

Präsenzbewertung im Kommunikationsraum Telefonie

Von der Fakultät für Mathematik und Informatik
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg

genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur
(Dr.-Ing.)

vorgelegt von **Frank Gommlich, M.Sc.**

geboren am 11. Juli 1983 in Dresden

Gutachter: Prof. Dr. Konrad Froitzheim, TU BA Freiberg
Prof. Dr. Albrecht Schmidt, LMU München

Tag der Verleihung: Freiberg, den 10. Januar 2020

Überblick

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung und Evaluierung von Konzepten zur Bewertung der Präsenz einer Person im Kommunikationsraum Telefonie. Dafür werden im ersten Schritt Grundlagen erläutert und ein Konzept zur Lösung der Problemstellung aufgezeigt. Die anschließende Entwicklung eines Prototypen veranschaulicht dieses Konzept. Das dazugehörige modular aufgebaute Framework erlaubt es, zukünftig weitere Parameter in die Präsenzbewertung zu integrieren und so die Präsenzbewertung zu verfeinern. Flexible Anpassungen an zukünftige Mobiltelefonmodelle werden dadurch vereinfacht.

In den ersten beiden Kapiteln dieser Arbeit wird die Bedeutung der Präsenz und im Hinblick dieser Arbeit die “Ständige Erreichbarkeit per Telefon” der Menschen veranschaulicht. Aufgrund von beruflichen aber auch privaten Ursachen ist eine Abhängigkeit von modernen Kommunikationsmitteln offensichtlich. Diese Abhängigkeit wird in dieser Arbeit aufgegriffen und zeigt eine mögliche Lösungsidee, sich von der ständigen Erreichbarkeit etwas abzukoppeln. Eine mögliche Lösung sieht diese Arbeit in der Beantwortung dieser Frage:

Muss ich gerade erreichbar sein?

Die Beantwortung dieser Frage wird in dieser Arbeit als “Präsenzbewertung” bezeichnet. Ein Stellenwert sowie eine umfangreiche Analyse der heutigen Kommunikation in Abhängigkeit zur Präsenz wird betrachtet und erörtert. Es wird ein Bezug zu anderen Forschungsarbeiten zum Thema hergestellt und Vergleiche hergestellt. Im anschließenden Kapitel werden theoretische Vorbetrachtungen aufgezeigt, wie Klassifikatoren zur Präsenzbewertung aussehen können. Es wird geklärt, wie die Klassifikation und demnach die Unterscheidung der verschiedenen Präsenzen, automatisch stattfinden kann.

Die Präsenzbewertung basiert auf der Analyse der Umgebung, den sogenannten Kontext. Dieser wird mit Hilfe des Mobiltelefons und dessen Sensoren analysiert. Bei einer Auswahl von verschiedensten Sensoren in Mobiltelefonen wird gezeigt, wie diese Einfluss auf die Präsenz nehmen können. Neben hardwarebasierten Sensoren, direkt integrierte physikalische Bauteile in Mobiltelefonen, wird auch auf typische softwarebasierte Sensoren Bezug genommen. Aktuelle Uhrzeit, Anruflisten und sogar Schlafzyklen nehmen Einfluss auf das Ergebnis der Präsenzbewertung.

Wie diese genannten Aspekte der heutigen Kommunikation im Alltag berücksichtigt und die Klassifizierung der Präsenz stattfindet, wird im Kapitel Architektur, Design und Implementierung vorgestellt. Einen ersten Eindruck kann der Abbildung 0.1 entnommen werden. Der Prototyp zur Präsenzbewertung wurde als App für Smartphones entwickelt. Die App sammelt mit Hilfe von Kollektordiensten verschiedene Sensorwerte zur Klassifizierung. Das Ergebnis der Präsenzbewertung wird auf eine Erreichbarkeit abgebildet. Für die unterschiedlichen Erreichbarkeiten existieren wiederum verschiedene Signalarten. Die Signalarten beschreiben, wie ein eingehender Anruf auf einem Mobiltelefon signalisiert wird. Ein eingehender Anruf muss nicht immer per Klingelton angezeigt werden. Vibration, Stumm oder sogar eine Weiterleitung auf einen Anrufbeantworter sind Alternativen.

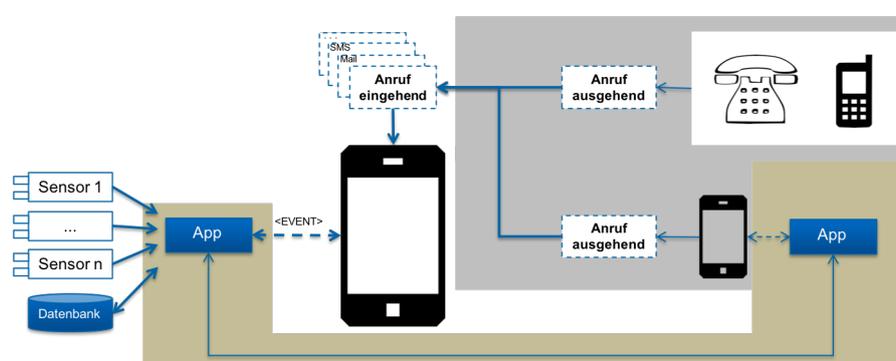


Abb. 0.1.: Modell zur Präsenzbewertung. Die auf einem Mobiltelefon installierte App analysiert den Kontext des Mobiltelefons mit Hilfe von Sensoren. Zur Unterstützung der Präsenzbewertung können kompatible Geräte miteinander kommunizieren.

Bei der Analyse der Sozialen Protokolle hat sich gezeigt, wie unterschiedlich sich Menschen in der Kommunikation verhalten. Das wiederum macht es unabdingbar, dass die Präsenzbewertung ganz individuell für jede Person unterschiedlich erfolgen muss. Die Klassifikationsergebnisse sind von Person zu Person unterschiedlich, auch wenn die Kontexte bei beiden gleich sind. Um umständliche Einstellungen von Präferenzen zu vermeiden, lernt die App selbstständig. Aus diesem Grund findet in der Trainingsphase nach jeder Präsenzbewertung eine Bewertung des Ergebnisses statt, ein Klassifikationstraining. Dieses nimmt anschließend bei zukünftigen Klassifikationen wieder Einfluss auf die Entscheidung.

Im vorletzten Abschnitt findet eine Evaluierung der Klassifizierungsergebnisse statt. Eine Methodik zur Bewertung der Ergebnisse wird vorgestellt und anschließend die Durchführung ausgewertet. Vorwegnehmend lässt sich sagen, dass sehr gute Ergebnisse be-

züglich der Genauigkeit der Präsenzbewertung erzielt werden konnten. Bereits nach ca. 100 Anrufen zeigte die Anwendung ein hohes Maß an korrekten Entscheidungen bezüglich Signalart, insbesondere der Signalart “Klingeln” und “Lautlos”. Die Arbeit endet mit einer Zusammenfassung und zeigt weitere Möglichkeiten auf, wo Präsenzbewertung Meilensteine der Kommunikation im digitalen Zeitalter setzen kann.

Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich keine Unterstützungsleistungen von anderen Personen erhalten. a

Die Hilfe eines Promotionsberaters habe ich nicht in Anspruch genommen. Weitere Personen haben von mir keine geldwerten Leistungen für Arbeiten erhalten, die nicht als solche kenntlich gemacht worden sind.

Die Arbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

10. Januar 2020

Frank Gommlich, M.Sc.

Inhaltsverzeichnis

1. Präsenzbewertung - Eine Erweiterung der modernen Kommunikation	1
1.1. Inhaltliche Einordnung	1
1.2. Stellenwert der Präsenzbewertung	5
2. Kommunikation in Abhängigkeit der Präsenz	9
2.1. Definition von Präsenz	10
2.2. Kommunikation - Soziale Protokolle im Alltag	12
2.2.1. Soziale Protokolle	16
2.2.2. Fallbeispiel: Nonverbale Kommunikation in Büros	21
2.3. Konzept zur Präsenzbewertung	25
2.3.1. Anforderungen an den Präsenzbewerter	26
2.3.2. Kontextanalyse	27
2.3.3. Analyse der Bereitschaft zur Kommunikation	29
2.3.4. Ermittlung der Präsenz	30
2.3.5. Integration der Dringlichkeit	32
2.3.6. Währungsbasierter Ansatz	34
2.4. Forschungsarbeiten zum Thema	35
2.4.1. Ungestörtes Fahren - Bewertung der Präsenz im Auto	35
2.4.2. Lokalisierung eines Mobiltelefons im Fahrzeug	38
2.4.3. Live Addressbook	39
2.4.4. ContextContacts	40
2.4.5. Studentenapp myTU	42
2.5. Ansätze zum Forschungsgebiet überprüft in betreuten Arbeiten	46
3. Klassifizierungsmethoden zur Präsenzbewertung	55
3.1. Aufbau und Kenngrößen von Klassifikatoren	55
3.2. Algorithmen des maschinellen Lernens	59
3.2.1. Entscheidungsbäume	59

3.2.2.	Bayes-Klassifikatoren	62
3.2.3.	Support Vector Machines	65
3.2.4.	Deep Neural Networks	67
3.3.	Marktüberblick - Data Mining Werkzeuge	68
3.3.1.	WEKA	68
3.3.2.	KNIME	69
3.3.3.	RapidMiner	69
3.4.	Zusammenfassung	71
4.	Sensoren zur Kontextanalyse	73
4.1.	Charakterisierung der Sensoren	73
4.2.	Hardwarebasierte Sensoren	75
4.2.1.	GPS	75
4.2.2.	WLAN	80
4.2.3.	Bluetooth	83
4.2.4.	Beschleunigungssensor	84
4.2.5.	Gyroskop	87
4.2.6.	Digitaler Kompass	88
4.2.7.	Mikrofon	89
4.2.8.	Näherungssensor	91
4.2.9.	Helligkeitssensor	92
4.2.10.	Temperatur	93
4.2.11.	Barometer	93
4.2.12.	Ladezustand des Akkumulators	95
4.2.13.	Wearables	96
4.3.	Softwarebasierte Sensoren	96
4.3.1.	Uhrzeit und Datum	96
4.3.2.	Kalender	97
4.3.3.	Adressbuch	100
4.3.4.	Telefonhistorie	101
4.3.5.	Schlafzyklus	103
4.3.6.	Netzwerkumgebung	105
4.3.7.	Lokalisierung	108
4.3.8.	Weitere Sensoren	112

5. Architektur, Design und Implementierung	113
5.1. Komponenten der Präsenzbewertung im Überblick	114
5.2. Infrastruktur und Topologie	117
5.3. Dienste	119
5.3.1. Kollektordienste und Services	119
5.3.2. User Interface Dienste	121
5.4. Ausgewählte Dienste und Schnittstellen	122
5.4.1. Sensor Service	123
5.4.2. Kollektorservice	125
5.4.3. DNS-Server	127
5.4.4. Verbindungsmanagement der Komponenten	130
5.5. Referenzimplementierung	133
5.5.1. Android App AWV - Awareness und Evaluation	134
5.5.2. Signalart	139
5.5.3. Umschalten der Signalart	140
5.5.4. Einschränkung in der Referenzimplementierung	143
5.6. Fallbeispiele für Anrufszenarien	145
5.6.1. Beide Gesprächspartner verwenden die Präsenzbewertungssoftware	145
5.6.2. Nur der Angerufene verwendet die Präsenzbewertungssoftware	149
5.6.3. Nur der Anrufer verwendet die Präsenzbewertungssoftware	150
5.7. Konzept zur Monetarisierung eines Anrufes	150
5.8. Zusammenfassung	152
6. Evaluierung	155
6.1. Methodik	155
6.1.1. Kenngrößenermittlung	155
6.1.2. Vergleich von Klassifikatoren	159
6.2. Durchführung und Auswertung	162
6.2.1. Sammeln von Daten	162
6.2.2. Befragung der Probanden	164
6.2.3. Klassifikationsgenauigkeit eines Probanden	165
6.2.4. Klassifikationsgenauigkeit über alle Probanden	168
6.2.5. Klassifikationsgenauigkeit bei einem 2-Klassenproblem	170
6.2.6. Klassifikationskosten	171
6.3. Zusammenfassung	172

7. Zusammenfassung	175
7.1. Evaluierungsergebnis	177
7.2. Künftiger Ansatz: Präsenzbewertung während eines Gespräches	178
7.3. Futuristisch offene Fragen	180
Abbildungsverzeichnis	181
Tabellenverzeichnis	191
Literatur	195
A. Anhang	207
A.1. Übersicht der Sensorinformationen	207
A.2. Überlegungen zu Tätigkeiten und deren Geschwindigkeiten	212
A.3. Beschleunigungskurven für unterschiedliche Bewegungen	213
A.4. Liste der WLAN Information Elements	217
A.5. Datengrundlage für den Entscheidungsbaum	218
A.6. Bluetooth SDP-Protokollstapel	219
A.7. VAD-Detektierungen nach KUKSHAUSEN	220
A.8. Auswertung der Videoevaluierung	221

1. Präsenzbewertung - Eine Erweiterung der modernen Kommunikation

1.1. Inhaltliche Einordnung

Störung durch Kommunikation ist ein Problem, das Menschen im täglichen Leben erfahren und sorgfältig behandeln. Das Problem Störung durch Kommunikation wird durch die überall, in jeder Tasche präsenten Mobiltelefone auch in die Telekommunikation übertragen. Weil soziale Protokolle in der überbrachten Form mangels Input, beispielsweise Blickkontakt, visuelle Hinweise, (siehe Kapitel 2) nur mangelhaft funktionieren, wird das Problem Störung durch Kommunikation verschärft und für viele schwer erträglich.

