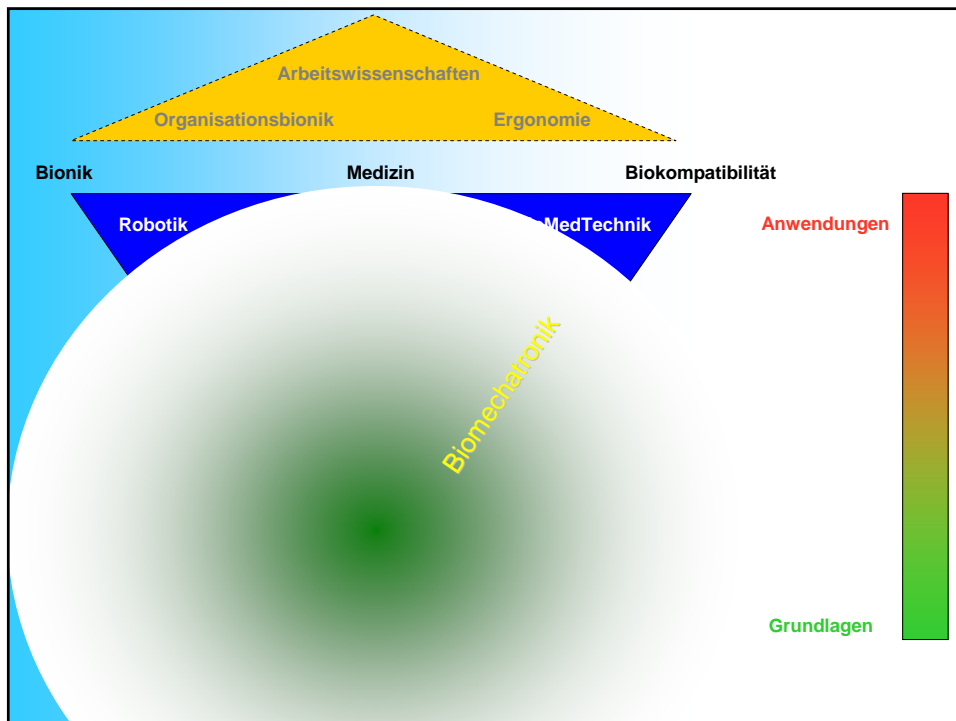


Technik der Bewegung Ideen aus Perspektive TU Ilmenau

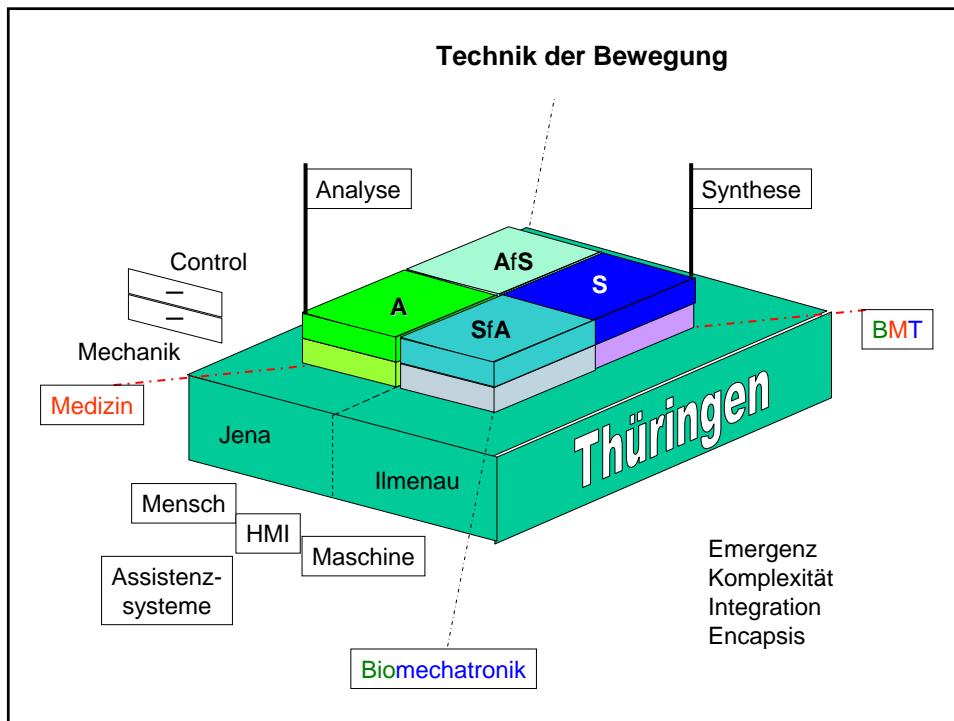
Christoph Ament
