

# Die drucksensitive Liege: Eine intuitive Eingabemethode für VR- Applikationen

Matti Laak<sup>1</sup>, Kerstin Müller<sup>1</sup>, Achim Ebert<sup>2</sup>

Fachbereich Campus Minden, FH Bielefeld<sup>1</sup>  
Fachbereich Informatik, TU Kaiserslautern<sup>2</sup>

`cgtip_dl@fh-bielefeld.de`, `kerstin.mueller@fh-bielefeld.de`, `ebert@cs.uni-kl.de`

## Zusammenfassung

Die in diesem Paper vorgestellte drucksensitive Liege ist ein Eingabegerät, das Gewichtsverlagerungen eines auf der Liege sitzenden Benutzers erkennt und in Eingaben für geeignete Applikationen umsetzt. Eine erste Evaluierung hat gezeigt, dass die Benutzer<sup>1</sup> die zur Steuerung auszuführenden Bewegungen als intuitiv empfinden und die Steuerung schnell erlernen konnten. Die drucksensitive Liege eignet sich neben Spielen aufgrund der eher liegenden Position insbesondere für therapeutische Anwendungen.

## 1 Einleitung und Stand der Technik

In den letzten Jahren hat Virtual Reality (kurz VR) immer mehr an Bedeutung gewonnen. VR-Headsets machen das Entdecken von virtuellen Spielwelten so immersiv wie nie zuvor. Nicht nur Unterhaltungsmedien, wie Videospiele und Filme, können durch diese Entwicklung profitieren. Therapiespiele und sogenannte „serious games“, die Videospieltechnologien verwenden, ermöglichen bereits durch die Nutzung aktueller VR Technologie ein immersives Eintauchen in die Spielwelt. Das Spielen von Videospiele mit traditionellen Eingabemethoden, wie Controllern oder Maus und Tastatur, ist jedoch mit dem Erlernen der Eingabemethoden verbunden. Hat ein Benutzer noch nie in seinem Leben einen Playstation Controller in der Hand gehabt, so muss er zunächst einmal lernen, wie er diesen zu verwenden hat. Diese Abgrenzung von neuen Benutzern macht es schwer, ihnen den potentiellen Nutzen von Videospiele nahezubringen. Die drucksensitive Liege, die in diesem Paper beschrieben wird, setzt sich als Ziel eine intuitive Steuerung für VR und traditionelle Spiele sowie allgemeine Computerapplikationen zu sein. Da

---

<sup>1</sup>Im Folgenden sind mit „Benutzer“ sowohl Benutzerinnen als auch Benutzer gemeint

---

die Steuerung auf Gewichtsverlagerung aufbaut und keine motorischen Fähigkeiten der Hände benötigt, ist die drucksensitive Liege auch für Menschen mit körperlichen Beeinträchtigungen geeignet, die zu einer messbaren Gewichtsverlagerung im Sitzen fähig sind.

