

Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme

Universität Stuttgart
Universitätsstraße 38
D-70569 Stuttgart

Bachelorarbeit

Ambiente Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte durch visuelle Reize

Marie Olivia Salm

Studiengang:	Informatik
Prüfer/in:	Jun.-Prof. Dr. Nils Henze
Betreuer/in:	Dipl.-Inf. Alexandra Voit, Prof. Dr. Stefan Schneegeß
Begonnen am:	20. Januar 2017
Beendet am:	20. Juli 2017
CR-Nummer:	H.5.2

Kurzfassung

Benachrichtigungen spielen eine wichtige Rolle im Leben eines Nutzers von intelligenten Geräten. Diese informieren den Nutzer heutzutage über Termine, Neuigkeiten oder Nachrichten. Zu Zeiten des Internets der Dinge und der Heimautomatisierung gibt es zusätzliche intelligente Geräte, die den Nutzer über verschiedene Themengebiete informieren. Um die Menge an mobilen Benachrichtigungen zu reduzieren, wurden in dieser Bachelorarbeit visuelle Darstellungsarten für intelligente Heimgeräte in Wohnumgebungen untersucht. Als ein Anwendungsobjekt für ein mögliches intelligentes Heimgerät wurde eine Pflanze gewählt. Um Vorschläge von Nutzern über mögliche visuelle Darstellungen von Benachrichtigungen zu erhalten, wurden zwei Fokusgruppen durchgeführt. Mit den Ergebnissen wurde ein Benachrichtigungssystem entwickelt und implementiert, welches den Nutzer benachrichtigt, sobald die Pflanze Wasser benötigt. Mit Hilfe dieses Systems wurden Benachrichtigungen auf dem Smartphone sowie visuelle Benachrichtigungen am intelligenten Objekt selbst im Rahmen einer zweiwöchigen In-Situ Studie miteinander verglichen. Zudem wurden hierbei auch persistente und dynamische Benachrichtigungen untersucht. Für Benachrichtigungen auf dem Smartphone werden für die dynamische Variante Pushnachrichten verwendet. Für die persistente Variante werden persistente Benachrichtigungen verwendet. Die visuellen Benachrichtigungen an der Pflanze werden durch farbige Beleuchtung am Topf dargestellt. Die persistente Variante stellt den aktuellen Zustand der Pflanze mit Hilfe der Ampelmetapher in grüner, gelber und roter Beleuchtung dar. Bei der dynamischen Variante wird dieselbe Metapher verwendet, allerdings wird nichts dargestellt, wenn der Wasserbedarf der Pflanze ausreichend ist. Die Ergebnisse zeigen unter anderem, dass eine visuelle Darstellung von Benachrichtigungen durch Beleuchtung des Objekts, großes Potenzial hat.

Abstract

Notifications have an important role in the life of smart device users. Today they inform the user about upcoming events, news or messages. At times of the internet of things and smart home, there are even more smart devices notifying the user about different topics. To reduce the amount of mobile notifications, visual feedback methods for smart home devices in living environments were researched in this bachelor thesis. As an application object of a possible smart home device, a plant was chosen. To gain proposals of users about possible visual feedback of notifications, two focus groups were conducted. With the results, a notification system was developed and implemented, which notifies the user, if the plant needs water. With this system, notifications on the smartphone as well as visual notifications on the intelligent object were compared in a two-week in-situ study. In addition, persistent and dynamic notifications were also researched. For the notifications on the smartphone, push notifications are used for the dynamic variant. Persistent notifications are used for the persistent variant. The visual notifications on the plant are represented by colored lighting on the pot. The persistent variant represents the current state of the plant with the help of traffic light metaphor, in green, yellow and red lighting. The persistent variant uses the same metaphor, but nothing is shown if the water requirement of the plant is sufficient. The results show, amongst others, that visual feedback of notifications, by illuminating the object, has great potential.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	17
2. Verwandte Arbeiten	19
2.1. Benachrichtigungen von intelligenten Geräten	19
2.2. Benachrichtigungen in intelligenten Umgebungen	21
2.3. Ambiente Arten der Benachrichtigung	23
2.4. Zusammenfassung und Diskussion	26
3. Fokusgruppen	29
3.1. Teilnehmer	29
3.2. Durchführung	30
3.3. Ergebnisse	31
3.4. Zusammenfassung und Diskussion	35
4. Konzept	37
4.1. Implikationen aus Fokusgruppen und verwandten Arbeiten	37
4.2. Benachrichtigungen am intelligenten Objekt	38
4.3. Benachrichtigungen auf dem Smartphone	39
5. Architektur und Implementierung	41
5.1. Überblick	42
5.2. Sensor	42
5.3. Mikrocontroller	44
5.4. Light-Emitting Diodes (LEDs)	46
5.5. ThingSpeak	47
5.6. Firebase Cloud Messaging	48
5.7. Android Applikation	49
5.8. Zusammenfassung	52
6. Studie	53
6.1. Methode	53
6.2. Apparat	54
6.3. Durchführung	54
6.4. Teilnehmer	55
6.5. Ergebnisse	57

6.6. Zusammenfassung und Diskussion	65
7. Zusammenfassung und Ausblick	69
A. Anhang	73
A.1. Arduino Bibliotheken	73
A.2. Android Bibliotheken	73
A.3. Fragebögen der Studie	73
Literaturverzeichnis	83

Abbildungsverzeichnis

2.1.	Benachrichtigungsdarstellung in einer Wohnumgebung	22
2.2.	Studienaufbau zur Bewertung des Energieverbrauchs	23
2.3.	Ambientes Licht hinter dem Monitor	25
3.1.	Skizze einer Topfpflanze	30
3.2.	Ergebnisskizze 1	32
3.3.	Ergebnisskizze 2	33
3.4.	Ergebnisskizze 3	34
4.1.	Entwurf der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze	38
4.2.	Entwurf der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze	39
5.1.	Architektur des gesamten Systems	41
5.2.	Prototyp: Pflanze mit Mikrocontroller und Sensor	43
5.3.	Feuchtigkeitssensor mit Wasserschutz	44
5.4.	Persistente Darstellung des Zustands an der Pflanze	45
5.5.	Dynamische Darstellung des Zustands an der Pflanze	46
5.6.	Pushnachrichten als Benachrichtigungsdarstellung für die Pflanze	48
5.7.	Die drei verschiedenen Darstellungen in der Applikation	49
5.8.	Die drei verschiedenen Darstellungen des Widgets	50
5.9.	Die drei verschiedenen Darstellungen der persistenten Benachrichtigung	51
6.1.	Höchste Abschlüsse und momentane Beschäftigungen	55
6.2.	Anzahl der Pflanzen	55
6.3.	Standort der Pflanzen und Gießrhythmus	56
6.4.	Ergebnisse der Likert-Skalen des ersten Fragebogens	56
6.5.	Ergebnisse zu Gefallen und Unterstützung	57
6.6.	Ergebnisse zu passenden Zeitpunkten	58
6.7.	Ergebnisse zur Wahrnehmung	58
6.8.	Ergebnisse zu Nützlichkeit und Stören	59
6.9.	Verlauf der Feuchtigkeitswerte eines Sensors	63
6.10.	Anzahl, wie oft die Teilnehmer gossen	63
6.11.	Anzahl der Stunden bis gegossen wurde	64
6.12.	Feuchtigkeitswerte vor dem Gießen	64

Tabellenverzeichnis

A.1. Tabelle der genutzten Arduino Bibliotheken in Kapitel 5.	73
A.2. Tabelle der genutzten Android Bibliotheken in Kapitel 5.	73

Abkürzungsverzeichnis

FCM Firebase Cloud Messaging. 42

HTTP Hypertext Transfer Protocol. 42

ID Identifikationsnummer. 47

LED Light-Emitting Diode. 7

WLAN Wireless Local Area Network. 34

Glossar

ambient In der Umgebung. 19

Heimautomatisierung Zusammenspiel mehrerer intelligenter Heimgeräte in der Wohnumgebung. 17

HTTP Zustandsloses Protokoll zur Übertragung von Daten im Internet. 13, 42

HTTP GET Anfrage von Daten über das Hypertext Transfer Protocol. 45

HTTP POST Übermitteln von Daten über das Hypertext Transfer Protocol. 45

intelligente Umgebung Zusammenspiel mehrerer intelligenter Geräte in der Umgebung. 19

intelligentes Gerät Technisches Hilfsmittel, wie beispielsweise Computer, Smartphone oder Smartwatch. 17

intelligentes Heimgerät Technisches Hilfsmittel in der Wohnumgebung, wie beispielsweise ein Gießbenachrichtigungssystem für Pflanzen. 17

intelligentes Objekt Siehe intelligentes Gerät. 21

Internet der Dinge Vernetzung von intelligenten Geräten. 17

1. Einleitung

Heutzutage gibt es viele Nutzer von intelligenten Geräten. Diese Geräte, wie beispielsweise das Smartphone, können den Nutzer durch Benachrichtigungen über aufkommende Termine, neue Nachrichten, E-Mails und Aktivitäten in sozialen Netzwerken informieren [PCO14]. So sind Benachrichtigungen für Nutzer von intelligenten Geräten ein großer Bestandteil im Alltag geworden. Dabei wächst die Anzahl an Benachrichtigungen mit der Anzahl der Applikationen, die auf dem intelligenten Gerät installiert sind. So erhielt manch ein Teilnehmer einer Studie im Jahr 2014 bereits durchschnittlich über 60 Benachrichtigungen pro Tag auf seinem Smartphone [PCO14]. Durch das Internet der Dinge und die Heimautomatisierung gibt es eine steigende Zahl an Objekten in der Umgebung, die über unterschiedliche Themengebiete informieren können. Es kann sich dabei unter anderem um Klimainformationen, den aktuellen Energieverbrauch [MFP+12; MMHM11] oder den Zustand der Zimmerpflanze handeln. So erhält der Nutzer eine Benachrichtigung auf seinem Smartphone, sobald der automatisierte Staubsauger fertig mit Saugen ist oder der Staubsauger an einer Ecke oder Ähnlichem hängen geblieben ist. Dabei erhält der Nutzer die Benachrichtigungen unabhängig davon, ob er sich momentan beispielsweise im Büro oder zu Hause befindet. Mit diesem Zuwachs an erreichbaren Informationen ist auch ein Anstieg von Benachrichtigungen anzunehmen [VSW16]. Benachrichtigungen führen allerdings zu Unterbrechungen von aktuellen Tätigkeiten des Nutzers [CHW04]. Daher sollte untersucht werden, ob Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte ebenfalls auf dem Smartphone des Nutzers erscheinen sollen oder ob eine visuelle Darstellung dieser Benachrichtigungen in der Umgebung nicht vorteilhafter ist. Eine andere mögliche Benachrichtigungsart in der Umgebung sind Töne. Töne müssen jedoch genau dann abgespielt werden, wenn der Nutzer in der Nähe ist. Zudem werden Töne auch oft als störend empfunden [VSW16].

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, zu untersuchen, inwiefern Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte in der häuslichen Umgebung visuell dargestellt werden können. Dafür werden in einer Vorstudie mögliche visuelle Darstellungsarten gesammelt. Anschließend wird eine Architektur entwickelt, welche die Benachrichtigungen eines intelligenten Heimgeräts am Beispiel einer ausgerüsteten Zimmerpflanze auf verschiedene Arten visuell darstellt. Diese Architektur wird implementiert und in einer Nutzerstudie mit herkömmlichen Benachrichtigungsdarstellungen auf dem Smartphone verglichen. Die Ergebnisse der Studie geben Aufschluss darüber, wie Nutzer über eintreffende Benachrichtigungen ihrer intelligenten Heimgeräte informiert werden wollen.

Gliederung

Die Arbeit ist in folgender Weise gegliedert:

Kapitel 2 – Verwandte Arbeiten Vorstellung verwandter Arbeiten.

Kapitel 3 – Fokusgruppen Ablauf und Ergebnisse der Fokusgruppen.

Kapitel 4 – Konzept Konzept des zu entwickelnden Systems.

Kapitel 5 – Architektur und Implementierung Übersicht über Elemente und Struktur des Systems.

Kapitel 6 – Studie Durchführung einer Studie des entwickelten Systems.

Kapitel 7 – Zusammenfassung und Ausblick Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick.

2. Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel wird auf verwandte Arbeiten eingegangen. Zuerst werden Arbeiten über Benachrichtigungen von intelligenten Geräten vorgestellt. Anschließend werden Arbeiten über Benachrichtigungen in intelligenten Umgebungen präsentiert. Darauf folgend werden verschiedene Arbeiten über mögliche ambiante Darstellungsarten von Benachrichtigungen aufgezeigt.

2.1. Benachrichtigungen von intelligenten Geräten

Benachrichtigungen haben den Zweck, den Nutzer, während er mit anderen Aufgaben beschäftigt ist, auf Informationen aufmerksam zu machen [IH10]. Iqbal et al. führten eine zweiwöchige Feldstudie durch, in der sie die Nutzung und Wahrnehmung von E-Mail-Benachrichtigungen auf dem Computer am Arbeitsplatz untersuchten. Dabei stellte sich heraus, dass die Teilnehmer nur auf circa ein Viertel aller Benachrichtigungen reagierten und sich sonst auf ihre primäre Aufgabe konzentrierten. Als die Benachrichtigungen im zweiten Teil der Studie abgeschaltet wurden, zeigte sich, dass einige Teilnehmer selbst ihre Tätigkeit unterbrachen, um aktiv ihre E-Mails zu überprüfen. Andere Teilnehmer konnten sich so hingegen mehr auf ihre Aufgabe konzentrieren. Dennoch fanden die Teilnehmer ein komplettes Abschalten der Benachrichtigungen kontraproduktiv, da sie so eine große Anzahl an E-Mails nachzuholen hatten. Die Studie hat gezeigt, dass Nutzer Benachrichtigungen schätzen, um auf Informationen aufmerksam gemacht zu werden. Dafür waren sie bereit, hin und wieder bei ihrer Tätigkeit unterbrochen zu werden. Czerwinski et al. führten eine einwöchige Tagebuchstudie durch, um Unterbrechungen und Wechsel zwischen den Aufgaben eines Arbeitnehmers während der Arbeit zu untersuchen [CHW04]. Unterbrechungen waren unter anderem Anrufe, E-Mails oder Termine. Dabei zeigte sich, dass komplexe Langzeitprojekte nach einer Unterbrechung wesentlich schwerer wieder aufgenommen werden als Kurzzeitprojekte. Zudem werden Langzeitprojekte durch ihre Länge wesentlich öfter unterbrochen.

Viele Personen nutzen eines oder mehrere intelligente Geräte, beispielsweise in Form eines Smartphones, eines Computers oder einer Smartwatch. Dabei dienen sie vor allem dazu, den Nutzer in verschiedenen Bereichen zu unterstützen. Unter anderem, um sie über unterschiedliche Ereignisse zu benachrichtigen. Dabei benachrichtigen all diese Geräte den Nutzer ohne Kenntnis von anderen Geräten zu haben [WVKH16]. Weber et al. erforschten Benachrichtigungen in Umgebungen mit mehreren intelligenten Geräten und auf welche die Teilnehmer

2. Verwandte Arbeiten

diese angezeigt haben wollen. Dabei führten sie eine Studie durch, die die Interaktion von Teilnehmern mit Smartphone, Smartwatch, Tablet und Computer untersuchte. Die Teilnehmer konnten für eine Woche alle genannten Geräte benutzen. Währenddessen nahmen Weber et al. verschiedene Daten über die Interaktionen mit den Geräten auf. Die Studie zeigte, dass das Smartphone das bevorzugte Gerät ist, um Benachrichtigungen zu erhalten. Dies könnte daran liegen, dass das Smartphone fast immer in der Nähe des Nutzers ist. Der Standort des Geräts und des Nutzers spielen eine große Rolle. Somit kann, abhängig von der Distanz und der aktuellen Nutzung, vorhergesagt werden, an welchem Gerät er eine Benachrichtigung erhalten möchte. Ist die Distanz zu groß, würde eine Benachrichtigung nicht von dem Nutzer wahrgenommen werden. Nach dem Smartphone folgt die Smartwatch, der Computer und schließlich das Tablet als bevorzugtes Gerät für Benachrichtigungen. Computer und Tablet gestalteten sich unterwegs als unpraktisch. In Arbeit und Universität war die Smartwatch bei den Teilnehmern der Favorit.

Pielot et al. sammelten in einer Studie reale Benachrichtigungen mit Hilfe einer Aufzeichnungsapplikation auf den Smartphones der Teilnehmer [PCO14]. Zudem führten die Teilnehmer ein Onlinetagebuch. Es stellte sich heraus, dass die Nutzer durchschnittlich 63,5 Benachrichtigungen pro Tag empfangen. Diese wurden meist durch Kommunikationsapplikationen und E-Mails erzeugt. Unabhängig davon, ob das Smartphone auf lautlos gestellt war oder nicht, lasen die Teilnehmer die Benachrichtigungen meist nur ein paar Minuten nach dem Empfang. Die häufigsten Gründe dafür waren sozialer Druck und Kommunikation mit anderen. In den meisten Fällen wurde auf eine Antwort von jemandem gewartet. Ausschlaggebend war außerdem die Beziehung zu demjenigen, mit dem der Nutzer kommunizierte. Daher würde eine Verringerung von Benachrichtigungen das regelmäßige Überprüfen wahrscheinlich nicht mindern. Eine ansteigende Anzahl an Benachrichtigungen war bei den Teilnehmern häufig mit negativen Gefühlen, wie Stress und Ärger, verbunden. Das Empfangen von vielen E-Mails hält den Nutzer von der eigentlichen Tätigkeit ab. Auch der Druck zu antworten steigt. Aber auch positive Gefühle wurden beschrieben. Vor allem bei einer ansteigenden Anzahl von persönlichen Nachrichten oder bei Neuigkeiten in sozialen Netzen empfanden die Nutzer Verbundenheit. Sind Nutzer während des Erhaltens einer Benachrichtigung beschäftigt, so kann bis zum Lesen dieser eine Verzögerung erfasst werden.

Kushlev et al. haben in einer zweiwöchigen Studie untersucht, ob die ständigen Unterbrechungen, die durch Smartphonebenachrichtigungen verursacht werden, Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität hervorrufen [KPD16]. Unaufmerksamkeit kann wiederum zu gesenkter Leistungsfähigkeit und psychischem Unwohlsein führen. Die Teilnehmer waren Studenten. Für eine Woche sollten sie den Klingelton ihrer Smartphones eingeschaltet lassen und ihr Smartphone dauerhaft in der Nähe haben. Dabei zeigte sich, dass die Teilnehmer sich in dieser Zeit unaufmerksamer und unruhiger fühlten. In der anderen Woche sollten sie das Smartphone schließlich stummschalten und weglegen. Hierbei stellte sich heraus, dass die Teilnehmer sich wesentlich aufmerksamer und ruhiger fühlten. Die Studie zeigt die Nachteile des ständigen Verbundenseinwollens mit der Außenwelt auf.

2.2. Benachrichtigungen in intelligenten Umgebungen

Vastenburger et al. erforschten in einer Studie die Akzeptanz von Benachrichtigungen in Wohnumgebungen [VKR08]. Dabei wurden den Teilnehmern jeweils ein Laptop sowie eine Kamera in ihren Wohnzimmern installiert. Der Laptop zeigte die Benachrichtigungen sowie die Fragebögen an. Die Kamera zeichnete Bewegungen im Raum auf, um so die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass Benachrichtigungen aufkommen, wenn Personen im Raum sind. Während des Experiments sollten die Teilnehmer ihren täglichen Gewohnheiten bei sich zu Hause nachgehen. Bei Erhalt einer Benachrichtigung wurde ein Klingelton ausgelöst. Daraufhin sollten die Teilnehmer sofort die erste Hälfte eines Fragebogens ausfüllen. In diesem Teil des Fragebogens wurde die Haltung der Teilnehmer bezüglich der Benachrichtigung abgefragt. Anschließend wurde die Nachricht der Benachrichtigung angezeigt. Daraufhin musste die zweite Hälfte des Fragebogens ausgefüllt werden, welcher die von dem Nutzer eingestufte Dringlichkeit und Akzeptanz abfragte. Durch die Studie zeigte sich auch hier, dass Nutzer dringliche Benachrichtigungen sofort erhalten möchten. Nach der Dringlichkeit ist vor allem für weniger wichtige Benachrichtigungen der psychische Zustand des Nutzers ein weiterer Faktor, der die Akzeptanz von Benachrichtigungen in Wohnumgebungen beeinflusst. Während sich bei physischen Aktivitäten kein Effekt auf die Akzeptanz zeigte, sollten Benachrichtigungssysteme die momentane psychische Belastung des Nutzers berücksichtigen. Somit könnte die Akzeptanz von Benachrichtigungen erhöht und ungewollte Unterbrechungen minimiert werden.

In Zeiten des Internets der Dinge und der Heimautomatisierung wird die Anzahl der Benachrichtigungen von intelligenten Geräten voraussichtlich steigen [VSW16]. Daher haben Voit et al. zwei Fokusgruppen durchgeführt, um herauszufinden, wie Benachrichtigungen in intelligenten Umgebungen dargestellt werden könnten. Von den Teilnehmern der Fokusgruppen wurden mehrfach visuelle Darstellungen von Benachrichtigungen vorgeschlagen, beispielsweise durch Projektionen auf Oberflächen, Licht oder Displays. Dabei wurde der Einsatz von Animationen und Farben als Darstellungsart für Benachrichtigungen am häufigsten erwähnt. Des Weiteren wurde haptisches Feedback als mögliche Ausgabeart genannt. Beispielsweise könnte so ein intelligentes Gerät bei Erhalt einer Benachrichtigung vibrieren. Akustische Hinweise hingegen wurden selten vorgeschlagen, da diese bei steigender Anzahl als störend empfunden würden. Töne sollten daher nur für dringende Benachrichtigungen, wie beispielsweise einem Feueralarm eingesetzt werden. Durch die Durchführung der Fokusgruppen wurde erkenntlich, dass für unterschiedliche Benachrichtigungen unterschiedliche Standorte gewählt werden sollten. Nicht dringliche Benachrichtigungen können direkt an dem Objekt dargestellt werden, an dem sie erzeugt wurden.