Hartmut Witte

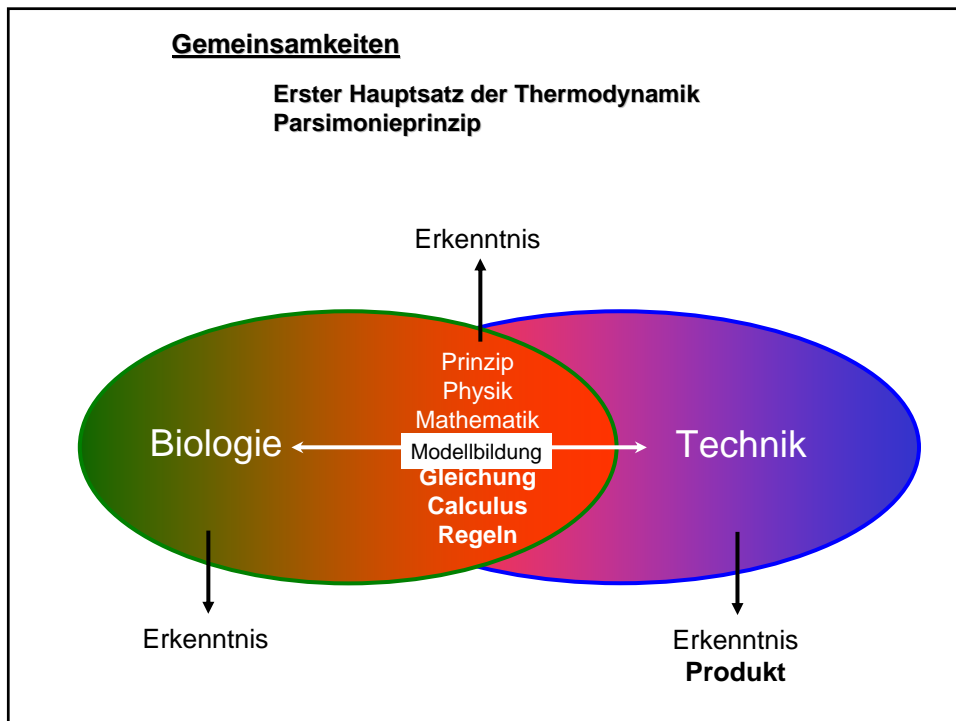
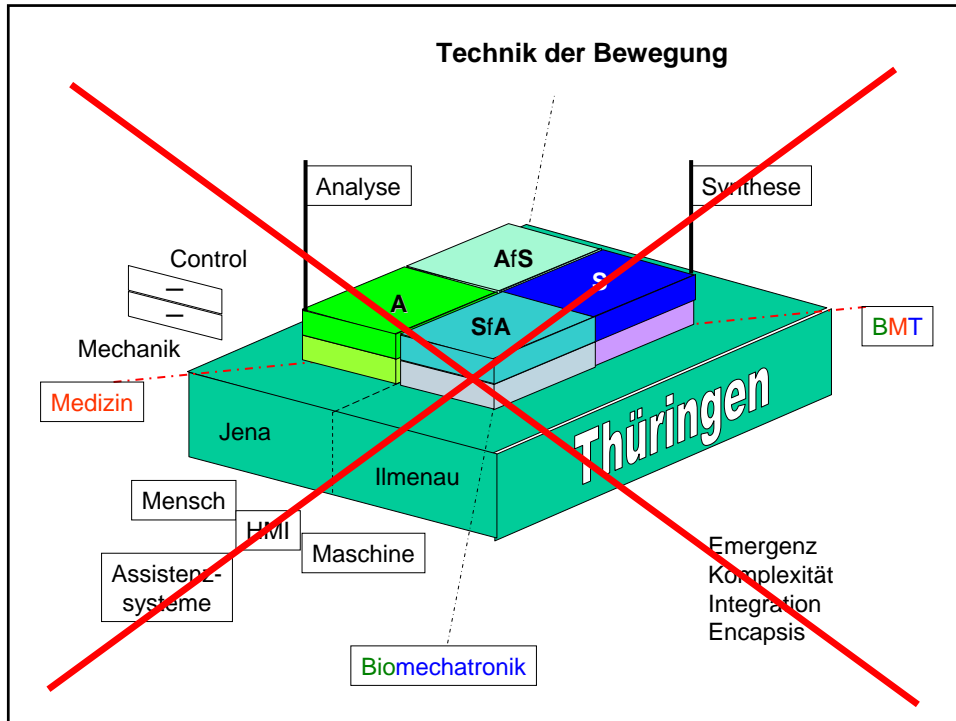
Fachgebiet Biomechatronik - Technische Universität Ilmenau



