

**6. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
24.-25. März 2006 in Rostock-
Warnemünde**



„Haptische Steuerung eines Operationsmikroskops“

Gerwald Lichtenberg
TU Hamburg-Harburg, Hamburg, Deutschland
E-Mail: Lichtenberg@tu-harburg.de

Band: Abstracts der Vorträge des 6. Workshops der Automed 2006
Editors: T. Ellerbrock
ISBN: 3-86009-296-0
Pages: 38-40

Haptische Steuerung eines Operationsmikroskops

Gerwald Lichtenberg
TU Hamburg-Harburg
21073 Hamburg
Lichtenberg@tu-harburg.de

EINLEITUNG

In der medizinischen Praxis werden meist passive Operationsmikroskope eingesetzt. Diese besitzen den Nachteil, dass der Arzt bei der Bewegung des Mikroskops alle angreifenden Gewicht-, Reibungs- und Trägheitskräfte und -momente kompensieren muss. Wenn während einer Operation Zubehörteile (weitere Einblicke, Kameras, siehe Abb. 1) am Mikroskopkopf befestigt werden und danach kein Gewichtsausgleich erfolgt, treten im weiteren Verlauf hohe Kräfte auf, die die feinmotorischen Fähigkeiten des Arztes beeinträchtigen.



Abb. 1: Mikroskopkopf mit Zubehör

Besonders unangenehm macht sich der Effekt z.B. dann bemerkbar, wenn der Mikroskopkopf dem Arzt - direkt nachdem die Feststellbremse gelöst wird - schwer „in die Hand fällt“ und eine erneute Positionierung notwendig wird, obwohl nur eine geringfügige Änderung des Blickfeldes angestrebt war.

Um diese Effekte zu verhindern, ist von der Möller-Wedel GmbH ein aktives System entworfen worden, bei dem die Bewegung des Mikroskopkopfes durch Servomotoren erfolgt, die alle auftretenden Kräfte und Momente aufnehmen. Zusätzlich wurde ein Handgriff mit integrierten Kraftsensoren konstruiert, mit dessen Hilfe der Bediener den Bewegungswunsch durch Ausübung von Kräften auf den Handgriff haptisch vorgeben kann.

Die Verarbeitung dieser Kraftmesssignale und die Ableitung geeigneter Stellsignale für die Servomotoren ist Aufgabe einer Steuerung, deren Entwurf Gegenstand dieses Beitrags ist. Die Schwierigkeit des Entwurfs besteht insbesondere in der Robustheitsanforderung an das Gesamtsystem bezüglich unterschiedlichen Bedienverhaltens.

So wurde in Voruntersuchungen mit Hilfe eines Prototypen festgestellt, dass die von verschiedenen Ärzten auf den Handgriff aufgebrauchten Kräfte stark unterschiedlich sind. Manche Bediener üben am neuen System nur sehr kleine Kräfte aus, während andere Kräfte aufbringen, die denen der passiven Systeme vergleichbar sind. Die gewünschte Bewegungsfähigkeit des Mikroskopkopfes ist selbstverständlich für alle Bediener sicherzustellen.

MATERIALIEN UND METHODEN

Das Ziel, dem aktiven Mikroskopsystem gewünschte dynamische Eigenschaften aufzuprägen, wurde durch die Anwendung des Referenzmodell-Prinzips (Abb. 2) erreicht. Die Idee lässt sich vereinfacht so darstellen: Durch die Vorgabe eines gewünschten Parameters, dem „gefühlten“ Trägheitsmoment des Mikroskopkopfes ist es möglich, das gewünschte Verhalten des so definierten Systems aufgrund der auf den Handgriff eingebrachten Kräfte zu berechnen. Mit Hilfe einschleifiger linearer Regler wird erreicht, dass die reale Bewegung der berechneten folgt.

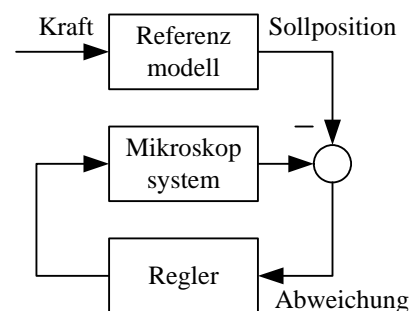


Abb 2: Steuerung mit Referenzmodell.