In einer Onlinestudie haben Voit et al. in verschiedenen Szenarien vier verschiedene Standorte für Heimautomatisierungsbenedachrichtigungen miteinander verglichen [VMW+16]. Die vier verschiedenen Standorte sind ein Smartphone, ein zentrales Display, am intelligenten Objekt selbst und der Körper des Nutzers. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Teilnehmer ein Smartphone als präferierten Standort für Heimautomatisierungsbenedachrichtigungen



Abbildung 2.1.: Benachrichtigungsdarstellung in einer Wohnumgebung [VKR09].

verwenden würden. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass diese Technologie den Teilnehmern vertraut ist. Der eigene Körper als Standort wird hingegen nicht gut angenommen, da die Teilnehmer sich dadurch möglicherweise unwohl fühlen. Ein zentrales Display und die Benachrichtigung am Objekt selbst befinden sich bei den Bewertungen meist im Mittelfeld. Es hat sich gezeigt, dass, je dringlicher eine Benachrichtigung ist, desto näher sollte diese am Körper des Nutzers sein. Zudem wurde festgestellt, dass eine dringliche Benachrichtigung nicht unbedingt vom Nutzer als solche eingestuft wird, sondern ebenso abhängig von der von ihm eingestuften Relevanz ist. Eine ähnliche Erkenntnis gewannen auch Vastenburg et al. bei der Durchführung einer Nutzerstudie [VKR09]. Bei der Simulation von Alltagssituationen in einem Wohnzimmerlabor wurden regelmäßig Benachrichtigungen verschiedener Dringlichkeiten an eine Wand projiziert. Wie in Abbildung 2.1 zu sehen, werden Benachrichtigungen textuell in Form einer Haftnotiz dargestellt. Mit farbigem Licht, welches an die Wand geworfen wird, wird für den Nutzer die Dringlichkeit sichtbar. Weniger wichtige Benachrichtigungen werden mit einem langsamen Übergang von unsichtbarem zu sichtbarem Text und von unaufdringlichen Farben zu aufdringlicheren Farben dargestellt. Wichtige Benachrichtigungen werden sofort angezeigt. Die Nutzerstudie hat gezeigt, dass wichtige Benachrichtigungen sofort erscheinen sollen, unabhängig davon, bei welcher Aktivität sich der Nutzer befindet. Weniger wichtige Benachrichtigungen sollten erst angezeigt werden, sobald ihre Dringlichkeit gestiegen ist. Des Weiteren empfanden alle Teilnehmer dringlich eingestufte Benachrichtigungen als solche, während weniger dringlich eingestufte Benachrichtigungen bei den Teilnehmern unterschiedlich relevant waren.

Kubitza et al. stellen in ihrer Arbeit eine anpassbare Infrastruktur für intelligente Umgebungen, wie Wohnbereiche und Büros, vor [KVWS16]. Diese Infrastruktur ermöglicht es, Smartphonebenachrichtigungen direkt durch andere intelligente Geräte in der Umgebung anzuzeigen. Dies könnten beispielsweise Fernsehgeräte, Lampen oder Lautsprecher sein. Damit die Privatsphäre



Abbildung 2.2.: Studienaufbau zur Bewertung des Energieverbrauchs [MMHM11]. Wiedergabe der Werte durch LEDs die an die Wand strahlen und einer Wattanzeige, die auf dem Monitor sichtbar ist. *Links:* Wenig Verbrauch. *Mitte:* Mittlerer Verbrauch. *Rechts:* Hoher Verbrauch.

des Nutzers nicht verletzt wird, werden nur solche Benachrichtigungen in der Umgebung angezeigt, welche einer von ihm zugelassenen Applikationen angehören. Bei Erhalt einer Benachrichtigung entscheidet die Architektur, ob, wo und wann diese dargestellt wird.

2.3. Ambiente Arten der Benachrichtigung

Benachrichtigungen ambient, das heißt in der Umgebung, darzustellen, ermöglicht es, den Nutzer zu informieren, ihn jedoch nicht von momentanen Tätigkeiten abzulenken [MDH+03]. Zudem handelt es sich dabei um eine Darstellungsart, unkritische Informationen kunstvoll anzuzeigen.

Pousman et al. verglichen in ihrer Arbeit verschiedene ambiente Benachrichtigungs- und Informationssysteme, um Muster für Designs neuer Systeme zu erstellen [PS06]. Diese wurden nach unterschiedlichen Kriterien, wie beispielsweise Informationsanzahl und Ästhetik, eingestuft und bewertet. Dabei stellte sich heraus, dass Systeme, die wenige Informationen anzeigen, meist kunstvoller sind, als solche, die viele anzeigen. Pousman et al. weisen zudem darauf hin, dass ambiente Informationssysteme meist, neben dem Nutzer, auch für andere Leute in der Umgebung sichtbar sind und daher geschmackvoll entworfen werden sollten.

Maan et al. testeten in einer Studie ambientes Licht als Feedback für die Darstellung des Verbrauchs von Energie [MMHM11]. Das ambiente Licht wird durch eine Lampe erzeugt, welches abhängig von den Werten die Farbe ändert. Wie in Abbildung 2.1 zu sehen ist, leuchten

2. Verwandte Arbeiten

bei niedrigem Energieverbrauch die LEDs grün, bei mittlerem orange und bei hohem Verbrauch rot. Für Übergänge gibt es die Farben in verschiedenen Schattierungen. Die Darstellungsart wurde mit numerischem Feedback in Form einer Wattanzeige verglichen, welches, wie in Abbildung 2.1 sichtbar, auf einem Monitor angezeigt wird. Die eine Hälfte der Teilnehmer hat Feedback durch Licht, die andere durch Zahlen erhalten. Es zeigte sich, dass ambientes Licht leicht und schnell zu verstehen ist, während bei der numerischen Darstellung die Werte erst mit anderen, vorgegebenen Werten abgeglichen werden müssen. Auch die Codierung durch Farben war für die Teilnehmer gut verständlich. Die Studie zeigte, dass ambientes Licht eine überzeugende Darstellungsart von Informationen sein kann. Zudem kann Licht kostengünstig, leicht installierbar und energiearm sein. Auch Müller et al. haben ein System entwickelt, welches mittels ambientem Licht den aktuellen Energieverbrauch anzeigt [MFP+12]. Dabei zeigte sich in einer Studie, dass sich Änderungen der Helligkeit des Lichts, neben Farbe als weitere Informationscodierungsart, für ungeeignet erweist. Denn die Sichtbarkeit von Licht ist abhängig von der Helligkeit der Umgebung.

In der Arbeit von Andrii et al. wurden bereits bestehende ambiante Lichtsysteme betrachtet, um erste Designrichtlinien aufzustellen [MRC+15]. Die verschiedenen Systeme werden meist im Kontext mit Wohnungsumgebung und Büro eingesetzt, um beispielsweise die Zeit während anderer Tätigkeiten im Auge zu behalten. Dabei sind die meist genutzten Parameter zur Codierung Farbe, Helligkeit und die Kombination daraus. Steigt die Anzahl der Kombinationen, so steigt auch die Komplexität des Systems. Daher schlagen Andrii et al. bei ambienten Lichtsystemen für die Öffentlichkeit eine niedrige Komplexität vor. Zudem könnte solch ein System, unterschiedlich interpretiert werden, abhängig von der Kultur. Ist das System jedoch nur für eine Person bestimmt, so kann die Komplexität höher sein. Um einen monoton steigenden oder fallenden Fortschritt anzuzeigen, wird in der Arbeit das sequentielle Anschalten der LEDs vorgeschlagen. Für das Anzeigen eines Status wird der Übergang von den Farben Grün nach Rot und umgekehrt empfohlen. Ein weiterer Vorschlag von Andrii et al. ist, die LEDs blinken zu lassen, um den Nutzer über eingehende Benachrichtigungen zu informieren. In einer Studie haben Matviienko et al. Teilnehmer Farb- und Lichtmuster für alltägliche Szenarien erstellen lassen [MHC+15]. Die Teilnehmer wurden anschließend zu ihren Mustern über Interpretationen und Codierungen befragt. In einer weiteren Studie wurden die erstellten Muster von anderen Teilnehmern verifiziert. Matviienko et al. überprüften, ob die Muster gleich interpretiert wurden und ob die Aussagen dieser verständlich waren. Zudem wurden die Teilnehmer nach Alter sortiert, um mögliche Unterschiede bei der Wahrnehmung von Licht erkennen zu können. Es hat sich herausgestellt, dass die Farbe Rot häufig als negativ wahrgenommen wird, vor allem in Kombination mit Grün. In Kombination mit Blau wurde es allerdings als warm empfunden und ist daher gut geeignet zur Temperaturanzeige. Rot eignet sich auch sehr gut für die Darstellung wichtiger Benachrichtigungen, vor allem kombiniert mit Blinken. Am beliebtesten bei den Teilnehmern ist das Muster mit den Farben Grün, Gelb und Rot, wie bei einer Ampel gewesen.

Bei Eintreffen neuer Benachrichtigungen sollen mit der Methode von Müller et al. die Nutzer nicht von ihrer aktuellen Tätigkeit abgelenkt werden [MFP+12; MKHB16; MPO13]. Stattdessen sollen die Nutzer während des Arbeitens am Computer langsam auf Anstehendes aufmerksam



Abbildung 2.3.: Ambientes Licht hinter dem Monitor, als Anzeige für eine anstehende Aufgabe [MKHB16].

gemacht werden, beispielsweise auf das nächste Meeting im Büro. Dafür wurden LEDs an die Hinterseite des Monitors eines Computers befestigt, die leuchten, sobald ein neuer Termin in den nächsten Minuten ansteht. Wie in Abbildung 2.3 zu sehen, wird so die dahinter stehende Wand um den Monitor angestrahlt und befindet sich dabei in Sichtweite des Nutzers. In einer Pilotstudie testeten Teilnehmer die bereits bestehende Technik und entwarfen neue Licht- und Farbmuster [MKHB16]. Dabei wurde das Muster mit den Farben Grün, Gelb und Rot auch hier von den Teilnehmern als sehr intuitiv und passend empfunden. Die Zeit für das Anzeigen eines anstehenden Termins beträgt zehn Minuten. Die Teilnehmer wollten einen klaren Hinweis darauf, wann die Zeit abgelaufen ist und erstellten daher alle ein Blinkmuster. Des Weiteren waren alle Teilnehmer für ein Ansteigen der Helligkeit, um den Fortschritt der Zeit darzustellen. In einer weiteren Studie wurde das System schließlich getestet und mit herkömmlichen Erinnerungssystemen verglichen. Es stellte sich heraus, dass abhängig von den Lichtverhältnissen im Raum die Teilnehmer Probleme hatten, den aktuellen Zustand des Systems ablesen zu können. Die Ergebnisse zeigten, dass das System von Müller et al. den Nutzern hilft, pünktlich bei einem Termin zu erscheinen. Zudem unterbrechen die Nutzer nicht sofort ihre aktuelle Tätigkeit und fühlen sich dadurch weniger abgelenkt. Somit könnte das System Nutzern helfen, entspannter zu sein und einen besseren Übergang zwischen den einzelnen Aufgaben zu erhalten. Müller et al. haben noch weitere Systeme entwickelt, um

mit Hilfe von ambienten Darstellungen Nutzer in verschiedenen Szenarien zu unterstützen [MFP+12]. Unter anderem haben sie ein System erstellt, welches vor allem ältere Menschen unterstützen kann, Termine und Medikamenteneinnahmen einzuhalten. Dafür wird ein ambientes Licht zentral in der Wohnumgebung des Nutzers eingebaut. Ein Experiment zeigte, dass dieses System von den Teilnehmern als unaufdringlich wahrgenommen wurde. Auch hier zeigte sich, dass die Lesbarkeit des Systems abhängig von der Helligkeit der Umgebung ist. Zudem wurden minimale Veränderung der Helligkeit oder Farbe von den Teilnehmern kaum wahrgenommen. Mit den verschiedenen ambienten Anzeigesystemen und den Studien von Müller et al. zeigte sich, dass die Teilnehmer eine hohe Akzeptanz gegenüber diesen Systemen hatten. Die ambient dargestellten Informationen machten sie aufmerksam, störten sie aber nicht. Die ambiente Darstellung von Informationen kann allerdings auch von Nachteil sein, wenn diese privat gehalten werden sollen [MKHB16].

2.4. Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Kapitel wurde auf verwandte Arbeiten eingegangen. Zuerst wurden Benachrichtigungen intelligenter Geräte präsentiert. Dabei stellte sich heraus, dass das Smartphone als eines der beliebtesten Geräte für den Empfang von Benachrichtigungen gilt [WVKH16]. Es wurde festgestellt, dass Nutzer täglich eine hohe Anzahl an Benachrichtigungen erhalten [PCO14]. Diese führen jedoch zu erheblichen Unterbrechungen der eigentlichen Tätigkeiten, die der Nutzer ausführt [CHW04; IH10]. Die vermehrt aufkommenden Unterbrechungen können wiederum zu Unaufmerksamkeit und Unruhe des Nutzers führen [KPD16]. Dabei zeigt sich, dass die Arbeiten sich vor allem auf Benachrichtigungen durch Nachrichten, Termine und Neuigkeiten beziehen. Mobile Benachrichtigungen von intelligenten Heimgeräten wurden nicht behandelt. Danach wurde auf Benachrichtigungen von intelligenten Umgebungen eingegangen. Da die Tendenz der Anzahl an Benachrichtigungen durch die Heimautomatisierung steigend ist, wurde erforscht, wo Nutzer Benachrichtigungen über ihre Umgebung erhalten möchten und wie groß deren Akzeptanz ist [VKR08; VMW+16; VSW16]. Dabei wurden Vorschläge und Ideen, die bereits zur Darstellung von Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte gesammelt wurden, wie beispielsweise in der Arbeit von Voit et al. [VMW+16], noch nicht über einen längeren Zeitraum mit Hilfe einer Studie durchgeführt und evaluiert. Schließlich wurden Arbeiten über ambiente Darstellungsarten von Benachrichtigungen präsentiert. Hierbei wurden ambiente Benachrichtigungen vor allem durch die Codierung von Farbe und Helligkeit dargestellt [MRC+15]. Änderungen der Helligkeit können den Nutzer verunsichern, da er als Anhaltspunkt die maximale Helligkeit kennen muss, um feststellen zu können, wie weit der Fortschritt ist. Bei den Nutzern ist zudem das Muster einer Ampel mit den Farben Grün, Gelb und Rot eine beliebte Methode, um die Dringlichkeit einer Benachrichtigung darzustellen [MHC+15; MKHB16].

Es zeigt sich, dass Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte bisher nur wenig untersucht wurden. In den verwandten Arbeiten wurde noch keine Studie mit einem implementierten

System durchgeführt, das bei den Teilnehmern zu Hause getestet wurde. Daher wird in der Bachelorarbeit ein System entwickelt, das Benachrichtigungen eines intelligenten Heimeräts auf unterschiedliche Arten darstellt. Mit diesem System wird schließlich untersucht, ob diese Benachrichtigungen bevorzugt ambient mit visuellen Feedback angezeigt werden sollen oder mobil auf intelligenten Geräten. Für die Untersuchung wird eine zweiwöchige Studie durchgeführt. Dabei erhält jeder Teilnehmer ein System mit einer Benachrichtigungsart und testet es bei sich zu Hause.

3. Fokusgruppen

Um herauszufinden, wie Benachrichtigungen von intelligenten Heimgeräten visuell dargestellt werden können, wurden zwei Fokusgruppen durchgeführt. Die Fokusgruppen dauerten jeweils circa 45 Minuten und wurden in einem Wohnzimmer und in einem Besprechungsraum mit einem Computer und einem Projektor durchgeführt. Dabei wurden die Diskussionsrunden mit einer Moderation und Präsentationsfolien geleitet. Aufgezeichnet wurden die Diskussionen mit Hilfe eines Mikrofons. Für die Arbeit wurde eine Pflanze als Anwendungsobjekt für ein beispielhaftes intelligentes Heimgerät gewählt. Eine Pflanze muss regelmäßig, beispielsweise durch Gießen, gepflegt werden. Damit dies nicht in Vergessenheit gerät, wird der Nutzer über den aktuellen Zustand der Pflanze benachrichtigt. Daher wurde den Teilnehmern ein DIN-A4-Blatt ausgeteilt, auf dem, wie in Abbildung 3.1 zu sehen, eine Pflanze in einem Topf abgebildet ist. Als Belohnung erhielten die Teilnehmer eine Kleinigkeit zu essen. In diesem Kapitel werden die Teilnehmer sowie die Durchführung der Fokusgruppen vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse präsentiert. Zuletzt gibt es eine Zusammenfassung und Diskussion.

3.1. Teilnehmer

An den Fokusgruppen haben insgesamt zehn Personen teilgenommen. Davon waren vier der Teilnehmer weiblich und sechs männlich. Die Teilnehmer waren zwischen 22 und 62 Jahre alt (Mittelwert = 30; Standardabweichung = 16,097). Jeder der Teilnehmer besaß zu dem Zeitpunkt ein Smartphone, zwei ein Tablet und einer eine Smartwatch. Jede Fokusgruppe bestand aus jeweils fünf Teilnehmern. Die erste Fokusgruppe bildete sich aus Personen aus dem näheren persönlichen Umfeld im Alter zwischen 22 und 62 Jahren (Mittelwert = 37,6; Standardabweichung = 20,936). Die Teilnehmer waren unter anderem drei Studenten verschiedener Fachrichtungen. Dabei handelte es sich um zwei Bachelorstudenten und einem Masterstudenten. Des Weiteren enthielt die Gruppe einen Diplominformatiker und eine Hausfrau. Vier von fünf Teilnehmer hatten einen größeren Bezug zu Pflanzen. Die zweite Fokusgruppe bestand aus Personen aus dem persönlichen Umfeld im Alter zwischen 22 und 23 Jahren (Mittelwert = 22,4; Standardabweichung = 0,54772). Alle Teilnehmer waren Studenten der Richtung Informatik und Softwaretechnik. Von ihnen hatte keiner einen größeren Bezug zu Pflanzen.

3. Fokusgruppen

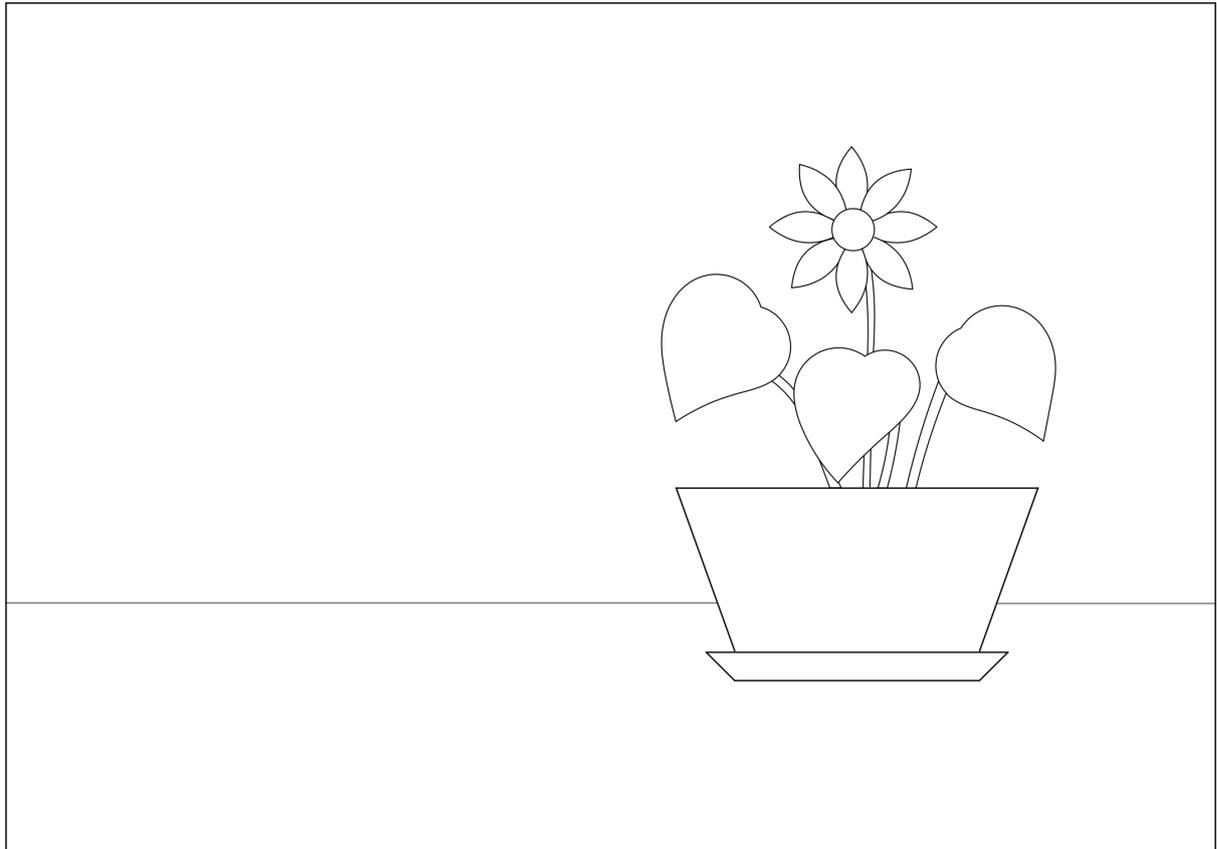


Abbildung 3.1.: Skizze einer Topfpflanze als Vorlage für die Teilnehmer der Fokusgruppen.

3.2. Durchführung

Die beiden Fokusgruppen wurden im Februar 2017 durchgeführt. Jede Diskussionsgruppe hatte den gleichen Ablauf. Die Teilnehmer wurden befragt, welche Informationen sie von einer Pflanze erhalten wollen und wie diese angezeigt und realisiert werden könnten.

3.2.1. Einleitung

Zu Beginn wurde das Thema der Bachelorarbeit und der Grund für die Durchführung der Fokusgruppen vorgestellt. Dabei wurde den Teilnehmern die Forschungsfrage der Fokusgruppen, wie Benachrichtigungen von intelligenten Heimgeräten visuell dargestellt werden können, vorgestellt. Anschließend wurde ihnen erklärt, um was es sich bei einer Fokusgruppe handelt. Den Teilnehmern wurde schließlich die Skizze von Abbildung 3.1 vorgelegt und jedem von ihnen ein Exemplar dieser als DIN-A4-Blatt ausgehändigt.

3.2.2. Ideenentwicklung und Diskussionen

Den Teilnehmern wurde mit Hilfe der Präsentationsfolien die erste der drei Fragen vorgestellt: „Was möchtet ihr von eurer Pflanze wissen?“ Dabei wurde herausgefunden, welche Informationen die Teilnehmer über eine Pflanze erfahren wollen. Nachdem circa zehn Minuten Vorschläge gesammelt wurden, wurde ihnen anschließend die zweite Frage gestellt: „Wie sollen diese Informationen dargestellt werden?“ Die Teilnehmer sollten überlegen, wie sie die gewünschten Informationen über die Pflanze angezeigt haben wollen. Dazu wurden die Teilnehmer gebeten, ihre Ideen auf die ihnen ausgehändigten Vorlagen von Abbildung 3.1 zu skizzieren. Dies dauerte circa zehn Minuten. Schließlich wurden in circa 15 Minuten die Skizzen nacheinander von den Teilnehmern vorgestellt und in der Gruppe über Vor- und Nachteile diskutiert. Darauf wurden von der Moderation weitere Vorschläge über Darstellungsarten eingebracht, falls diese noch nicht erwähnt wurden, um die Meinungen der Teilnehmer darüber einzuholen. Darunter befanden sich Darstellungsarten wie Beleuchtung, Textnachrichten und Anzeigen von Symbolen, um den Zustand der Pflanze wiederzugeben. Zum Schluss wurde den Teilnehmer die dritte Frage präsentiert: „Wie kann das realisiert werden?“ Dabei sollten die Teilnehmer überlegen, wie ihre Vorschläge technisch umgesetzt werden könnten. Auch hier wurden in circa zehn Minuten die einzelnen Vorschläge in der Gruppe präsentiert und diskutiert. Nach Beendigung der Diskussionsrunden wurde den Teilnehmern für ihre Teilnahme gedankt.

