



Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Fakultät II – Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
Department für Informatik

***Ambient Light Displays for
Temporal Information***

Von der Fakultät für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften der Carl von Ossietzky
Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und Titels eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

angenommene Dissertation von

Dipl.-Inform. Heiko Müller
geboren am 03.08.1973 in Bramsche

Gutachter:

Prof. Dr. techn. Susanne Boll-Westermann
Universität Oldenburg

Weiterer Gutachter:

Prof. Dr. Albrecht Schmidt
Ludwig-Maximilian Universität München

Tag der Disputation: 15. Mai 2018

Zusammenfassung

Viele technische Geräte konkurrieren um die Aufmerksamkeit einer Person. Benachrichtigungen und Erinnerungen werden ohne Rücksicht auf die aktuelle kognitive Beanspruchung des Empfängers und ohne Koordination der Geräte untereinander abgesetzt. Ferner erfolgt keine Berücksichtigung der Dringlichkeit der Benachrichtigung. Dies führt in der Folge zu zahlreichen unnötigen Störungen und Unterbrechungen des Anwenders. Hinzu kommen Unterbrechungen, auf die die Personen keinen Einfluss hat, wie z.B. ein ankommender Telefonanruf.

Einige Benachrichtigungen und Informationen jedoch lassen sich vorhersehen und gut in die Peripherie der Aufmerksamkeit des Anwenders platzieren. Hierzu gehören zeitliche Informationen, wie zum Beispiel ein anstehender Termin, oder die Dauer einer nebenläufigen Aufgabe.

In dieser Dissertationsschrift werden ambiente Licht-Displays zur Vermittlung von zeitlichen Informationen untersucht. Die hier vorgestellten Systeme lassen sich in zwei Kategorien einordnen: Systeme zur Anzeige einer Notifikation über ein sich zeitlich näherndes Event und Systeme zur Anzeige zeitlichen Fortschritts.

Für die Erforschung der Darstellung von Notifikations- und Fortschrittsinformation wurden entlang des mensch-zentrierten Systementwurfs, und unter Anwendung des “Research-Through-Design” Ansatzes, Prototypen entwickelt. Diese Prototypen wurden in Nutzungsstudien sowohl im Labor als auch im Feld evaluiert. Die Ergebnisse der Studien legen nahe, dass sich ambiente Lichtdisplays gut zur Darstellung temporaler Notifikations- und Fortschrittsinformationen eignen. Allerdings sind dabei einige Dinge zu beachten. Die wichtigsten Punkte werden in “Design Guidelines” und “Considerations” für nachfolgende Designer und Forscher zusammengefasst.

Neben der Vermittlung von temporaler Information für Erwachsene, betrachtet diese Dissertation auch, wie ambiente Lichtdisplays genutzt werden können, um Kinder im Alter von fünf bis acht Jahren, beim Erlernen des Gefühls für Zeitdauern zu unterstützen.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf mögliche Anknüpfungspunkte für die Fortführung von Studien mit ambienten Lichtdisplays zur Darstellung temporaler Informationen.

Abstract

Many technical appliances compete for the user's attention. Reminders and notifications are displayed without any knowledge of the user's cognitive load. No coordination among the appliances is conducted and notifications are displayed regardless of their urgency and current value to the user. As a result, we suffer from a lot of interruptions by these devices. In addition, there are interruptions we have no influence on, e.g. an incoming phone-call.

Some information and notifications however are foreseeable, such as upcoming calendar events or progress information on ongoing concurrent tasks. This information can well be placed in the periphery of a person's attention.

In this dissertation, I investigate ambient light displays for the transmission of temporal information. The systems presented here can be classified into two categories: Systems for displaying a notification of an approaching event and systems for displaying progress over time.

Prototypes were developed along the human-centred system design to explore the presentation of notification and progress information following a research-through-design approach. These prototypes were evaluated in user studies both in the laboratory and in the field. The results of these studies suggest that ambient light displays are well suited for displaying temporal notification and progress information. However, there are a number of things to consider. The most important points are summarized in "Design Guidelines" and "Considerations" for future designers and researchers.

In addition to providing temporal information for adults, this dissertation also looks at how ambient light displays can be used to help children between the ages of five and eight better understand and learn time durations.

This thesis concludes with a summary and an outlook on possible connecting points for the continuation of studies with ambient light displays for temporal information.

Contents

1	Introduction	1
1.1	Introducing Ambient Light Displays	1
1.2	Ambient Light Displays for Temporal Information	2
1.3	Using Ambient Light Displays: A Scenario	4
1.4	Research Objectives	4
1.5	Research Through Design Approach	5
1.6	Thesis Outline	6
1.7	Publication List	6
2	Fundamentals	11
2.1	Visual Perception	11
2.2	Attention	15
2.3	Multiple Resource Theory	18
2.4	Time	19
2.5	Summary	21
3	Ambient Light Displays	23
3.1	Exploring the Design Space of Ambient Light Displays	24
3.2	Literature Review of Ambient Light Display Research Prototypes	33
3.3	Exploring the Design Space of Ambient Light Displays	45
3.4	Summary	63
4	Notification Information	65
4.1	Unobtrusively Reminding Persons of Upcoming Tasks in the Workplace	65
4.2	Evaluating Workplace Event Reminders in the Wild	83
4.3	Exploring a Small Form Display for Ambient Notifications	94
4.4	Ambient Light Reminders for Household Activities	99
4.5	Summary	109
5	Progress Information	111
5.1	Exploring an Ambient Progress Bar with Uniform LED Control	111
5.2	Exploring an Ambient Progress Bar with Individual LED Control	120
5.3	Summary	136
6	Helping Children Understand and Learn Time Durations with Ambient Light Displays	139

6.1	Related Work	140
6.2	User Requirements and Participatory Design	143
6.3	Prototyping	147
6.4	Exploratory Study	152
6.5	Results	154
6.6	Discussion	156
6.7	Summary	160
7	Discussion	163
7.1	Lighting Patterns for Ambient Light Displays	163
7.2	Ambient Light Displays in Context	166
7.3	Physical Properties of Ambient Light Displays	167
7.4	Directing Attention with Ambient Light Displays	169
7.5	Evaluating Ambient Light Displays	169
7.6	Summary	170
8	Conclusion	173
8.1	Research Objectives	173
8.2	Future Directions	176
	Figures	177
	Tables	181
	Bibliography	183