Vor dem physischen Dialog zwischen zwei Personen ohne technische Hilfsmittel findet zunächst eine Evaluierung statt, ob der andere Gesprächspartner aufgrund seiner Situation verfügbar und zu einem Gespräch bereit ist. Es wird eine Analyse der Präsenz durch die menschlichen Sinne durchgeführt. Anschließend erfolgt eine Abwägung der eigenen Interessen und Wichtigkeit der Mitteilung gegenüber der zu erwartenden Störung des Kommunikationspartners. Ist dieser beschäftigt und die zu übermittelnden Informationen sind nicht ausreichend wichtig, wird die Kommunikation auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Soll eine Kommunikation stattfinden, wird dies dem Gesprächspartner verbal und nonverbal signalisiert. Daraufhin wird eine Bestätigung oder Ablehnung signalisiert. Die eigentliche verbale Kommunikation kann nun im Fall einer Bestätigung stattfinden oder auch nicht, wenn eine Ablehnung erhalten wurde.

Im Kommunikationsraum Telefonie ist heute dieser beschriebene Vorgang vor einem Gespräch derzeit nicht bzw. nur unzureichend möglich. Der Kommunikationsaufbau erfolgt blind. Das Telefon klingelt immer dann, wenn der Anrufer ein Telefonat führen möchte.

Findet kein Gespräch statt, wird häufig nur wenige Minuten später erneut angerufen. Auch wenn das Gespräch widerwillig angenommen wird, entsteht beim Anrufer stets der Eindruck der Gesprächsbereitschaft. Es kann vorher nicht geklärt werden, in welcher Situation sich der Kommunikationspartner befindet. Diese Problematik nimmt immer mehr zu, da die Verwendung des Telefons sich geändert hat. Mobiltelefone sind ubiquitär, sie sind überall und mittlerweile selbstverständlich. Jeder ist immer und überall erreichbar, da Telefone, insbesondere Mobiltelefone, personengebunden geworden sind. Es hat sich über die Zeit nicht nur das Telefonieverhalten geändert, auch die Kosten pro Gespräch werden immer weniger beziehungsweise sind null aufgrund von Pauschalangeboten, den Flatrates. Es entsteht eine vermeintliche Omnipräsenz, die Allgegenwärtigkeit wird suggeriert, und die Erreichbarkeit wird zur Last. Auch die technischen Mittel zur Herstellung einer Verbindung tragen zur Omnipräsenz bei. So können mittlerweile elektronische Telefonbücher, Anrufverläufe oder eine Sprachsteuerung zum Verbindungsaufbau verwendet werden. Dieser geringer Aufwand ist auch ein Grund, warum Telefonanrufe immer mehr zunehmen.

Viele Menschen haben vor einem Anruf Zweifel, ob der Andere überhaupt angerufen werden möchte oder ob er vom Anruf gerade gestört würde. Es ist wünschenswert, diese Zweifel mit Hilfe eines Tools zu nehmen. Die Gewissheit zu haben, den Anderen jederzeit anrufen zu können, ohne im ungünstigen Moment zu stören, erlaubt spontanes Telefonieren und entspricht auch dem natürlichen Verhalten einer herkömmlichen Kommunikation von Angesicht zu Angesicht. Die Angst der sozialen Kosten vor einer Ablehnung eines Gespräches sollen minimiert werden.

Viele wissenschaftliche Arbeiten über die Präsenzbewertung erörtern nur ein Teilgebiet der Verfügbarkeit. So existieren Arbeiten, wie beispielsweise die von YANG [118] und LINDQVIST [61] über das Thema Ablenkung während der Autofahrt. Diese Ansätze ermitteln, ob der Besitzer eines Telefons gerade am Lenkrad sitzt und das Auto steuert. Sollte ein Anruf eingehen, so verhindert das System automatische den direkten Kommunikationsaufbau zwischen den Gesprächspartnern. In den Arbeiten von RAENTO [85] und [80], PEDERSEN [81] oder beispielsweise CAMPBELL et al. [18] wurden eigenständige Apps entwickelt, die die Gesprächsbereitschaft zum einen über Sensoren ermitteln, zum anderen durch manuelle Eingabe in die App. Diese Verfügbarkeit wird dem Anrufer präsentiert und dieser kann entscheiden, ob der Anruf durchgeführt werden soll. SCHMIDT [96] hat einen ähnlichen Ansatz verfolgt. Er versucht den natürlichen Kommunikationsaufbau wie oben beschrieben wiederzugeben. Bevor ein Anruf durchgeführt

wird, erhält der Anrufer eine Verfügbarkeitsmeldung auf seinem Display visualisiert, die der Gesprächspartner vorher manuell eingestellt hat. Anschließend entscheidet der Anrufer, ob der Anruf durchgeführt werden soll. Dieses Konzept der Präsenzbewertung erfordert allerdings ein ständiges Pflegen der eigenen Präsenz, da diese in dem Ansatz von SCHMIDT [96] nicht selbstständig ermittelt wird. Ein weiterer Ansatz von SCHMIDT ist es, Kontext der Umgebung und des Gerätes selbst, z.B. Orientierung im Raum, einfließen zu lassen [95].

Die Lösung des Problems ist die Integration der Sensoren und Daten des Mobiltelefons, um eine automatische Präsenzbewertung vorzunehmen und den Kommunikationsraum Telefonie dem natürlichen Verhalten anzupassen. Im Gegensatz zu den eben genannten Arbeiten können bessere KI-Algorithmen verwendet werden. Auch sind mittlerweile die Smartphones einfach programmierbar und bieten für die Algorithmen vermutlich ausreichend Rechenleistung.

Im Umgang mit sensiblen, persönlichen Sensordaten stellt sich jedoch auch folgende zentrale Frage:

Wer kann meine Präsenz einsehen?

Aufgabe dieser Arbeit ist es, ein Konzept der Präsenzbewertung im Kommunikationsraum Telefonie zu entwickeln und zu untersuchen. Als Rahmenbedingung sollen folgende Kriterien eingehalten werden: Die Präsenzbewertung möge autonom auf den Endgeräten stattfinden und keine Client-Server-Architektur verwenden. Die Geräte sollen zur Sicherstellung der Skalierbarkeit, der Verfügbarkeit des Services und zum Schutz der Privatsphäre direkt miteinander kommunizieren und Daten austauschen. Die vorliegende Arbeit wird die genannten Aspekte und Probleme der Kommunikation aufgreifen und ein Modell entwickeln, das zum einen selbstständig die Umgebung analysiert und auswertet, also die aktuelle Präsenz bewertet. Zum anderen sollen die gewonnenen Daten genutzt werden, um auf eingehende Anrufe unterschiedlich und individuell zu reagieren. Eine Erweiterung zur booleschen Lösung, einen Anruf anzunehmen oder zu verweigern, ist beispielsweise das Vorschalten eines Anrufbeantworters, die Einstellung der Signalisierungslautstärke beziehungsweise das Hinzuschalten des Vibrationsmodus am Mobiltelefon.