3.3. Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Fokusgruppen präsentiert. Es werden Vorschläge der Teilnehmer zu den gestellten Fragen wiedergegeben. Zuerst werden die Vorschläge präsentiert, die davon handeln, welche Informationen die Teilnehmer von einer Pflanze erhalten wollen. Anschließend werden Ideen über verschiedene Darstellungsmöglichkeiten der genannten Informationen wiedergegeben. Zuletzt werden Vorschläge der Teilnehmer über mögliche Realisierungen dieser Darstellungsarten vorgestellt.

3.3.1. Informationen des Objekts

Zu der ersten Frage, welche Information über eine Pflanze von Interesse ist, stimmten alle Teilnehmer für den aktuellen Wasserbedarf. Vier Teilnehmer schlugen Informationen über den Lichtbedarf der Pflanze vor. Ebenfalls vier Teilnehmer stimmten für Angaben zu Dünger und Schädlingen. Jeweils drei Teilnehmer schlugen Informationen zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit vor.

3. Fokusgruppen

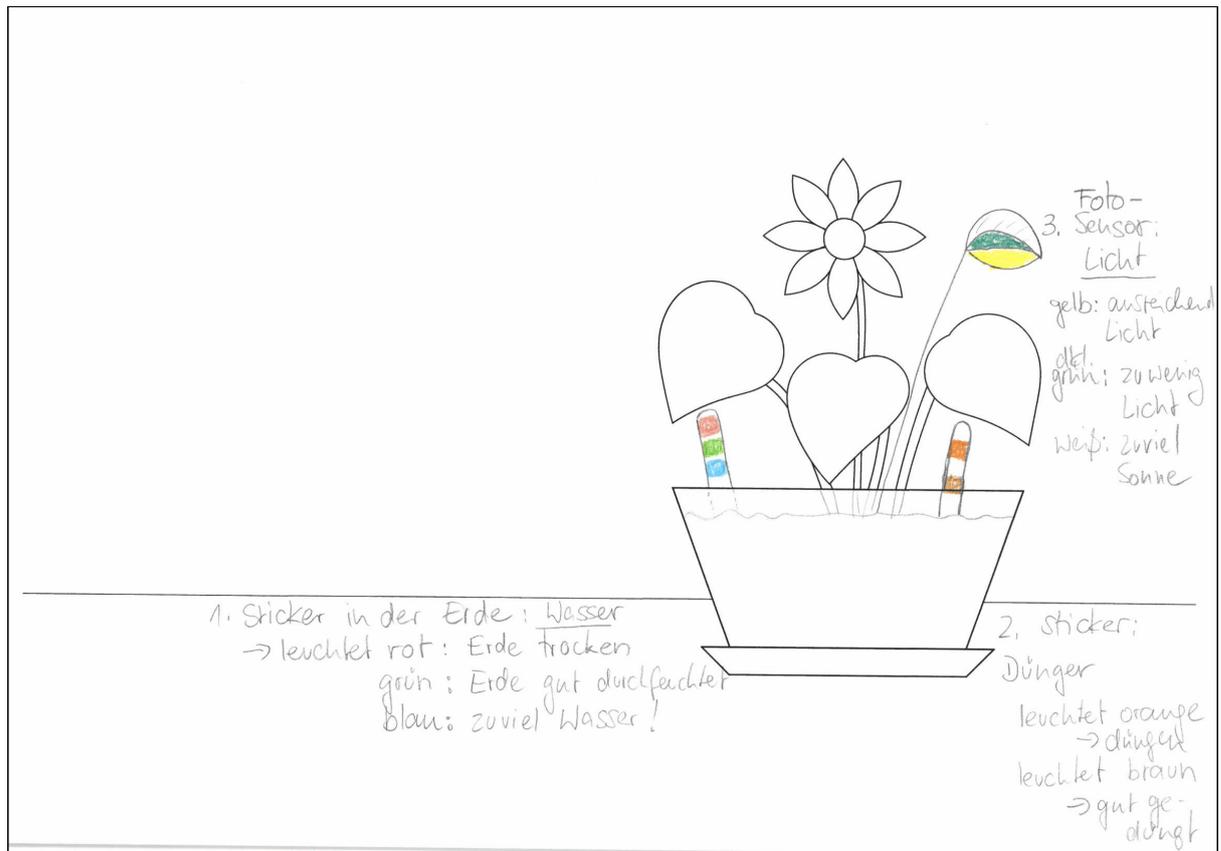


Abbildung 3.2.: Ergebnisskizze einer Teilnehmerin der Fokusgruppen. Anzeigen von Informationen an der Pflanze.

3.3.2. Darstellung von Informationen

Zu der Frage, wie die genannten Informationen dargestellt werden sollen, waren neun Teilnehmer für eine Anzeige auf dem Smartphone, wie auch in Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 zusehen ist. In Abbildung 3.4 werden auf dem Smartphone zusätzlich Statistiken über die Pflanze angezeigt. Den Teilnehmern, die die Skizzen in Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 anfertigten, waren Benachrichtigungen wichtig, die erscheinen sollen, sobald die Pflanze etwas benötigt. Sieben Teilnehmer waren für eine Benachrichtigung auf dem Smartphone, sobald die Pflanze gegossen werden muss. Zudem stimmten sieben Teilnehmer für ein zentrales Display in der Wohnumgebung, welches den Zustand aller im Haus befindlichen Pflanzen anzeigt. Sieben Teilnehmern waren zudem für eine Anzeige direkt an der Pflanze oder am Topf. Sechs Teilnehmer stimmten dafür, die Informationen mit Farbcodierungen wiederzugeben. Dabei sollte die Farbcodierung leicht verständlich und nicht zu komplex sein. So wurde, wie beispielsweise an dem Ergebnis in Abbildung 3.2 sichtbar, die Farbe Rot verwendet, um zu symbolisieren, dass die Erde trocken ist. In der Skizze einer Teilnehmerin wurde Grün verwendet, um zu zeigen, dass die Pflanze genug Wasser hat, siehe Abbildung 3.2. Blau wurde

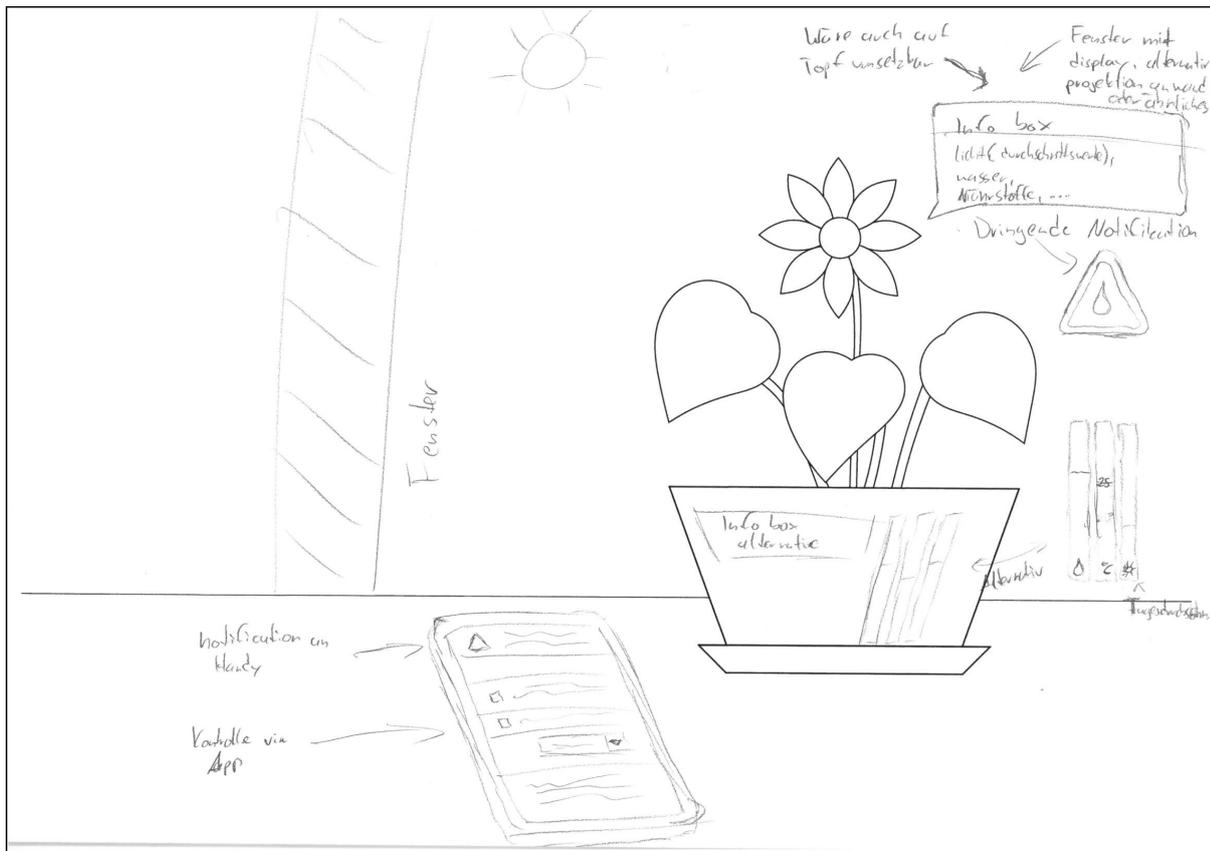


Abbildung 3.3.: Ergebnisskizze eines Teilnehmers der Fokusgruppen. Darstellung von Informationen auf dem Smartphone, an der Wand und auf dem Topf der Pflanze.

verwendet, um darzustellen, dass sie zu viel Wasser hat. Für andere Kategorien, wie Dünger und Licht, schlug die Teilnehmerin, wie in Abbildung 3.2 sichtbar, andere Farbcodierungen vor. Um darzustellen, dass die Pflanze genügend Licht hat, wählte die Teilnehmerin die Farbe Gelb, bei zu wenig Licht, Grün und bei zu viel, Weiß. Für die Düngeranzeige, wählte sie Orange, um zu signalisieren, dass die Pflanze gedüngt werden muss und Braun, um zu signalisieren, dass sie genügend Dünger hat. Zwei andere Teilnehmer verwendeten die Farben Rot, Gelb und Grün als Codierung für den Zustand der Pflanze. In Abbildung 3.3 ist sowohl eine Anzeige auf dem Topf als auch eine Anzeige an der Wand. Diese zeigen Informationen über die Pflanze in Form von Fortschrittsbalken, Symbolen und Text. Fehlt es der Pflanze an etwas, leuchtet in Abbildung 3.4 der Topf rot. Des Weiteren waren drei Teilnehmer für eine Prozentanzeige, die mehr als hundert Prozent angibt und somit anzeigt, dass die Pflanze beispielsweise zu viel Wasser hat. Sieben Teilnehmer waren gegen eine Textanzeige am Topf, einem Vorschlag der Moderation, da diese von der Ferne nur schlecht lesbar sei. Auch der Vorschlag, einer Projektion auf die Wand in der Nähe, zur Wiedergabe der Informationen, wurde von fünf Teilnehmern abgelehnt. Hierbei lag der Grund darin, dass die Projektion bei bestimmten Lichtverhältnissen möglicherweise nur schwer zu erkennen sei.

3. Fokusgruppen

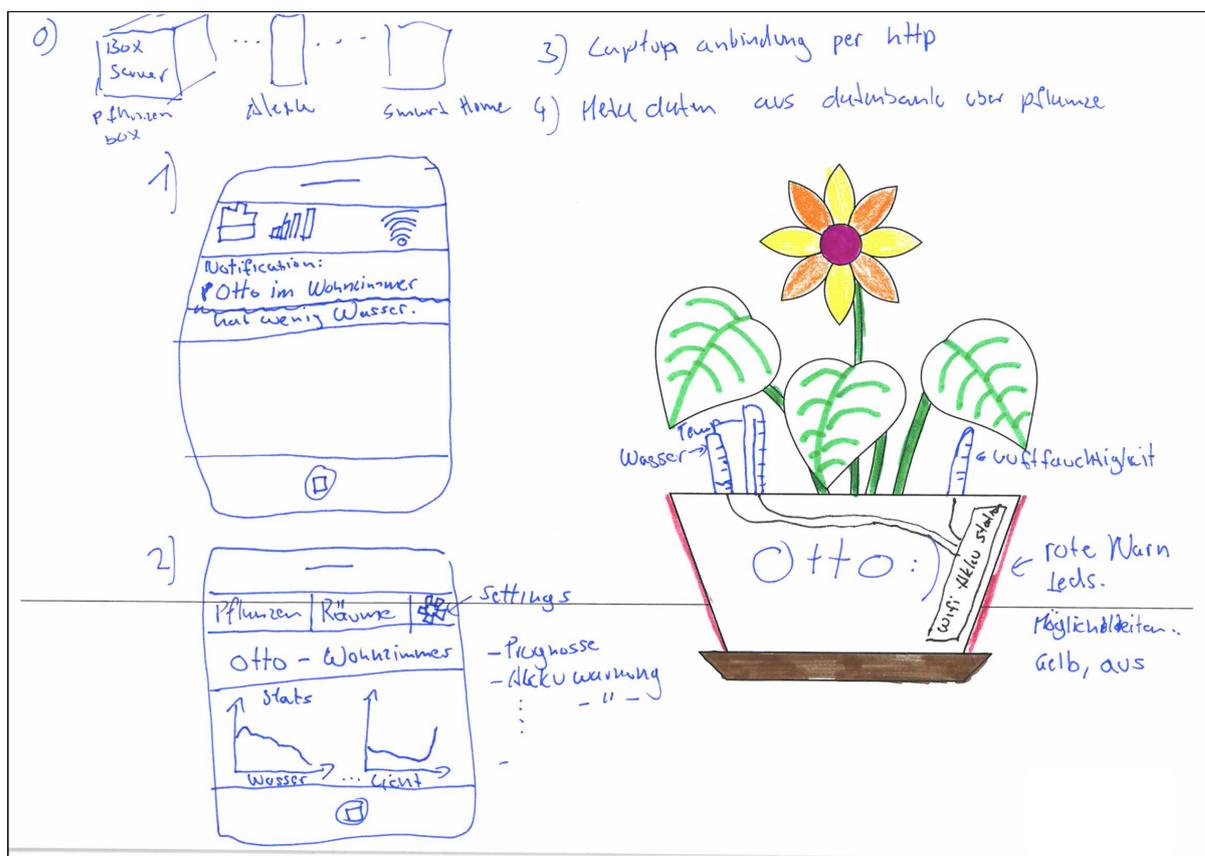


Abbildung 3.4.: Ergebnisskizze eines Teilnehmers der Fokusgruppen. Darstellung von Informationen auf dem Smartphone und an der Pflanze.

3.3.3. Realisierung

Zu der Frage, wie die genannten Ideen realisiert werden könnten, schlugen neun Teilnehmer eine Applikation für das Smartphone vor. Zwei der Teilnehmer, die für ein zentrales Display stimmten, schlugen die Integration in eine Wetterstation vor. Vier Teilnehmern war es wichtig, bereits vorhandene Töpfe einfach nachrüsten zu können. Sechs Teilnehmer schlugen Sensoren in Form von Stäben vor, die, wie in Abbildung 3.2 zu sehen, in die Erde gesteckt werden und durch Farben anzeigen, in welchem Zustand sich die Pflanze befindet. Fünf Teilnehmer schlugen für die Stromversorgung Solarenergie vor. Zudem waren vier für eine Akkuanzeige. Dabei soll die Pflanze mit dem Internet via Wireless Local Area Network (WLAN) verbunden werden. Ein Teilnehmer schlug zusätzlich eine Anzeige auf dem Computer vor. Der Teilnehmer, der die Skizze in Abbildung 3.4 anfertigte, schlug vor, die Farben am Topf durch LEDs zu realisieren oder die Farben auf den Topf zu projiziert. Weitere zwei waren für kabelloses Laden. Drei Teilnehmer stimmten jedoch gegen Batterien, da diese sich möglicherweise zu schnell entleeren würden.

3.4. Zusammenfassung und Diskussion

Mit der Durchführung der Fokusgruppen wurde herausgefunden, wie Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte visuell dargestellt werden können. Bei der ersten Frage, welche Informationen die Teilnehmer von einer Pflanze erhalten wollen, war ihnen die Angabe, ob sie Wasser braucht, mit Abstand die wichtigste Information. Dies war zu erwarten, da es sich beim Gießen um eine der häufigsten Interaktionen mit einer Pflanze handelt. Ebenfalls zu erwarten war, dass als Darstellungsart von fast allen Teilnehmern eine Applikation für das Smartphone erwünscht war. Dies könnte daran liegen, dass jeder der Teilnehmer in Besitz eines Smartphones war. Einigen von ihnen war es ebenfalls wichtig, benachrichtigt zu werden, sobald die Pflanze Wasser benötigt. Ebenfalls sehr häufig vorgeschlagen wurde, die Informationen auf einem zentralen Display in der Wohnumgebung anzeigen zu lassen, sodass ein Überblick über mehrere Pflanzen vorhanden ist. Sehr beliebt war die Darstellung der Informationen durch Farbmuster an der Pflanze, wie beispielsweise mit den Farben Grün, Gelb und Rot, wie bei einer Ampel. Hingegen wurde Text als Darstellungsart am Topf von den meisten Teilnehmern abgelehnt, da dies nur von nahem gut leserlich sei. Auch eine Anzeige durch eine Projektion an eine Wand wurde von der Hälfte der Teilnehmer abgelehnt, da die Leserlichkeit abhängig von der Umgebungshelligkeit sei.

4. Konzept

In der Bachelorarbeit wird erforscht, ob Benachrichtigungen eines intelligenten Heimgeräts bevorzugt mobil oder visuell in der Umgebung dargestellt werden sollen. Dazu wird zunächst auf die Ergebnisse der durchgeführten Fokusgruppen eingegangen. Anschließend werden die verschiedenen Entwürfe der visuellen und mobilen Benachrichtigungsarten präsentiert.

4.1. Implikationen aus Fokusgruppen und verwandten Arbeiten

In Kapitel 3 wurden zwei Fokusgruppen durchgeführt um herauszufinden, wie die Benachrichtigungen über Informationen einer Pflanze visuell in der Umgebung dargestellt werden könnten. Die Ergebnisse zeigen, dass der Wasserbedarf einer Pflanze die wichtigste Information für die Teilnehmer ist. Daher wird das zu entwickelnde System die Feuchtigkeit der Erde messen. Sobald die Erde trocken ist, wird der Nutzer eine Benachrichtigung als Aufforderung erhalten, die Pflanze zu gießen. Des Weiteren war von fast allen Teilnehmern eine Anzeige des Zustands der Pflanze auf dem Smartphone erwünscht. Auch bei einer Studie von Voit et al. hat sich gezeigt, dass die Nutzer Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte bevorzugt auf dem Smartphone erhalten wollen [VMW+16]. Ebenfalls war bei den Fokusgruppen beliebt, explizit über das Smartphone benachrichtigt zu werden, sobald die Pflanze Wasser benötigt. Daher wird eine Applikation entwickelt, die den Zustand der Pflanze wiedergibt. Eine Möglichkeit ist es, Pushnachrichten auf dem Smartphone zu empfangen, sobald diese gegossen werden muss. Durch Pushnachrichten wird, neben dem Anzeigen einer Textnachricht, ein Klingelton und eine Vibration am Smartphone ausgelöst, sofern diese nicht abgeschaltet sind. Von vielen Teilnehmern wurde auch ein zentrales Display vorgeschlagen, welches beispielsweise im Wohnzimmer installiert ist. Dieses soll die Zustände aller Pflanzen im Haus wiedergeben. Ein anderer beliebter Vorschlag war, die Informationen an der Pflanze, beispielsweise am Topf anzuzeigen. Dazu schlugen die Teilnehmer vor, die Informationen mit Hilfe von Farben zu codieren, wie beispielsweise dem Muster einer Ampel mit Grün, Gelb und Rot. Dieses Muster ist leicht verständlich und vielen Nutzern bekannt, wie bereits verwandte Arbeiten gezeigt haben [MHC+15; MKHB16]. Da das System auf eine Pflanze beschränkt ist, werden die Benachrichtigungen, als Darstellungsart neben der Smartphone Applikation, direkt an der Pflanze visuell angezeigt. Benachrichtigungen direkt am intelligenten Objekt anzuzeigen, wurde bereits in anderen Arbeiten als Möglichkeit betrachtet, jedoch noch nicht als fertiges System getestet [VMW+16; VSW16].

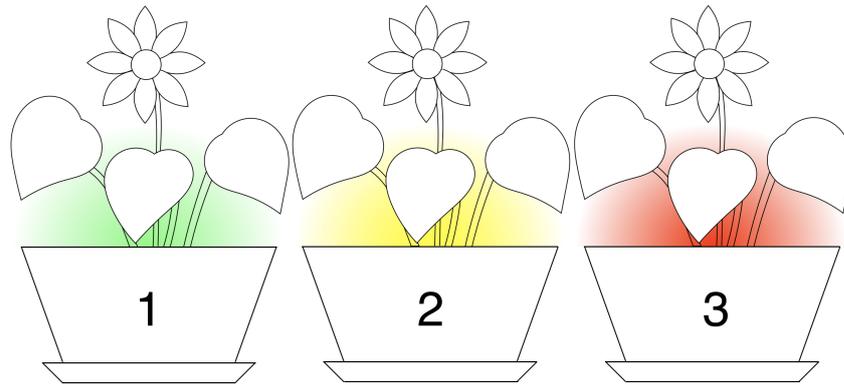


Abbildung 4.1.: Entwurf der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze. (1) Der Pflanze geht es gut, sie wird grün beleuchtet. (2) Die Pflanze muss demnächst gegossen werden, sie wird gelb beleuchtet. (3) Die Pflanze muss dringend gegossen werden, sie wird rot beleuchtet.

Dem Wasserbedarf der Pflanze werden insgesamt drei Zustände zugewiesen. Der erste Zustand gibt an, dass es der Pflanze gut geht, der zweite, dass sie demnächst gegossen werden muss und der dritte, dass sie dringend gegossen werden muss. Somit wird der Nutzer im zweiten Zustand auf die Pflanze aufmerksam gemacht und kann entscheiden, ob er jetzt bereits in der Lage ist, die Pflanze zu gießen. In diesem Zustand geht es der Pflanze noch gut, aber sie kann bereits gegossen werden. Wird anschließend die Erde noch trockener, geht das System in den dritten Zustand über. Jetzt wird der Nutzer darauf aufmerksam gemacht, dass er sie dringend gießen muss, um das Wohl der Pflanze zu gewährleisten. Somit wird er bei den letzten beiden Zuständen Benachrichtigungen erhalten.