Die Steuerung von Computerspielen durch Bewegungen des Benutzers ist durch viele Technologien möglich. Kamerabasierte Systeme, wie z.B. (*Microsoft Kinect* 2018) oder (*OptiTrack* 2018), können Bewegungen des Benutzers erkennen und in Aktionen im Spiel umsetzen. Diese optische Erkennung von Bewegungen ist jedoch anfällig für Störfaktoren, z.B. eine unzureichende Beleuchtung oder Gegenstände/Personen, welche die Sicht der Kamera auf die Person im Fokus versperren. Die Spielsteuerung über Druck hingegen ist ein weniger erforschter Bereich. Nintendo hat für die Spielekonsole Wii das „Wii Balance Board“ (*Nintendo Balance Board* 2018) auf den Markt gebracht. Diese Steuerung ist hauptsächlich darauf ausgelegt, dass der Benutzer auf dem Balance Board aufrecht steht und durch Gewichtsverlagerung Aktionen in Spielen auslösen kann. Die Verwendung von Drucksensoren als Bewegungserkennung wurde in einigen wissenschaftlichen Arbeiten erforscht. In (Sundholm et al., 2014) wurde ein System entwickelt, das mit Hilfe einer Druckmatte erkennen kann, was für eine körperliche Übung ein Benutzer ausführt. Eine Spielsteuerung, die bei der Therapie von Gleichgewichtsstörungen helfen soll, wurde in (Betker et al., 2005) beschrieben. Der aufrecht auf einer Druckmatte stehende Benutzer kann durch Veränderung seines Schwerpunktes Spiele steuern. In (Bränzel et al., 2013) wird ein Raum mit drucksensitiven Boden beschrieben, der die Posen und Positionen von Menschen erkennen kann. Durch eine Backprojection im Boden ist die virtuelle mit der realen Welt verknüpft worden. Mit Aktionen des Benutzers in der realen Welt, detektiert durch Drucksensoren, kann die virtuelle Welt beeinflusst werden. Benutzerbewegung in der virtuellen Welt können bereits durch geeignete Ausgabegeräte, wie z.B. motorisierte Stühle, in die reale Welt übertragen werden. Diese motorisierten Stühle sind kommerziell verfügbar (z.B. (*RotoVR* 2018), (*YawVR* 2018)) und werden u.a. für Autorennsimulatoren, Achterbahnsimulatoren oder Flugsimulatoren eingesetzt.

Die in diesem Paper beschriebene drucksensitive Liege ist ein neuartiges Eingabegerät zur Bewegungssteuerung, welche die Bewegung des Benutzers in der realen Welt in die virtuelle Welt transferiert. Da die Steuerung auf einer Gewichtsverlagerung einer natürlichen Gehbewegung beruht, wurde sie von allen Probanden in unserer Nutzerstudie schnell erlernt und als intuitiv empfunden. Die Liege kann sowohl in einer aufrechten Sitzposition als auch in einer eher liegenden Position benutzt werden und eignet sich daher auch für therapeutische Anwendungen, bei denen sich der Benutzer entspannen soll.

## 2 Aufbau und Funktionsweise

Der Aufbau der Liege ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Liege befindet sich auf einem Unterbau, der wiederum an einer Federkernmatratze mit Spanngurten befestigt ist. Die Matratze ermöglicht ein müheloses Lehnen in alle Richtungen und verhindert durch ihre Breite und ihr hohes Eigengewicht ein Umkippen der Liege. Abbildung 3 zeigt den Weg, auf dem die Signale verarbeitet und weitergegeben werden. Als Hardware wurde eine Sonnenliege sowie die (*Tekscan 5400N* 2018) Druckmatte verwendet. Neben der eigens erstellten Software wurde die Tekscan

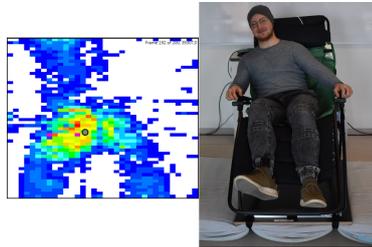


Abbildung 1: Die drucksensitive Liege in Benutzung (r.) und das entsprechende Druckbild (l.)



Abbildung 2: Die drucksensitive Liege vor der Backprojection



Abbildung 3: Die Architektur der drucksensitiven Liege

API, die virtuelle Controller Software (vJoy 2018) und für das Testspiel die (Unreal Engine 4 2018) benutzt.

