

Prüfstandsentwicklung zur Identifizierung des haptischen und akustischen Einflusses auf die Wertigkeit von Bedienelementen

Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E. h. Werner A. Hufenbach, Dipl.-Ing. Sebastian Pregel,
Dipl.-Ing. Martin Dannemann

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), Technische Universität Dresden,
Holbeinstraße 3, 01307 Dresden, E-Mail: sebastian.pregel@ilk.mw.tu-dresden.de

Einleitung und Problemstellung

Moderne Bedienkonzepte müssen meist eine große Zahl an Einstell- und Nutzungsmöglichkeiten in einem Gerät vereinen und dabei durch den Nutzer intuitiv bedien- und anpassbar sein. Hersteller von derartig komplexen Produkten, versuchen eine hohe Wertigkeit ihrer Produkte zu vermitteln. Diese Wertigkeit spiegelt sich insbesondere an den Interaktionsschnittstellen wie etwa Dreh- oder Drückstellern wider. Gleichzeitig wird aber aufgrund des hohen Kostendruckes und des kleinen zur Verfügung stehenden Bauraums speziell bei Multimediageräten aber auch in der Automobilbranche auf preiswerte Schaltelemente mit geringem Hub und somit unzureichender Haptik zurückgegriffen.

Jede Haptik weist eine spezifische Kraft-Weg- bzw. Moment-Winkel-Kurve (Rastkurve) auf, deren Verlauf bei klassischen Bedienelementen fest vorgegeben ist. Eine freie Änderung der Haptik ist somit derzeit nicht möglich. Im Rahmen der Arbeiten wird ein neuartiges Prüfkonzept entwickelt, dessen Hauptbestandteil ein Drehsteller mit frei programmierbarer Rastkurve ist. Mit Hilfe dieses neuartigen Prüfstandes soll die Frage geklärt werden, inwieweit sich eine unzureichende Haptik durch eine geeignete hochwertige akustische Stimulation kompensieren lässt bzw. ob sich haptische und akustische „Einflussfaktoren“ für die Wertigkeit eines Bedienelementes ermitteln lassen.

Gesamtkonzept

Die Identifizierung des Einflusses der Haptik und Akustik auf die Wertigkeit von Bedienelementen erfordert einen Prüfstand, der es ermöglicht, einer Versuchsperson einerseits eine definierte Haptik und andererseits eine davon unabhängige akustische Information zu präsentieren (vgl. [1]). Das entwickelte Konzept sieht vor, frei definierbare Rastkurven mit beliebigen Schaltgeräuschen zu kombinieren. Eine zentrale Steuerung ermittelt dazu auf Basis vorher festgelegter bzw. zufälliger Versuchsszenarien die entsprechenden Identifikationsnummern der hinterlegten Rastkurven bzw. Schaltgeräuschen und präsentiert diese mit Hilfe geeigneter Hardware der Versuchsperson. Die Wiedergabe der akustischen Information erfolgt dabei entweder mit Hilfe von Kopfhörern oder Lautsprechern in einer geeigneten Umgebung. Die Komponente zur Haptikdarstellung wird im nächsten Kapitel beschrieben. Abbildung 1 zeigt ein Schema des Prüfstandskonzeptes.

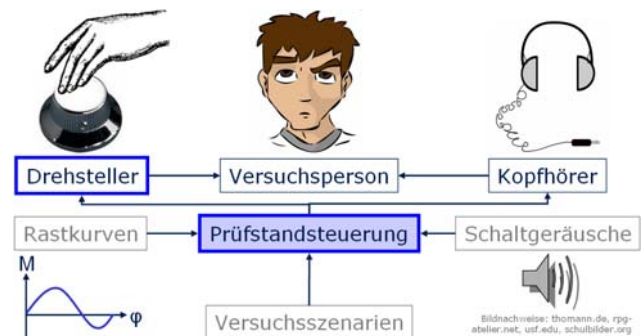


Abbildung 1: Schematisches Prüfstandskonzept

Im Rahmen von Probandenstudien können dann signifikante Zusammenhänge identifiziert werden, aus denen Aussagen zum Einfluss der einzelnen Parameter Akustik und Haptik auf die Wertigkeit eines Drehstellers abzuleiten sind.