Assistenzsysteme:

Ament:	Systemanalyse
Augsburg:	Kraftfahrzeugtechnik
Groß:	Neuroinformatik
Haeisen:	Biomedizinische Technik
Husar:	Biosignalverarbeitung
(Sattel):	Mechatronik
Seitz:	Kommunikationsnetzwerke
(Ströhla):	Mechatronische Antriebe
Witte:	Biomechatronik
Zentner:	Mechanismen- und Antriebstechnik
Zimmermann:	Technische Mechanik





Beitrag Ament

Embodiment:
Intelligente Mechanik – Mechanische Intelligenz - Smart mechanics

Normal – anomal – pathologisch
Störung / Versagen / Sicherheit / **Kompensation**

Wie weit reichen mechanische Modelle zur Erklärung des menschlichen Gehens ?

Hartmut Witte ¹, Emanuel Andrada ¹,
Martin Fischer ² & Holger Preuschoft ³

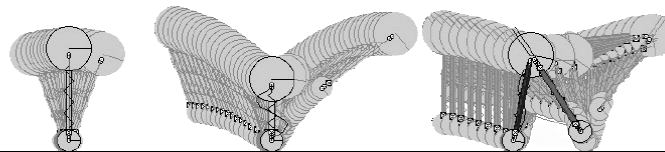
¹ Fachgebiet Biomechatronik, Technische Universität Ilmenau

² Institut für Spezielle Zoologie und Evolutionsbiologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena

³ Abteilung Funktionelle Morphologie, Ruhr-Universität Bochum

Fachgebiet Biomechatronik - Technische Universität Ilmenau

Extremitätenfixierung bisheriger Biomechanik



1 Inverted pendulum

2 Spring-mass Model

3 Skipping gaits

Alberto E. Minetti (1998)

- 1 Weber, W. & Weber, E. (1836): *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge*. Göttingen, Germany, Dietrichsche Buchhandlungen.
- 1 Braune, W. & Fischer, O. (1895): Der Gang des Menschen. I Teil. *Abh. Math.-phys. Kl. kgl.-sächsischer Wiss.* 21 / 4, 151-322.
- 1 Cavagna, G.A., Thys, H & Zamboni, A. (1977): Mechanical work in terrestrial locomotion: two basic mechanism for minimizing energy expenditure. *Am. J. Physiol.* 233: 243-261.
- 1 Alexander, R.McN. & Jayes A.S. (1978): Vertical movements in walking and running. *J. Zool., Lond.* 185: 27-40.
- 1 Mochon, S. & McMahon, T. (1980): Ballistic walking. *J. Biomech.* 13: 49-57.
- 2 Blickhan, R. (1989): The spring-mass model for running and hopping. *J. Biomech.* 22: 1217-27.
- 2 McMahon, T & Cheng, G. (1990): The mechanism of running: how does stiffness couple with speed? *J. Biomech.* 23: 65-78.
- 1 McGeer, T. (1990): Passive dynamic walking. *Int. J. Rob. Res.* 9: 62-82.
- 3 Minetti, Alberto E. (1998): The biomechanics of skipping gaits: a third locomotion paradigm? *Proc. R. Soc. Lond. B* 265: 1227-35.
- 1 Pandy, M (2003): Simple and complex models for studying muscle function in walking. *Phil. Trans. R. Soc. B* 358: 1501-09.
- 2 Geyer, H et al. (2006): Compliant leg behaviour explains basic dynamics of walking and running. *Proc. R. Soc. Lond.*

