Elastische Displays im Einsatz

Mathias Müller, Dietrich Kammer, Rainer Groh

Professur für Mediengestaltung, Technische Universität Dresden

Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat sich die Forschung im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion zu alternativen Displays weiter verstärkt. Nachdem die Multitouch-Technik als etabliert anzusehen ist, erweitern Forscher durch Konzepte und entsprechende Prototypen die Möglichkeiten zur direkten Interaktion mit digitalen Inhalten immer weiter. Elastische Displays nehmen dabei eine prominente Rolle ein. Bisher fehlen jedoch erprobte Richtlinien und Gestaltungsempfehlungen sowie Beispiele für produktive Anwendungen. In diesem Beitrag werden zwei Anwendungsfälle und entsprechende Interaktions- und Visualisierungskonzepte für elastische Displays vorgestellt.

1 Einleitung

Das Interface, als interaktiver Bildraum der Moderne, ermöglicht dem Betrachter immer wieder neuartige Einblicke in digitale Bildwelten. Gewöhnlich trennt der Bildschirm dabei Realität und Virtualität voneinander ab. Die Hände des Menschen sind einerseits seine universellen Werkzeuge, andererseits werden die Hände in der Interaktionsforschung unterschätzt. Digitale Nutzerschnittstellen wurden bis vor einigen Jahren vorwiegend indirekt über Vermittlertechnologien wie Maus und Tastatur bedient. Der Erfolg von Multitouch-Technologien lässt sich auch durch die verwendeten Paradigmen der direkten Manipulation und der Nutzung von Interaktions-Metaphern, die Erfahrungen aus der realen Umwelt reflektieren, erklären (Jacob et al., 2008). Die auffälligste Grenze derartiger Technologien ist die fehlende beziehungsweise unzureichende sensorische Rückmeldung. Weitere Schwierigkeiten klassischer Display-Konzepte ergeben sich durch die begrenzte Anzeigefläche. Moderne Informationsvisualisierungssysteme müssen enorme Datenmengen geeignet darstellen. Ein Lösungsansatz ist die Hinzunahme einer weiteren räumlichen Dimension. Bedingt durch die erweiterte Dimensionalität der Darstellung ergeben sich jedoch zusätzliche Probleme bei der Interaktion mit den Daten (Franke, Müller, Gründer & Groh, 2014). Elastische Displays ermöglichen es einerseits, Interaktion mit direktem haptischen Feedback anzureichern und zum anderen, mittels Verformung der Oberfläche mit räumlichen Datenstrukturen zu Interagieren. Durch diese zusätzliche Interaktionsdimension ergeben sich vielfältige Möglichkeiten zur Exploration und Manipulation komplexer Daten.

Veröffentlicht durch die Gesellschaft für Informatik e.V. 2016 in
B. Weyers, A. Dittmar (Hrsg.):
Mensch und Computer 2016 – Workshopbeiträge, 4. - 7. September 2016, Aachen.
Copyright © 2016 bei den Autoren.
http://dx.doi.org/10.18420/muc2016-ws10-0007

2 Verwandte Arbeiten

Technisch betrachtet lassen sich drei verschiedene Ausprägungen unter den verschiedenen Prototypen der letzten Jahre beobachten:

- Formbare Displays, welche eine permanente Formänderung ermöglichen,
- Aktuierte Displays, welche sich aktiv selbst verformen,
- Elastische Displays, welche eine temporäre Verformung durch den Nutzer zulassen.

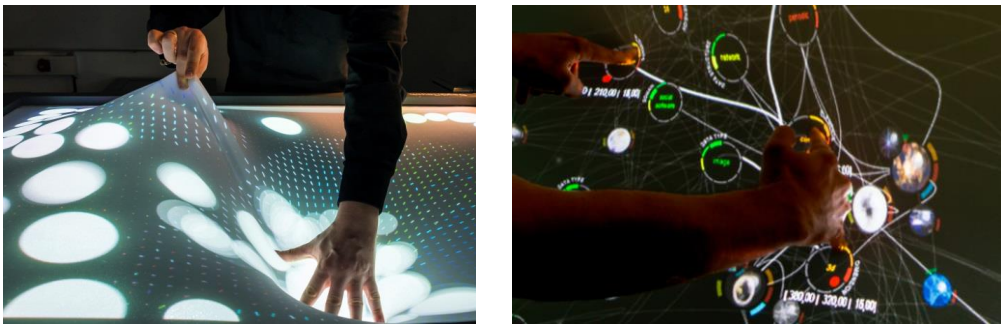

Abbildung 1: Die Prototypen DepthTouch (Peschke et al., 2012) und DEEP (Müller, Gründer & Groh, 2015)