Damit kann das System mit Hilfe eines Parameters adaptiert werden. In Abb. 3 sind schematisch die Unterschiede zwischen einer Hohlkugel mit einem hohen Trägheitsmoment (links, Masse am Rand konzentriert) und mit einem geringen Trägheitsmoment (rechts, Masse über größeren Bereich verteilt) dargestellt.



Abb. 3: Beispiele für vorgegebene Trägheitsmomente

Stellt man ein großes Trägheitsmoment ein, so ist der Mikroskopkopf sowohl schwer in Bewegung zu versetzen als auch schwerer abzubremesen – für Bediener, die gerne größere Kräfte aufbringen. Ist das nicht gewünscht, so kann ein kleineres Trägheitsmoment vorgegeben werden.

Damit der Aufbau unabhängig vom gewählten Wert der Trägheit dem vorgegebenen Verhalten folgt, müssen die unterlagerten Regelkreise geeignet entworfen werden. Da sich der Handgriff gemeinsam mit dem Mikroskop bewegt, entsteht eine Rückkopplung über die Hand des Bedieners und somit ist der Mensch Teil des geschlossenen Regelkreises. Für eine systematische Untersuchung ist es daher sinnvoll, sowohl den mechatronischen Aufbau inkl. der Positions- und Kraftsensoren und Motoren als auch das menschliche Verhalten zu modellieren [Gillet 1999].

Innerhalb der Studienarbeit [Lützenberg 2002] wurde ein mathematisches Modell für einen Prototyp erstellt. Es wurde dabei angenommen, dass sich die Bewegung der Hand als Überlagerung einer strategischen mit einer reflektorischen Komponente ergibt (siehe Abb. 4). Durch Versuche, u.a. mit verschiedenen Testpersonen konnten typische Parameter aller Komponenten als auch deren Schwankungsbreiten identifiziert werden.

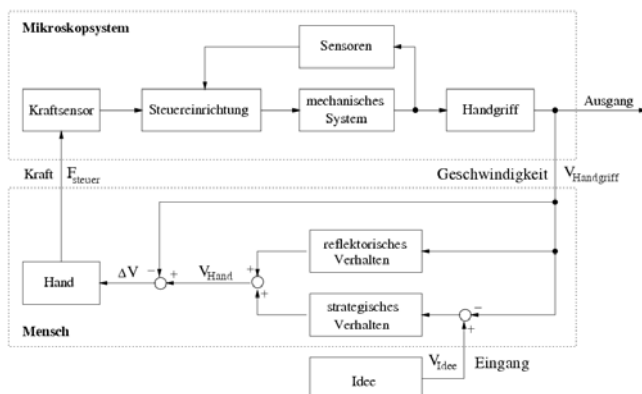


Abb. 4: Modell - Prototyp und menschliches Verhalten

Die Steuerung konnte somit mit Hilfe von Simulationen entworfen und verifiziert werden. In Experimenten mit dem Prototypen erhielt man eine gute Übereinstimmung mit den Vorhersagen des Modells und konnte zeigen, dass das Gesamtverhalten mit der neu entworfenen

Referenzmodell-Steuerung den Vorgaben entsprach.

ERGEBNISSE

Die Untersuchungen führten zur Entwicklung einer neuen Baureihe von Mikroskopsystemen der Möller-Wedel GmbH. Die sog. *Permabalance-Technik* wurde 2003 im Markt eingeführt (siehe Abb. 5). Die Einstellung der gewünschten dynamischen Eigenschaften (Trägheit) erfolgt hierbei in diskreten Stufen.



Abb. 5: Mikroskopsystem Möller 20-1000

DISKUSSION

Haptische Steuerungen von Mikroskopsystemen werden dank der guten Zusammenarbeit von Hochschule und Industrie seit nunmehr drei Jahren in der Praxis eingesetzt. Die Akzeptanz der Anwender wird letztlich über die Weiterverbreitung dieser Technik entscheiden.

LITERATURHINWEISE

[Lützenberg 2002]

Jens Lützenberg, „Modellbasierter Entwurf einer Steuereinrichtung für ein aktives Mikroskopsystem“ Arbeitsbereich Regelungstechnik, Forschungsbericht FB-2002.5, 2002.

[Gillet 1999]

G. Gillet „Ergonomische Optimierung eines aktiven Stellteils – Untersuchung zur Quantifizierung leistungsbeeinflussender Faktoren im Mensch-

Maschine-System mit haptischer Rückmeldung“,
Herbert Utz Verlag, 1999.