Umsetzung Drehhaptik – Hardware

Für die Erzeugung von Drehhaptiken wird ein Aktor mit einem veränderlichen Drehmoment benötigt. Grundsätzlich können sowohl passive (Veränderungen des Reibbeiwerts) als auch aktive (eigenständige Bewegung möglich) Aktoren eingesetzt werden. Entscheidende Auswahlkriterien für die Eignung eines Aktors sind dessen Dynamik, Maximalmoment, Grundreibung und Spiel. Da der hier vorgestellte Versuchsstand in der Lage sein soll, sehr hochwertige Haptiken zu erzeugen, wird ein aktiver Aktor mit hoher Dynamik, geringer Grundreibung und wenig Spiel bevorzugt (vgl. [2]). Das benötigte Maximalmoment wurde auf Basis der gegebenen Interaktionsart ermittelt. Hierfür wurde mit einem Momentenaufnehmer und einem Bedienelement (d = 32 mm) das Maximalmoment, welches eine männliche Versuchsperson mit einem „Drei-Finger-Griff“ erzeugen kann, experimentell bestimmt. Für das beschriebene Szenario liegt dieses Moment bei ca. 160 mNm. Die oben beschriebenen Kriterien wurden für verschiedene Aktoren ermittelt, gewichtet und in einer Auswahlmatrix vergleichend gegenübergestellt. Auf Basis dieser Gegenüberstellung wurde ein Getriebemotor der Firma maxon als Aktor ausgewählt.

Zum Gesamtsystem gehören neben dem Aktor ein Positionssensor, ein Steuergerät zur Einstellung des Motorstromes bzw. des Motormoments und ein Notebook zur Versuchstandssteuerung. Abbildung 2 verdeutlicht diesen Aufbau. Zu beachten sind vor allem die Verbindungen zwischen den Komponenten, so ist zum Beispiel das Notebook via CAN-Bus mit dem Motorsteuergerät (Typ: epos 24/5) gekoppelt. Dieser Bus eignet sich besonders aufgrund seiner Übertragungsrates bis zu 1 MBit/s und der Möglichkeit der Paketpriorisierung für die beschriebene Anwendung. Außer-

dem handelt es sich um eine bidirektionale Kommunikation, wobei der PC die Momentenanforderung schickt und das Motorsteuergerät die Positionsinformation. So wird die im Millisekundentakt übertragene Positionsinformation vom Notebook entsprechend der ausgewählten Rastkurve verarbeitet und eine Momentenanforderung an das Steuergerät zurückgesandt.

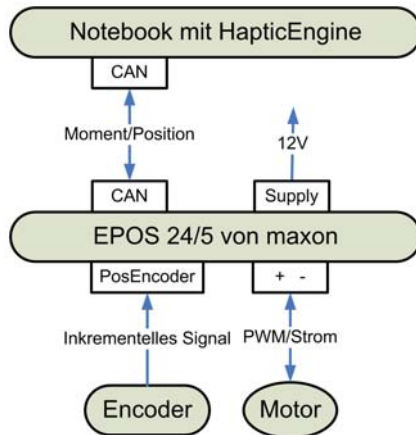


Abbildung 2: Blockschaltbild

Umsetzung Drehhaptik – Software

Die Berechnung des benötigten Motormomentes in Abhängigkeit der Aktorposition für die gewählte Haptik wird von einer eigens dafür entwickelten Software durchgeführt. Diese Software ist in der Lage selbst komplexe Haptiken zu simulieren indem diese in folgende Bestandteile zerlegt werden:

Atom ist die kleinste Einheit einer Haptik und bildet im Wesentlichen physikalische Effekte nach. So werden Reibung, Rastung und Endanschläge durch Atome repräsentiert. Für die verschiedenen Rastkurven werden Moment-Drehwinkelkennlinien in der Software hinterlegt. Die Anpassung des Maximalmoments und der Schrittweite erfolgt über Skalierungsfaktoren.