Das System wird zwei Benachrichtigungsarten unterstützen. Zum einen mobile Benachrichtigungen, zum anderen Benachrichtigungen am intelligenten Heimgerät selbst. Um ein größeres Spektrum für den Vergleich der zwei unterschiedlichen Benachrichtigungsarten zu erhalten, werden für das Smartphone und die Benachrichtigung an der Pflanze jeweils eine persistente und eine dynamische Benachrichtigungsdarstellung implementiert.

4.2. Benachrichtigungen am intelligenten Objekt

Um Benachrichtigungen direkt an der Pflanze darstellen zu können, wird die Pflanze mit farbigem Licht, welches im Topf angebracht sein wird, angeleuchtet. Dabei wird die Beleuchtung in den Farben Grün, Gelb und Rot die persistente Benachrichtigungsdarstellung an der Pflanze sein, siehe Abbildung 4.1. Die Persistenz ist dadurch sichergestellt, dass die Pflanze dauerhaft in einer der Farben beleuchtet wird. Geht es der Pflanze gut, wird sie in Grün beleuchtet, muss sie demnächst gegossen werden, wird sie in Gelb beleuchtet und muss sie dringend gegossen werden, wird sie in Rot beleuchtet.

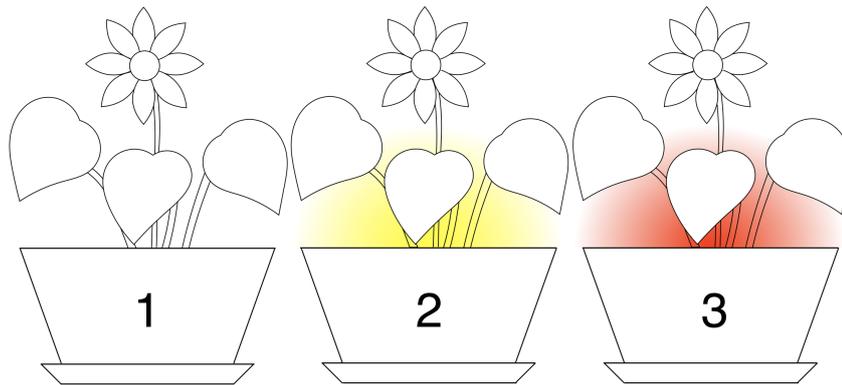


Abbildung 4.2.: Entwurf der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze. (1) Der Pflanze geht es gut, sie wird nicht beleuchtet. (2) Die Pflanze muss demnächst gegossen werden, sie wird gelb beleuchtet. (3) Die Pflanze muss dringend gegossen werden, sie wird rot beleuchtet.

Als dynamische Benachrichtigungsdarstellung wird die Pflanze nur in den Farben Gelb und Rot angeleuchtet, wie in Abbildung 4.2 dargestellt. Bei dieser Darstellung wird es kein grünes Licht geben, sodass die Pflanze erst beleuchtet wird, sobald sie demnächst gegossen werden muss. Bei beiden Darstellungen gibt es zudem ein rotes Lauflicht, sobald der Feuchtigkeitsmesser nicht mehr in der Erde steckt, um den Nutzer zu warnen, dass keine korrekte Messung stattfindet.

4.3. Benachrichtigungen auf dem Smartphone

Für das Smartphone wird eine Applikation implementiert, die jederzeit den aktuellen Zustand der Pflanze in Form einer gezeichneten Pflanze und einem Feuchtigkeitswert anzeigt. Zudem wird die Applikation ein sogenanntes Widget, eine Übersicht der Applikation auf dem Startbildschirm des Smartphones, enthalten. Dieses wird ebenfalls den aktuellen Zustand anzeigen. Dadurch muss der Nutzer die Applikation nicht zwingend öffnen, um sich über seine Pflanze informieren zu können.

Als persistente Darstellung auf dem Smartphone wird eine Benachrichtigung implementiert, die dauerhaft in der Benachrichtigungsübersicht des Smartphones verankert sein wird. Sie wird den aktuellen Zustand der Pflanze anzeigen. Bei Änderung dessen wird jedoch kein Alarm oder ähnliches ausgelöst. Dadurch muss der Nutzer selbst überprüfen, in welchem Zustand sich die Pflanze befindet.

Als dynamische Benachrichtigungsdarstellung werden Pushnachrichten implementiert. Muss die Pflanze demnächst gegossen werden, erhält der Nutzer eine erste Pushnachricht. Muss sie dringend gegossen werden, erhält er eine weitere Pushnachricht. Die Pushnachrichten geben in Textform den aktuellen Zustand der Pflanze wieder und sind bereits vom Sperrbildschirm des Smartphones sichtbar, können allerdings auch einfach gelöscht werden.

5. Architektur und Implementierung

In diesem Kapitel wird zuerst ein Überblick über die gesamte Architektur gegeben und schließlich auf ihre einzelnen Komponenten eingegangen. Die Komponenten sind ein Feuchtigkeitssensor, ein Mikrocontroller, LEDs, die Plattformen ThingSpeak¹ und Google Firebase², sowie eine Android Applikation. Das System ermöglicht es, die gemessenen Werte der Pflanzenerde von außerhalb abzurufen und den Nutzer auf verschiedene Arten zu benachrichtigen, wenn die Pflanze Wasser braucht. Zudem kann von extern gesteuert werden, welche Benachrichtigungsart genutzt wird.

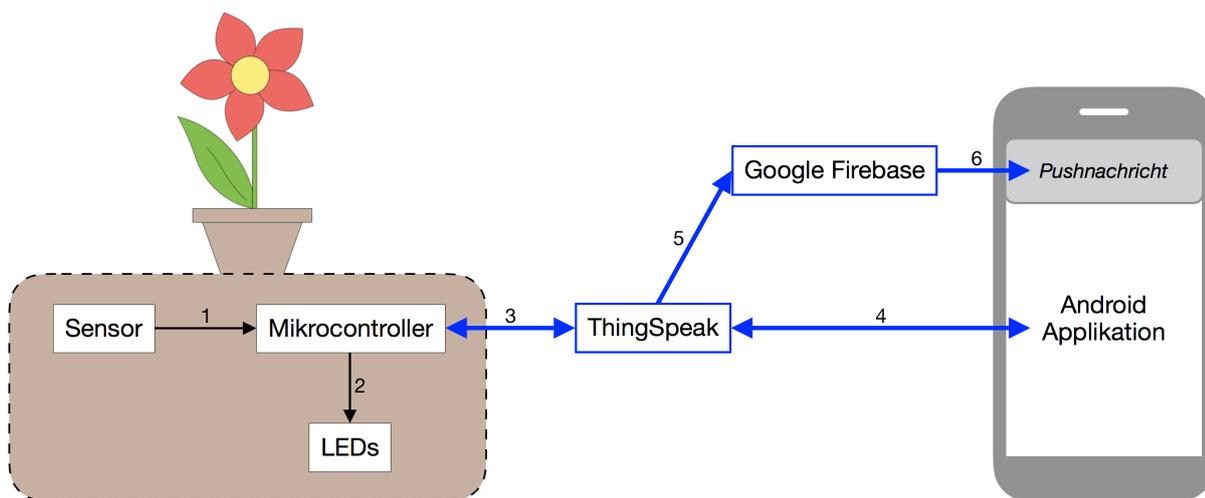


Abbildung 5.1.: Architektur des gesamten Systems. (1) Mikrocontroller empfängt Werte von Feuchtigkeitssensor. (2) Mikrocontroller steuert LEDs an. (3) Mikrocontroller sendet und empfängt Daten von ThingSpeak. (4) Android Applikation sendet und empfängt Daten über ThingSpeak. (5) ThingSpeak sendet Daten an Google Firebase. (6) Firebase sendet Pushnachrichten an Android Applikation.

¹ThingSpeak <https://thingspeak.com>

²Google Firebase <https://firebase.google.com>

5.1. Überblick

An der Pflanze befinden sich ein Feuchtigkeitssensor, LEDs und ein Mikrocontroller, siehe Abbildung 5.1. Der Sensor steckt in der Erde der Pflanze und misst die Feuchtigkeit. Er ist am Mikrocontroller angeschlossen. Der Mikrocontroller verarbeitet die empfangenen Werte und steuert, als eine ambiente Darstellungsart, die LEDs an. Diese geben den Zustand der Pflanze durch Farben wieder. Des Weiteren sendet der Mikrocontroller die Werte, wie in Abbildung 5.1 zu sehen, via Hypertext Transfer Protocol (HTTP) an die Internetplattform ThingSpeak. Zudem empfängt er Daten von ThingSpeak, um unterschiedliche Benachrichtigungsdarstellungen mit den LEDs anzuzeigen. Wie in Abbildung 5.1 dargestellt, empfängt eine eigens entwickelte Android Applikation via HTTP den aktuell ermittelten Wert über ThingSpeak und sendet ebenso Daten. Außerdem sendet ThingSpeak Nachrichten mit Informationen an Firebase Cloud Messaging (FCM)³, einem Entwicklerbereich der Plattform Google Firebase, sobald die Pflanze Wasser benötigt. FCM sendet schließlich die erhaltenen Informationen weiter an die Android Applikation. Dort erscheinen sie auf dem Smartphone als Pushnachricht, die die Nachricht enthält, dass die Pflanze dringend oder demnächst gegossen werden muss.

5.2. Sensor

Der Feuchtigkeitssensor ist an den Mikrocontroller angeschlossen und steckt in der Erde der Pflanze. Der Sensor wird mit 3,3 Volt betrieben. Wie auch in Abbildung 5.3 zu sehen, wird der Sensor mit einer Plastikhülle und Heißkleber wasserdicht gemacht. Der Mikrocontroller liest die Ausgabewerte des Sensors über einen analogen Pin, einer Anschlussstelle des Mikrocontrollers. Dieser Pin ermöglicht es die anliegende Spannung in einen Wertebereich umzuwandeln, anstatt nur die Werte 0 und 1, wie bei einem digitalen Pin, zu lesen [Coo10]. Dabei unterscheidet sich dieser Wertebereich zwischen den einzelnen Mikrocontrollern. Zudem hängen die gemessenen Werte ebenfalls davon ab, wie dicht die Erde an der Position des Sensors ist. Um den ungefähren Wertebereich des Sensors in Erde herauszufinden, wird er, um die obere Grenze zu erfassen, in nasse Erde gesteckt und um die untere Grenze zu erfassen, in trockene Erde. So liegt der Wertebereich, den der Mikrocontroller aus Abbildung 5.2 liest, ungefähr zwischen den Werten 660 und 420. Sind die Leitstifte am Sensor, die in Abbildung 5.3 zu sehen sind, in der Luft, misst der Mikrocontroller Werte bei 0. Dies liegt daran, dass die Luft für den Sensor eine sehr geringe Leitfähigkeit besitzt. Je besser das Material zwischen den Leitstiften elektrisch leitet, desto höher ist der gelesene Wert. Demnach leitet feuchte Erde besser als trockene.

³Firebase Cloud Messaging <https://firebase.google.com/products/cloud-messaging/>



Abbildung 5.2.: Prototyp: Pflanze mit Mikrocontroller (in 3D-gedrucktem, schwarzen Gehäuse) und Sensor. Die Beleuchtung ist ausgeschaltet.

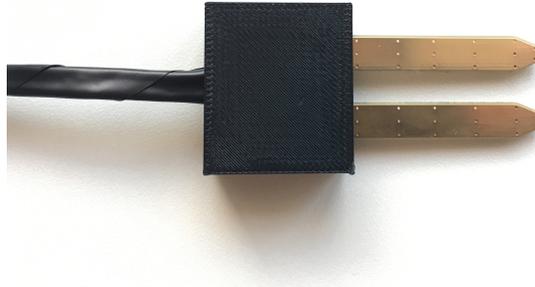


Abbildung 5.3.: Feuchtigkeitssensor mit Wasserschutz.

5.3. Mikrocontroller

Außen am Topf der Pflanze ist ein Mikrocontroller in einem 3D-gedruckten Gehäuse, wie in Abbildung 5.2 zu sehen, befestigt. Dabei handelt es sich um einen ESP8266, einem Mikrocontroller mit WLAN-Schnittstelle. Der Mikrocontroller wird mit Hilfe der Arduino Entwicklungsumgebung⁴ in den Sprachen C und C++ programmiert. Für die Entwicklung des Systems wurden beide Sprachen verwendet. Das Programm setzt sich hauptsächlich aus einer Konfigurationsmethode, die zu Beginn ausgeführt wird, und einer Schleife, die unendlich oft ausgeführt wird, zusammen. Dabei dauert ein Schleifendurchgang circa zwei Sekunden.

Für die WLAN-Verbindung wird unter anderem die Bibliothek WiFiManager⁵ verwendet (alle genutzten Bibliotheken sind in Anhang A.1). Hierdurch wird der Verbindungsaufbau wie folgt geregelt. Bei einem Neustart des Mikrocontrollers versucht er sich mit einem ihm bekannten WLAN zu verbinden. Ist dies nicht erfolgreich, eröffnet er selbst ein WLAN. Der Nutzer verbindet sich mit einem WLAN-fähigen Gerät zu dem eröffneten Netzwerk. Alle HTTP-Anfragen in diesem WLAN werden auf die Konfigurationsseite des Mikrocontrollers umgeleitet. Dort kann ein Netzwerk aus der Umgebung ausgewählt und für die Nutzung durch den Mikrocontroller konfiguriert werden. Ist die Verbindung erfolgreich hergestellt, schließt der Mikrocontroller sein eigenes WLAN. Ist sie fehlgeschlagen, muss der Prozess wiederholt werden. Erst nach erfolgreichem Verbinden wird das restliche Programm ausgeführt. Dies ermöglicht es, dass das Netzwerk nicht fest in das Programm des Mikrocontrollers einprogrammiert und so bei einem Wechsel des Netzwerks dieser nicht neu programmiert werden muss.

⁴Arduino Entwicklungsumgebung <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>

⁵Arduino Bibliothek WiFiManager <https://github.com/tzapu/WiFiManager>



Abbildung 5.4.: Persistente Darstellung des Zustands an der Pflanze in den Farben Grün, Gelb und Rot durch die LEDs im Topf. *Links:* Die LEDs leuchten grün: „Die Pflanze ist glücklich.“ *Mitte:* Die LEDs leuchten gelb: „Die Pflanze braucht demnächst Wasser.“ *Rechts:* Die LEDs leuchten rot: „Die Pflanze braucht dringend Wasser.“

Die in der Erde gemessenen Grenzwerte werden fest als Maximum und Minimum im Code gespeichert. Um schnelles Rosten der Leitstifte am Sensor zu vermindern, liegt nicht dauerhaft Strom am Sensor an. Der Sensor wird nur aktiviert, wenn der aktuelle Wert in der Schleife abgefragt wird. Da häufig Schwankungen bei den gemessenen Werten auftreten, werden die letzten zwanzig Werte gespeichert und daraus der Mittelwert bestimmt. Ist zu Beginn die Speicherliste noch mit Nullen gefüllt, wird direkt der aktuell gemessene Wert übernommen. Der berechnete Wert wird zudem normiert, wobei das Maximum 100% entspricht und das Minimum 0%.

Circa alle sechzig Sekunden, also nach jedem dreißigsten Durchlauf der Programmschleife, wird der aktuell ermittelte Prozentwert der Feuchtigkeit über WLAN via HTTP POST-Anfrage zu einem Kanal der Plattform ThingSpeak geschickt und dort gespeichert. Gleich darauf fragt der Mikrocontroller mittels HTTP GET-Anfrage nach dem aktuellen Wert eines anderen Kanals bei ThingSpeak, um auszuwerten, welche Benachrichtigungsdarstellung die LEDs anzeigen sollen. Dies hat den Vorteil, dass der Mikrocontroller nicht neu geflasht werden muss, um zwischen den Darstellungsarten wechseln zu können. Am Ende der Programmschleife werden die LEDs angesteuert, siehe Kapitel 5.4.



Abbildung 5.5.: Dynamische Darstellung des Zustands an der Pflanze in den Farben Gelb und Rot durch die LEDs im Topf. *Links:* Die LEDs leuchten nicht: „Die Pflanze ist glücklich.“ *Mitte:* Die LEDs leuchten gelb: „Die Pflanze braucht demnächst Wasser.“ *Rechts:* Die LEDs leuchten rot: „Die Pflanze braucht dringend Wasser.“

5.4. LEDs

Die LEDs geben den Zustand der Pflanze ambient mit Farben wieder, indem sie diese anleuchten. Dafür werden sie in dem Topf befestigt und an den Mikrocontroller angeschlossen. Es handelt es sich um in Reihe geschaltete 30 LEDs pro Meter des Typs APA102, die der Schutzklasse IP67 entsprechen. Dies bedeutet, dass die LEDs wasserdicht sind, sodass beim Gießen der Pflanze keine Rücksicht genommen werden muss. Des Weiteren leuchten die LEDs mit maximaler Helligkeit, um so sicherzustellen, dass die Farben auch bei hellem Tageslicht auf der Pflanze noch gut erkennbar sind.

Insgesamt gibt es für die LEDs drei verschiedene Modi. Empfängt der Mikrocontroller von dem LED-Steuerkanal von ThingSpeak den Wert 2, bedeutet dies, dass die LEDs dauerhaft ausgeschaltet sind. Empfängt er eine 1, so erhält der Nutzer eine persistente Benachrichtigungsdarstellung. In diesem Modus leuchten die LEDs in den Farben Grün, Gelb oder Rot, wie in Abbildung 5.4. Dazu sind im Programm des Mikrocontrollers drei Grenzwerte für die Prozentwerte der Feuchtigkeit gesetzt. Der erste Grenzwert liegt bei 37%. Liegt der aktuelle Wert darüber, leuchten die LEDs grün, ist er kleiner oder gleich 37% leuchten sie gelb, siehe Abbildung 5.4 *Links, Mitte*. Der zweite Grenzwert liegt bei 24%. Ab diesem Wert leuchten die LEDs rot, siehe Abbildung 5.4 *Rechts*. Der dritte Grenzwert liegt bei 0%. Dieser gilt als Warnung, dass der Sensor nicht in der Erde steckt und daher Werte unter dem festgelegten Minimum misst. Die LEDs leuchten in einem roten Lauflicht. Empfängt der Mikrocontroller

über den LED-Steuerkanal den Wert 0, so erhält der Nutzer eine dynamische Benachrichtigungsdarstellung, wie in Abbildung 5.5 gezeigt. Hier liegt der Unterschied zum vorherigen Modus darin, dass die LEDs nicht grün leuchten, sondern aus sind. Das heißt, die Pflanze wird nur in den Farben Gelb oder Rot angeleuchtet, wenn der Prozentwert kleiner oder gleich den drei Grenzwerte ist.

Auch bei dem gemittelten Prozentwert der Sensorwerte treten noch leichte Schwankungen auf. Dadurch kann es bei Werten, die um die Grenzwerte liegen, dazu kommen, dass die LEDs mehrfach hintereinander die Farbe wechseln, welches zu Irritationen bei Nutzern führen kann. Zeigen die LEDs das rote Lauflicht an, muss daher der Prozentwert für ein dauerhaft rotes Leuchten erst wieder über 5% sein, um häufige Farbwechsel zu vermeiden. Leuchten sie bereits rot, so muss der Wert mindestens über 33% liegen, damit sie wieder gelb leuchten. Zeigen die LEDs gelb an, muss der Wert größer 45% sein, damit sie wieder grün anzeigen.

5.5. ThingSpeak

ThingSpeak ist eine Plattform für das Internet der Dinge. Es dient zum externen Sammeln und Speichern von Sensordaten, sowie zur Entwicklung von Applikationen für das Internet der Dinge [The17]. Um die Prozentwerte der Feuchtigkeit, die der Mikrocontroller an ThingSpeak sendet, speichern zu können, muss ein Kanal angelegt werden. Jeder Kanal in ThingSpeak erhält eine Identifikationsnummer (ID), sowie einen Schreib- und einen Leseschlüssel. Um die Werte in den Kanal schreiben zu können, muss der Mikrocontroller die ID und den Schreibschlüssel speichern.

Die entwickelte Android Applikation empfängt den aktuellen Prozentwert über den Kanal von ThingSpeak durch eine HTTP GET-Anfrage. Des Weiteren wird ein zusätzlicher Kanal benötigt, um die ID, die der Android Applikation bei einer Neuinstallation zugewiesen wird, und den Namen der Applikation zu speichern. Diese wird über die Android Applikation an ThingSpeak durch eine HTTP POST-Anfrage übermittelt.

Alle 30 Minuten wird in ThingSpeak geprüft, ob der zuletzt empfangene Prozentwert des Mikrocontrollers kleiner oder gleich 37% oder 24% ist. Dieses Zeitintervall wird gewählt, um auch hier die bereits gemilderten Schwankungen der Werte zu umgehen. Dabei sind diese Grenzwerte so gewählt, wie zwei der drei Grenzwerte in dem Programmteil des Mikrocontrollers für die LED-Steuerung, siehe Kapitel 5.4. Sind die Werte kleiner oder gleich den Grenzwerten, so wird eine HTTP POST-Anfrage an Firebase Cloud Messaging (FCM) gesendet, um schließlich eine Pushnachricht auf einem Smartphone anzuzeigen (siehe Abschnitt 5.6). Damit diese Pushnachricht auch auf dem Smartphone angezeigt wird, welches die Android Applikation installiert hat, enthält die HTTP POST-Anfrage die von ThingSpeak erhaltene ID der Applikation. Die Anfrage, die aufgrund der 37% gesendet wird, enthält unter anderem die Textnachricht, dass die Pflanze demnächst Wasser braucht. Die Anfrage, die aufgrund der 24% gesendet wird, enthält die Textnachricht, dass die Pflanze Wasser braucht. Dabei wird eine HTTP POST-Anfrage nur

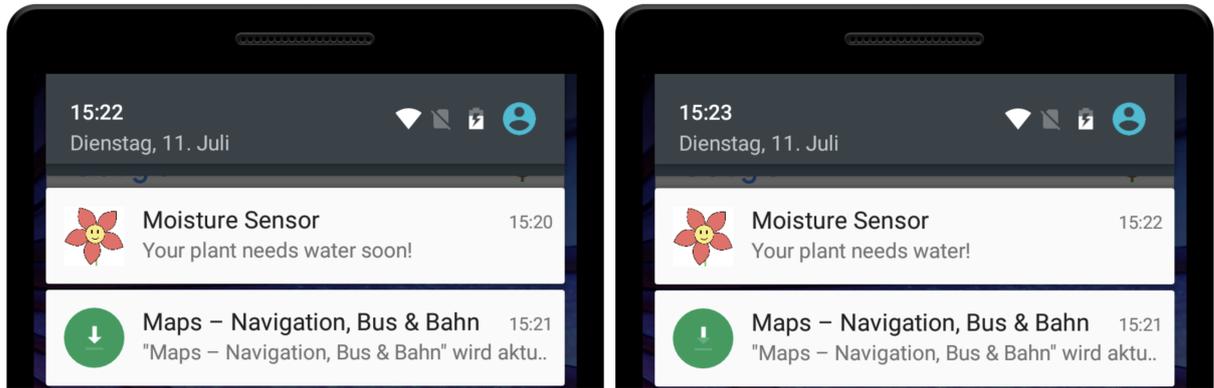


Abbildung 5.6.: Die zwei möglichen Pushnachrichten als Benachrichtigungsdarstellung für die Pflanze. *Links:* „Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!“ *Rechts:* „Deine Pflanze braucht Wasser!“

einmal bei Erreichen eines Grenzwertes versendet, damit der Nutzer nicht jede halbe Stunde eine Pushnachricht erhält, bis er schließlich die Pflanze gießt.