Zur ersten Kategorie gehören oftmals Systeme, welche die Verformung von Stoffen wie Sand, Gel oder Knetmasse erfassen. Beispiele für Prototypen dieser Kategorie stellen *MudPad* (Jansen, Karrer & Borchers, 2010), *GelForce* (Vlack et al., 2005) oder *deForm* (Follmer, Johnson, Adelson & Ishii, 2011) dar. Da hierbei jedoch alle Formen und Aktionen denkbar sind, ist es schwierig, intuitive und allgemein verständliche Entsprechungen für Interaktionen zu finden. Beispiele für aktuierte Displays sind kommerziell verfügbare Braille-Displays (HumanWare USA, 2015) oder verschiedene Forschungsprototypen (Leithinger & Ishii, 2010), (Riedenklau, Hermann & Ritter, 2012), (Sinclair, Pahud & Benko, 2014). Aktuierte Displays besitzen jedoch eine hohe mechanische Komplexität. Elastische Displays bilden die Brücke zwischen beiden Gruppen, indem diese zum einen über die Oberflächenspannung und zum anderen über die Begrenzung der Dehnbarkeit und der Fläche einen natürlichen Rahmen für die Interaktion bieten. Beispiele sind der *Khronos Projector* (Cassinelli & Ishikawa, 2005), der *Deformable Workspace* (Barredo et al., 2008) und der *ElaScreen* (Yun, Song, Youn, Cho & Bang, 2013). Beim System *DepthTouch* wurde eine Tischkonstruktion mit einem elastischen Display ausgestattet (Peschke et al., 2012). Das System *DEEP* greift dieses Prinzip mit einem vertikalen Aufbau auf, so dass eine elastische Wand für die Interaktion zur Verfügung steht (Müller, Gründer & Groh, 2015). Als Beispiel für die Forschung zu Interaktionsmodellen, Gesten und deren Evaluation ist die Arbeit von Troiano et al. zu nennen (Troiano, Pedersen & Hornbæk, 2014). Alternative Ansätze zur räumlichen Interaktion mit komplexen Daten stellen Systeme wie *FlexPad* (Steimle, Jordt & Maes, 2013) oder *Magic Lenses* (Kister, Reipschläger & Dachselt, 2014) dar. Obwohl Interaktionskonzepte übertragbar sind, fehlt diesen jedoch das direkte haptische Feedback, welches vorgenannte Displayformen auszeichnet.

3 Aktuelle Konzepte

Die neuartigen Interaktionseigenschaften elastischer Displays verlangen die besondere Betrachtung folgender Aspekte:

- geeignete Präsentationstechniken für die Informationsrepräsentation
- Entwurf eines passenden Gestensets für eine intuitive Interaktion am Display
- effektive Nutzung des Darstellungsraumes

Im Folgenden werden zwei aktuelle Konzepte vorgestellt, die sich diesen Herausforderungen in zwei Anwendungsfällen stellen.

3.1 Exploration von Graphen

Für die räumliche Präsentation von Graphen existieren in der Literatur zahlreiche Beispiele. Als frühes Konzept sind dabei *ConeTrees* zu nennen (Robertson, Mackinlay & Card, 1991). Weiterhin wurde bereits untersucht, inwiefern Bewegung in Kombination mit stereoskopischen Displays die Wahrnehmung von dreidimensionalen Netzwerken verbessert (Ware & Franck, 1996). In dieser Studie konnten Probanden deutlich größere Graphen erfassen, wenn die Möglichkeit bestand, das Netzwerk zu bewegen. Es zeigte sich, dass die Bewegung einen deutlich größeren Einfluss auf die Erkennungsrate hatte, als die dreidimensionale Anzeige. Das Verständnis des Nutzers für räumliche Strukturen infolge des interaktiven Erschließens mit dem *DEEP*-System kann voraussichtlich weiter verbessert werden.