Bio mecha tronik

Gesamtkörpermodell Pika

Forelimbs' stance Hindlimbs' stance

Hackert 2003

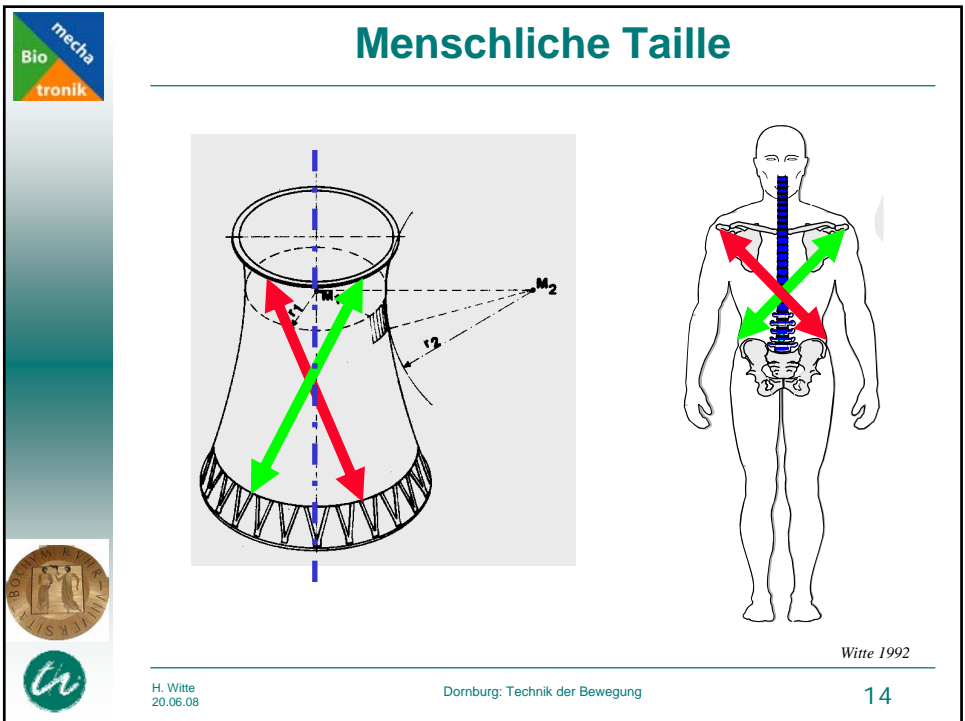
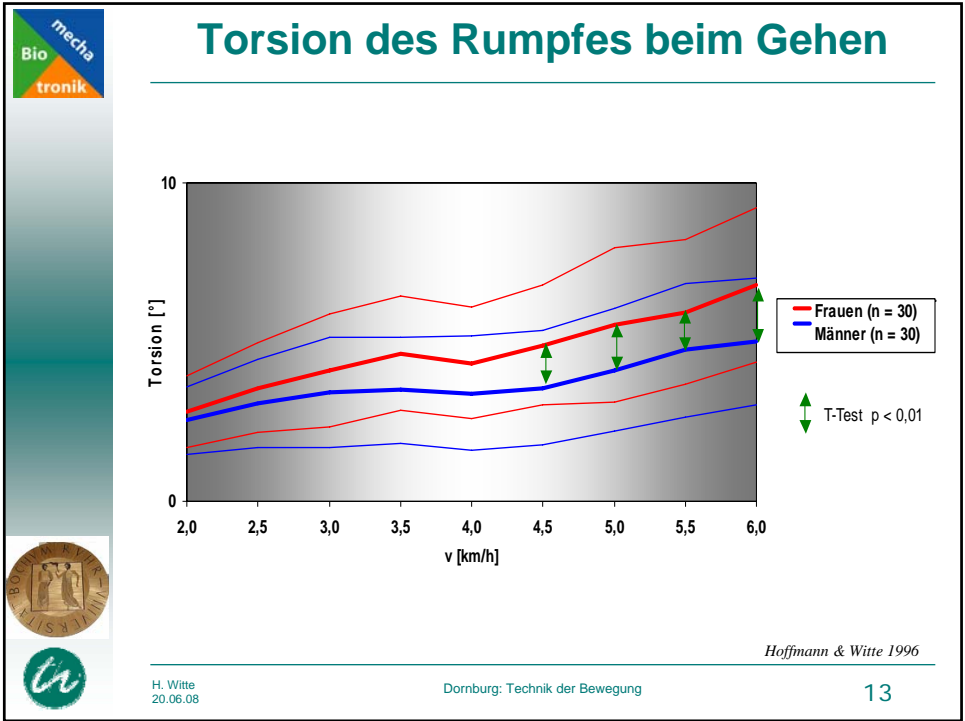
H. Witte 20.06.08 Dornburg: Technik der Bewegung 11