Zu bestimmten Uhrzeiten wird automatisiert ein Wert in den LED-Steuerkanal für die jeweilig gewünschte Benachrichtigungsdarstellung der LEDs geschrieben. Dies ermöglicht, die LEDs über Nacht auszuschalten, falls sie im Dunkeln als störend empfunden werden.

5.6. Firebase Cloud Messaging

Google Firebase ist eine Entwicklerplattform für mobile Applikationen und Internetanwendungen. Ein Entwicklerbereich von Firebase ist FCM, eine übergreifende Plattform speziell für Benachrichtigungen [Goo17]. FCM empfängt eine HTTP POST-Anfrage von ThingSpeak, sobald die aktuellen Werte kleiner oder gleich den Grenzwerten für die Feuchtigkeit der Pflanzenerde sind, siehe Kapitel 5.5. Diese enthält zum einen die ID der auf einem Smartphone installierten Android Applikation, zum anderen die Information, dass es sich um eine Benachrichtigung handelt, sowie Titel, Inhalt und Klingelton der Pushnachricht. Dabei lautet der Titel „Moisture Sensor“, für „Feuchtigkeitssensor“. Der Inhalt der Benachrichtigung ist ab dem Grenzwert von 37% „Your plant needs water soon!“, „Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!“, oder ab dem Grenzwert von 24% „Your plant needs water!“, „Deine Pflanze braucht Wasser!“. Als Klingelton wird ein Standardklingelton gesetzt. Diese Informationen sendet FCM an die Android Applikation mit der zugehörigen ID. Die Applikation wandelt die Informationen in eine Pushnachricht um und zeigt diese auf dem Smartphone an. Die beiden möglichen Pushnachrichten sehen wie in Abbildung 5.6 dargestellt aus.

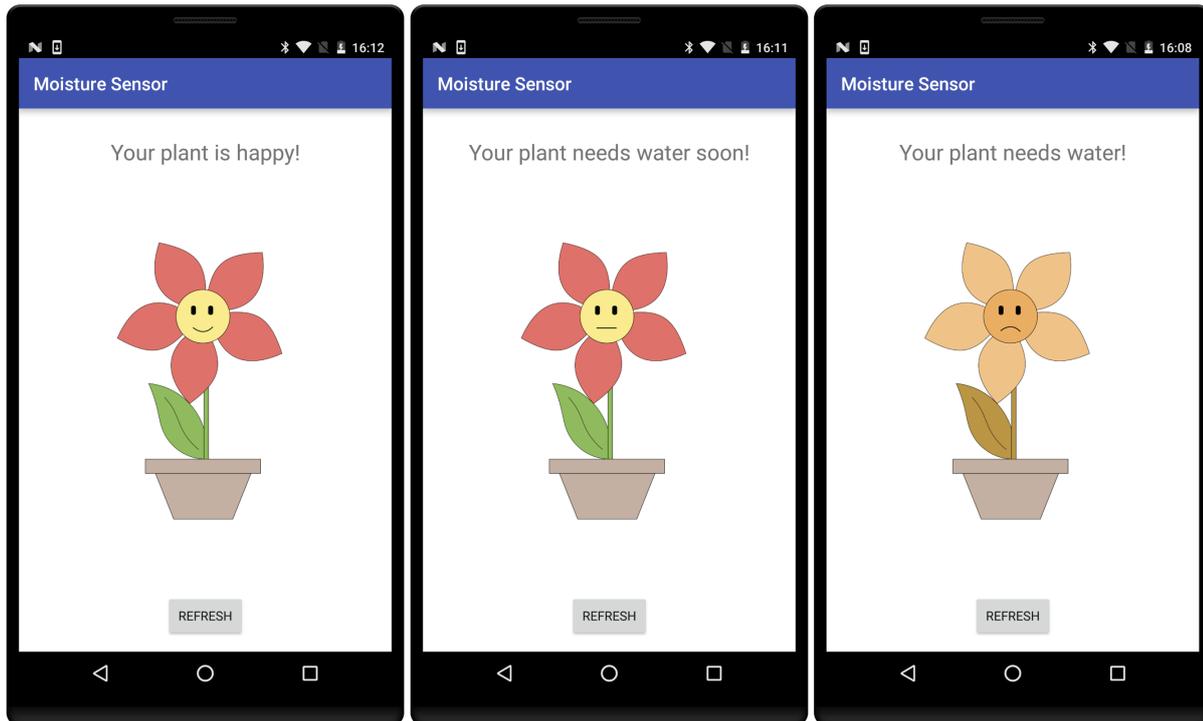


Abbildung 5.7.: Die drei verschiedenen Darstellungen in der Applikation für den Zustand der Pflanze. *Links:* „Deine Pflanze ist glücklich!“ *Mitte:* „Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!“ *Rechts:* „Deine Pflanze braucht Wasser!“

5.7. Android Applikation

Um die ambienten Darstellungsarten von Benachrichtigungen an der Pflanze durch LEDs mit herkömmlichen Darstellungsarten auf intelligenten Geräten vergleichen zu können, wurde eine Android Applikation entwickelt. Die Applikation erhält durch eine HTTP GET-Anfrage den zuletzt gesendeten Prozentwert des Mikrocontrollers von ThingSpeak. Wie bereits bei der Ansteuerung der LEDs und in ThingSpeak, siehe Kapitel 5.4 und 5.5, wird auch in der Applikation geprüft, ob der Prozentwert kleiner oder gleich den beiden Grenzwerten von 37% oder 24% ist.

Davon abhängig werden in der Applikation verschiedene Darstellungen einer Pflanze sowie ein Text, der den Zustand der Pflanze beschreibt, angezeigt, siehe Abbildung 5.7. Ist der Prozentwert über den 37%, wird in der Applikation angezeigt, dass die Pflanze glücklich ist. Dies wird dargestellt, indem ein Bild einer bunt gezeichneten Pflanze mit einem fröhlich aussehenden Gesicht und einem beschreibenden Text mit „Your plant is happy!“, „*Deine Pflanze ist glücklich!*“ angezeigt wird, siehe Abbildung 5.7 *Links*. Ist der Wert zwischen 24% und 37% wird in der Applikation angezeigt, dass die Pflanze demnächst Wasser braucht. Hier sind die Mundwinkel der abgebildeten Pflanze nicht mehr oben und es wird der Text „Your plant needs water soon!“, „*Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!*“ angezeigt, siehe Abbildung 5.7 *Mitte*.

5. Architektur und Implementierung

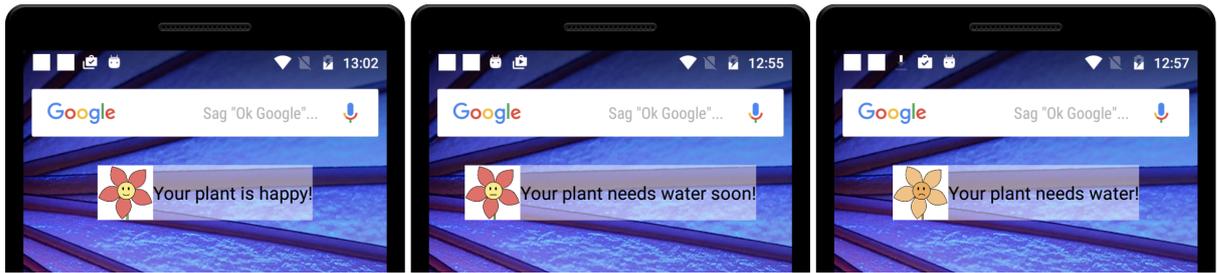


Abbildung 5.8.: Die drei verschiedenen Darstellungen des Widgets für den Zustand der Pflanze. *Links:* „Deine Pflanze ist glücklich!“ *Mitte:* „Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!“ *Rechts:* „Deine Pflanze braucht Wasser!“

Ist der Prozentwert kleiner oder gleich den 24%, wird dargestellt, dass die Pflanze dringend Wasser braucht. Dabei zeigt die Abbildung eine traurig und vertrocknet aussehende Pflanze, deren Blätter bereits braun sind. Als Text wird „Your plant needs water!“, „*Deine Pflanze braucht Wasser!*“ eingeblendet, siehe Abbildung 5.7 *Rechts*. Diese drei Darstellungsszenarien geben dem Nutzer leicht verständlich den Zustand seiner Pflanze wieder. Somit wird nur ein kurzer Blick auf die Applikation benötigt, um zu erfahren, ob die Pflanze Wasser braucht.

Des Weiteren enthält die Applikation noch eine „Refresh“-Taste. Bei Betätigen dieser wird sofort eine HTTP GET-Anfrage an ThingSpeak gesendet, um den zuletzt gespeicherten Prozentwert zu erhalten. Damit der Nutzer Feedback für das Drücken der Taste erhält, wird statt dem Zustandstext ein „loading...“, für „*laden...*“ angezeigt, bis der neuste Wert empfangen wird.

Zudem gibt es für die Android Applikation ein Widget, welches auf dem Startbildschirm des Smartphones eingerichtet wird. Dort zeigt es den aktuellen Zustand der Pflanze an, ohne dabei die Applikation im Vordergrund ausführen zu müssen, siehe Abbildung 5.8. Das Widget zeigt dieselben drei Darstellungen wie in der Applikation an. Abhängig vom Zustand der Pflanze, zeigt es den jeweiligen Text sowie die zugehörige Zeichnung der Pflanze an. Hierbei wird allerdings nur der Kopf der Pflanze, wie in Abbildung 5.8 zu sehen, dargestellt, bedingt durch die Größe des Widgets. Wird die Applikation aktualisiert, so aktualisiert sich auch das Widget.

Alle 60 Sekunden wird eine HTTP GET-Anfrage an ThingSpeak gesendet, auch wenn die Applikation nicht im Vordergrund ausgeführt wird. Ebenso werden die Applikation und das Widget dem Prozentwert entsprechend aktualisiert. Dadurch zeigt das Widget den aktuellen Zustand der Pflanze, ohne dafür die „Refresh“-Taste in der Applikation drücken zu müssen. So zeigt auch die Applikation nach dem Öffnen den aktuellsten Prozentwert und Zustand der Pflanze an. Voraussetzung ist eine Internetverbindung des Smartphones. Damit der Nutzer nach einem Neustart seines Smartphones nicht daran denken muss, die Applikation zu starten, wird sie automatisch im Hintergrund geöffnet.

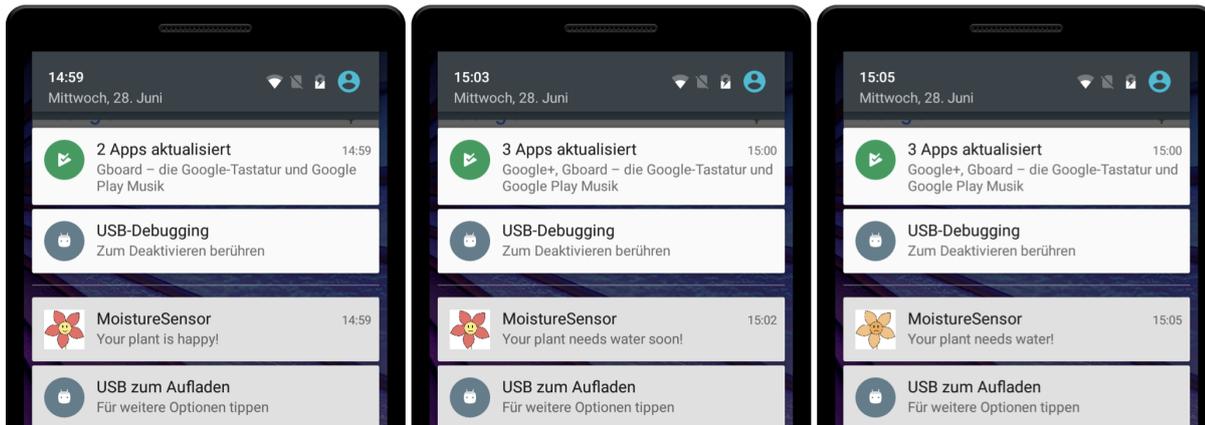


Abbildung 5.9.: Die drei verschiedenen Darstellungen der persistenten Benachrichtigung für den Zustand der Pflanze in der Benachrichtigungsübersicht. *Links:* „Deine Pflanze ist glücklich!“ *Mitte:* „Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!“ *Rechts:* „Deine Pflanze braucht Wasser!“

5.7.1. Dynamische Benachrichtigungsdarstellung

Um die ambienten Darstellungen von Benachrichtigungen, siehe Kapitel 5.4, mit herkömmlichen vergleichen zu können, ist ebenfalls eine persistente und eine dynamische Darstellungsart implementiert. Bei der dynamischen Benachrichtigungsdarstellung handelt es sich, wie bereits in den Kapiteln 5.5 und 5.6 angesprochen, um Pushnachrichten. Wird die Applikation das erste Mal nach einer Neuinstallation geöffnet, wird ihr eine ID von Firebase zugewiesen (die genutzten Bibliotheken sind in Anhang A.2). Diese und ihren Namen sendet die Applikation via HTTP POST an ThingSpeak, um Pushnachrichten zu erhalten, sobald die Pflanze gegossen werden muss, siehe Kapitel 5.5. Benötigt die Pflanze Wasser, so sendet ThingSpeak Informationen an FCM. FCM sendet wiederum die Informationen an die Applikation mit der zugehörigen ID, siehe Kapitel 5.6. Dort angekommen, erzeugt die Applikation eine Pushnachricht, welche den Inhalt der überbrachten Informationen enthält. Die Applikation setzt das Bild, den Titel und den von FCM erhaltenen Text „Your plant needs water soon!“, „*Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!*“, oder „Your plant needs water!“, „*Deine Pflanze braucht Wasser!*“, für die Pushnachricht, wie in Abbildung 5.6 sichtbar. Des Weiteren wird bei Empfang der Pushnachricht ein Benachrichtigungston abgespielt und sie automatisch nach dem Anklicken gelöscht.

5.7.2. Persistente Benachrichtigungsdarstellung

Als persistente Benachrichtigungsdarstellung wird der Zustand der Pflanze in der Benachrichtigungsübersicht des Smartphones angezeigt. Ein Unterschied zu den implementierten Pushnachrichten liegt darin, dass der Zustand der Pflanze nicht über FCM empfangen, sondern wie bei der Applikation über den Prozentwert von ThingSpeak ausgewertet wird. So gibt es

auch, wie in der Applikation, die drei Darstellungen für den Zustand der Pflanze, abhängig von den zwei oben genannten Grenzwerten. „Your plant is happy!“, „*Deine Pflanze ist glücklich!*“, „Your plant needs water soon!“, „*Deine Pflanze braucht demnächst Wasser!*“, „Your plant needs water!“, „*Deine Pflanze braucht Wasser!*“, mit den jeweilig passenden Gesichtern der gezeichneten Pflanze, wie in Abbildung 5.9 zu sehen. Ein weiterer Unterschied ist, dass die Benachrichtigung nicht gelöscht werden kann und bei Änderung des Zustands der Pflanze kein Ton abgespielt wird. Die Priorität der persistenten Benachrichtigung ist auf Minimum gesetzt. Zudem ist sie, im Gegensatz zur Pushnachricht, nicht im Sperrbildschirm des Smartphones sichtbar. Auch die persistente Benachrichtigung wird, wie die Applikation und das Widget, alle 60 Sekunden aktualisiert, sodass diese automatisch den aktuellen Zustand der Pflanze anzeigt.

5.8. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde die Architektur, sowie die Implementierung des zu entwickelnden Systems vorgestellt. Ein Sensor misst die Feuchtigkeit der Pflanzenerde. Abhängig von diesen Werten steuert der mit dem Sensor verbundene Mikrocontroller LEDs an. Diese leuchten entweder persistent in den Farben Grün, Gelb und Rot oder dynamisch, nur Gelb und Rot. Des Weiteren sendet der Mikrocontroller die Werte an die Plattform ThingSpeak. Dort werden sie gespeichert und an eine Android Applikation gesendet. Unterschreiten die Werte in ThingSpeak bestimmte Grenzwerte, so wird eine Nachricht an Google Firebase gesendet. Firebase sendet schließlich Informationen an die Android Applikation. Diese wandelt die Informationen in eine dynamische Pushnachricht um, die anzeigt, dass die Pflanze dringend oder demnächst gegossen werden muss. Zudem zeigen die Applikation und ein zugehöriges Widget den aktuellen Zustand der Pflanze an. Neben der dynamischen Pushnachricht wurde eine persistente Benachrichtigung, welche sich in der Benachrichtigungsübersicht des Smartphones befindet, implementiert. Diese Benachrichtigung zeigt den aktuellen Zustand der Applikation an. Die Applikation, das Widget und die persistente Benachrichtigung werden fortlaufend aktualisiert.

6. Studie

In den Kapiteln 4 und 5 wurde ein Benachrichtigungssystem entwickelt und implementiert, welches auf verschiedene Arten den Nutzer über den Wasserbedarf seiner Pflanze informiert. Zum einen kann das System den Nutzer durch eine persistente Beleuchtung der Pflanze in den Farben Grün, Gelb und Rot informieren, siehe Abschnitt 5.4. Zum anderen dynamisch, indem die Pflanze nur dann in den Farben Gelb und Rot angeleuchtet wird, wenn sie Wasser benötigt. Die andere Darstellungsart ist eine entwickelte Applikation auf dem Smartphone, die den aktuellen Zustand der Pflanze anzeigt, siehe Abschnitt 5.7. Diese enthält als persistente Benachrichtigungsdarstellung eine Benachrichtigung, die dauerhaft in der Benachrichtigungsübersicht des Smartphones angezeigt wird. Als dynamische Benachrichtigungsdarstellung erhält das Smartphone Pushnachrichten, sobald die Pflanze demnächst oder dringend gegossen werden muss. Um herauszufinden, welche dieser zwei Benachrichtigungsarten mit ihren persistenten und dynamischen Benachrichtigungsdarstellungen von Nutzern bevorzugt werden, wurde eine zweiwöchige Studie mit zehn Teilnehmern durchgeführt. Dabei erhielt jeder Teilnehmer eine Benachrichtigungsdarstellung. Diese wurde mit dem Benachrichtigungssystem und einer Pflanze bei ihm zu Hause eingerichtet. Die Teilnehmer sollten die Pflanze gießen, sobald sie benachrichtigt wurden und schließlich bewerten, wie ihnen die Benachrichtigungsart und -darstellung gefallen hat. Als Entschädigung für die Teilnahme erhielten sie 20 Euro. In diesem Kapitel werden der Ablauf und die Ergebnisse der Studie besprochen.

6.1. Methode

Die Studie bestand aus vier Versuchsgruppen. Jeder Versuchsgruppe wurde eine Benachrichtigungsdarstellung zugewiesen. Das bedeutet, dass jeder Teilnehmer nur eine der vier Benachrichtigungsdarstellungen bei sich zu Hause testete. Dabei waren die unabhängigen Variablen die vier verschiedenen Benachrichtigungsdarstellungen: die persistente Darstellung an der Pflanze durch die Farben Grün, Gelb und Rot, die dynamische Darstellung an der Pflanze durch die Farben Gelb und Rot, die Smartphone Applikation mit persistenter Benachrichtigung und die Smartphone Applikation mit Pushnachrichten. Die abhängigen Variablen waren die Prozentwerte der Feuchtigkeit, die in der Pflanzenerde gemessen wurden, sowie die Beurteilungen der Teilnehmer über das System in Form von Online-Fragebögen (siehe Anhang A.3).

Insgesamt gab es zwei Fragebögen, wie in Anhang A.3 zu sehen. In dem ersten Fragebogen wurden die Teilnehmer über demografische Daten sowie ihren Bezug zu Pflanzen befragt. In

dem zweiten Fragebogen wurden sie nach einer Bewertung der Benachrichtigungsdarstellung sowie Verbesserungsvorschlägen gefragt. Dabei wurden sie unter anderem zu Gefallen, Unterstützung und Nützlichkeit der Benachrichtigungen befragt. Des Weiteren wurden die Teilnehmer gefragt, wie einfach die Benachrichtigungsdarstellung wahrzunehmen war, ob die Benachrichtigungen zu einem passenden Zeitpunkt für sie und für den Zustand der Pflanze empfangen wurden und ob diese als störend empfunden wurden. Die Fragebögen enthielten Likert-Skalen von „Stimme ich überhaupt nicht zu“ bis zu „Stimme ich vollkommen zu“, aber auch Zahlen- und Textfelder. Unter den Likert-Skalen war zudem jeweils ein Textfeld in das die Teilnehmer Kommentare schreiben konnten.

Für die Studie wurde für jedes der zehn Benachrichtigungssysteme zusätzlich ein Kanal bei ThingSpeak zur Speicherung und Aufzeichnung der Prozentwerte angelegt. Zudem wurde pro System ein LED-Steuerkanal angelegt, um so die dem Teilnehmer zugewiesene Benachrichtigungsdarstellung einzurichten. Die Systeme und Kanäle wurden eingerichtet wie in Kapitel 5 beschrieben. Für die Teilnehmer wurde ein individuelles Ausschalten der LEDs eingerichtet, damit diese nachts nicht störten. Zudem wurden von der Applikation zwei Versionen implementiert, sodass ein Teilnehmer entweder Pushnachrichten oder eine persistente Benachrichtigung erhielt.

Per Zufall wurde ausgesucht, welcher Teilnehmer welche Benachrichtigungsdarstellung erhielt. Dabei wurden zwei von zehn Teilnehmern die persistente Beleuchtung der Pflanze in den Farben Grün, Gelb und Rot zugewiesen. Drei Teilnehmer erhielten die dynamische Beleuchtung der Pflanze in Gelb und Rot. Weiteren drei Teilnehmer wurde die Applikation mit Pushnachrichten zugewiesen. Zwei Teilnehmer erhielten die Applikation mit der persistenten Benachrichtigung.