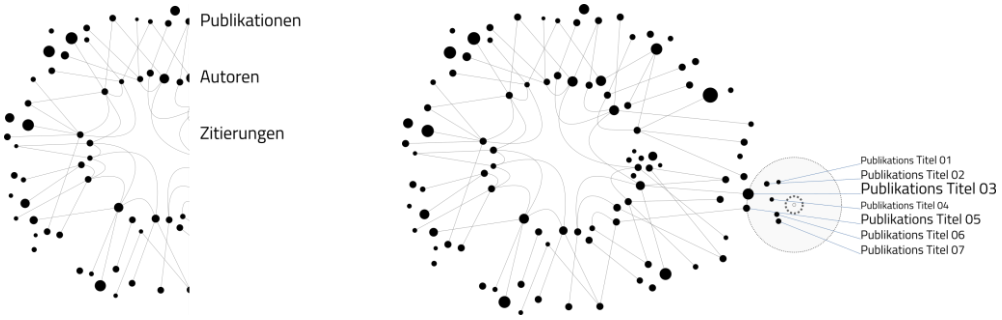

Abbildung 2: Links: Visualisierung der Relationen zwischen den einzelnen Datenpunkten. Rechts: Auswahl von Datenpunkten durch Imitation von Anziehungskräften basierend auf der Verformung.

Als Inspiration für die Visualisierung auf dem *DEEP*-System diente das Konzept des orthogonalen Raums, ausgehend von den *PivotPaths* nach (Dörk et al., 2012). Als Anwendungsbeispiel zur Visualisierung eines Graphen wurde eine Menge von Publikationen, Autoren und Fachbereichen gewählt, welche beispielsweise bei der wissenschaftlichen Recherche die Einordnung von Publikationen und auch das Auffinden verwandter Arbeiten erleichtert. Der Graph entsteht durch die Zusammenhänge zwischen den Publikationen, zum Beispiel Autorenschaft, Zitationen und zeitliche Zusammenhänge. Die Datenpunkte dieser

verschiedenen Sichten werden auf zwei konzentrischen Kreisen gesammelt. Da gewöhnlich mehr Publikationen als Autoren existieren, werden die Autoren auf dem inneren Kreis und die Publikationen auf dem äußeren Kreis angeordnet. Die Verfasser und deren Veröffentlichungen sind durch gerade Linien miteinander verbunden. Gemeinsam publizierende Autoren werden näher beieinander angezeigt, wobei sich aus den entstehenden Verdichtungen von Autoren und Publikationen eventuelle Forschungsgruppen ableiten lassen. Die gekrümmten Linien im Inneren des Kreises veranschaulichen gegenseitige Zitationen der Verfasser. Je mehr Publikationen eines Autors in der Ergebnismenge vorhanden sind, desto größer ist der korrespondierende Datenpunkt. Der gleiche Zusammenhang gilt für die Zitierhäufigkeit einer Publikation. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung. Als Aufgabe für den Anwender besteht die interaktive Exploration im Sinne der Recherche sowie Überblicksgewinnung über ein Fachgebiet. Um die Interaktion möglichst natürlich zu gestalten, wurden physikalische Kräfte (Magnetkräfte, Schwerkraft) simuliert, um das „Einsammeln“ von Publikationen mittels Verformung zu erlauben. Durch das Eindrücken des Displays wird je nach Größe des verformten Bereichs ein Kraftfeld erzeugt, welches die Datenpunkte in der Nähe stärker und entfernte Datenpunkte weniger stark anzieht. Jeder Punkt wird durch eine Rückstellkraft an seiner Position gehalten. Diese wirkt der Anziehungskraft der Selektion entgegen und verhindert, dass die Punkte sich unbegrenzt weit von ihrem Ursprung entfernen. Erst durch Selektion werden die Label der ausgewählten Datenpunkte eingeblendet. Um Ballungen zu vermeiden, kommt der visuelle Effekt einer Fisheyelinse zum Einsatz. Die Interaktionstiefe dient nicht zur Definition der Anziehungskraft, sondern für eine erweiterte Selektion. In der Tiefe existieren daher mehrere Bereiche. In der ersten Stufe werden die Datenpunkte der näheren Umgebung angezogen. In der zweiten Ebene werden die bereits ausgewählten Daten angezeigt und mit zunehmender Tiefe auch deren Beschriftungen eingeblendet. Die vorher ebenfalls angezogenen Punkte weichen an den Rand des verformten Bereiches zurück. In dieser Phase der Interaktion kann nun unter Verwendung der zweiten Hand eine weitergehende Selektion erfolgen, indem die äußeren Datenpunkte in die entstandene Kraterform gezogen werden. Gegenteilig können Publikationspunkte aus dem inneren Kreis herausgezogen und so aus der näheren Auswahl entfernt werden. Nach dem Loslassen der Leinwand wird die Selektion zwar ausgeblendet, bleibt aber gespeichert, sodass mit der entsprechenden Tiefeninteraktion der Zugriff auf die vorher ausgewählten Elemente gewährleistet bleibt.

