

Haptische Interfaces

- Motivation
- Physiologie
- Sensoren zur Orts- und Kraftmessung
- Verfahren zur Kraftrückmeldung
- Gerätespektrum
- Datenhandschuh
- Head- / Eye-Tracking
- VR-Anwendungen
- DirectInput
- Codebeispiel



Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Haptik: Literatur

Thema "haptische / multimodale Interfaces" ist recht neu...
... bisher keine geeigneten Lehrbücher erschienen

Konferenzbände:

Int. Workshop on haptic human-computer interaction, Glasgow, 2000, Springer

Int. Conf. on Cooperative multimodal communication, CMC/95, Eindhoven, Springer

<http://haptic.mech.nwu.edu/intro/gallery/>

www.immersion.com

www.sensable.com

www.logitech.com / www.microsoft.com/hardware

Bargen, Donnelly, Inside DirectX, Microsoft Press, 98

Schäpers, DirectX nicht nur für Spiele, c't 9/99-216, 12/99-238, 15/99-180

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Haptik: Motivation

- verbesserte Mensch-Computer Interaktion
 - durch Ausnutzen des Tastsinns ("full-duplex")
 - Unterstützung von behinderten (blinden) Personen
 - direkte Manipulation von Objekten in CAD-Systemen
 - auch für unsichtbare / verdeckte Objekte
 - Erkennen von Objekten über (simulierte) Oberflächen und Reibung
 - verbessertes "Eintauchen" in VR-Umgebungen
 - insb. Massenmarkt 3D-Actionspiele
- aber:
- Wahrnehmung von Force-Feedback bisher wenig erforscht
 - Sicherheitsmaßnahmen notwendig

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Haptik: Status

- aktuelles Forschungsthema
- Entwurf und Herstellung von Sensoren und Aktoren
- Systemintegration, Programmierschnittstellen
- breites Gerätespektrum, bisher weitgehend mechanisch:

	Freiheitsgrade / Parameter
Lenkräder	1
Joystick	2 .. 3
Stifte, Roboterarme	5 .. 6
Datenhandschuh	6 .. 20
"smart skin"	1000+

- aktuelle Spiele unterstützen zunehmend FF-Geräte
- billigere Sensoren durch Mikrosystemtechnik

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Multimodale Interfaces

"multimodal" := Kombination mehrerer Modalitäten (=Sinne)

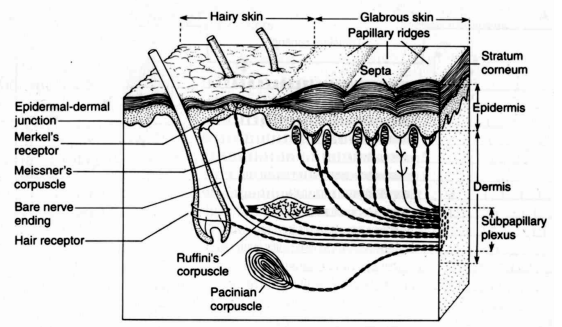
- Maus- / Tastatur- / Joystick- / Datenhandschuh
- Spracheingabe
- Eye-Tracking / Gestenerkennung
- vielfältige neue Möglichkeiten zur Rechnersteuerung
- aktuelles Forschungsthema
- bisher keine einheitliche Theorie

(vgl. Ausschreibung TAMS: "technische Aspekte multimodaler Systeme" am FBI)

Tastkörperchen

FIGURE 24-2

The location of various receptors in hairy and hairless (glabrous) skin of primates. Receptors are located in the superficial skin, at the junction of the dermis and epidermis, and more deeply in the dermis and in subcutaneous tissue. The receptors of the glabrous skin are: Meissner's corpuscles, located in the dermal papillae, Merkel's receptors, also located in the dermal papillae, and bare nerve endings. The receptors of the hairy skin are: hair receptors, Merkel's receptors (having a slightly different organization than their counterparts in the glabrous skin), and bare nerve endings. Subcutaneous receptors, beneath both glabrous and hairy skin, include Pacinian and Ruffini's corpuscles. (Adapted from Light and Perl, 1984.)



- mehrere Sorten, in der Haut, Haarwurzeln, ...
- unterschiedliche Empfindlichkeiten
- unterschiedliche Wahrnehmung (lokalisiert, großflächig, ...)

(Kandell, Principles of Neural Science)