6.2. Apparat

Wichtig für die Versuchsstellung war es, eine Pflanze zu finden, die relativ häufig gegossen werden muss, sodass möglichst oft Benachrichtigungen erzeugt werden. Die für die Studie gewählte Pflanzenart nennt sich Spathiphyllum oder auch Einblatt, siehe Abbildung 5.2. Hierbei handelt es sich um eine relativ pflegeleichte, mit 30 Zentimetern nicht allzu große Pflanze, die circa alle vier Tage gegossen wird. Zudem wurde neben der Pflanze jedem Teilnehmer ein Topf mit befestigten LEDs, Mikrocontroller, Feuchtigkeitssensor, zwei Meter langem USB-Kabel und USB-Netzteil gestellt.

6.3. Durchführung

Die Studie wurde im Juni 2017 durchgeführt. Jeder Teilnehmer erhielt zu Beginn eine Einverständniserklärung. Anschließend wurden die Teilnehmer über ihre zugeteilte Benach-

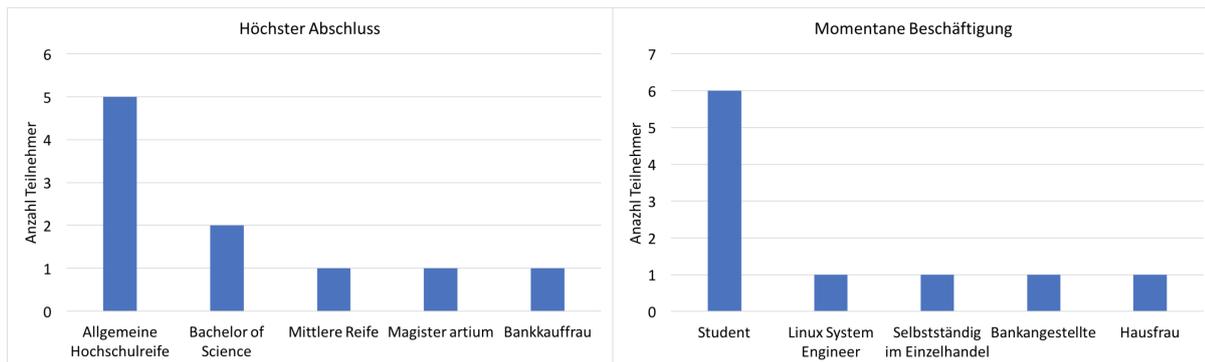


Abbildung 6.1.: *Links:* Höchste Abschlüsse der Teilnehmer. *Rechts:* Momentane Beschäftigungen der Teilnehmer.

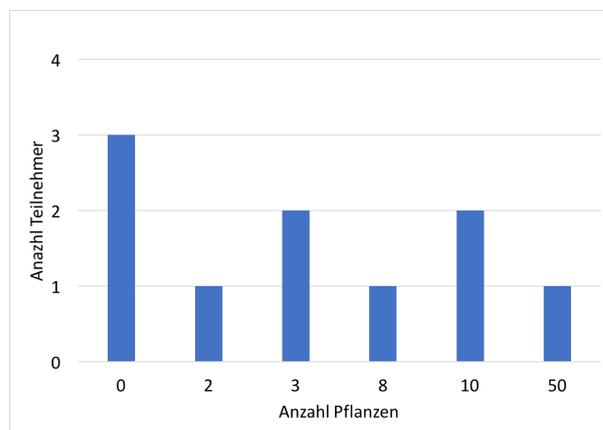


Abbildung 6.2.: Anzahl der Pflanzen, die die Teilnehmer besaßen.

richtigungsdarstellung aufgeklärt. Dabei wurde ihnen die mit dem Benachrichtigungssystem ausgestattete Pflanze übergeben. Diese installierten die Teilnehmer bei sich zu Hause. Per Email erhielten sie den ersten Online-Fragebogen über demografische Daten und den bisherigen Bezug zu Pflanzen, den sie zu Beginn der Studie ausfüllen sollten, siehe Anhang A.3. Für zwei Wochen wurden die Teilnehmer benachrichtigt, sobald die Pflanze der Studie gegossen werden muss. Am Ende der Studie erhielten die Teilnehmer den zweiten Online-Fragebogen über Gefallen, Unterstützung, Nützlichkeit, Wahrnehmung und Zeitpunkte der Benachrichtigungen.

6.4. Teilnehmer

Insgesamt haben zehn Teilnehmer an der Studie teilgenommen. Diese waren zwischen 22 und 60 Jahre alt (Mittelwert = 32,8, Standardabweichung = 14,5). Davon waren fünf Teilnehmer weiblich und fünf männlich. Unter anderem, wie in Abbildung 6.1 *Links* sichtbar, hatten fünf Teilnehmer die allgemeine Hochschulreife als höchsten Abschluss angegeben, zwei hatten

6. Studie

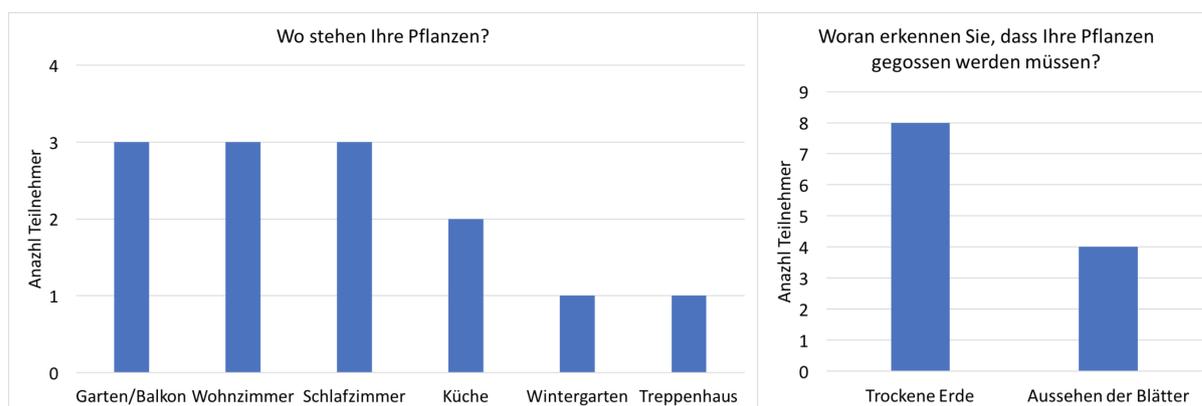


Abbildung 6.3.: Links: Standorte der Pflanzen bei den Teilnehmer. Rechts: Aussagen der Teilnehmer, woran sie erkennen, wann ihre Pflanzen gegessen werden müssen.

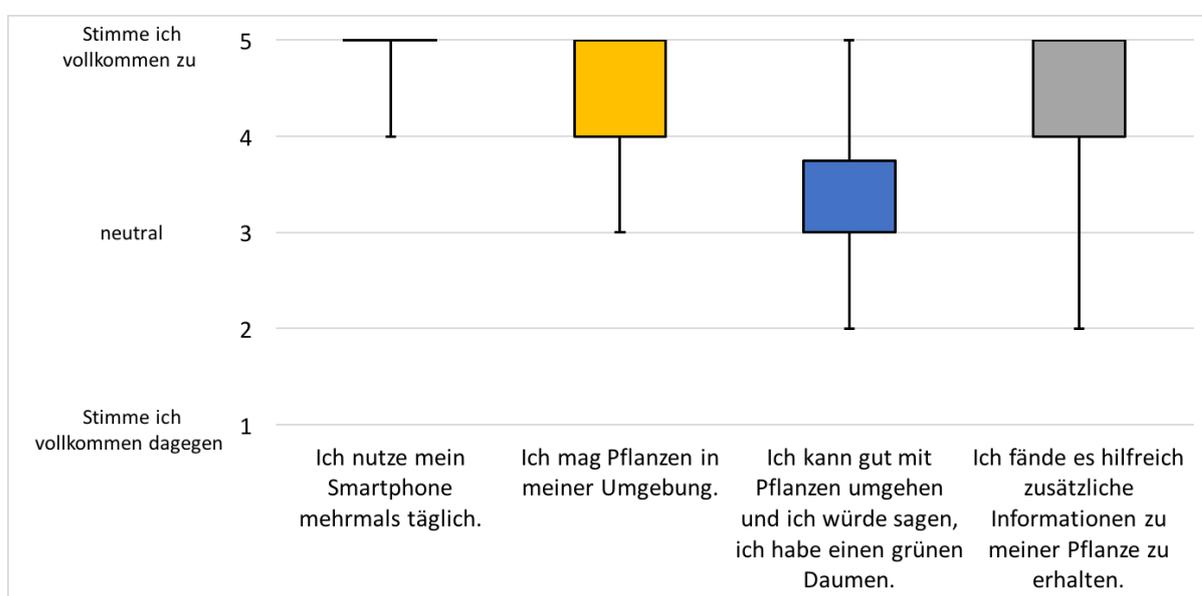


Abbildung 6.4.: Ergebnisse der Fragen mit Likert-Skala aus dem Fragebogen zu Hintergrundinformationen der Teilnehmer.

einen Bachelor of Science. Zur Zeit der Studie waren sechs Teilnehmer Studenten, siehe Abbildung 6.1 *Rechts*. Sechs der Teilnehmer lebten in einem Dreipersonenhaushalt, drei in einem Vierpersonenhaushalt und einer in einem Fünfpersonenhaushalt. Dabei handelte es sich um studentische Wohngemeinschaften, Eltern oder Familien mit jugendlichen oder erwachsenen Kindern. Die Teilnehmer wurden über ihr Nutzungsverhalten mit Smartphones befragt. Dabei stimmten acht der zehn Teilnehmer der Aussage „Ich nutze mein Smartphone mehrmals täglich.“ vollkommen zu, zwei stimmten zu, siehe Abbildung 6.4. Schließlich wurden die Teilnehmer über ihren Bezug zu Pflanzen befragt. Bei der Aussage „Ich mag Pflanzen in meiner Umgebung.“ stimmten vier Teilnehmer vollkommen zu, fünf stimmten zu und einer stimmte ab,

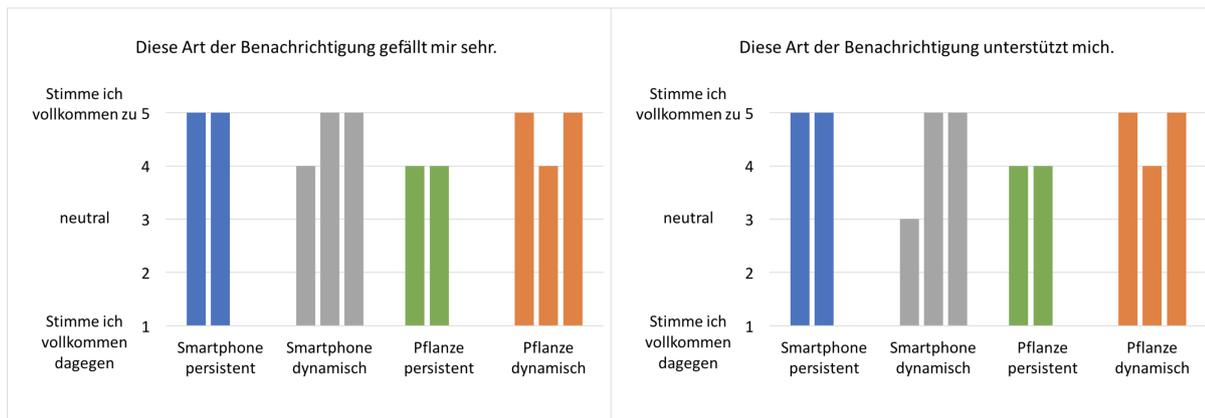


Abbildung 6.5.: Ergebnisse der Likert-Skalen zu Gefallen (*links*) und Unterstützung (*rechts*) von persistenter Benachrichtigung / Pushnachrichten am Smartphone oder Beleuchtung der Pflanze in Grün, Gelb, Rot / Gelb, Rot.

wie in Abbildung 6.4 zu sehen. Dabei kommentierte einer der zustimmenden Teilnehmer, dass er häufig vergessen würde, die Pflanzen zu gießen. Der Aussage „Ich kann gut mit Pflanzen umgehen und ich würde sagen, ich habe einen grünen Daumen.“, stimmte ein Teilnehmer vollkommen zu, zwei stimmten zu, fünf stimmten neutral ab und zwei stimmten nicht zu, siehe Abbildung 6.4. Zu der Frage, wie viele nicht künstliche Pflanzen die Teilnehmer besitzen, antworteten drei mit keine, drei mit eine bis fünf, drei mit fünf bis zehn und einer mit über zehn, siehe Abbildung 6.2. Dabei besaßen die Teilnehmer am häufigsten Orchideen, Grünstauden und Kakteen als Pflanzenarten. Bei den meisten Teilnehmern befanden sich die Pflanzen im Garten oder auf dem Balkon, im Wohnzimmer oder im Schlafzimmer, siehe Abbildung 6.3 *Links*. Die Zimmerpflanzen der Teilnehmer werden circa ein bis zweimal in der Woche von ihnen gegossen, die Pflanzen draußen im Sommer täglich. Dabei gießen vier Teilnehmer, die Pflanzen besitzen, ihre Pflanzen unterschiedlich oft. Auf die Frage, woran die Teilnehmer erkennen, dass Pflanzen gegossen werden müssen, antworteten acht Teilnehmer, dass sie dies anhand von trockener Erde erkennen, vier am Aussehen der Blätter, beispielsweise durch Hängen oder Verfärbung der Blätter, siehe Abbildung 6.3 *Rechts*. Der Aussage „Ich fände es hilfreich zusätzliche Informationen zu meiner Pflanze zu erhalten.“ stimmten drei Teilnehmer vollkommen zu, fünf stimmten zu, einer stimmte nicht zu und ein weiterer gab keine Angaben an, wie in Abbildung 6.4 zu sehen.

6.5. Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden als Erstes die Likert-Skalen zu den Aussagen der Fragebögen ausgewertet. Anschließend werden die Antworten der Teilnehmer zu den Fragen vorgestellt. Zum Schluss werden die Daten, die während der Studie aufgezeichnet wurden, präsentiert.

6. Studie

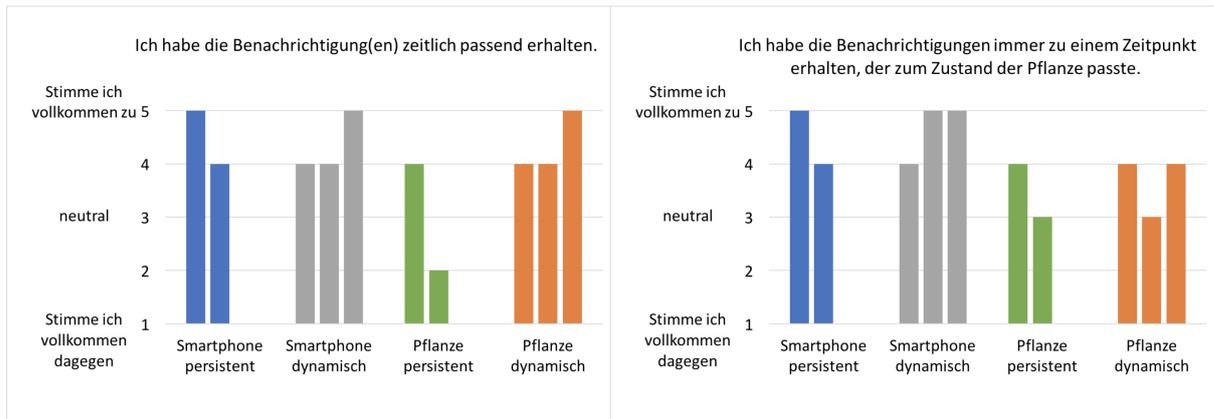


Abbildung 6.6.: Ergebnisse der Likert-Skalen zu passenden Zeitpunkten für Teilnehmer (*links*) und Pflanze (*rechts*) von persistenter Benachrichtigung / Pushnachrichten am Smartphone oder Beleuchtung der Pflanze in Grün, Gelb, Rot / Gelb, Rot.

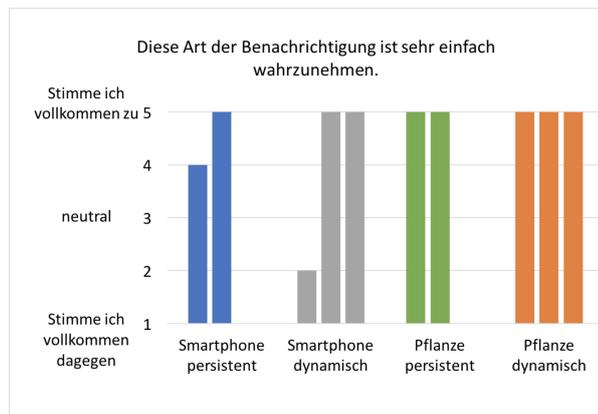


Abbildung 6.7.: Ergebnisse der Likert-Skala zu Wahrnehmung von persistenter Benachrichtigung / Pushnachrichten am Smartphone oder Beleuchtung der Pflanze in Grün, Gelb, Rot / Gelb, Rot.

6.5.1. Einschätzungen zu den Benachrichtigungsdarstellungen

Um die einzelnen Likert-Skalen der Fragebögen über die Benachrichtigungsdarstellungen auszuwerten, werden Kruskal-Wallis-Tests verwendet. Zu der Aussage „Diese Art der Benachrichtigung gefällt mir sehr.“ ist zwischen den vier verschiedenen Benachrichtigungsdarstellungen keine signifikante Differenz feststellbar ($p > 0,05$). Es wird verglichen, wie sehr die einzelnen Darstellungen den Teilnehmern gefielen. Dabei stimmten alle Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung auf dem Smartphone vollkommen zu, wie in Abbildung 6.5 *links*. Zwei der drei Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung auf dem Smartphone stimmten ebenfalls vollkommen zu, einer stimmte zu. Alle Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmten zu. Zwei Teilnehmer der dynamischen Benachrichtigung

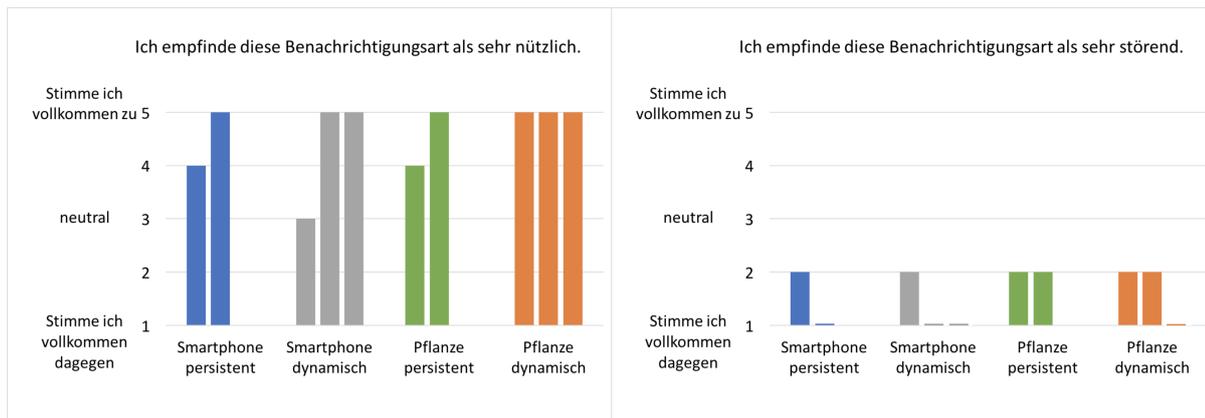


Abbildung 6.8.: Ergebnisse der Likert-Skalen zu Nützlichkeit (*links*) und Stören (*rechts*) von persistenter Benachrichtigung / Pushnachrichten am Smartphone oder Beleuchtung der Pflanze in Grün, Gelb, Rot / Gelb, Rot.

tigung an der Pflanze stimmten vollkommen zu, wobei ein Teilnehmer kommentierte, dass sofort erkenntlich sei, wie es der Pflanze ginge, vorausgesetzt er befinde sich regelmäßig im selben Raum wie diese. Ein weiterer Teilnehmer stimmte der Aussage zu.

Auch bei der Aussage „Diese Art der Benachrichtigung unterstützt mich.“ zeigt sich keine signifikante Differenz ($p > 0,05$). Dabei wird verglichen, wie sehr die vier Benachrichtigungsdarstellungen die Teilnehmer unterstützten. Alle Teilnehmer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung stimmten vollkommen zu, siehe Abbildung 6.5 *rechts*. Zwei Teilnehmer der dynamischen Smartphonebenachrichtigung stimmten der Aussage vollkommen zu, einer stimmte neutral ab. Alle Teilnehmer der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmten zu. Bei der dynamischen stimmten zwei Teilnehmer vollkommen zu, einer stimmte zu.

Zu der Aussage „Ich habe die Benachrichtigung(en) zeitlich passend erhalten.“ ist ebenfalls keine signifikante Differenz feststellbar ($p > 0,05$). Hierbei wird verglichen, wie passend die Benachrichtigungen der vier Benachrichtigungsdarstellungen erhalten wurden. Bei der persistenten Smartphonebenachrichtigung stimmte ein Teilnehmer vollkommen zu, der andere stimmte zu, wie in Abbildung 6.6 *links* zu sehen. Ein Teilnehmer mit der dynamischen Smartphonebenachrichtigung stimmte vollkommen zu. Zwei weitere stimmten zu, wobei ein Teilnehmer kommentierte, dass eine Benachrichtigung morgens, immer zur selben Zeit, vorteilhaft wäre, wenn die Pflanze im Laufe des Tages gegossen werden müsse. Bei der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmte einer zu. Ein anderer stimmte nicht zu, wobei dieser kommentierte, dass er die Pflanze nur selten in Gelb beleuchtet gesehen habe, sondern nur in Grün oder Rot und er sich daher eine längere Gelbphase wünsche. Bezüglich der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze stimmte ein Teilnehmer vollkommen zu. Zwei stimmten zu, wobei auch hier ein Teilnehmer kommentierte, dass die Gelbphase zu kurz sei, um wirklich nützlich zu sein.

Auch bei der Aussage „Ich habe die Benachrichtigungen immer zu einem Zeitpunkt erhalten, der zum Zustand der Pflanze passte.“ zeigt sich keine signifikante Differenz zwischen den vier verschiedenen Benachrichtigungsdarstellungen ($p > 0,05$). Es wird verglichen, wie die Zustände der Pflanzen waren, als die Benachrichtigungen von den Teilnehmern erhalten wurden. Dazu stimmte einer der zwei Teilnehmer mit persistenter Smartphonebenachrichtigung vollkommen zu, der andere stimmte zu, siehe Abbildung 6.6 *rechts*. Zwei Teilnehmer mit dynamischer Smartphonebenachrichtigung stimmten vollkommen zu und ein weiterer stimmte zu. Bei der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmte einer zu und einer stimmte neutral ab. Der Aussage stimmten zwei der drei Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze zu. Ein weiterer Teilnehmer stimmte neutral, wobei er in einem Kommentar beschrieb, dass die Positionierung des Sensors kritisch sei, denn wenn er nicht tief genug in der Erde stecke, könne er auch bei feuchter Erde Trockenheit messen.