Ein ganz neuer Aspekt ist die Integration einer Art virtuellen Währung. Wie beim direkten Gesprächsaufbau zweier Personen kann der Anrufer entscheiden, wie wichtig

ihm sein Anruf ist. Hier unterstützt die virtuelle Währung. Der Anrufer sieht nicht wie bei anderen Ansätzen die Präsenz des Anzurufenden, ihm wird im Gegensatz dazu eine Gesprächsgebühr mitgeteilt, die vom Gerät des Anzurufenden anhand verschiedener Faktoren berechnet wurde. Das System soll adaptiv arbeiten, d.h. anhand getätigter Anrufe Informationen erfassen und daraus lernen. Beispielsweise könnte ein langes Telefonat darauf schließen lassen, dass es willkommen und interessant war. Die Gebühr würde demnach beim nächsten Anruf dieser Person geringer ausfallen.

Als Integrations- und Experimentierplattform der Arbeit dienen Smartphones. Sie lassen sich einfach durch Apps¹ erweitern und ermöglichen durch umfangreiche SDKs² die direkte Programmierung.

Die Präsenzbewertung ist aber nicht nur für den Endnutzer interessant und hilfreich. Auch für die Provider können sich Vorteile ergeben. Es entstehen für Provider Kosten für Verbindungsaufbau und Gespräch. Diese können reduziert werden, indem bestimmte Gespräche vermieden werden, die aufgrund der ungünstigen Präsenz vorzeitig beendet werden müssten. Im Gegensatz dazu bringt die Präsenzbewertung Vorteile für den Endnutzer bei einer Einzelabrechnung. In diesem Fall kann sich der Anrufer Geld sparen, denn ein zweiter Anruf ist bei passender Präsenz nicht notwendig.

Die Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, Konzepte der Präsenzbewertung zu entwickeln und diese mit Hilfe eines Prototyps in Form einer App zu testen. In einem eigenen mehrwöchigen Experiment worden Formen der Kommunikation in einem typischen Büro aufgezeichnet, analysiert und ausgewertet. Die Erkenntnisse dieser Auswertung zeigten Probleme im Bereich der nonverbalen Kommunikation auf, speziell im Kommunikationsraum Telefonie. Die App löst diese Probleme. Sie arbeitet auf dem Mobiltelefon vollständig autonom und wertet das Benutzerverhalten bei Eintreffen von Ereignissen (bspw. Anruf, SMS oder Erinnerung) aus. So sollen zukünftige Anrufe anhand der aktuellen Präsenz und des Anrufers unterschiedlich bewertet werden. Diese Bewertung erfolgt mit Hilfe eines Klassifizierers, der die Situation des Angerufenen mit Hilfe von Sensoren bewertet und diese einer Präsenz zuordnet. Das System soll modular aufgebaut werden, so dass jederzeit Komponenten (Sensoren, Datenquellen, Lernalgorithmen) hinzugefügt werden können.

¹App: Der Begriff App (englisch für application) hat sich seit 2008 mit der Verbreitung von Smartphones entwickelt. Es handelt sich dabei um ein Programm auf einem mobilen Endgerät.

²SDK: SDK steht für Software Development Kit und ist eine Sammlung von Werkzeugen zur Erstellung von Software. Diese kann aus einer Entwicklungsumgebung, weiterer Software sowie Dokumentation zur SDK bestehen.

1.2. Stellenwert der Präsenzbewertung

Warum spielt die Bewertung der Präsenz, die Bereitschaft und Möglichkeit zum Telefonieren (Definition siehe Kapitel 2.1), speziell im Kommunikationsraum Telefonie eine zunehmend wichtigere Rolle? Studien belegen, dass die Anzahl der aktiven Mobilfunkverträge in Deutschland rasant steigt [34]. Entsprechend steigt auch die Menge der durchgeführten Telefonate und es kommt zunehmend zu Unterbrechungen im Alltag aufgrund von Anrufen, Textnachrichten oder Sofortnachrichten³ und weiteren Benachrichtigungen auf dem Endgerät wie Push-Nachrichten oder Erinnerungen.

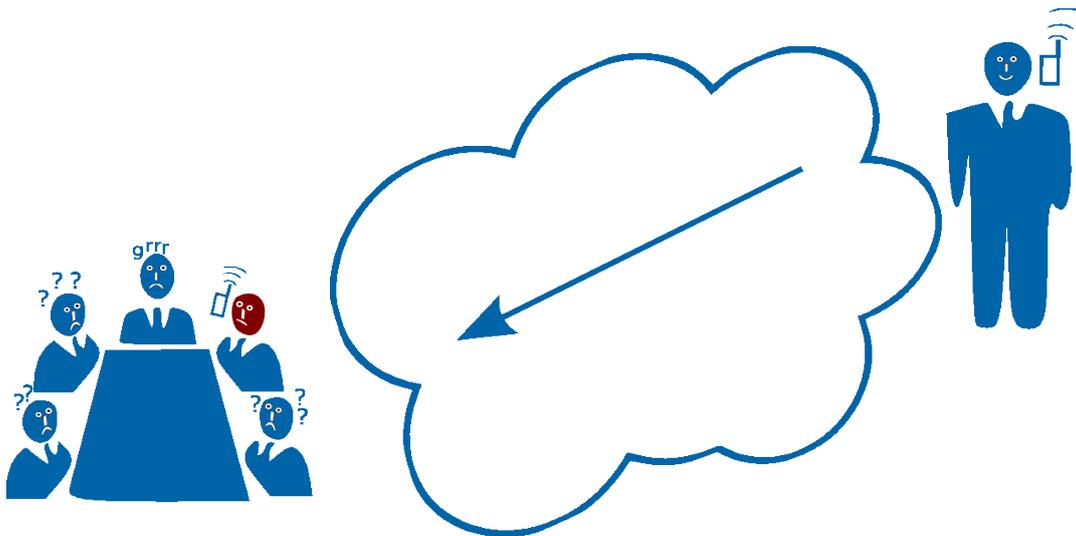


Abb. 1.1.: Veranschaulichung, dass die Situation des anderen innerhalb des Kommunikationsraums Telefonie nicht eingesehen werden kann. Dabei kann es passieren, dass Personen in ungünstigen Situationen angerufen und diese gestört werden. Nicht immer ist es zeitlich passend.