3.2 Interaktion mit Software-Klassendiagrammen

Eine weitere komplexe Datenstruktur stellen UML-Klassendiagramme dar. Diese werden vor allem in der Softwareentwicklung, in der objektorientierten Analyse und Entwurfsphase genutzt. Eine Herausforderung bei diesen Visualisierungen ist jedoch ihre sehr schnell zunehmende Komplexität und der damit einhergehende Verlust von Übersichtlichkeit. Der Einsatz elastischer Displays soll hier durch die Gestaltung einer einfachen Informationsdarstellung helfen, eine intuitive Bedienung und Exploration eines komplexen UML-Diagrammes zu ermöglichen. Ein bewährtes Konzept zur Handhabung und Reduktion von Komplexität sind Zoomable User Interfaces (ZUI, Bederson, 2010). Durch die zwei wesentlichen Interaktionen *Zooming* und *Panning* werden dabei große Informationsräume erschlossen. Für diesen Zweck wurden für UML-Klassendiagrame sechs semantische Zoomstufen definiert: Package-Übersicht, Klassen-Übersicht mit Assoziationen, Ansicht einer

Klasse mit Attributen und Methoden, Ansicht einer Klasse mit Sichtbarkeiten, Ansicht einer Klasse mit Sichtbarkeiten und Typen, vollständige Ansicht einer Klasse inkl. Parameterlisten.

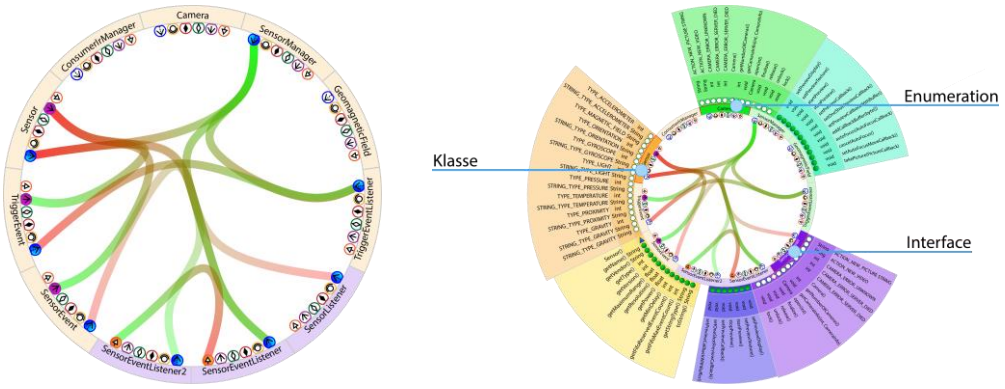

Abbildung 3: Links: Visualisierung von Assoziationen zwischen einzelnen Klassen (Zoomstufe 2). Rechts: Detail-Visualisierung einer Klasse (Zoomstufe 3).