Molekül ist ein Zusammenschluss mehrerer Atome um einen realen haptischen Eindruck zu erzeugen. Ein Molekül kann zum Beispiel die Haptik eines konkreten Drehstellers repräsentieren. Im Molekül werden Reibung und Rastung zusammengeführt, so dass die typische Hysterese zwischen Links- und Rechtslauf entsteht.

Szene beschreibt die Verkettung mehrerer Moleküle, wobei z.B. folgende Haptiken entstehen können:

- Endanschlag / 15 Rastungen Typ A / Endanschlag oder
- 3 Rastungen Typ B / Mittelrastung Typ C / 3 Rastungen Typ B.

Durch diesen modularen Ansatz können sämtliche Haptiken simuliert und auch komplexe Bedienungsaufgaben mit angepassten Haptiken umgesetzt werden.

Bei der Entwicklung der Software wurde großer Wert auf Flexibilität und auf die Möglichkeit zur Fehlerbeseitigung gelegt. Deshalb sind sämtliche für die Steuerung verantwortliche Algorithmen auf dem Notebook implementiert. Die so entstehenden Unzulänglichkeiten im Hinblick auf Echtzeit-

fähigkeit konnten mit Hilfe von Events des CAN-Bus-Treibers weitestgehend eliminiert werden, sodass eine Zykluszeit von 1 ms erreicht wurde. Um dynamische Vorgänge besser beobachten zu können, besitzt die Software einen Datenrekorder mit dessen Hilfe Zeit, Position, Geschwindigkeit und Moment des Aktors in Echtzeit aufgezeichnet werden können. Die gesammelten Daten können entweder sofort online oder zu einem späteren Zeitpunkt offline ausgewertet werden.

Die Software ist zusätzlich mit einer TCP/IP Schnittstelle ausgestattet, die einen Datenaustausch mit der Experimentier- bzw. Präsentationsumgebung ermöglicht. Dieser Datenaustausch erfolgt asynchron, sodass die Experimentierumgebung jederzeit eine neue haptische Szene anfordern kann und die HapticEngine jede Positionsänderung weiterleitet.

Der Anwender der Experimentierumgebung kann nun selbstständig Haptiken erzeugen bzw. von bekannten Bedienelementen kopieren. Diese werden dann in haptischen Szenen abgespeichert. Anschließend kann in einer selbst erstellten Oberfläche ein Versuchsszenario abgearbeitet werden, indem dem Proband verschiedene Szenen präsentiert werden und dieser entsprechende Fragestellungen beantwortet. Aufgrund der offenen TCP/IP-Schnittstelle sind durch Vervielfältigung der Hardware sogar Paarvergleiche von Haptiken denkbar.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Drehsteller entworfen und aufgebaut, dessen Moment-Winkel-Kennlinie variabel per Software einstellbar ist. Hauptbestandteil des Drehstellers ist dabei ein Elektromotor mit einem hochsensiblen Positionssensor und zugehörigem Steuergerät. Auf Basis eigens dafür entwickelter Algorithmen konnte die Haptik unterschiedlicher mechanischer Drehsteller erfolgreich simuliert bzw. nachempfunden werden. Zudem existiert eine Schnittstelle mit deren Hilfe verschiedene Versuche implementiert werden können.

In Zukunft soll die Entwicklung der HapticEngine weiter voran getrieben werden. Insbesondere soll ein positionstriggerter Audioplayer integriert werden, um der Versuchsperson neben haptischen auch akustische Effekte präsentieren zu können. Hierbei wird auch die Beeinflussung der Geräusche in Abhängigkeit zur Bediengeschwindigkeit eine wichtige Rolle spielen. Ein weiterer Ansatz für zukünftige Arbeiten liegt in der Entwicklung neuer Hardware zur Simulation von Drückstellern.

Literaturverzeichnis

- [1] Anguelov, N.: *Haptische und akustische Kenngrößen zur Objektivierung und Optimierung der Wertanmutung von Schaltern und Bedienfeldern für den Kfz-Innenraum*. Dissertation; Berlin; 2009.
- [2] Kern, T.: *Entwicklung Haptischer Geräte*. ein Einstieg für Ingenieure; Springer Verlag; Berlin; 2009.