Wissenschaftliche Untersuchungen von CUTRELL et al. ([19] und [50]) beschreiben die Auswirkungen von Unterbrechungen durch Nachrichten am Arbeitsplatz. Das permanente ‚Online Sein‘ und ständige ‚Zugriff Haben‘ auf E-Mails, Börsenkurse, Chatplattformen oder Soziale Netzwerke ist nicht immer von Vorteil. Erste Ansätze zur einfachen Filterung von Nachrichten, speziell E-Mails, gehen bis 1998 zurück. HORVITZ et al. [45] beschreiben ein Verfahren, das die Aufmerksamkeit eines Computerbenutzers anhand seiner Desktop- und Programmaktivität, Umgebungslautstärke, Orts- und Zeitangaben sowie seiner Kalendereintragen charakterisiert. Dieser Erkenntnis stellt HORVITZ die Wichtigkeit eintreffender E-Mails gegenüber und entscheidet, wann der beste Zeitpunkt zur

³Sofortnachrichten, englisch instant messaging, abgekürzt IM, werden beim Chatten zwischen den Kommunikationsteilnehmern ausgetauscht. Sie werden umgehend auf das Endgerät des Anderen versendet.

Benachrichtigung über das Eintreffen neuer E-Mails ist. Zur Klassifizierung der E-Mail werden die folgenden Kriterien ausgewertet:

- *Absender*: Wurde die E-Mail von einer privaten Person geschickt oder ist sie von einer Firma? Welche Beziehung kann zwischen Absender und Empfänger gefunden werden? Steht der Absender eventuell auf einer Whitelist⁴ oder handelt es sich dabei um eine Antwort auf eine vorangehende E-Mail?
- *Empfänger*: Gibt es nur einen Empfänger oder mehrere?
- *Inhalt*: Der Inhalt der E-Mail wird auf bestimmte Begriffe untersucht in Hinblick auf Zeit („by time“ oder „need this soon“) und Datumsangaben, Forderungen („I need“), Wichtigkeitsbegriffe („urgent“).
- *Länge* der E-Mail sowie *Anhänge*.
- *Zeit*: Wann wurde die E-Mail verfasst?

Nach dieser Klassifizierung berechnet die Software von HORVITZ eine Latenzzeit, die beschreibt, wie lange die Benachrichtigung über die neu eingetroffene E-Mail hinausgeschoben werden soll. Das Ergebnis wird, wie in Abbildung 1.2 gezeigt, in einer einfachen Ansicht dargestellt.

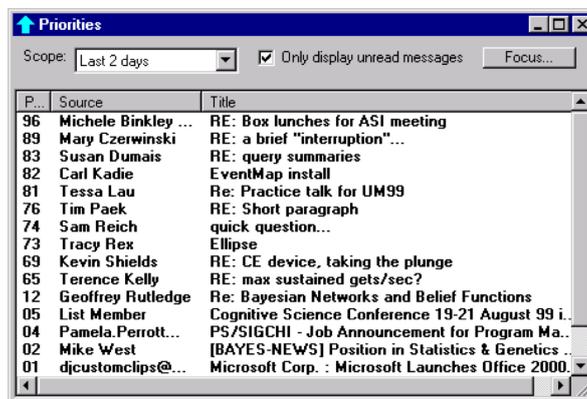


Abb. 1.2.: Neu eingetroffene E-Mails werden anhand von verschiedenen Merkmalen klassifiziert. Die Benachrichtigung des Benutzers erfolgt verzögert anhand seiner Beschäftigung. [45]

MCFARLANE untersuchte als Erster in einer empirischen Studie [70] vier Verfahren beziehungsweise Regeln, wann der beste Zeitpunkt ist, eine Person am Arbeitsplatz mit anderen Informationen beziehungsweise Interaktionsaufgaben zu unterbrechen.

⁴Whitelist, dt. Positivliste, ist eine Sammlung von Einträgen, z.B. Absendern, die vertrauenswürdig eingestuft wurden.

- *Sofortige* Benutzerinteraktion erforderlich. Der Benutzer hat keine Möglichkeit, die Unterbrechung zu verschieben. Er ist aufgefordert, sofort zu handeln.
- *Verhandelbar* ermöglicht es, dass der Benutzer entscheiden kann, ob er die Interaktion ausführen möchte oder auf einen späteren Zeitpunkt verschiebt.
- Bei der *vermittelnden* Variante entscheidet eine Software, wann der bestmögliche Zeitpunkt ist.
- Die vierte Variante erlaubt *geplante* Unterbrechungen. Der Benutzer gibt im Voraus an, wann er Zeit für andere Dinge hat.

MACFARLANE meint richtigerweise, dass sich Computertechnologien und die damit verbundenen Möglichkeiten, unter anderem Multitasking, immer weiterentwickeln und immer mehr ermöglichen. Die metakognitiven Fähigkeiten der Menschen steigern sich allerdings nicht im gleichen Maß mit. Aufgrund dieser Beschränkung kommt es folglich zu einem Konflikt. Der Autor führt auf, dass es 1988 sogar zu einem Absturz eines Flugzeuges aufgrund einer solchen Unterbrechung beim Abhandeln einer Checkliste kam. Auch erkannte MCFARLANE schon 1999, dass das Vorhandensein eines Telefons in der Umgebung und der damit verbundenen Erreichbarkeit zur bewussten Einwilligung zu Unterbrechungen am Arbeitsplatz führt. Innerhalb seiner Studie [70] wurden die vier zuvor genannten Arten der Interaktion untersucht. Die Abhängigkeit von der jeweilig aktuellen Tätigkeit sowie vom Bewertungssystem selbst ist zu groß.

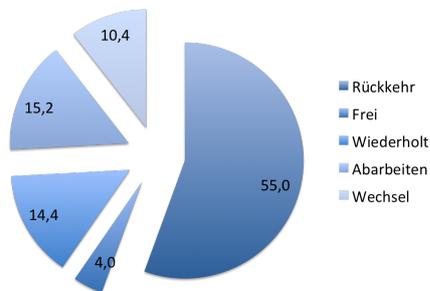


Abb. 1.3.: In welcher Art und Weise wird die Arbeit fortgeführt? Erstaunlicherweise wird in 51 % aller Unterbrechungen die Arbeit nicht dort fortgeführt, wo sie aufgehört hat.

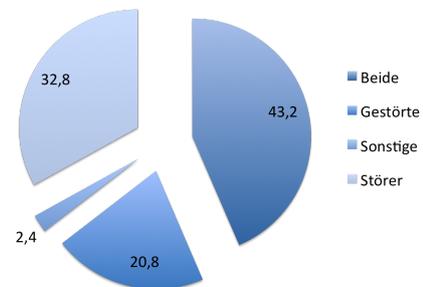


Abb. 1.4.: Das Kreisdiagramm zeigt, wer aus einer Unterbrechung einen Vorteil ziehen kann. In 21 % alle Fälle ergibt sich für den Angerufenen kein Vorteil.