Das vorliegende Konzept sieht den Einsatz der *Edge-Bundling*-Technik (Holten, 2006) und *Sunburst*-Diagrammen (Stasko & Zhang, 2000) vor. *Sunburst*-Diagramme setzen sich allgemein aus mehreren Kreisbögen zusammen, die Objekte in einer Hierarchie darstellen. Je weiter außen der Kreisbogen im Diagramm liegt, desto tiefer befindet sich das Objekt in der Hierarchie. Beim *Edge-Bundling* werden benachbarte Kanten in großen komplexen Hierarchien visuell gebündelt, um visuelle Überlagerungen zu verringern. Wenn der Nutzer in der ersten Zoomstufe, der Packagedarstellung, ein Package auswählt, wird die Auswahl ausgeblendet und die Klassen durch die *Sunburst*-Visualisierung dargestellt. Alle umliegenden Packages werden für Platzzwecke in der Kreisanordnung verschoben. Die Attribut- sowie Methodenbereiche sind erst nach Interaktion vom Nutzer am Diagramm sichtbar. Der Interaktionsbereich für die Erweiterung der jeweiligen Klasse liegt innerhalb des Kreisbogens. Dabei folgt die Erweiterung der Informationsdarstellung den aufgelisteten Detailierungsgraden der Zoomstufen. Als Gesten kommen eine kurze anhaltende leichte Push-Geste zur Auswahl von Filtereinstellungen, eine langanhaltende tiefe Push-Geste für die Zoominteraktion in Packages/Klassen und das Loslassen der Membran zum Zurücksetzen aller Filtereinstellungen zum Einsatz. Durch die Umgestaltung der Klassen in das *Sunburst*-Diagramm wurde ein radiales Layout geschaffen, das eine Bündelung aller verfügbaren Klassen in dem dazugehörigen Package schafft (vgl. Abbildung 3). Im Vergleich zur losen Anordnung in der üblichen Klassendiagrammdarstellung, entsteht dadurch eine übersichtlichere und benutzerfreundlichere Anordnung der Klassen innerhalb eines Packages. Die direkte Interaktion an den Andockstellen der Verbindungslinien verhilft dem Nutzer, durch eine intuitive und einfache Gestensteuerung, Filteraktionen an den Assoziationen und Beziehungen zu vollziehen. Alle für die Anwendung konzipierten Gesten sind einfache Drück- und Tipp-Bewegungen auf der Membran. Somit braucht der Nutzer keine komplexen Gestensets zu erlernen, um mit der Anwendung interagieren zu können. Defizite bei diesem Konzept tauchten vor allem bei der Darstellung von sehr langen Attribut- und Methodennamen von realen Klassen auf.

4 Fazit und Diskussion

Elastische Displays bieten vielfältige neuartige Interaktionsformen – sowohl für die Visualisierung als auch die Gestaltung der Interaktion existieren jedoch bisher nur wenige Guidelines und Erfahrungsberichte. In diesem Beitrag wurden mit der Exploration von Graphen und der Interaktion mit UML-Klassendiagrammen exemplarisch zwei Präzedenzfälle betrachtet, an denen der Einsatz elastischer Displays veranschaulicht wird. Im ersten Anwendungsfall zeigte sich im Zuge der Konzeptentwicklungen, dass durch die Stapelung der Daten im Raum die Übersicht verloren geht. Die ursprünglichen Entwürfe für dreidimensionale Visualisierungen sind im Laufe der Konzeptionsphase immer „flacher" geworden. Außerdem ist es wichtig, dass komplexe Strukturen, wie beispielsweise Schrift, außerhalb des verformten Bereiches angezeigt werden, damit ihre Lesbarkeit nicht beeinträchtigt wird. Das Ergebnis sind im Wesentlichen zweidimensionale Diagramme, deren Interaktionsmöglichkeiten für die Anwendung eines elastischen Displays optimiert wurden. Bei der Exploration von UML-Diagrammen wurde die Steuerung eines ZUIs durch Verformung eines elastischen Displays konzipiert. Herausforderungen dabei sind die Anwendung geeigneter Layout- und Visualisierungstechniken, welche die mit der Interaktion durch Verformung harmonieren sowie die Nutzung geeigneter Interaktionstechniken – z.B. die Nutzung durchsichtiger Tangibles und erweiterter Gestensets (z.B. Verdrehen, Auseinanderziehen oder Zusammendrücken). Die entwickelten Konzepte müssen aber noch vollständig implementiert und evaluiert werden. Im nächsten Schritt müssen allgemeingültige Gestaltungsempfehlungen und Best Practices abgeleitet werden. Zudem beschränken sich die betrachteten Konzepte auf die Exploration - das Potential elastischer Displays für die Manipulation stellt einen weiteren Forschungsaspekt dar. Die Autoren bedanken sich bei den Studenten Albert Steinmetz und Duc Nguyen für die Mitarbeit an den Konzepten im Rahmen ihrer Bachelorarbeiten.

Literaturverzeichnis

Bederson, B. B. (2011). *The promise of zoomable user interfaces*. Behaviour & Information Technology, 30(6). New York : ACM, S. 853-866

Braille Displays - HumanWare USA. (2015, Februar 25). Abgerufen 25. Februar 2015, von http://www.humanware.com/en-usa/products/blindness/braille_displays

Cassinelli, A., & Ishikawa, M. (2005). *Khronos Projector*. Emerging Technologies, SIGGRAPH 2005. New York: ACM.