Die Eingaben, welche die drucksensitive Liege generiert, werden in Form von DirectInput ausgegeben. Jede Applikation, die DirectInput verwendet, kann somit durch die drucksensitive Liege gesteuert werden. Zur Visualisierung wurde ein Backprojection System verwendet, vor dem die Liege aufgebaut wurde (siehe Abbildung 2). Alternativ wäre die Nutzung eines größeren Monitors oder eines Headmounted-Displays (z.B. HTC Vive) möglich. Zum Testen der Steuerung mit der drucksensitiven Liege wurde ein Testspiel entwickelt. Ziel des Spiels ist es, eine Spielfigur durch einen Hindernisparcours laufen zu lassen und möglichst viele Tore zu treffen. Die Steuerung erfolgt durch die Gewichtsverlagerung in vier Richtungen. Der Benutzer kann sich nach links und rechts lehnen, um die Spielfigur nach links oder rechts zu drehen. Zum Beschleunigen lehnt sich der Benutzer nach vorne, zum Bremsen drückt er sich mit dem Rücken gegen die Rückenlehne. Die Bewegungen der Spielfigur sind proportional zu den Bewegungen des Benutzers.

Um das Lenken des Benutzers im Programmcode zu erkennen, wird der Schwerpunkt des auf der Druckmatte liegenden Benutzers berechnet. Die X- und Y-Koordinate des Schwerpunktes werden über folgende Formel berechnet.  $D_i$  ist der Druckwert für den Drucksensor an der  $i$ -ten Stelle,  $A$  ist die Anzahl der Drucksensoren.

$$X_{Schwerpunkt} = \frac{\sum_{i=1}^A X_i D_i}{\sum_{i=1}^A D_i}, Y_{Schwerpunkt} = \frac{\sum_{i=1}^A Y_i D_i}{\sum_{i=1}^A D_i}$$

Zu Beginn der Verwendung der drucksensitiven Liege wird die Software auf den Benutzer kalibriert, um ein optimales Benutzererlebnis, in Abhängigkeit der individuellen Größe und des Gewichts des Benutzers, sicherzustellen. Dazu lehnt sich der Benutzer nach links, rechts, vorne und hinten. Für das Lenken werden der höchste und der niedrigste Wert der X-Koordinate des Schwerpunktes als Randwerte gewählt. Über den Abstand des aktuellen Druckwertes zu den ermittelten Randwerten wird das Lenken umgesetzt. Ist der aktuelle Schwerpunkt in der Nähe des

---

ermittelten Minimums, wird ein links Lenken ausgeführt, ist der aktuelle Schwerpunkt am Maximum, wird nach rechts gelenkt. Je näher der aktuelle Schwerpunkt an den Rändern ist, desto stärker wird gelenkt. Wenn der aktuelle Schwerpunkt in der Mitte zwischen den Rändern liegt, findet kein Lenken statt. Neben dem normalen Bremsen gibt es noch ein „Notbremsen“. Bewegt der Benutzer sich schlagartig zu einer Seite wird die aktuelle Geschwindigkeit halbiert. Diese Funktion ermöglicht es dem Benutzer eine schnelle Bewegungsänderung einzuleiten, die ihm sonst nicht möglich wäre. Um diese Funktion zu realisieren, wurde eine Bewegungserkennung implementiert. Die hier verwendete Methode basiert auf einem von Gunner Farneböck entwickelten Algorithmus (Farneböck, 2003). Der Algorithmus ist in der Bildverarbeitungs API (*OpenCV* 2018) schon umgesetzt, so dass diese nur der Druckmatten Software hinzugefügt werden musste. Der Algorithmus erkennt mit Hilfe von zwei Einzelbildern, welche Pixel sich wohin verschoben haben. Dies wird auf alle Pixel angewandt und die Verschiebung addiert, so dass ein Bewegungsvektor für alle Pixel der Bilder erstellt wird. Je nachdem wie lang und in welche Richtung der Vektor gerichtet ist, kann nun bestimmt werden, wie schnell und in welche Richtung sich der Benutzer bewegt. Das Beschleunigen und Bremsen wird über den im Rückenbereich der Druckmatte aufliegenden Druck erkannt. Während der Kalibrierung wird der Druck ermittelt, den der Benutzer in einer neutralen Position auf die Druckmatte ausübt. Liegt mehr Druck auf als dieser Wert, so lehnt sich der Benutzer nach hinten und es wird ein Bremsen ausgelöst. Liegt weniger Druck auf als in der neutralen Position, lehnt sich der Benutzer nach vorne und es wird beschleunigt.