Erste Ansätze der Präsenzbewertung und deren Wichtigkeit sind von O'CONNIL und FROHLICH [79] dokumentiert. Beide untersuchten mit Hilfe von Videoaufnahmen einer

ganzen Woche die Kommunikation am Arbeitsplatz zweier Probanden. Sie fanden heraus, dass diese insgesamt 125-mal bei ihrer Arbeit durch jemand anderen unterbrochen wurden. Pro Stunde kam es zu durchschnittlich ca. vier Unterbrechungen der Probandentätigkeit. Das erscheint nicht viel, zumal die Unterbrechung gemittelt nur knapp zwei Minuten dauerte. Aber wie in Abbildung 1.3 zu sehen ist, wird nur ca. jede zweite Arbeit (55 %) dort fortgeführt, wo sie vorher, also unmittelbar vor der Unterbrechung, zum Stillstand kam. In nur 4 % der Fälle kam es durch die Kommunikationsaufnahme zu keinerlei Störung durch den Kontakt, da der Angefragte gerade nicht gearbeitet hat, beispielsweise aufgrund einer Kaffeepause. Bei 14,4 % wurden die Probanden mehrmals direkt hintereinander abgelenkt, konnten dabei ihre eigentliche Aufgabe nicht fortführen. Knapp 10 % haben nach der Kommunikation an einer anderen Stelle weitergearbeitet und 15,2 % arbeiteten an der Unterbrechung selbst, zum Beispiel aufgrund der dadurch entstandenen neuen Aufgabe. Auch wurde beobachtet, dass fast keine der Unterbrechungen komplett abgelehnt wurde, also keine Priorisierung der eigenen Arbeit stattfand. O'CONNIL und FROHLICH untersuchten auch wer einen Vorteil aus der Unterbrechung ziehen konnte, derjenige mit dem Anliegen, der Gestörte oder beide. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1.4 gezeigt. Ein Drittel aller Ablenkungen bringen demjenigen keinen Vorteil, der unterbrochen wurde. Wie vorher zu vermuten war, hat derjenige mit dem Anliegen knapp 10 % häufiger einen Vorteil.

In dieser Studie werden verschiedene Lösungen vorgeschlagen, unter anderem starre Zeiten pro Tag oder Woche zu definieren, an denen man nicht erreichbar ist und somit nicht gestört werden möchte. Wichtige spontane Fragen und Anliegen können so allerdings nicht immer in der nötigen Schnelligkeit beantwortet werden, selbst dann nicht, wenn innerhalb der zuvor festgelegten Zeit gerade einmal nicht gearbeitet wird. Eine weitere Möglichkeit, die O'CONNIL und FROHLICH sehen, ist die Verlagerung von synchronen Kommunikationsmedien, wie Telefon oder Chat, auf ausschließlich asynchrone Verfahren, also dem Empfänger einer Nachricht die Möglichkeit zu geben, diese zu einem selbstgewählten Zeitpunkt zu beantworten.

2. Kommunikation in Abhängigkeit der Präsenz

Das Kapitel diskutiert den Begriff Präsenz. Im Zusammenhang mit der Präsenz steht auch der Kontext und das Bewusstsein eines jeden Einzelnen. Eine entsprechende Abgrenzung der Begriffe wird vorgenommen. Es werden verschiedene Probleme veranschaulicht, die bei Kommunikation zwischen zwei Personen stattfinden, die sogenannte face-to-face-Kommunikation, im Folgenden als *F2F*-Kommunikation bezeichnet. Schwerpunkt liegt dabei auf der natürlichen Gesprächsinitiierung zwischen Personen, den sogenannten Gesprächsakteuren. Dabei wird aufgezeigt, dass diese Kommunikation klaren sozialen Regeln unterliegt und eine Art Protokoll Anwendung findet. In dieser Arbeit wird für diverse Kommunikationsabläufe der Begriff *Soziales Protokoll* verwendet. Das Fallbeispiel *Nonverbale Kommunikation in Büros* zeigt anschließend spezielle Abläufe Sozialer Protokolle. In Büros lassen sich sehr gut verschiedene Szenarien der Gesprächsinitiierung beschreiben. Das eigentliche Gespräch ist indirekt auch bedeutend, da aus diesem auch Erkenntnisse gezogen werden können, zum Beispiel wie lange dieses stattgefunden hat. Die Abbildung 2.1 abstrahiert die Präsenzbewertung einer Person während der Gesprächsinitiierung. Wenn die Präsenz ein Gespräch zulässt, ist die Initiierung erfolgreich und es findet statt. Die Evaluierung ob die Entscheidung richtig war nimmt wieder Einfluss auf die nächste Bewertung.

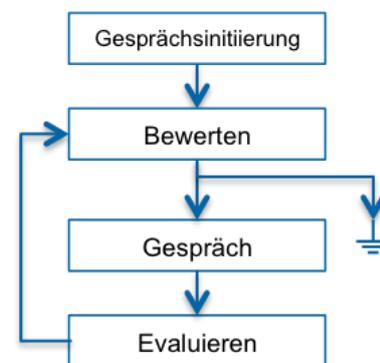


Abb. 2.1.: Präsenzbewertung vor einem Gespräch. Je nach Präsenz findet ein Gespräch statt oder nicht.

2.1. Definition von Präsenz

Im Zusammenhang der Arbeit wird der intuitive Präsenzbegriff, siehe Definition *Präsenz allgemein*, erweitert, da die Präsenz nicht ausschließlich als räumlich-lokale Beziehung interpretiert werden soll. Als Präsenz ist nicht nur die Anwesen- oder Abwesenheit gemeint. Auch die Psychologie versteht unter Präsenz etwas anderes und definiert den Begriff Präsenz als „Zustand des Gegenwärtig seins von Wahrnehmungsinhalten im Bewusstsein. Als unmittelbare Gegenwart wird ein Zeitabschnitt von wenigen Sekunden erlebt“. [7] Das „Gegenwärtig sein von Wahrnehmungsinhalten“ wird in der vorliegenden Arbeit vielmehr auf das Interesse zur Kommunikationsbereitschaft abgebildet.

Definition 2.1 (*Präsenz (allgemein)*)

Der Begriff Präsenz ist sehr allgemein und hat unterschiedliche Bedeutungen je nach Zusammenhang. Bei örtlichen Beziehungen wird unter diesem Begriff eine Anwesenheit einer Person vermutet. Hingegen aus kognitiven Aspekten beschreibt die Präsenz eine Gegenwärtigkeit des Ichs, d.h. ein Individuum nimmt ihr Umfeld bewusst wahr, es ist gegenwärtig.

Daher wird der Begriff Präsenz einer Person, der vorgesehene Kommunikationspartner, für diese Arbeit wie folgt definiert:

Definition 2.2 (*Präsenz*)

Die Präsenz eines Einzelnen setzt sich aus der Bereitschaft zur Kommunikation mit dem Kommunikationspartner sowie der Möglichkeit entsprechend seines Kontextes zur Kommunikation zusammen. Die Präsenz P lässt sich auf den Bereich zwischen 0 und 1 abbilden und ist eine Teilmenge der Reellen Zahlen.

$$\rho \in P \quad \text{mit} \quad P := \{\rho \in R \mid 0 \leq \rho \leq 1\}$$

Definition 2.3 (*Kontext*)

Der Kontext bezieht sich dabei auf jegliche Informationen, die zur Charakterisierung der Situation einer Person herangezogen werden können.