Ebenfalls keine signifikante Differenz ist bei den Ergebnissen zu der Aussage „Diese Art der Benachrichtigung ist sehr einfach wahrzunehmen.“ feststellbar ($p > 0,05$). Dabei wurde verglichen, wie einfach die vier Benachrichtigungsdarstellungen wahrgenommen wurden. Dabei stimmte einer der zwei Teilnehmer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung vollkommen zu, wobei er kommentierte, dass bei der täglichen Benutzung die Benachrichtigung im Blick sei und bei Gelegenheit darauf reagiert werden könne, siehe Abbildung 6.7. Ein weiterer stimmte zu. Von den Teilnehmern mit der dynamischen Smartphonebenachrichtigung stimmten zwei vollkommen zu, einer stimmte dagegen. Bei der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmten alle Teilnehmer der Aussage vollkommen zu, genauso wie auch alle Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze. Dabei kommentierte ein Teilnehmer der dynamischen Benachrichtigung, dass es hilfreich sei, wenn noch nicht die Gewohnheit bestehe, die Feuchtigkeit der Erde täglich zu prüfen.

Bei der Aussage „Ich empfinde diese Benachrichtigungsart als sehr nützlich.“ zeigt sich keine signifikante Differenz ($p > 0,05$). Es wurde verglichen, für wie nützlich die Teilnehmer die Benachrichtigungsdarstellungen empfanden. Ein Teilnehmer der persistenten Smartphonebenachrichtigung stimmte vollkommen zu, der andere stimmte zu, wie in Abbildung 6.8 *links* sichtbar. Bei der dynamischen Smartphonebenachrichtigung stimmten zwei vollkommen zu und einer stimmte neutral ab. Ein Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmte vollkommen zu, ein weiterer stimmte zu. Alle Teilnehmer der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze stimmten vollkommen zu.

Auch zu der Aussage „Ich empfinde diese Benachrichtigungsart als sehr störend.“ ist keine signifikante Differenz feststellbar ($p > 0,05$). Hierbei wurde verglichen, wie störend die Teilnehmer die Benachrichtigungsdarstellungen fanden. Ein Teilnehmer der persistenten Smartphonebenachrichtigung stimmte dagegen, ein weiterer stimmte vollkommen dagegen, siehe Abbildung 6.8 *rechts*. Bei der dynamischen Smartphonebenachrichtigung stimmten zwei dagegen und einer vollkommen dagegen. Alle Teilnehmer der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze stimmten dagegen. Zwei der drei Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung stimmten dagegen, wobei ein Teilnehmer kommentierte, dass die Helligkeit der Beleuchtung entweder nach Uhrzeit, Umgebung oder nach Wünschen des Nutzers anpassbar sein sollte.

Er erschrak sich, als plötzlich der Raum mit gelbem Licht erhellt wurde. Ein weiterer stimmte vollkommen dagegen. Die Kruskal-Wallis-Tests konnten keine signifikanten Differenzen zwischen den vier verschiedenen Benachrichtigungsdarstellungen zeigen.

6.5.2. Rückmeldungen zu den Benachrichtigungsdarstellungen

Schließlich wurden den Teilnehmern in den Fragebögen noch Fragen mit Textantworten gestellt. Zu der Frage, in welcher Situation die Benachrichtigungen wahrgenommen wurden, antwortete ein Teilnehmer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung, dass diese vor allem tagsüber wahrgenommen wurden. Ein weiterer antwortete, dass diese vor allem wahrgenommen wurden, wenn in der Freizeit nebenher das Smartphone genutzt wurde. Drei Teilnehmer mit der dynamischen Smartphonebenachrichtigung nahmen diese wahr, wenn sie auf ihr Smartphone schauten, davon ein Teilnehmer durch Vibration dessen. Die persistente Benachrichtigung an der Pflanze wurde von einem Teilnehmer wahrgenommen wenn diese zu Hause waren, von dem anderen wenn das Zimmer mit der Pflanze betreten wurde oder nach dem Schlafen. Bei einem Teilnehmer wurde die dynamische Benachrichtigung an der Pflanze durch Vorbeigehen vor allem morgens und abends wahrgenommen, bei zweien durch Arbeiten am Schreibtisch oder Betreten des Zimmers.

Auf die Frage, wie schnell die Teilnehmer auf die Benachrichtigung, nachdem sie diese wahrgenommen hatten, reagierten, antwortete ein Teilnehmer mit persistenter Smartphonebenachrichtigung, dass er sofort reagierte, der andere innerhalb der nächsten 24 Stunden. Ein Teilnehmer mit dynamischer Smartphonebenachrichtigung reagierte sofort, einer innerhalb der nächsten 30 Minuten oder wenn die Benachrichtigung nachts kam, nach dem Aufstehen. Ein weiterer Teilnehmer reagierte, sobald er in der Nähe war. Bei der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze reagierten alle Teilnehmer sofort. Ebenfalls alle Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze hatten so schnell wie möglich nach der Wahrnehmung reagiert.

Anschließend wurden die Teilnehmer gefragt, wie ihnen die Benachrichtigungsdarstellung gefallen hat. Dabei antwortete einer der zwei Teilnehmer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung, dass ihm gefallen habe, dass angezeigt werde, wie es der Pflanze gehe und wann sie gegossen werden müsse. Der andere antwortete, dass der Zustand der Pflanze schnell abrufbar und in der Freizeit immer im Blickfeld sei. Drei Teilnehmern mit der dynamischen Smartphonebenachrichtigung gefiel, dass ihnen mitgeteilt wurde, wenn die Pflanze gegossen werden müsse und einer der drei antwortete, dass er so nicht an der Pflanze überprüfen müsste, ob sie Wasser bräuchte. Allen Teilnehmern der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze gefiel, dass sie sofort den Zustand der Pflanze sehen konnten. Bei der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze antwortete einer, dass er nicht selbst überprüfen müsse, ob die Pflanze gegossen werden müsse, welches die Pflanzenhaltung erleichtere. Einem Teilnehmer gefiel, dass die Pflanze durch die Beleuchtung mehr Charakter erhalte und das Rot zum Gießen antreiben würde. Einem weiteren gefiel, dass die Pflanze schön beleuchtet werde, wenn sie Wasser benötige.

Auf die Frage, was den Teilnehmern nicht gefalle, antwortete einer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung, dass bei längerem Ignorieren der Benachrichtigung eine aufdringliche Nachricht erscheinen solle. Der andere beantwortete die Frage nicht. Zwei der drei Teilnehmer mit der dynamischen Smartphonebenachrichtigung antworteten ebenfalls nicht auf die Frage, einer antwortete, dass ihm nicht gefalle, dass keine Vorhersage angezeigt werde, wann ungefähr die Pflanze das nächste Mal gegossen werden müsse. Alle Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze antworteten, dass die Helligkeit der Beleuchtung, beispielsweise mit mehreren Pflanzen, als störend empfunden werden könne, vor allem im Dunkeln. Ein Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze antwortete, dass er die Farbe Gelb so gut wie nie gesehen hätte, sondern die Pflanze fast nur in Rot angeleuchtet gewesen wäre. Einer antwortete, dass ihm nicht gefiel, dass für die Pflanze Strom gebraucht werde, sodass mögliche Stellplätze limitiert seien und auch das Kabel nur schwer verkleidet werden könne. Zudem gefiel dem Teilnehmer nicht, dass die Positionierung des Sensors für die Messungen empfindlich sei. Einem weiteren gefiel nicht, dass er nicht überprüfen konnte, ob das System noch funktionierte, da die Beleuchtung erst eingeschaltet wurde, sobald die Pflanze Wasser benötigte.

Zuletzt wurden die Teilnehmer nach Verbesserungsvorschlägen und Anmerkungen gefragt. Dabei schlug ein Teilnehmer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung vor, eine Versionsnummer in der Applikation angezeigt zu bekommen. Der andere antworteten nicht auf die Frage. Bei der dynamischen Smartphonebenachrichtigung antwortete ein Teilnehmer, dass er dieses System für die eigenen Pflanzen gebrauchen könnte. Ein weiterer schlug eine Vorhersage vor, die anzeige, wann die Pflanze als nächstes gegossen werden müsse. Ein Teilnehmer machte keine Angaben. Einer der zwei Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze machte den Vorschlag, die Beleuchtung zu dimmen, und einer schlug vor, die Positionierung des Sensors robuster zu machen, sodass dieser nicht den Kontakt zur Erde verlieren könne. Zwei Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung schlugen vor, die Phase, in der die Beleuchtung gelb ist, zu verlängern, sodass diese öfter wahrgenommen werde. Einer machten den Vorschlag, einen Lichtsensor an dem Topf zu installieren, damit sich die Helligkeit der Beleuchtung an die Umgebung anpasse und die Kabel weniger sichtbar seien. Ein weiterer schlug vor, die Beleuchtung regelmäßig anzuschalten oder einen Testknopf einzubauen, um zu testen, ob das System noch funktioniere. Dabei schlug er ebenso vor, ein Display oder Ähnliches an dem Topf anzubringen, welches die Feuchtigkeit anzeige und eine geschätzte Vorhersage, wann die Pflanze wieder gegossen werden müsse.

6.5.3. Auswertung der Messdaten

Während der Studie wurden die Prozentwerte der Feuchtigkeit, wie in Abschnitt 5.3 besprochen, inklusive Zeitstempel aufgezeichnet. Daraus wird ermittelt, wie häufig die Teilnehmer die Pflanze gegossen haben, wie viele Stunden im Schnitt zwischen Benachrichtigung und Gießen vergangen sind und wie es der Pflanze erging, bevor gegossen wurde. Um die Werte der vier

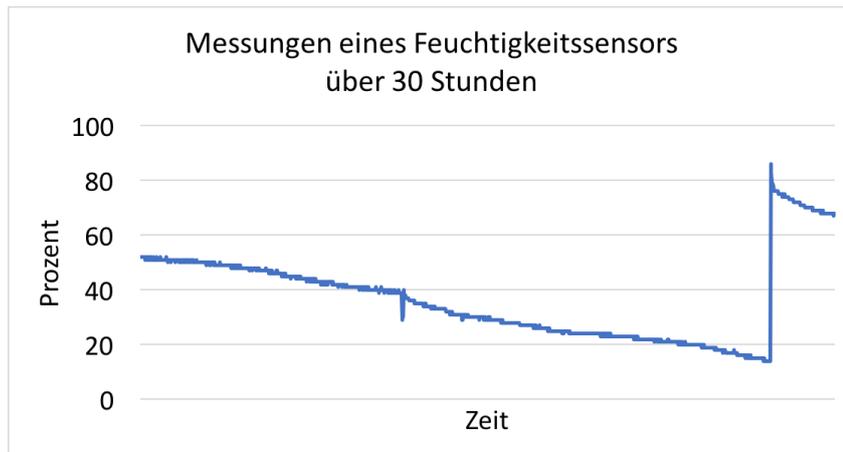


Abbildung 6.9.: Verlauf der Feuchtigkeitswerte eines Sensors in einem Zeitraum von 30 Stunden. Der Teilnehmer hatte die persistente Benachrichtigung auf dem Smartphone. Das Gießen ist erkennbar durch den starken Ausschlag nach oben. Gegossen hat der Teilnehmer bei 14%.

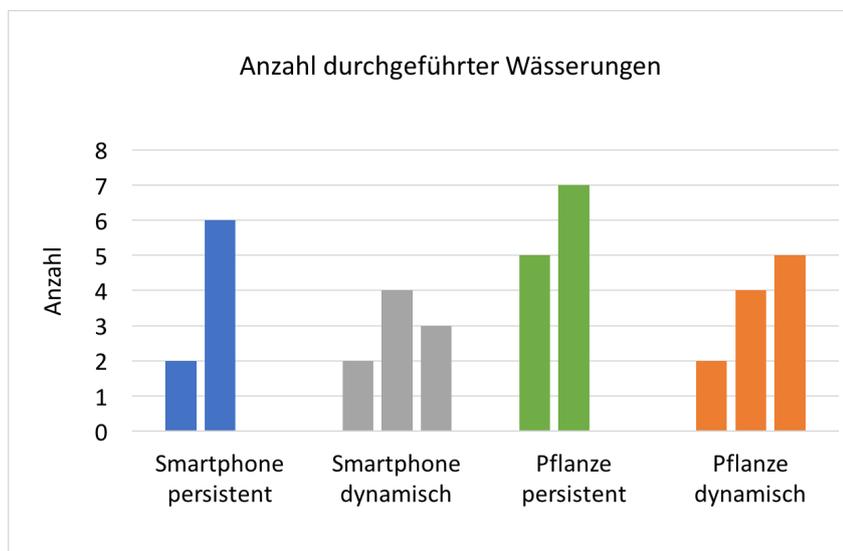


Abbildung 6.10.: Anzahl, wie oft die Pflanzen der Teilnehmer während der Studie gegossen wurden, gruppiert nach den vier Benachrichtigungsdarstellungen.

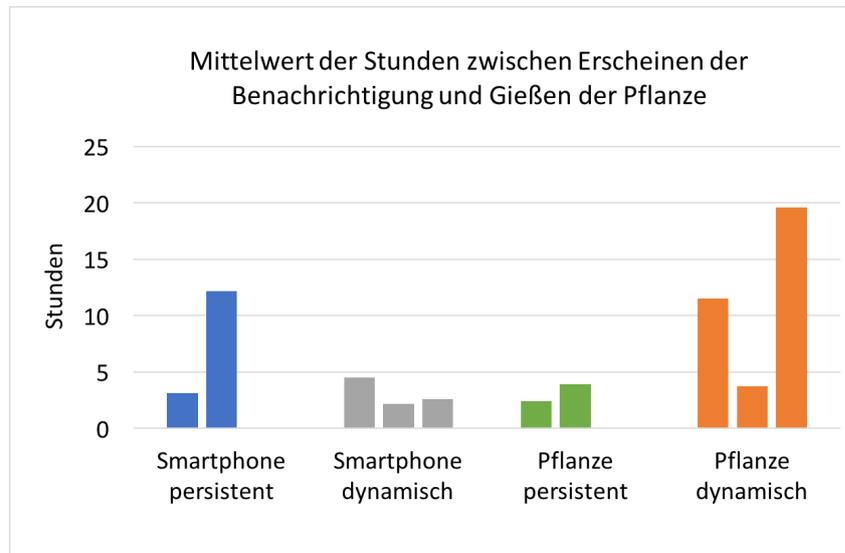


Abbildung 6.11.: Gemittelte Stundenanzahl pro Teilnehmer, die zwischen dem Erscheinen der Benachrichtigung und dem Gießen der Pflanze vergangen ist, gruppiert nach den vier Benachrichtigungsdarstellungen.

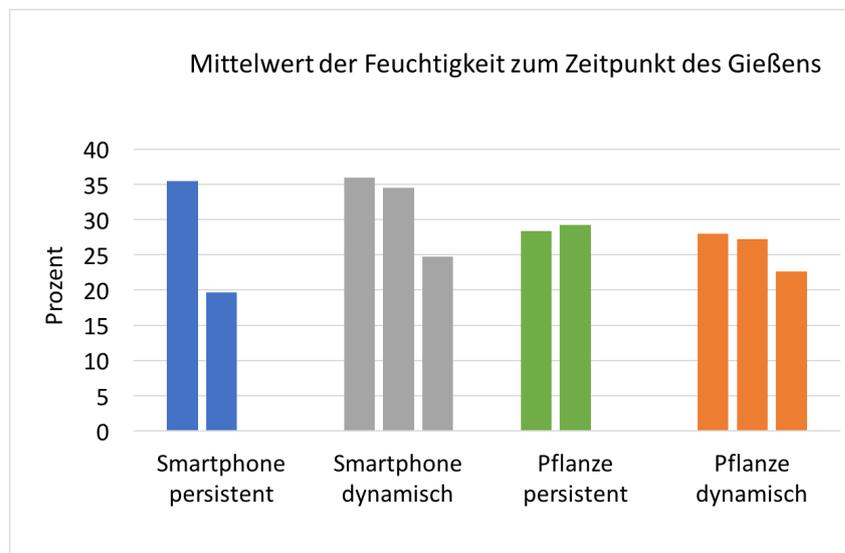


Abbildung 6.12.: Gemittelte Feuchtigkeitswerte, die die Pflanzen der Teilnehmer direkt vor dem Gießen hatten, gruppiert nach den vier Benachrichtigungsdarstellungen.

Darstellungsarten miteinander vergleichen zu können, werden einfaktorielle Varianzanalysen durchgeführt.

Bei der Anzahl, wie oft die Teilnehmer in den zwei Wochen ihre erhaltene Pflanze gegossen hatten, lässt sich keine signifikante Differenz zwischen den vier Benachrichtigungsdarstellungen feststellen ($p > 0,05$). Dabei gossen die Teilnehmer der persistenten Smartphonebenachrichtigung zwei- bis sechsmal (Mittelwert = 4; Standardabweichung = 2,83), siehe Abbildung 6.10. Die Teilnehmer mit der dynamischen Smartphonebenachrichtigung zwei- bis viermal (Mittelwert = 3; Standardabweichung = 1). Fünf- bis siebenmal gossen die Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze (Mittelwert = 6; Standardabweichung = 1,41), zwei- bis fünfmal die Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung (Mittelwert = 3,67; Standardabweichung = 1,52).

Um den Zeitraum zwischen dem Erscheinen der Benachrichtigung und dem Gießen der Pflanze unter den vier Darstellungsarten vergleichen zu können, werden die Stunden pro Teilnehmer gemittelt, wie in Abbildung 6.11 gezeigt. Es zeigt sich keine signifikante Differenz zwischen den vier Benachrichtigungsdarstellungen ($p > 0,05$). Dabei lag die Zeit bei den Teilnehmern mit persistenter Smartphonebenachrichtigung im Durchschnitt zwischen drei und zwölf Stunden (Mittelwert = 7,65; Standardabweichung = 6,4), bei den Teilnehmern mit dynamischer Smartphonebenachrichtigung zwischen zwei und viereinhalb Stunden (Mittelwert = 3,1; Standardabweichung = 1,24). Bei den Teilnehmern mit persistenter Benachrichtigung an der Pflanze wurden im Schnitt zwischen zwei und vier Stunden gemessen (Mittelwert = 3,14; Standardabweichung = 1,05), bei den Teilnehmern mit dynamischer Benachrichtigung zwischen vier und 19 Stunden (Mittelwert = 11,62; Standardabweichung = 7,93).

Des Weiteren wird ermittelt, welchen Feuchtigkeitswert die Pflanzenerde im Schnitt direkt vor dem Gießen hatte, um herauszufinden, wie es der Pflanze zu diesem Zeitpunkt erging, siehe Abbildung 6.12. Auch hier zeigt sich keine signifikante Differenz zwischen den vier Benachrichtigungsdarstellungen ($p > 0,05$). Dabei lagen die Feuchtigkeitswerte bei den Teilnehmern mit persistenter Smartphonebenachrichtigung im Durchschnitt zwischen 19,7% und 35,5% (Mittelwert = 27,6; Standardabweichung = 11,17). Bei den Teilnehmern mit dynamischer Smartphonebenachrichtigung lag der Wert im Schnitt zwischen 24,7% und 36% (Mittelwert = 31,73; Standardabweichung = 6,14). Der durchschnittliche Feuchtigkeitswert der Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze lag zwischen 28,4% und 29,29% (Mittelwert = 28,85; Standardabweichung = 0,63), bei den Teilnehmern mit der dynamischen Benachrichtigung zwischen 22,6% und 28% (Mittelwert = 25,59; Standardabweichung = 2,93).

6.6. Zusammenfassung und Diskussion

Um herauszufinden, welche der vier verschiedenen Benachrichtigungsdarstellungen sich für ein intelligentes Heimgerät am Beispiel einer ausgerüsteten Pflanze besser eignet, wurde eine

zweiwöchige Studie mit zehn Teilnehmern durchgeführt. Dabei lagen die Wertungen der Teilnehmer bei allen Aussagen über Gefallen, Unterstützung, Zustand der Pflanze und Nützlichkeit zwischen vollkommener Zustimmung und Neutralität, siehe Abbildungen 6.5, 6.6 *rechts* und 6.8 *links*. Den Teilnehmern gefiel vor allem, dass sie nicht selbst überprüfen mussten, ob die Pflanze Wasser brauchte und sie erinnert wurden sie zu gießen. Sehr gut fanden die Teilnehmer, dass der Zustand der Pflanze sofort abgerufen werden konnte, wenn sich diese oder das Smartphone in der Nähe befand. Zudem gefiel den Teilnehmern mit der Benachrichtigung an der Pflanze die Beleuchtung. Bei der Aussage, ob die Benachrichtigungen zeitlich passend erhalten wurden, stimmte ein Teilnehmer mit der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze dagegen, zu sehen in Abbildung 6.6 *links*. Einige Teilnehmer empfanden die Phase, in der die Pflanze in Gelb beleuchtet wird, bei der persistenten und der dynamischen Benachrichtigung, für zu kurz und bekamen die Pflanze meist nur rot leuchtend zu sehen. Auch bei der Aussage über die Wahrnehmung der Benachrichtigung stimmte ein Teilnehmer nicht zu, siehe Abbildung 6.7. Dieser erhielt dynamische Smartphonebenachrichtigungen. Ein Grund könnte sein, dass das Smartphone zum Zeitpunkt des Empfangs der Benachrichtigung in unmittelbarer Nähe des Nutzers sein muss, damit er diese wahrnimmt. Zudem muss die Vibration oder der Ton des Smartphones eingeschaltet sein. Des Weiteren wurden die Benachrichtigungsdarstellungen nicht als störend empfunden. Die Teilnehmer der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze merkten an, dass die Beleuchtung nach Umgebung oder Empfinden anpassbar sein sollte. Dabei lässt sich vermuten, dass das Abschalten der Beleuchtung in der Nacht vorteilhaft ist. Das Abschalten der Smartphonebenachrichtigungen über Nacht scheint nicht notwendig. Die meisten Nutzer erhalten viele verschiedene Benachrichtigungen auf ihrem Smartphone, wie in der Arbeit von Pielot et al. gezeigt wurde, daher lässt sich vermuten, dass diese über Nacht meist ab- oder lautlos geschaltet werden [PCO14].