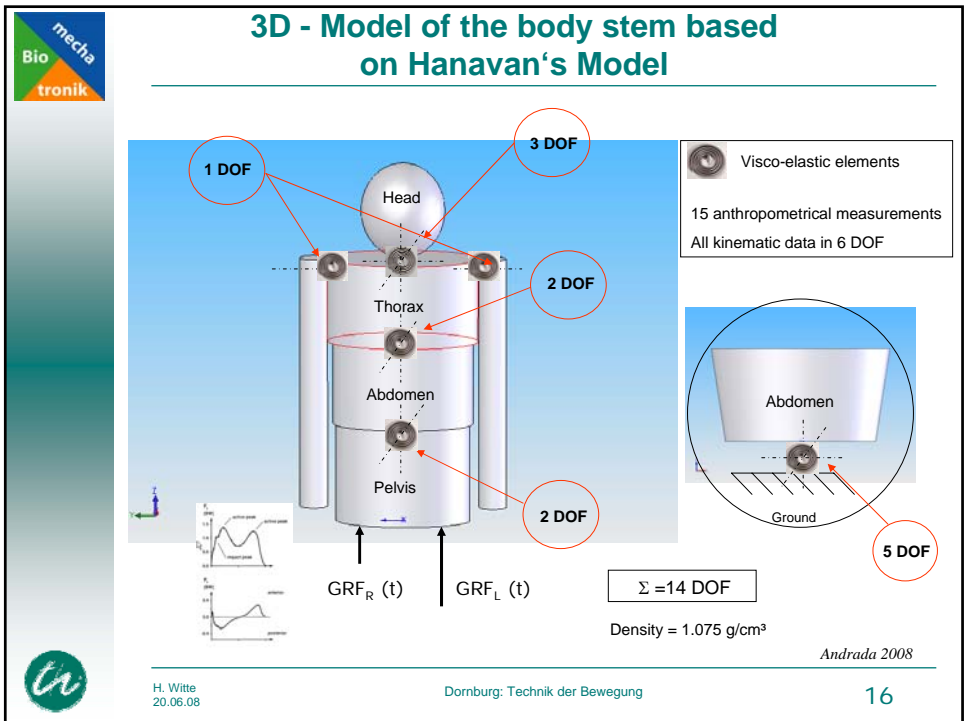
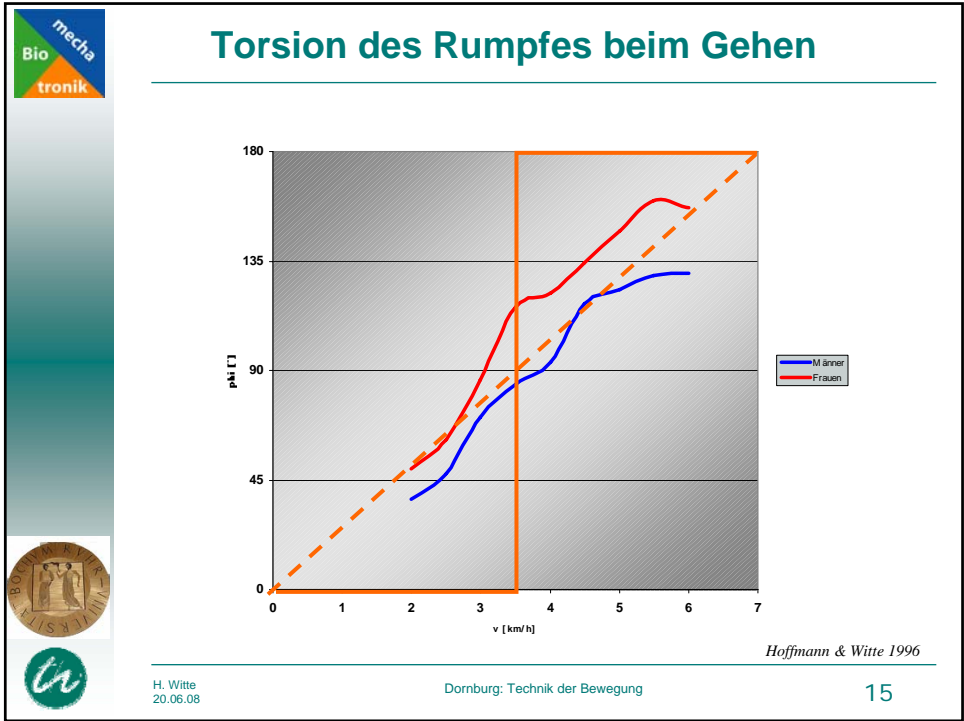
Bio mecha tronik