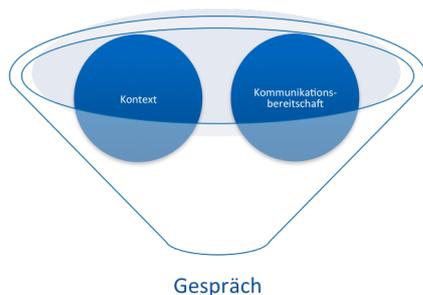


Abb. 2.2.: Die Präsenz eines Kommunikationspartners setzt sich aus der Kommunikationsbereitschaft und dessen Kontext zusammen.

die Bedeutung aus und fügten weitere Bedingungen hinzu. Neben den Personen und Objekten in unmittelbarer Umgebung nehmen u.a. auch Zeit, Temperaturen und andere Umweltaspekte Einfluss auf den Kontext. Aus diesem Grund ist die Definition von DEY [22] für Kontext sehr gut geeignet, denn für die Situationsanalyse im Unterbewusstsein (awareness) spielen viele Faktoren eine Rolle. Die Situation des Gesprächspartners wird aufgrund der kognitiven Fähigkeiten intuitiv eingeschätzt und dabei der Kontext unbewusst analysiert. Abbildung 2.2 veranschaulicht zusammenfassend die Definition von Präsenzbewertung und zeigt die beiden einfließenden Mengen Kontext und Kommunikationsbereitschaft auf.

In einem natürlichen Gespräch entscheidet die eigene Präsenz, ob auf ein direktes Gespräch mit dem Gegenüber (Kommunikationspartner) eingegangen werden kann. Die Präsenz ist sowohl abhängig von der eigenen Kommunikationsbereitschaft für die andere Person als auch des eigenen Kontextes. Die Kommunikationsbereitschaft ist allerdings vom Kommunikationspartner abhängig und ändert sich von Person zu Person. Es gibt bevorzugte Kommunikationspartner und weniger bevorzugte Gesprächspartner. Es kann also sein, dass bei gleichbleibendem Kontext ein Gespräch mit einer Person A zustande kommt, mit einer anderen Person B wiederum nicht. Ändert sich allerdings auch der Kontext, so kann dementsprechend auch eine Kommunikation mit Person B stattfinden beziehungsweise mit Person A nicht zustande kommen. Die kontinuierliche Bewertung der eigenen Präsenz findet im Unterbewusstsein statt und ist Teil der kognitiven Fähigkeiten eines jeden Menschen. Sie spiegeln sich in den Sozialen Protokollen im Alltag (siehe folgendes Kapitel) wider und werden gelernt. Diese Fähigkeiten unterscheiden sich von Individuum zu Individuum, daher ist es schwer möglich, einen festen, einzigen Ablauf zur eindeutigen Bestimmung der Präsenzen zu beschreiben. Es kann allerdings ein

Der Begriff Kontext wurde nach DEY [22] immer wieder unterschiedlich definiert und ist abhängig von den verschiedenen Anwendungsszenarien. 1994 wurde der Begriff *context-aware* durch SCHLIT und THEIMER geprägt [93]. Sie interpretierten *context-aware* als örtliches Bewusstsein durch Personen und andere Objekte in der Umgebung und deren Veränderungen über die Zeit. BROWN et al. [16] und später auch RYAN et al. [89] weiteten

Ansatz (siehe auch Abschnitt 2.2.1) extrahiert werden, der den Ablauf der Präsenzbewertung beschreibt. Ein eindeutiges Ergebnis der Präsenz ist aufgrund der verschiedenen Individuen nicht deterministisch.

Nun wurde schon mehrmals der Begriff Kommunikationsraum verwendet, auch ist im Titel dieser Arbeit der Begriff Kommunikationsraum enthalten. Daher folgt an dieser Stelle die Definition des Begriffes:

Definition 2.4 (*Kommunikationsraum*)

Ein Kommunikationsraum dient zum Austausch von Informationen untereinander und wird aus Diensten und Protokollen zur Kommunikation sowie den dazugehörigen notwendigen Hardwarekomponenten gebildet. Die Teilnehmer, Nutzer des selben Kommunikationsraumes, müssen sich dabei nicht am selben Ort befinden.

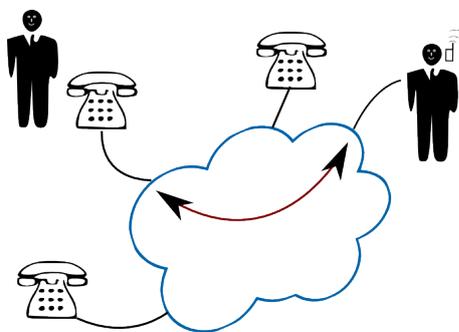


Abb. 2.3.: Beispielhafte Darstellung eines Gespräches im Kommunikationsraumes Telefonie.

Im Kommunikationsraum Telefonie werden zur Kommunikation zwischen zwei oder mehreren Teilnehmern die Endgeräte, Leitungen zur Übertragung sowie Vermittlungsstellen benötigt. Der Dienst ermöglicht die Sprachübertragung am Telefon und übernimmt den Verbindungsaufbau. Weitere Kommunikationsräume sind beispielsweise Chatplattformen, Soziale Netzwerke, und Gruppen in Messengern. Abbildung 2.3 zeigt eine Kommunikationsstruktur im Raum Telefonie.

2.2. Kommunikation - Soziale Protokolle im Alltag

Der Begriff Kommunikation gliedert sich in verbale sowie in nonverbale, auch als averbal bezeichnete, Kommunikation. Wortwörtlich übersetzt bedeutet verbal *mündlich* oder *wörtlich*. Ist demnach eine nicht verbale Kommunikation eine nicht über die Sprache vermittelte Kommunikation?

KNAPP [52] beschreibt diese Art der Kommunikation nicht als eine einfache Trennung zwischen Gesprochenem und nicht Gesprochenem, wie weitverbreitet angenommen wird.

Vielmehr können auch einzelne Bewegungen oder Bewegungsabläufe einzelner Körperteile eine Art Gesprochenes bedeuten, ein einfaches Kopfschütteln zum Beispiel. Man stelle sich außerdem die Sprache der Gehörlosen vor. Diese sprechen förmlich verbal mit ihren Händen ohne wirklich ein Wort zu sprechen. Diese Art der einfachen Übersetzung von Worten in Gesten zählt demnach auch zur verbalen Kommunikation. Allgemein meint KNAPP allerdings auch, dass averbale Ausdrücke eine Art Signal oder Kode sind, die erst durch eine Interpretation des Anderen zu einer Form der Kommunikation werden.