Dörk, Marian, Nathalie Henry Riche, Gonzalo Ramos & Susan Dumais. 2014. *PivotPaths: Strolling through Faceted Information Spaces.* In Proc. InfoVis2012. IEEE, S. 2709-2718.

Follmer, S., Johnson, M., Adelson, E., & Ishii, H. (2011). *deForm: an interactive malleable surface for capturing 2.5D arbitrary objects, tools and touch.* In Proc. UIST 2011. ACM, S. 527-536.

Franke, I. S., Müller, M., Gründer, T., & Groh, R. (2014). *FlexiWall: Interaction in-between 2D and 3D Interfaces*. In Proc. HCI International 2014. Heidelberg: Springer, S. 415-420.

Holten, D. (2006). *Hierarchical Edge Bundles: Visualization of Adjacency Relations in Hierarchical Data*. Transactions on Visualization and Computer Graphics, 12(5), IEEE, S. 741 - 748.

Jacob, R. J. K., Girouard, A., Hirshfield, L. M., Horn, M. S., Shaer, O., Solovey, E. T., & Zigelbaum, J. (2008). *Reality-based Interaction: A Framework for post-WIMP Interfaces.* In Proc. CHI 2008. New York: ACM, S. 201-210.

Jansen, Y., Karrer, T., & Borchers, J. (2010). *MudPad: tactile feedback and haptic texture overlay for touch surfaces*. In Ext. Abstracts CHI 2011. New York: ACM, S. 11.

Kister, U., Reipschläger, P. & Dachselt, R. (2014). Multi-Touch Manipulation of Magic Lenses for Information Visualization. In Proc. ITS '14. New York: ACM, S. 431-434.

Leithinger, D., & Ishii, H. (2010). *Relief: a scalable actuated shape display*. In Proc. TEI 2011, New York: ACM Press, S. 221.

Müller, M., Knöfel, A., Gründer, T., Franke, I. S., & Groh, R. (2014). *FlexiWall: Exploring Layered Data with Elastic Displays*. In Proc. ITS 2014. New York: ACM, S. 439-442.

Müller, M., Gründer, T. & Groh. R. (2015). *Data Exploration with Physical Metaphors using Elastic Displays*. In Proc. xCoAx 2015, S. 111-124.

Peschke, J., Göbel, F., Gründer, T., Keck, M., Kammer, D., & Groh, R. (2012). *DepthTouch: An Elastic Surface for Tangible Computing*. In Proc. AVI 2012. New York: ACM, S. 770-771.

Riedenklau, E., Hermann, T., & Ritter, H. (2012). *An integrated multi-modal actuated tangible user interface for distributed collaborative planning*. In Proc. TEI 2012. ACM Press, S. 169-174.

Robertson, George G., Jock D. Mackinlay & Stuart K. Card. 1991. *Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information.* In Proc. CHI'91. New York: ACM, S.189-194.

Sinclair, M., Pahud, M., & Benko, H. (2014). *TouchMover 2.0 - 3D touchscreen with force feedback and haptic texture*. In Proc. HAPTICS 2014, IEEE, S. 1–6.

Stasko, J. und Zhang, E. (2000). *Focus+Context Display and Navigation Techniques for Enhancing Radial, Space-Filling Hierarchy Visualizations.* In Proc. InfoVis 2000: IEEE,. S. 57-65.

Steimle, J., Jordt, A. & Maes, P. (2013). *Flexpad: Highly Flexible Bending Interactions for Projected Handheld Displays*. In Proc. CHI 2013, New York: ACM, S. 237-246.

Troiano, G. M., Pedersen, E. W., & Hornbæk, K. (2014). *User-defined gestures for elastic, deformable displays*. In Proc. AVI 2014. New York: ACM, S. 1–8.

Vlack, K., Mizota, T., Kawakami, N., Kamiyama, K., Kajimoto, H., & Tachi, S. (2005). *GelForce: a vision-based traction field computer interface*. In Ext. Abstracts CHI 2005, New York: ACM, S. 1154-1155.

Ware, Colin & Glenn Franck. 1996. *Evaluating Stereo and Motion Cues for Visualizing Information Nets in Three Dimensions.* ACM Trans. Graph. 15 (2). New York, ACM, S. 121–140.

Yun, K., Song, J., Youn, K., Cho, S., & Bang, H. (2013). *ElaScreen: exploring multi-dimensional data using elastic screen*. In Proc. CHI 2013. New York: ACM, S. 1311.