### 3 Benutzerstudie und Ausblick

Im Zuge der Benutzer zentrierten Entwicklung wurde die Liege fortlaufend getestet. Nach Abschluss der Entwicklung des Prototypens wurde mit 17 zufällig ausgewählten Probanden im Alter von 19 - 28 Jahren, 5 weiblich und 12 männlich, eine erste Studie zur Erhebung der Nutzerzufriedenheit durchgeführt. Die Probanden mussten mit der drucksensitiven Liege als Eingabemethode ein Testspiel in Form eines Hindernisparcours absolvieren und anschließend einen Fragebogen ausfüllen. Ziel des Spiels war es möglichst schnell und präzise Tore zu durchlaufen (siehe Abbildung 2). Die Probanden haben überwiegend positiv auf die drucksensitive Liege reagiert. Die meisten Probanden würden die drucksensitive Liege wiederverwenden. Die Steuerung hat ihnen gut gefallen und wurde als intuitiv empfunden. Bei der Bewertung der Steuerung gab es unterschiedliche Ergebnisse. Während das Lenken nach rechts und links überwiegend positiv bewertet wurde, fiel die Bewertung des Beschleunigens und Bremsens leicht negativ aus. Obwohl die meisten Testpersonen die drucksensitive Liege noch nie zuvor benutzten, wurde sie besser als die Mehrheit der anderen Eingabemethoden (Maus und Tastatur, Lenkrad, Joystick, Gamepad) bewertet. In einer nachfolgenden Arbeit ist eine ausführliche Evaluierung mit Tests zur Effizienz und Effektivität geplant. Bei keiner der Testpersonen gab es Anzeichen von Cyber Sickness, eine detaillierte Studie dazu ist in zukünftigen Arbeiten vorgesehen.

---

## Literaturverzeichnis

- Betker, A. L., Szturm, T. & Moussavi, Z. (2005). Development of an Interactive Motivating Tool for Rehabilitation Movements. In *2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference* (S. 6893–6896). doi:10.1109/IEMBS.2005.1616090
- Bränzel, A., Holz, C., Hoffmann, D., Schmidt, D., Knaust, M., Lühne, P., ... Baudisch, P. (2013). GravitySpace: Tracking Users and Their Poses in a Smart Room Using a Pressure-sensing Floor. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (S. 725–734). CHI '13. doi:10.1145/2470654.2470757
- Farnebäck, G. (2003). Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion. In J. Bigun & T. Gustavsson (Hrsg.), *Image Analysis* (S. 363–370). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Microsoft Kinect. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://developer.microsoft.com/de-de/windows/kinect>
- Nintendo Balance Board. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://www.nintendo.de/Hilfe/Wii/Benutzung/Wii-Balance-Board/Vorbereitung-zum-Gebrauch-des-Wii-Balance-Boards/Vorbereitung-zum-Gebrauch-des-Wii-Balance-Boards-240188.html>
- OpenCV. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://opencv.org/>
- OptiTrack. (2018). Zugriff 29. Juni 2018 unter <https://www.optitrack.com/>
- RotoVR. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://www.rotovr.com/>
- Sundholm, M., Cheng, J., Zhou, B., Sethi, A. & Lukowicz, P. (2014). Smart-mat: Recognizing and Counting Gym Exercises with Low-cost Resistive Pressure Sensing Matrix. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (S. 373–382). UbiComp '14. doi:10.1145/2632048.2636088
- Tekscan 5400N. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://www.tekscan.com/products-solutions/medical-sensors/5400n>
- Unreal Engine 4. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://www.unrealengine.com/>
- vJoy. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <http://vjoystick.sourceforge.net/>
- YawVR. (2018). Zugriff 7. April 2018 unter <https://www.yawvr.com/>