Tastsinn: Auflösung

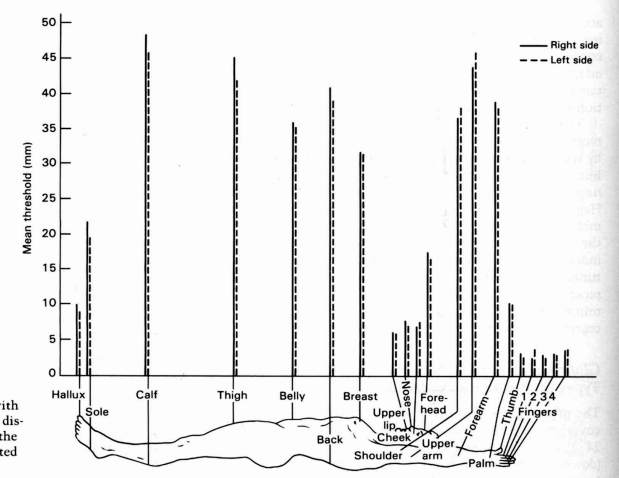


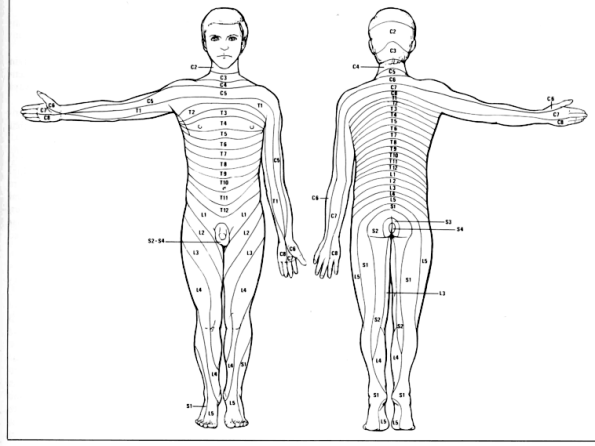
FIGURE 24-7 Two-point discrimination varies with location on body surface. Greatest discriminative capacity is present in the finger tips, lips, and tongue. (Adapted from Weinstein, 1968.)

(Kandell)

Tastsinn: Nervenbahnen

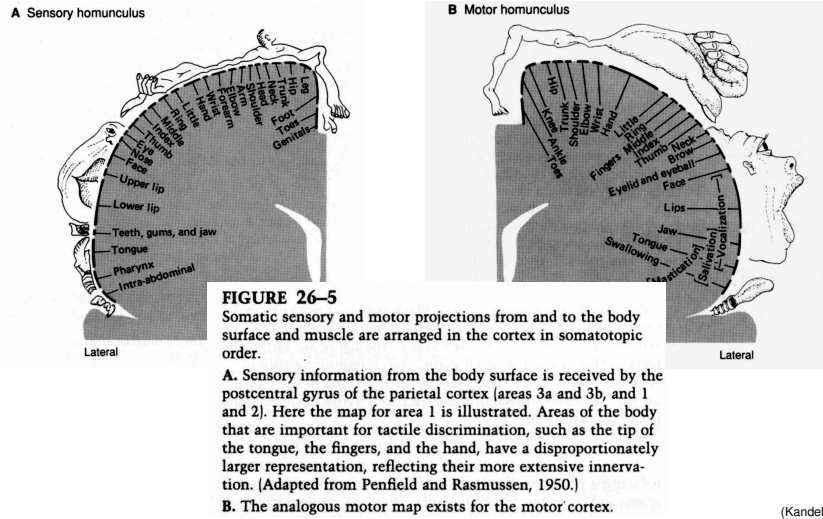
FIGURE 25-2

The dermatomes follow a highly regular pattern on the body. The boundaries of the dermatomes are less distinct than shown here because of overlapping innervation.



(Kandell)

Tastsinn: Wahrnehmung



Lage- / Bewegungswahrnehmung:



Lagewahrnehmung:

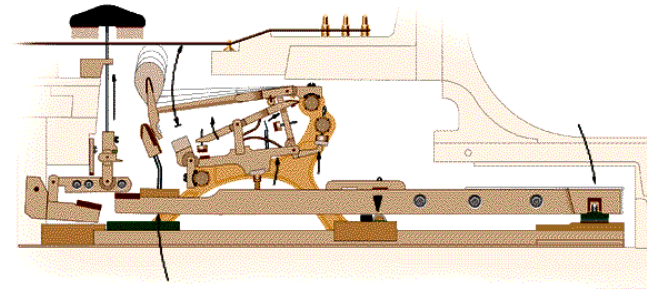
- Beschleunigungsmessung
- "Bogengänge" im Innenohr
- nicht von außen zugänglich

Simulation / VR:

- Bewegung des Körpers nötig
- aufwendige Mechanik, z.B.
- 6-Achsen Hydraulik für prof. Fahr-/Flugsimulatoren
- Rock'n'Ride: derzeit einzige low-cost Alternative :-)

Haptic Interface: Beispiel

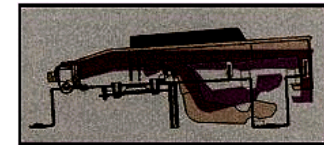
(Scientific American 01/99, Steinway&Sons)



Kunden bezahlen durchaus für gutes "Spielgefühl" :-)

zum Vergleich:

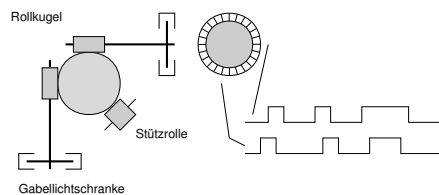
- Mechanik des Alesis QS8 Synthesizers
- diverse Kennlinien umschaltbar
- einstellbare Empfindlichkeit