Es wurde kritisiert, dass die Positionierung des Sensors schwierig sei. Steckt er zu tief in der Erde, kann es sein, dass die Erde an der Stelle länger feucht bleibt als an anderen Stellen. Ist der Sensor nicht tief genug in der Erde, kann es sein, dass er Trockenheit misst, die Erde jedoch noch feucht ist. Zudem wünschten sich einige Teilnehmer eine Vorhersage, wann sie die Pflanze ungefähr das nächste Mal gießen müssen. Dadurch könnten Nutzer, die tagsüber nicht zu Hause sind, abwägen, ob sie die Pflanze bereits morgens gießen müssen oder es noch bis abends reicht. Ein weiterer Wunsch bei der persistenten Smartphonebenachrichtigung war, zusätzlich noch eine Pushnachricht zu erhalten, wenn die Pflanze nach längerer Zeit noch nicht gegossen wurde. Es besteht das Risiko, dass der Nutzer vergisst, den Zustand der Pflanze auf seinem Smartphone regelmäßig zu überprüfen.

Es zeigt sich, dass die Pflanzen über die Benachrichtigungsdarstellungen hinweg unterschiedlich oft gegossen wurden, siehe Abbildung 6.10. Dies hängt jedoch unter anderem davon ab, wie stark die Sonneneinstrahlung am Standort der Pflanze ist und welche Temperaturen sich dort befinden. Des Weiteren hängt die Anzahl davon ab, wie groß die Wassermengen sind, die ein Nutzer der Pflanze verabreicht. Gibt er der Pflanze nur wenig Wasser, muss diese demnächst wieder gegossen werden, gibt er ihr viel, kann es sein, dass sie erst nach mehreren Tagen wieder gegossen werden muss. Einen großen Unterschied zwischen den Versuchsgruppen gibt es bei der durchschnittlichen Stundenzahl zwischen Erscheinen der Benachrichtigung

und Gießen der Pflanze, wie in Abbildung 6.11 zu sehen. Dabei brauchten die Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze und die Teilnehmer mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung am längsten. Wie in Abbildung 6.12 dargestellt, gossen die meisten Teilnehmer häufig schon nach der ersten Benachrichtigung, die darauf hinweist, dass die Pflanze demnächst Wasser benötigt. Bei den Versuchsgruppen mit der dynamischen Benachrichtigung an der Pflanze und der persistenten Smartphonebenachrichtigung, gab es Teilnehmer, die die Pflanze häufig erst nach der zweiten Benachrichtigung gossen, die darauf hinweist, dass sie dringend Wasser benötigt. Bei der Benachrichtigung an der Pflanze ist ausschlaggebend, an welchem Standort sich die Pflanze befindet. Steht sie in einem Raum, der nur selten besucht wird, so fällt eine Änderung des Zustands nicht sofort auf. Ist sie jedoch auf einem Schreibtisch, an dem sehr häufig gearbeitet wird, wird eine Änderung sehr schnell bemerkt. Die persistente Smartphonebenachrichtigung wird erst nach selbstständigem Überprüfen wahrgenommen, während durch Pushnachrichten und Beleuchtung der Nutzer darauf aufmerksam gemacht wird. So kann der Zustand, dass die Pflanze Wasser benötigt, schon eine gewisse Zeit vorhanden sein, ohne dass der Nutzer dies mitbekommt. Nimmt der Nutzer die Smartphonebenachrichtigung, unabhängig davon ob persistent oder dynamisch, zwar sehr schnell wahr, ist aber nicht in der Nähe der Pflanze, so kann er diese auch nicht gießen. Zudem gilt für alle Benachrichtigungsdarstellungen, dass der Nutzer die Pflanze nur gießen kann, wenn sie für ihn erreichbar ist.

Statistisch gesehen zeigen sich keine signifikanten Differenzen zwischen den vier Benachrichtigungsdarstellungen. Dies liegt vor allem an der geringen Anzahl zwischen zwei und drei Teilnehmern pro Versuchsgruppe. Eine weitere Einschränkung ist, dass jedem Teilnehmer nur eine Benachrichtigungsdarstellung zugewiesen wurde. Ein klarer Favorit unter den vier Benachrichtigungsdarstellungen ist nicht erkennbar. Bei allen vier zeigen sich Vor- und Nachteile.

7. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde untersucht, wie Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte visuell dargestellt werden können. Es wurden verwandte Arbeiten über Benachrichtigungen präsentiert und diskutiert. Zu Beginn wurde auf Arbeiten über Benachrichtigungen intelligenter Geräte eingegangen. Dabei zeigte sich, dass Nutzer Benachrichtigungen bevorzugt auf dem Smartphone erhalten [WVKH16]. Die Nutzer müssen täglich eine hohe Anzahl an Benachrichtigungen bewältigen [PCO14]. Diese führen jedoch zu Unterbrechungen von Aufgaben [CHW04; IH10]. Daraufhin wurde auf Arbeiten mit Benachrichtigungen in intelligenten Umgebungen eingegangen. Diese untersuchten, wo Nutzer Benachrichtigungen in intelligenten Umgebungen erhalten möchten und wie groß die Akzeptanz dieser ist [VKR08; VMW+16; VSW16]. Zuletzt wurden Arbeiten über ambiente Darstellungsarten von Benachrichtigungen vorgestellt. Diese zeigten, dass Benachrichtigungen bevorzugt durch Farben wiedergegeben werden [MHC+15; MKHB16; MRC+15]. Es wurde festgestellt, dass Darstellungsarten von Benachrichtigungen intelligenter Heimgeräte bisher nur wenig untersucht und getestet wurden.

Um herauszufinden, wie Benachrichtigungen eines intelligenten Geräts visuell dargestellt werden sollen, wurden zwei Fokusgruppen durchgeführt. Dabei wurde eine Pflanze als Anwendungsobjekt für ein beispielhaftes intelligentes Heimgerät gewählt. Die Teilnehmer bevorzugten die Anzeige des Wasserbedarfs an der Pflanze durch Farben oder auf dem Smartphone. Daraufhin wurde das Konzept des zu entwickelnden Benachrichtigungssystem vorgestellt. Dieses System benachrichtigt den Nutzer über zwei Zustände. Zum einen, wenn die Pflanze demnächst gegossen werden muss, zum anderen, wenn sie dringend gegossen werden muss. Eine Darstellungsart der Benachrichtigungen ist die Beleuchtung der Pflanze. Dabei gibt es zwei Benachrichtigungsdarstellungen. Persistent mit den Farben Grün, Gelb und Rot sowie dynamisch mit Gelb und Rot. Eine andere Darstellungsart ist eine Applikation auf dem Smartphone. Ebenso gibt es auch hier zwei Benachrichtigungsdarstellungen. Eine persistente Benachrichtigung und Pushnachrichten als dynamische Benachrichtigungen. Anschließend wurde auf die Architektur und die Implementierung des Systems eingegangen.

Um die vier verschiedenen Darstellungsarten miteinander vergleichen zu können und zu untersuchen, ob die Benachrichtigungen bevorzugt auf dem Smartphone oder an der Pflanze dargestellt werden sollen, wurde eine Studie durchgeführt. Die Laufzeit der Studie betrug zwei Wochen. Zehn Teilnehmer nahmen insgesamt teil. Jeder Teilnehmer erhielt eine mit dem System ausgerüstete Pflanze und wurde zufällig einer Benachrichtigungsdarstellung zugewiesen. Dabei konnte durch die geringe Anzahl an Teilnehmern kein klarer Favorit der vier Darstellungsarten festgestellt werden. Jedem Teilnehmer gefiel seine Benachrichtigungsdarstellung.

Es zeigte sich bei der persistenten Benachrichtigung an der Pflanze, dass die Helligkeit der Beleuchtung anpassbar sein sollte. Zudem wurde bei beiden Benachrichtigungsdarstellungen an der Pflanze kritisiert, dass die Farbe Gelb für den Zustand, dass die Pflanze demnächst gegossen werden muss, zu kurz angezeigt wird. Teilnehmer mit der dynamischen Benachrichtigungsdarstellung an der Pflanze und mit der persistenten Smartphonebenachrichtigung brauchten am längsten zwischen Erscheinen der ersten Benachrichtigung und dem Gießen der Pflanze. Zudem wünschte sich ein Teilnehmer mit persistenter Smartphonebenachrichtigung eine Pushnachricht, wenn er den Zustand der Pflanze zu lange ignoriere. Dynamische Smartphonebenachrichtigungen waren für einen Teilnehmer schwer wahrnehmbar.

Die Ergebnisse der Studie sind von verschiedenen Faktoren, wie beispielsweise dem Standort der Pflanze, der Benutzung des Smartphones sowie dem Berufsleben der Teilnehmer abhängig. Dabei deuten sie an, dass eine persistente Smartphonebenachrichtigung in Vergessenheit geraten und eine dauerhafte Beleuchtung des Heimgeräts als störend empfunden werden könnten. Zudem zeigte sich, dass farbiges Licht eine geeignete Darstellung von Benachrichtigungen ist.

Ausblick

Die Ergebnisse der Studie geben Einblicke darin, welche Benachrichtigungsdarstellungen für intelligente Heimgeräte geeignet sein könnten. Durch die Durchführung einer Langzeitstudie könnten sich die vier Benachrichtigungsdarstellungen besser voneinander abgrenzen lassen, um so klare Favoriten zu finden. Dabei sollte jeder Teilnehmer jede Darstellungsbenachrichtigung für circa zwei Wochen testen. Dadurch erhalten die Teilnehmer einen direkten Vergleich und können so feststellen, welche der vier Darstellungen sie präferieren.

In zukünftiger Arbeit könnten die gesammelten Vorschläge der Teilnehmer umgesetzt werden. Dazu könnte zum einen der Zustand, dass die Pflanze demnächst gegossen werden sollte, länger dargestellt werden. Dadurch wäre bei der Benachrichtigung an der Pflanze eine längere Beleuchtung in Gelb sichtbar. Zum anderen könnte ein Helligkeitssensor die Stärke der Beleuchtung regeln, sodass diese an die Umgebung angepasst wäre.

Abgesehen davon, dass das entwickelte Benachrichtigungssystem ebenso für andere intelligente Heimgeräte genutzt werden könnte, könnte es auch auf mehrere Pflanzen erweitert werden. So wäre es möglich, in der Applikation alle Pflanzen, gekennzeichnet durch Namen oder ähnlichem, in einer Liste nach ihrem aktuellen Wasserbedarf aufzureihen. In der persistenten Benachrichtigung könnte diese Liste angezeigt werden. Bei der dynamischen Smartphonebenachrichtigung würde der Name der jeweiligen Pflanze angezeigt werden. Mit dieser Erweiterung könnte ebenfalls eine Studie durchgeführt werden, in der erneut die zwei Darstellungsarten, auf dem Smartphone und am intelligenten Heimgerät, verglichen werden. Dabei wäre interessant zu erfahren, welche der vier Benachrichtigungsdarstellungen durch die gestiegene Anzahl an intelligenten Heimgeräten besser geeignet wäre. Schließlich wäre

dadurch eine relativ große Zahl an Benachrichtigungen, wie in der Arbeit von Voit et al. vorhergesagt, gegeben [VSW16].

A. Anhang

A.1. Arduino Bibliotheken

Name der Bibliothek	Kategorie
ESP8266WiFi.h	Kernbibliothek für WiFi
DNSServer.h	Lokaler DNS Server
ESP8266WebServer.h	Lokaler Web Server
WiFiManager.h	WiFi Verbindungsmanager
NeoPixelBus.h	Ansteuerung der LEDs

Tabelle A.1.: Tabelle der genutzten Arduino Bibliotheken in Kapitel 5.

A.2. Android Bibliotheken

Name der Bibliothek	Kategorie
com.google.firebase.iid.FirebaseInstanceId	Erhalten einer ID von Firebase
com.google.firebase.iid.FirebaseInstanceIdService	Erhalten einer ID von Firebase
com.google.firebase.messaging.FirebaseMessagingService	FCM
com.google.firebase.messaging.RemoteMessage	FCM
org.json.JSONException	Verarbeitung von JSON-Dateien
org.json.JSONObject	Verarbeitung von JSON-Dateien
org.json.JSONTokener	Verarbeitung von JSON-Dateien

Tabelle A.2.: Tabelle der genutzten Android Bibliotheken in Kapitel 5.

A.3. Fragebögen der Studie



In dieser Umfrage wollen wir Sie zu ein paar Hintergrundinformationen befragen.

Teil A: Allgemeines

A1. Alter:

A2. Geschlecht:

weiblich

männlich

A3. Höchster Abschluss

A4. Momentane Beschäftigung:

A5. Wer wohnt noch im Haushalt?

Teil B: Hintergrundinformationen

B1. Ich nutze mein Smartphone mehrmals täglich.

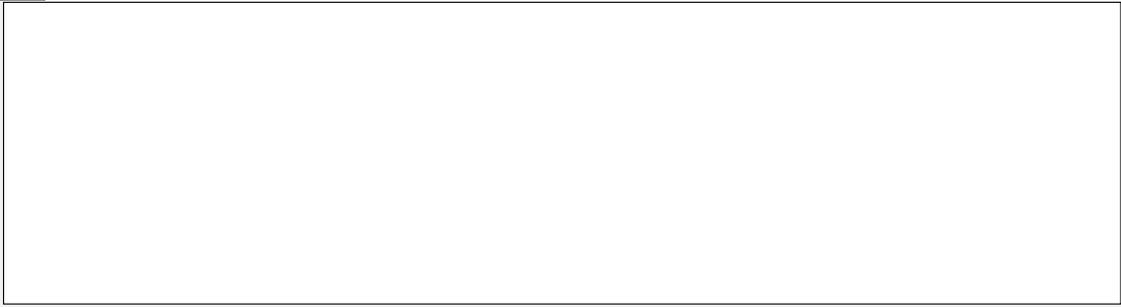
Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu



Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Studie!



In dieser Umfrage wollen wir Sie über Ihre Eindrücke der zuletzt erhaltenen Feedbackmethode befragen.

Teil A: Eindrücke

A1. Diese Art der Benachrichtigung gefällt mir sehr.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu

A2. Diese Art der Benachrichtigung unterstützt mich.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu



A3. Ich habe die Benachrichtigung(en) zeitlich passend erhalten.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu

A4. Ich habe die Benachrichtigungen immer zu einem Zeitpunkt erhalten, der zum Zustand der Pflanze passte.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu

A5. Diese Art der Benachrichtigung ist sehr einfach wahrzunehmen.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu



A6. Ich empfinde diese Benachrichtigungsart als sehr nützlich.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu

A7. Ich empfinde diese Benachrichtigungsart als sehr störend.

Stimme ich überhaupt nicht zu

Stimme ich nicht zu

Stimme ich weder nicht zu noch stimme ich zu

Stimme ich zu

Stimme ich vollkommen zu



A8. In welchen Situationen bzw. wo wurde die Benachrichtigung wahrgenommen?

A9. Wie schnell haben Sie auf die Benachrichtigung reagiert, nachdem Sie diese wahrgenommen haben?

A10. Mir gefällt, dass ...

A11. Mir gefällt nicht, dass ...

A12. Verbesserungsvorschläge und sonstige Anmerkungen:



Vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Studie!

Literaturverzeichnis

- [CHW04] M. Czerwinski, E. Horvitz, S. Wilhite. „A diary study of task switching and interruptions“. In: *Proceedings of the 2004 conference on Human factors in computing systems - CHI '04* 6.1 (2004), S. 175–182. ISSN: 13505084. DOI: [10.1145/985692.985715](https://doi.org/10.1145/985692.985715). URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=985692.985715> (zitiert auf S. 17, 19, 26, 69).
- [Coo10] D. Cook. *Intermediate Robot Building*. Apress, 2010. ISBN: 9781430227557. DOI: [10.1007/978-1-4302-2755-7](https://doi.org/10.1007/978-1-4302-2755-7) (zitiert auf S. 42).
- [Goo17] Google Inc. *Firestore Cloud Messaging*. 2017. URL: <https://firebase.google.com/docs/cloud-messaging/> (zitiert auf S. 48).
- [IH10] S. T. Iqbal, E. Horvitz. „Notifications and awareness: A field study of alert usage and preferences“. In: *Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work - CSCW '10* (2010), S. 27–30. DOI: [10.1145/1718918.1718926](https://doi.org/10.1145/1718918.1718926). URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1718918.1718926> (zitiert auf S. 19, 26, 69).
- [KPD16] K. Kushlev, J. Proulx, E. W. Dunn. „Silence Your Phones“. In: *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '16* January (2016), S. 1011–1020. DOI: [10.1145/2858036.2858359](https://doi.org/10.1145/2858036.2858359). URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2858036.2858359> (zitiert auf S. 20, 26).
- [KVWS16] T. Kubitzka, A. Voit, D. Weber, A. Schmidt. „An IoT infrastructure for ubiquitous notifications in intelligent living environments“. In: *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct - UbiComp '16* (2016), S. 1536–1541. DOI: [10.1145/2968219.2968545](https://doi.org/10.1145/2968219.2968545). URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2968219.2968545> (zitiert auf S. 22).
- [MDH+03] J. Mankoff, A. K. Dey, G. Hsieh, J. Kientz, S. Lederer, M. Ames. „Heuristic evaluation of ambient displays“. In: *Proceedings of the conference on Human factors in computing systems - CHI '03* 5 (2003), S. 169. ISSN: 1941-6237. DOI: [10.1145/642611.642642](https://doi.org/10.1145/642611.642642). URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=642611.642642> (zitiert auf S. 23).
- [MFP+12] H. Müller, J. Fortmann, M. Pielot, T. Hesselmann, B. Poppinga, W. Heuten, N. Henze, S. Boll. „Ambix: Designing Ambient Light Information Displays“. In: *The ACM conference on Designing Interactive Systems* (2012) (zitiert auf S. 17, 24, 26).

- [MHC+15] A. Matviienko, W. Heuten, V. Cobus, H. Müller, J. Fortmann, A. Löcken, S. Boll, M. Rauschenberger, J. Timmermann, C. Trappe, W. Heuten. „Deriving design guidelines for ambient light systems“. In: *Proceedings of the 14th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia - MUM '15* 30-Novembe.Mum (2015), S. 267–277. DOI: [10.1145/2836041.2836069](https://doi.org/10.1145/2836041.2836069). URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2836041.2836069> (zitiert auf S. 24, 26, 37, 69).
- [MKHB16] H. Müller, A. Kazakova, W. Heuten, S. Boll. „Supporting efficient task switching in a work environment with a pervasive display“. In: *Proceedings of the 5th ACM International Symposium on Pervasive Displays - PerDis '16* (2016), S. 13–19. DOI: [10.1145/2914920.2915003](https://doi.org/10.1145/2914920.2915003). URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2914920.2915003> (zitiert auf S. 24–26, 37, 69).
- [MMHM11] S. Maan, B. Merkus, J. Ham, C. Midden. „Making it not too obvious: The effect of ambient light feedback on space heating energy consumption“. In: *Energy Efficiency* 4.2 (2011), S. 175–183. ISSN: 1570646X. DOI: [10.1007/s12053-010-9102-6](https://doi.org/10.1007/s12053-010-9102-6) (zitiert auf S. 17, 23).
- [MPO13] H. Müller, M. Pielot, R. de Oliveira. „Towards ambient notifications“. In: *Interact, Workshop Proceedings* (2013) (zitiert auf S. 24).
- [MRC+15] A. Matviienko, M. Rauschenberger, V. Cobus, J. Timmermann, J. Fortmann, A. Löcken, H. Müller, C. Trappe, W. Heuten, S. Boll. „Towards New Ambient Light Systems: a Close Look at Existing Encodings of Ambient Light Systems“. In: *IXD&A Journal Special issue on: Designing for Peripheral Interaction: seamlessly integrating interactive technology in everyday life* 26 (2015), S. 10–24. ISSN: 22832998 18269745 (zitiert auf S. 24, 26, 69).
- [PCO14] M. Pielot, K. Church, R. de Oliveira. „An In-Situ Study of Mobile Phone Notifications“. In: *Proc. MobileHCI '14* (2014), S. 233–242. DOI: [10.1145/2628363.2628364](https://doi.org/10.1145/2628363.2628364). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2628363.2628364> (zitiert auf S. 17, 20, 26, 66, 69).
- [PS06] Z. Pousman, J. Stasko. „A taxonomy of ambient information systems: four patterns of design“. In: *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces* (2006), S. 67–74. DOI: [10.1145/1133265.1133277](https://doi.org/10.1145/1133265.1133277). URL: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1133265.1133277> (zitiert auf S. 23).
- [The17] The Math Works, Inc. *ThingSpeak™*. 2017. URL: <https://de.mathworks.com/help/thingspeak/> (zitiert auf S. 47).
- [VKR08] M. H. Vastenburg, D. V. Keyson, H. Ridder. „Considerate Home Notification Systems: A Field Study of Acceptability of Notifications in the Home“. In: *Personal Ubiquitous Comput.* 12.8 (2008), S. 555–566. ISSN: 1617-4909. DOI: [10.1007/s00779-007-0176-x](https://doi.org/10.1007/s00779-007-0176-x). URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-007-0176-x> (zitiert auf S. 21, 26, 69).

- [VKR09] M. H. Vastenburg, D. V. Keyson, H. de Ridder. „Considerate home notification systems: A user study of acceptability of notifications in a living-room laboratory“. In: *International Journal of Human Computer Studies* 67.9 (2009), S. 814–826. ISSN: 10715819. DOI: [10.1016/j.ijhcs.2009.06.002](https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.06.002) (zitiert auf S. 22).
- [VMW+16] A. Voit, T. Machulla, D. Weber, V. Schwind, S. Schneegass, N. Henze. „Exploring Notifications in Smart Home Environments“. In: *Proceeding MobileHCI '16 Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct* (2016), S. 942–947. DOI: [10.1145/2957265.2962661](https://doi.org/10.1145/2957265.2962661). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2957265.2962661> (zitiert auf S. 21, 26, 37, 69).
- [VSW16] A. Voit, S. Schneegass, D. Weber. „Towards Notifications in the Era of the Internet of Things“. In: *Proceeding IoT'16 Proceedings of the 6th International Conference on the Internet of Things* (2016), S. 173–174. DOI: [10.1145/2991561.2998472](https://doi.org/10.1145/2991561.2998472). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2991561.2998472> (zitiert auf S. 17, 21, 26, 37, 69, 71).
- [WVKH16] D. Weber, A. Voit, P. Kratzer, N. Henze. „In-situ investigation of notifications in multi-device environments“. In: *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing - UbiComp '16*. 2016, S. 1259–1264. ISBN: 9781450344616. DOI: [10.1145/2971648.2971732](https://doi.org/10.1145/2971648.2971732). URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2971648.2971732> (zitiert auf S. 19, 26, 69).

Alle URLs wurden zuletzt am 17.07.2017 geprüft.

Erklärung

Ich versichere, diese Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommene Aussagen als solche gekennzeichnet. Weder diese Arbeit noch wesentliche Teile daraus waren bisher Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens. Ich habe diese Arbeit bisher weder teilweise noch vollständig veröffentlicht. Das elektronische Exemplar stimmt mit allen eingereichten Exemplaren überein.

Ort, Datum, Unterschrift