Bewegungsanalyse des Rumpfes

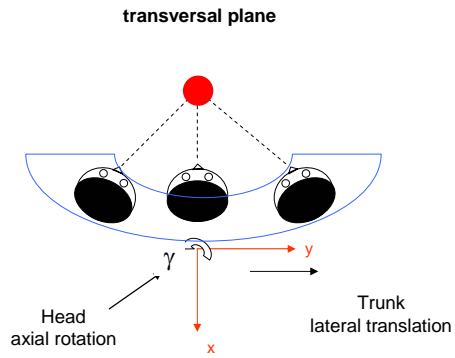
Hoffmann & Witte

H. Witte 20.06.08 Dornburg: Technik der Bewegung 12





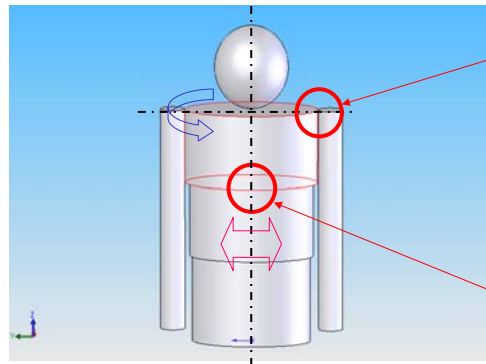
Gaze compensation



nach Takao Imai et al. 2001



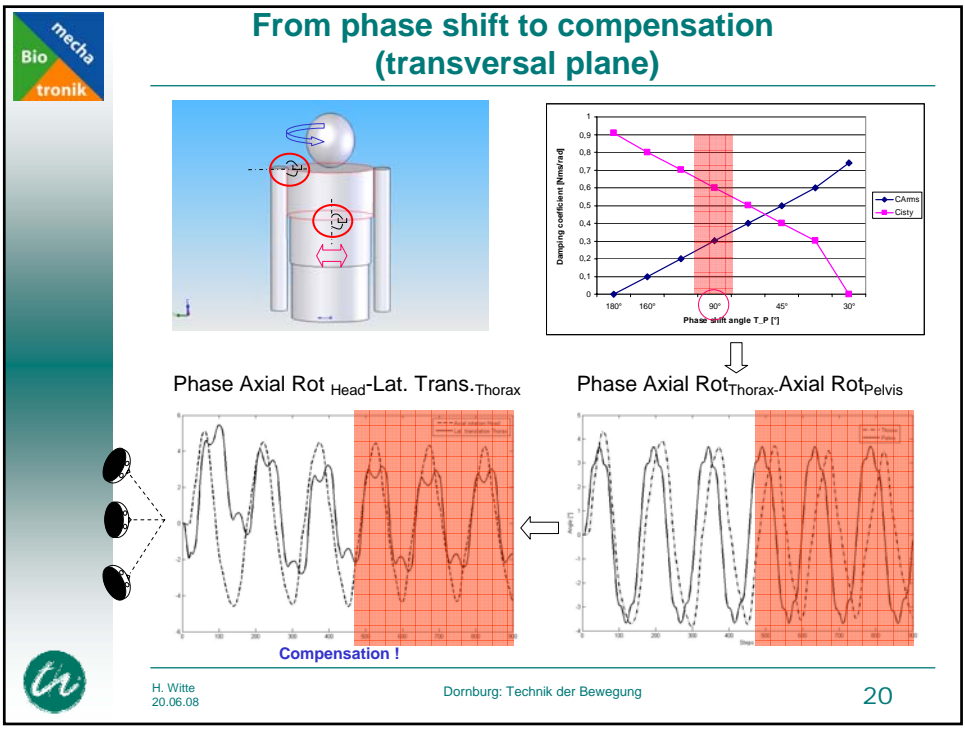
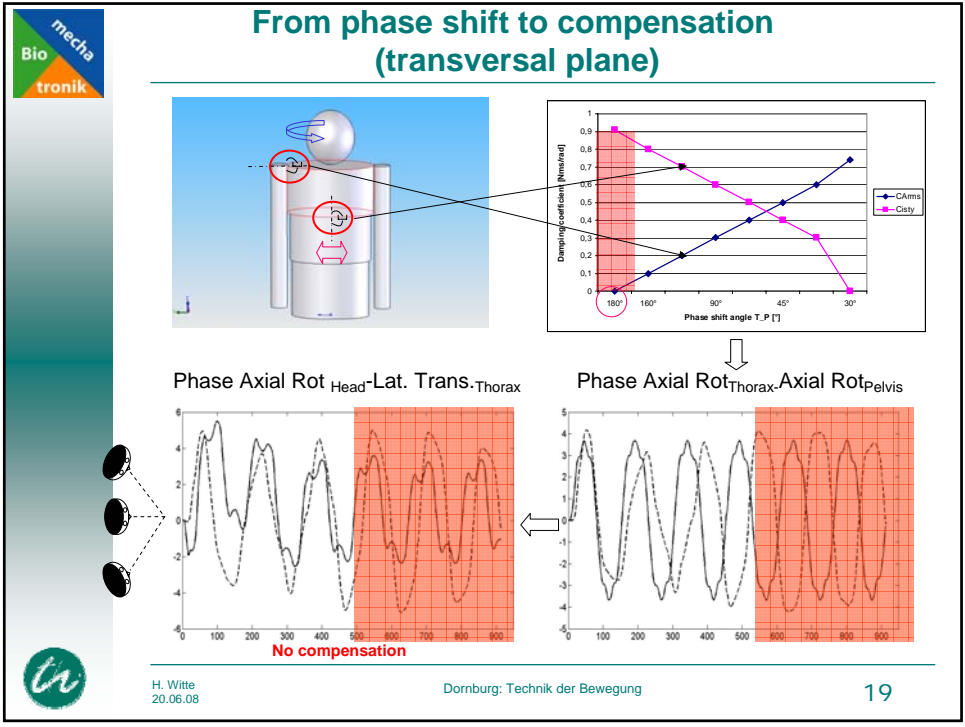
From phase shift to compensation (transversal plane)