Tastatur

- einfache Tastenmatrix
- Ansteuerung im Multiplex-Verfahren
- geringe Datenraten (~ 10 Byte/s), serielles Protokoll
- immer noch das Standard-Eingabegerät

Maus



- Messung von relativen x/y-Bewegungen
- über klassische "Kugelmechanik"
- oder mit optischem Sensor auf gemustertem Untergrund

andere Zeigegeräte:

- Lichtgriffel, druckempfindliche Zeichenstifte
- "Spacemouse" mit x/y/z-Freiheitsgraden

(Zitat)

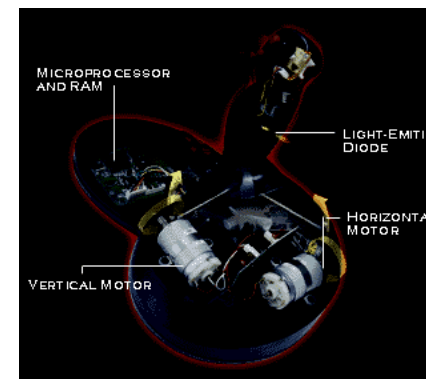
Force-Feedback Joystick

Joystick:

- Arm auf Kugelgelenk
- 2 Freiheitsgrade X, Y
- Rückstellung mit Federn
- diverse Tasten, Coolie-Hat
- evtl. zusätzliche Achsen

mit Force-Feedback:

- X/Y-Achsen mit Motoren statt Federn
- Rückstellkräfte und Vibrationen beliebig einstellbar
- eigener Mikrorechner zur Regelung



Force Feedback Mouse . . .



- Maus mit Force-Feedback (!)
- absolute statt relativer Position
- eingeschränkter Bewegungsbereich
- höhere Trägheit durch die Mechanik
- kaum nützliche Anwendungen
- (bisher) kein Markterfolg
- Nachfolger iFeel-Mouse:
- normale, vibrierende Maus

(!) *Imagine feeling pictures and links on web pages, the softness corduroy, the rough texture of sand paper. With the Logitech WingMan Force Feedback Mouse, you can do all that and more – all at the ease of USB!*



Braille-Zeilen



- Darstellung einer Textzeile im Braille-Code
- entsprechende Anzahl einzeln magnetisch betätigter Stifte
- erlaubt Rechnerzugang für Blinde, aber recht teuer

(diverse Hersteller, hier: www.brailletnet.jussieu.fr/accessibilite/livreblanc/handvis.html)

Hometrainer



TRAININGSROLLEN

■ **Messeneuheit 2002:**
Tacx i-Magic
 Der Hometrainer Tacx T1900 i-Magic wird über eine Steuereinheit am Lenker mit der USB-Schnittstelle des PC verbunden. Durch die reelle Simulation kann auf ausgewählte Routen gewählt werden, oder aber ein Radrennen gegen Gegner auf einer simulierten Radrennbahn fahren.
 1.269,- DM

weitere Modelle:
 Grand Excel 1.125,- DM
 Excel 999,- DM
 Basic 499,- DM
 Swing 299,- DM
 Cycleforce I 249,- DM

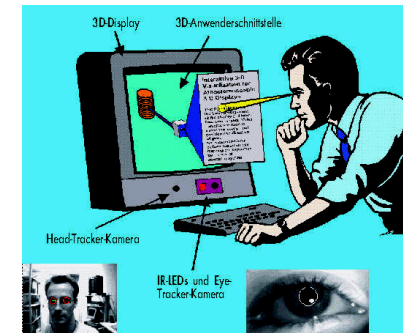
Zubehör Hometrainer:
Skyliner sorgt für die natürliche waagerechte Fahrposition 29,- DM
Schweißbügel fängt ihren Schweiß auf und schützt dadurch ihr Fahrrad 29,- DM

- virtuelle Tour-de-France :-)

(Prospekt, Radsport von Hacht, 11/2001)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Eye- und Head-Tracking

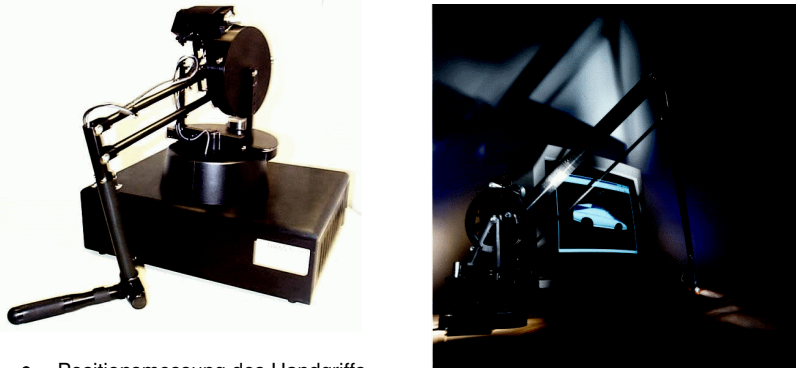


Messung der Augen-/Kopfposition:

- korrekte Benutzerperspektive
- Ansteuerung von 3D-Displays
- LOD: level-of-detail Verfahren
- Darstellung der "Aufmerksamkeitspunkte"
- mit stationären Kameras und (aufwendiger) Bildverarbeitung
- oder Brille mit Sensoren für Pupillenposition
- und Kopfpositionsmessung (z.B. Marker am Helm)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Sensible: Phantom

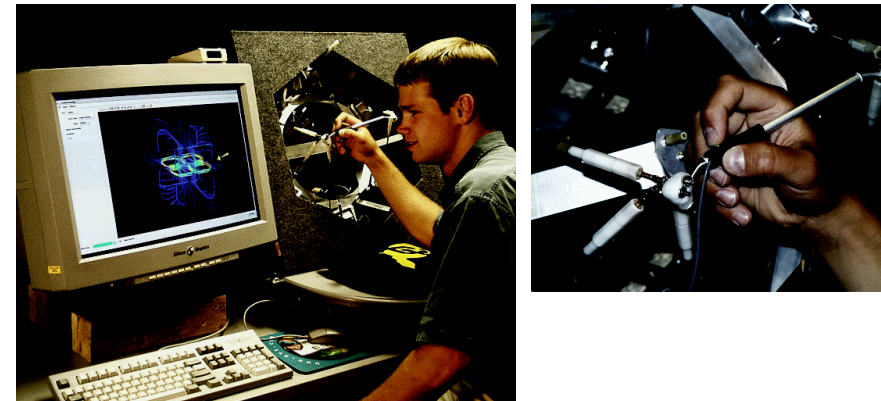


- Positionsmessung des Handgriffs
- 6 Freiheitsgrade: x,y,z-Position, 3 Rotationswinkel
- eingebaute Bremsen für Force-Feedback
- Anwendung z.B. für 3D-Konstruktion

(www.sensible.com)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Uni Colorado

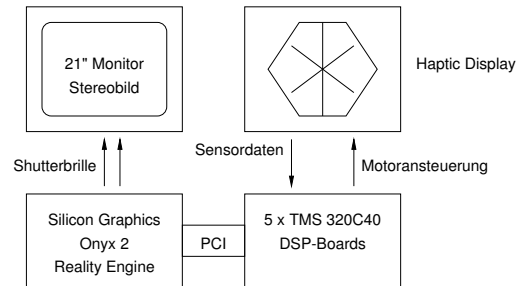


- Prototyp für 6 DOF-Eingabe mit Force-Feedback
- Stift mit 5 Aktuatoren, Sensoren mit 0.08N, Motoren bis 8.0N
- Silicon Graphics Onyx2, Shutterbrille, 5 DSPs zur Motorsteuerung

(<http://osl-www.colorado.edu/Research/haptic/hapticInterface.shtml>)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Blockschaltbild



- Einlesen der aktuellen Sensordaten (Position, Druck, ...)
- Aktualisierung der virtuellen 3D-Welt
- Berechnen der Bewegungsgleichungen für die Aktuatoren
- Ansteuerung der Motoren

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Beispiel: Moleküldesign



Figure 1: The *Docker* application simulates the forces between a drug and its receptor site in a protein as the user guides it to the minimum-energy configuration.

(Taylor, Scientific Applications of Force Feedback, SIGGRAPH'99)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

CMU: Magnetic Levitation

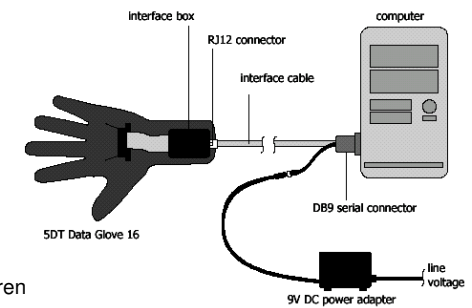


- direkte Ansteuerung des "Griffels"
- über rundum angeordnete Elektromagnete
- Aktuator ist vollkommen frei beweglich
- geringe Masse (und daher Trägheit) des Systems
- erlaubt sehr schnelle Bewegungen
- sehr komplexe Ansteuerung

(www-2.cs.cmu.edu/afs/cs/project/msl/www/haptic/haptic_desc.html)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Datenhandschuh



"data glove": Handschuh mit Sensoren

- Messung der relativen Handposition (Neigungswinkel)
- Messung der Fingerposition (Dehnungsmeßstreifen / opt. Sensoren)
- A/D-Wandlung der Werte, Übertragung zum Rechner (Kabel / Funk)

=> Standard-Eingabegerät für VR-Anwendungen

=> direkte Manipulation virtueller Objekte

(Abb.: Five Dimension Technologies)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Datenhandschuh: Freiheitsgrade