Damping coefficient of shoulder joints (in sagittal plane around lateral axis) determines phase shift Pelvis-Thorax

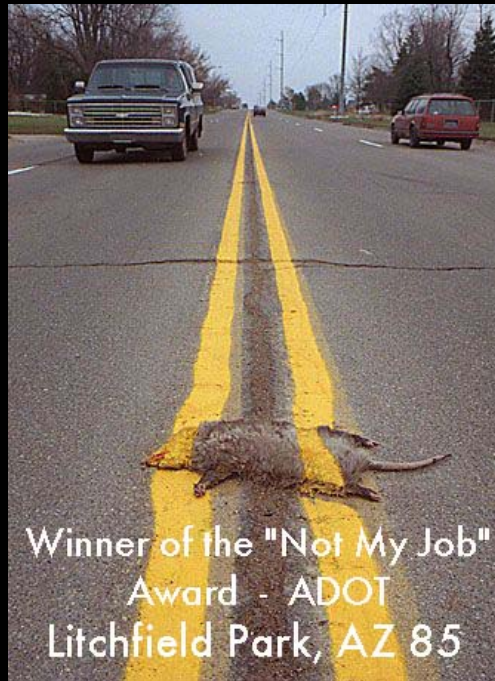
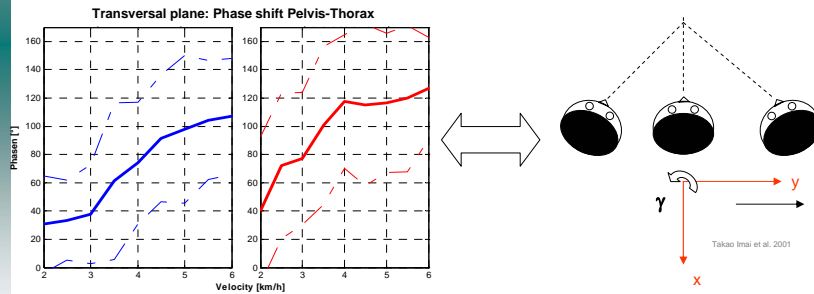
Damping coefficient of Thorax-Abdomen joint (in transversal plane around longitudinal axis) determines the lateral translation of the body stem