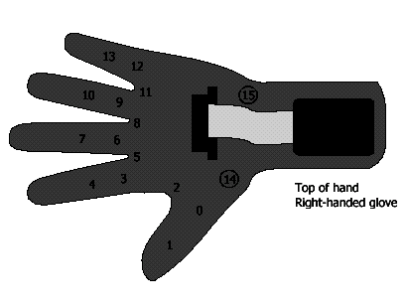


Figure 15 - Sensor mappings for the 5DT Data Glove 16

Sensor	Driver Index	Sensor	Description
0	0		Thumb flexure (lower joint)
1	1		Thumb flexure (second joint)
2	2		Thumb-index finger abduction
3	3		Index finger flexure (at knuckle)
4	4		Index finger flexure (second joint)
5	5		Index-middle finger abduction
6	6		Middle finger flexure (at knuckle)
7	7		Middle finger flexure (second joint)
8	8		Middle-ring finger abduction
9	9		Ring finger flexure (at knuckle)
10	10		Ring finger flexure (second joint)
11	11		Ring-little finger abduction
12	12		Little finger flexure (at knuckle)
13	13		Little finger flexure (second joint)
14	14		Thumb translation [not yet implemented]
15	15		Wrist flexure [not yet implemented]

Beispiel für die Anordnung der Sensoren (5DT Glove16):

- 2 Krümmungssensoren pro Finger
- 4 Sensoren für Fingerspreizung
- Daumen- und Handgelenkneigung geplant
- keine Drucksensoren an den Fingerspitzen (!)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Datenhandschuh: Datenformat

The measured flexures of each of the sensors are the returned in this packet. The packet consists of 36 bytes and has the following structure:

```
header s1high s1low ... s16high s16low checksum trailer
```

The `header` is always two bytes long:

`0x3C` (an ASCII "<", decimal value 60)

`0x44` (an ASCII "D", decimal value 68)

After the header, two bytes are sent for each sensor. The high order byte is sent first, then the low order byte. The value of the sensor is therefore $(s_high) \times 256 + s_low$.

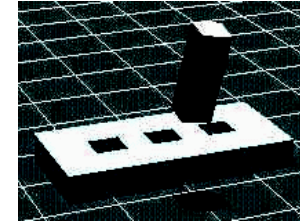
The `checksum` is the least significant byte of the addition of all the sensor values in the packet.

At the end of the packet, a trailing byte with the value of `0x3E` (an ASCII ">", decimal value 62) is sent.

- einfache RS-232 Schnittstelle, 115 kbps
- 100 Samples aller Sensoren pro Sekunde

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Datenhandschuh: VRML

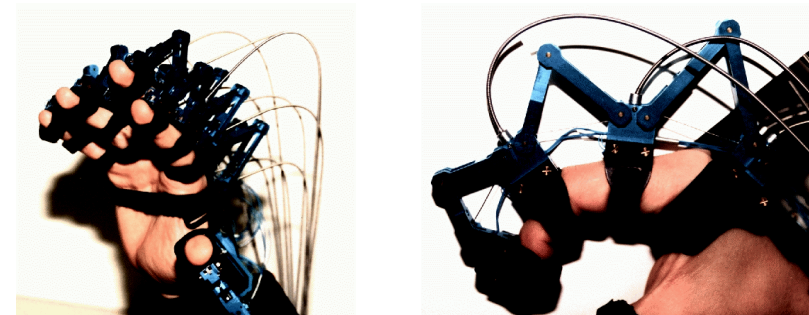


Anwendungsbeispiel:

- direkte Manipulation von Objekten im 3D-Editor
- direkter Zugriff auf verdeckte (unsichtbare) Objekte
- oder die Rückseite von Objekten
- Kombination mit force-feedback wäre ideal ...

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Datenhandschuh: Force-Feedback



- erfordert "Außenskelett" mit vielen Motoren
- komplexe Seilzugmechanik zur Gewichtsreduzierung
- für realistische Effekte beträchtliche Kräfte erforderlich (Beispiel: antippen an eine harte, virtuelle Wand)

(www.caip.rutgers.edu/~bouzit/rp/glove.html)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Datenhandschuh: Force-Feedback



- Fernsteuerung des Roboterarms mit Kräfteückmeldung
- ideal für fein"fühliges" Arbeiten

hier die Motoren (!)

Datenhandschuh: CyberForce



- CyberGlove: Datenhandschuh, Positionsmessung der Finger
- CyberGrasp: Kräfteückmeldung für die Finger (Seilzüge, s.o.)
- CyberForce: Positionsmessung und Kräfteückmeldung für die Handposition, Arbeitsbereich ca. 50 cm²

=> volle Messung und Manipulation der Handbewegungen

- Demo (Video)

Datenhandschuh: Gestenerkennung



mit Datenhandschuh:

- Tastatureingabe problematisch
- aber neue Anwendungen möglich
- Beispiel: Gestenerkennung

- Leerseite

DirectX: Force-Feedback

DirectX:

- für effizienten Hardwarezugriff unter Windows
- Direct3D, DirectDraw, DirectShow, DirectSound, ...
- Zugriff auf Eingabegeräte via DirectInput
- seit DirectX5 Unterstützung von Force-Feedback Geräten
- also: Joysticks und Lenkräder
- DirectInput definiert Standardfunktionen und Aufrufe
- Applikation listet Geräte und deren Fähigkeiten auf
- Umsetzung der Effekte über gerätespezifische Treiber
- Auswahl und "Download" der Effekte bei Programmbeginn

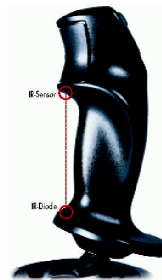
(Inside DirectX)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

DirectInput: Sicherheit . . .

Force-Feedback-Systeme:

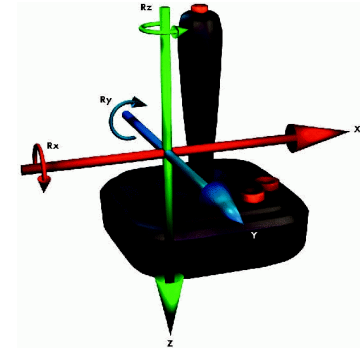
- können den Anwender verletzen
- oder zumindest irritieren
- Gefahr selbst bei "schwachen" Geräten
- Joysticks u.ä. bis ca. 10 N (1Kg)
- Schutzmaßnahmen erforderlich
- Beispiel: Sensor im Microsoft SideWinder Joystick



Medientechnik | WS 2001 | 18.204

DirectInput: Koordinatensystem

- starrer Körper hat 6 Freiheitsgrade
Position (x,y,z)
Lage (Rx,Ry,Rz)
- Zuordnung zu Mausposition
- bzw. Joystick-Achsen
- kartesisches / Polar-Koordinatensystem
- DirectX übernimmt die Umrechnungen
- Kraftwirkung wie "Windrichtung" angeben
- siehe DirectX Dokumentation und DDK-Beispiele



(c't 09/99 216)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

DirectX: Enumeration

```
LPDIRECTINPUTDEVICE8 g_lpDIDevice = NULL;
hr = g_lpDI->EnumDevices(DI8DEVTYPE_GAMECTRL,
    DIEnumDevicesProc, // Callback function
    NULL, DIEDFL_FORCEFEEDBACK | DIEDFL_ATTACHEDONLY);
if (FAILED(hr)) ... // No force-feedback joystick available...

BOOL CALLBACK DIEnumDevicesProc( LPCDIDEVICEINSTANCE lpddi, LPVOID pvRef )
{
    HRESULT hr;
    GUID DeviceGuid = lpddi->guidInstance;

    // Create game device, request exclusive access
    hr = g_lpDI->CreateDevice(DeviceGuid, &g_lpDIDevice, NULL);
    hr = g_lpDIDevice->SetCooperativeLevel(g_hwndMain, DISCL_EXCLUSIVE | ... );

    // Set game data format
    hr = g_lpDIDevice->SetDataFormat(&c_dfDIJoystick);
    DIPROPDWORD DIPropAutoCenter;
    DIPropAutoCenter.diph.dwSize = sizeof(DIPropAutoCenter);
    DIPropAutoCenter.diph.dwHeaderSize = sizeof(DIPROPHEADER);
    DIPropAutoCenter.diph.dwObj = 0;
    DIPropAutoCenter.diph.dwHow = DIPH_DEVICE;
    DIPropAutoCenter.dwData = DIPROPAUTOCENTER_OFF;

    hr = g_lpDIDevice->SetProperty(DIPROP_AUTOCENTER, &DIPropAutoCenter.diph);
    return DIENUM_STOP; // One is enough.
} // end DIEnumDevicesProc
```

(DirectX8.1 SDK)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

DirectX: Enumeration der Effekte

```

LPDIRECTINPUTDEVICE8 g_lpDIDevice = NULL;
g_lpDIDevice = ... // Created by CreateDevice

// Try to find a periodic effect on the joystick device
HRESULT hr;
GUID guidEffect;
BOOL EffectFound = FALSE; // global flag

hr = g_lpDIDevice->EnumEffects(
    (LPDIENUMEFFECTSCALLBACK) DIEnumEffectsProc,
    &guidEffect, DIEFT_PERIODIC);
..

if (FAILED(hr)) ... // Internal error

// Callback function
BOOL CALLBACK DIEnumEffectsProc(LPCDIEFFECTINFO pei, LPVOID pv)
{
    *((GUID *)pv) = pei->guid;
    EffectFound = TRUE;
    return DIENUM_STOP; // One effect is enough
}

```

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

DirectX: Effekt erzeugen

```

DWORD dwAxes[2] = {DIJOFS_X, DIJOFS_Y};
LONG lDirection[2] = {0, 0};
DIPERIODIC diPeriodic; // type-specific parameters
DIENVELOPE diEnvelope; // envelope
DIEFFECT diEffect; // general parameters

diPeriodic.dwMagnitude = DI_FFNOINALMAX;
diPeriodic.lOffset = 0;
diPeriodic.dwPhase = 0;
diPeriodic.dwPeriod = (DWORD)(0.05 * DI_SECONDS);

diEnvelope.dwSize = sizeof(DIENVELOPE);
diEnvelope.dwAttackLevel = 0;
diEnvelope.dwAttackTime = (DWORD)(0.5 * DI_SECONDS);
diEnvelope.dwFadeLevel = 0;
diEnvelope.dwFadeTime = (DWORD)(1.0 * DI_SECONDS);

diEffect.dwSize = sizeof(DIEFFECT);
diEffect.dwFlags = DIEFF_POLAR | DIEFF_OBJECTOFFSETS;
diEffect.dwDuration = (DWORD)(2 * DI_SECONDS);

diEffect.dwSamplePeriod = 0; // = default
diEffect.dwGain = DI_FFNOINALMAX; // no scaling
diEffect.dwTriggerButton = DIJOFS_BUTTON0;
diEffect.dwTriggerRepeatInterval = 0;
...
LPDIRECTINPUTEFFECT g_lpdiEffect; // global effect object
hr = g_lpDIDevice->CreateEffect(
    guidEffect, // GUID from enumeration
    &diEffect, // where the data is
    &g_lpdiEffect, // where to put interface pointer
    NULL); // no aggregation