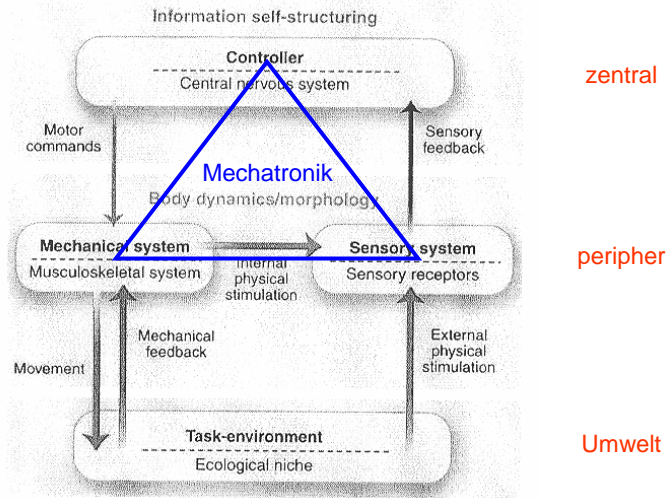




Postural stability during walking

1. Minimization of head motions
2. Coordination between segments of the body stem
3. Compensatory movements (head-trunk)





Formalismus nach Lagrange 1788

$$L = T - V$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta \dot{q}_i} - \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta q_i} = 0$$

| Potentielle Energie
| Kinetische Energie

$$\frac{d}{dt} \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta \dot{q}_i} - \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta q_i} = Q_i + \sum_k \lambda_k a_{ki}$$

| Zwangsbedingungen
| Verallgemeinerte Kräfte

! Reduktion von Komplexität (Kompliziertheit ?) via

- Reduktion von Überbestimmtheit (DOF)
- Dimensionsreduktion ?

! Geschickt gewählte Q_i/q_i vereinfachen die Beschreibung von Bewegungsproblemen
! Life Sciences: Die verallgemeinerten Kräfte sind primäre Objekte der Steuerung und Regelung
! Übertragbarkeit auf Synthese technischer Systeme
! Sensomotorische Ausfälle bei Schlaganfällen lassen sich als Störungen der Q_i/q_i mathematisch beschreiben

$$\frac{d}{dt} \frac{\delta L}{\delta \dot{q}_i} - \frac{\delta L}{\delta q_i} = Q_i + \sum_k \lambda_k a_{ki}$$



Trajektorien

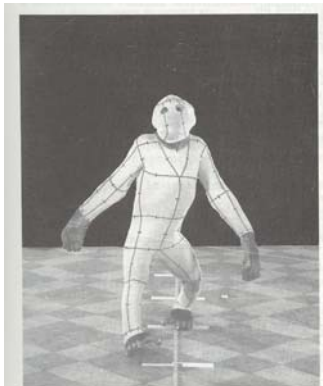
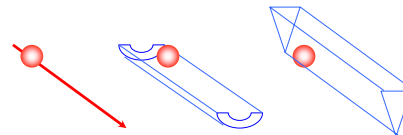


Fig. 3. - Chimpanzé (Julie, 6 ans) en phase de double appui. On observe, malgré la forte abduction de la cuisse, la forte adduction compensatrice de la jambe qui permet une « voie » relativement étroite.



Christine Tardieu, CNRS



H. Witte
20.06.08

Dornburg: Technik der Bewegung

26