```

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

DirectX: Effekt abspielen

```

...
diEffect.dwSize = sizeof(DIEFFECT);
diEffect.dwFlags = DIEFF_POLAR | DIEFF_OBJECTOFFSETS;
diEffect.dwDuration = (DWORD)(2 * DI_SECONDS);
...

LPDIRECTINPUTEFFECT g_lpdiEffect; // global effect object

hr = g_lpDIDevice->CreateEffect(
    guidEffect, // GUID from enumeration
    &diEffect, // where the data is
    &g_lpdiEffect, // where to put interface pointer
    NULL); // no aggregation

if (FAILED(hr)) ...

diEffect.dwTriggerButton = DIEB_NOTRIGGER;

// To make a chain saw that starts and keeps going, change the
// dwDuration member as follows:

diEffect.dwDuration = INFINITE;
diPeriodic.dwPeriod = (DWORD)(0.08 * DI_SECONDS);
hr = g_lpdiEffect->SetParameters(&diEffect, DIEP_TYPESPECIFICPARAMS);

// Next, start the effect.
g_lpdiEffect->Start(1, 0);

// The effect keeps running until you stop it.
g_lpdiEffect->Stop();

```

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Immersion: Force-Feedback Motivation

Even under excellent conditions for viewing and hearing, touch substantially improves user performance. Consider this:

How is it that a person can drink a cup of coffee while simultaneously reading a newspaper?

- Release grip on paper, casually adjusting other hand's grip to compensate for paper sag. Perhaps rest bottom of paper in lap (without looking)
- While still reading (perhaps slower), slowly feel around table for coffee mug, adjusting direction based on feel.
- When found, feel for handle and grip.
- Bring mug to lips, keeping mug level, rotating arm and wrist appropriately (by weight and grip pressure).
- Tilt mug back when mug is felt against lips.
- Return mug to table slowly, adjusting course if small collisions detected. Notice that you do not even need to look at the table, you can feel it through the mug!
- And you never lost your position on the page.

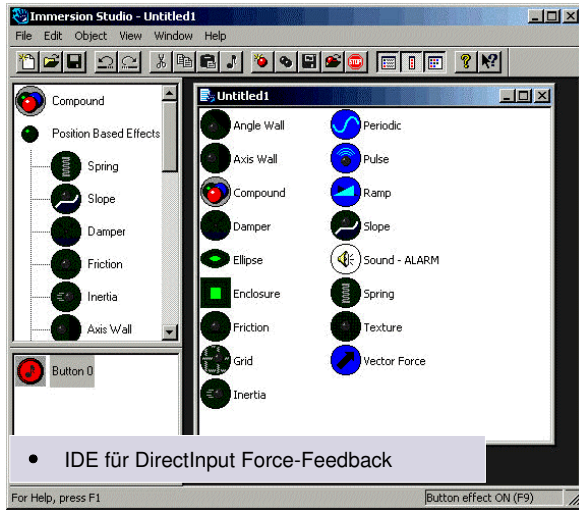
Now imagine without force feedback...

First, try to imagine holding the paper or turning the pages without feeling them!

(www.immersion.com)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Immersion: iForce Studio



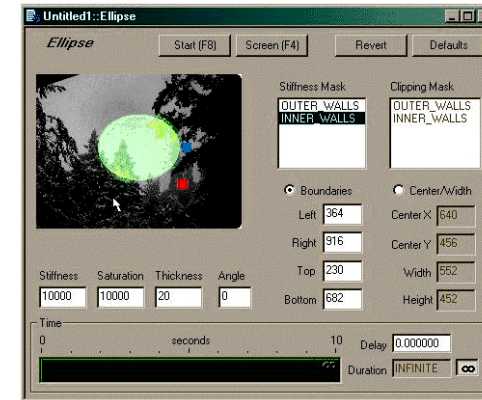
(www.immersion.com)

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Immersion: "Ellipse"

Ellipse Effect (Position Based Effect)

Ellipse can be used to attract the cursor to the inside of the ellipse, keep the cursor outside of the ellipse, or attract the cursor to the border surrounding the ellipse. Common uses of ellipse are for snapping to grid points or nodes, or attracting the cursor to icons. Enclosure effect is only available to TouchSense mouse devices only.



Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Immersion: Geräte vs. Effekte

The nature of the device limits the types of touch effects felt. A steering wheel, for instance, turns left and right, so it plays effects on the x-axis only. A joystick, attached to its base at a single point, cannot play effects which require an exploration of 2-dimensional space, like textures and contours. A tactile mouse, free from a base attachment, is unable to exert lateral forces, making it unable play effects like pushes, pulls, gravity, or resistance to movement.

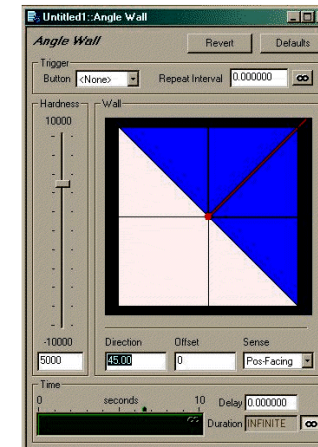
	Tactile Feedback Mouse or Trackball	Joystick	Steering Wheel	Full Force Feedback Gamepad	Full Force Feedback Mouse	Rumble Feedback Gamepad
Periodic	x	x	x	x	x	x
Texture	x				x	
Enclosure	x				x	
Ellipse	x				x	
Spring		x	x	x	x	
Grid					x	
Constant		x	x	x	x	
Ramp		x	x	x	x	
Damper		x	x	x	x	
Friction		x	x	x	x	
Inertia		x	x	x	x	

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Immersion: "Angle Wall"

Angle Wall Effect (Position Based Effect)

Angle Wall is a position-based effect. It should feel like a wall at an arbitrary angle. Based on [Spring](#), it uses the Immersion TouchSense IMM_CONDITION effect with a Spring GUID and the PositiveCoefficient or NegativeCoefficient set to zero.



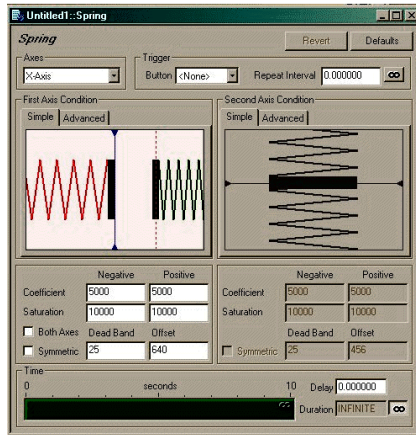
- basiert auf dem "Feder"effekt
- "hardness" = Federkonstante
- keine Wirkung im neg. Bereich
- Richtung frei wählbar

Medientechnik | WS 2001 | 18.204

Immersion: "Spring"

Spring Effect (Position Based Effect)

Spring is a position-based effect. It should feel like compressing a spring. It uses the Immersion TouchSense IMM_CONDITION effect with a Spring GUID.

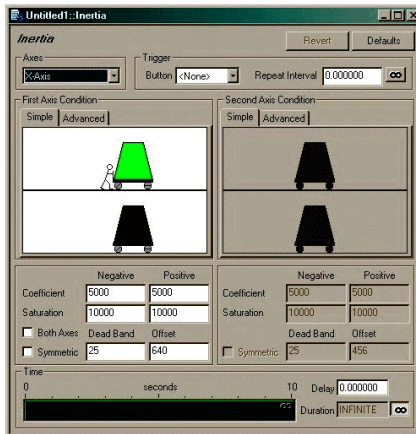


- modelliert eine Feder
- Rückstellkraft proportional zur Auslenkung
- für alle elastischen Medien
- optional mit Sättigungswert
- Richtung frei wählbar

Immersion: "inertia"

Inertia Effect (Position Based Effect)

Inertia is an acceleration-based effect. It should feel like pushing a mass on wheels. It uses the Immersion TouchSense IMM_CONDITION effect with an Inertia GUID.

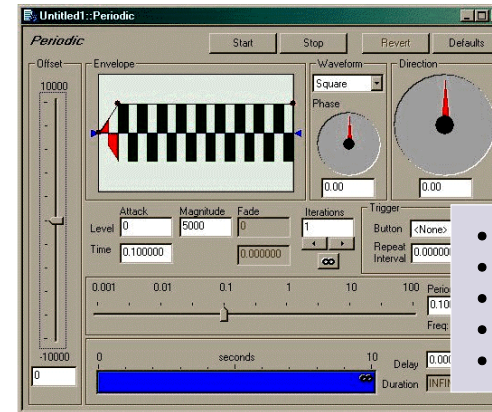


- Trägheitseffekt
- Objekt (Masse) auf Rädern...
- Masse des Objekts
- max. Geschwindigkeit
- Richtung frei wählbar

Immersion: "periodic"

Periodic Effect (Time Based Effect)

The Periodic effect is a force that varies over time, such as a sine wave, square wave, etc. It can feel like a simple back and forth motion or a high frequency vibration. It uses the Immersion TouchSense IMM_PERIODIC effect.



- Vibrationseffekt
- Sinus, Rechteck, usw.
- Frequenz, Amplitude,
- Hüllkurve (Start)
- Richtung frei wählbar

DirectX: Beispiel für Force-Effekte