In verschiedenen Literaturquellen (u.a. [63] und [17]) findet sich wiederholt die Aussage, dass die Forschung für nonverbale Kommunikation ihren Ursprung in CHARLES DARWIN habe. In seiner Studie „The expressions of the emotions in man and animals“ [20] beschäftigt sich DARWIN mit der Interpretation nonverbalen Ausdrucksweisen. Eine weitere Definition von LITTLEJOHN und FOSS für nonverbale Kommunikation ist die folgende:

„Most people have an intuitive sense about what nonverbal communication is. Often called body language, it is assumed to include gesture, facial expression, body movement, gaze, dress, and the like to send messages. But the notion of body language is fairly vague and omits a number of important communicative nonverbal elements, such as use of voice, touch, distancing, time, and physical objects as messages. It is the assumption that one cannot not communicate, a claim that has given rise to extended debate on what constitutes non-verbal communication.“ [63]

Auch LITTLEJOHN ist wie KNAPP davon überzeugt, dass viele zuerst an größtenteils intuitive Körpersprache denken, wenn sie den Begriff nonverbale Kommunikation hören. Auch er meint, dass es nicht möglich ist, nicht zu kommunizieren. In Hinblick auf das spätere Fallbeispiel im Abschnitt 2.2.2 schildern SCHERER und WALLBOTT darüber hinaus gleich zu Beginn ihrer empirischen Studie zur nonverbalen Kommunikation eine umfassende Zusammenfassung für diesen Begriff:

„Außersprachliche Verhaltensphänomene wie Mimik, Gestik, Blickkontakt, Körperhaltung und Körperorientierung haben unter der Sammelbezeichnung nonverbale Kommunikation in den letzten Jahren zunehmendes Interesse bei Autoren (...), aber auch bei einer großen Zahl von Forschern in verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen gefunden. Besonders intensiv haben sich Psychologen und Mediziner mit nonverbalen Verhaltensweisen beschäftigt, (...) haben die große Bedeutung nonverbaler Kommunikationsakte für die Konstitution

von Bedeutungsinhalten in der Informationsübermittlung und die Regulation des Gesprächsablaufes erkannt, (...)“ [91]

Sie bestätigen die Vermutung, dass sich kommunizierende Personen indirekt an Protokolle für Gesprächsabläufe halten und diese anwenden.

BIRDWHISTELL [9] hat in seinem Artikel geschildert, dass 60 % bis 65 % der Kommunikation nonverbal erfolgt, also deutlich mehr als die Hälfte. Ähnliche Werte fand auch MEHRABIAN ([72] und [71]) in seinen Recherchen heraus. Er führt die ‚7-38-55‘ Regel ein. Diese ist eine der bekanntesten Zahlenvorgaben aus dem Bereich der Kommunikationswissenschaften und verdeutlicht die Mächtigkeit der nonverbalen Sprache. Wie in Abbildung 2.4 zu sehen ist, besteht die menschliche Kommunikation nur zu 7 % aus gesprochenen Wörtern. Mimik und Gestik bilden den mittleren Teil, mit einem Umfang von 38 %. Die restlichen 55 %, also mehr als die Hälfte der gesamten Kommunikation, erfolgt nonverbal.

Eine der wichtigsten Aufgaben von Lebewesen, aber ganz speziell von Menschen, ist die Kommunikation untereinander. Wie findet diese zwischen zwei oder mehreren Menschen statt? Folgend werden die Begriffe *Kommunikation* und *Soziale Protokolle* definiert. Dazu ist es allerdings notwendig, den Begriff *Protokoll* vorher zu klären.

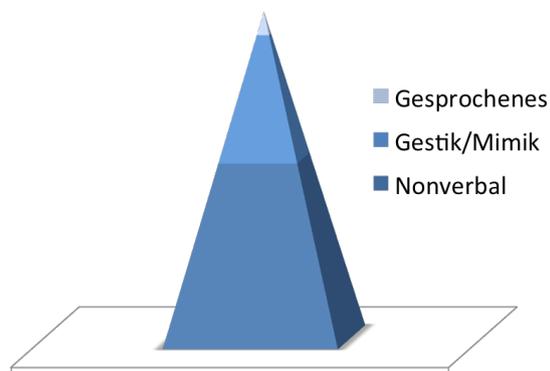


Abb. 2.4.: Aufteilung der Kommunikationsarten in Wort, Mimik und Gestik sowie in nonverbal nach MEHRABIAN ([72] und [71]).

Definition 2.5 (*Protokoll*)

Allgemein ist ein Protokoll eine Festlegung oder Wiedergabe eines Ablaufes. Dazu werden Zeit und Reihenfolge von Vorgängen beschrieben. Neben der temporären Festhaltung werden auch die beteiligten Akteure der einzelnen Vorgänge festgehalten.

Definition 2.6 (*Kommunikation und Soziales Protokoll*)

SCHERER [91] beschreibt die interaktionale Kommunikation (F2F), als eine Kommunikation zwischen mindestens zwei koorientierten und wechselseitig kontingent interagie-

renden Akteuren, die durch zielgerichtetes Verhalten Informationen sequentiell durch Zeichenkomplexe über verschiedene Wege kommunizieren. Diese Kommunikationsbeschreibung spiegelt sich auch in dem Begriff Soziales Protokoll wider, ein Austausch von Informationen in Abhängigkeit zur Zeit, der Definition von Protokoll entsprechend sequentiell.

Koorientierung der Kommunikationspartner ist einer der für die vorliegende Arbeit wichtigen Faktoren für die Präsenzbewertung. Vor dem eigentlichen Austausch von Informationen zwischen beiden Teilnehmern muss eine Initiierung des Gespräches stattfinden, es bedarf der gegenseitigen Aufmerksamkeit. SCHERER schreibt, dass es mindestens eine aufnahmebereite Sinnesmodalität und die Möglichkeit diese zu verarbeiten vorhanden sein muss. Aufgrund der Richtungsunabhängigkeit ist es in sehr vielen Fällen der auditive (akustische) Sinn. Vor dem eigentlichen Ansprechen und der interaktionalen Kommunikation sind dem natürlichen und höflichen Sozialen Protokoll oft verschiedene Prüfverfahren vorangestellt. In den meisten Fällen wird durch gegenseitige Blickzuwendungen und entsprechende Mimik und Gestik die Präsenz ausgehandelt. Während der gesamten Interaktionsdauer bleibt der Kommunikationspartner im peripheren Gesichtsfeld. Ständige Koorientierungen, beispielsweise durch Blickzu- und -abwendung, während des Gespräches sind für die Synchronisierung der Akteure untereinander zuständig. DUNCAN [26] beschreibt, dass diese Synchronisierung mit Hilfe von sogenannten Aufmerksamkeitssignalen koordiniert wird. Diese erfolgen unter anderem neben Körperhaltung und unterschiedlichen Gesichtsausdrücken durch vokale Signale wie ‚ja‘, ‚genau‘, ‚mmmh‘. Koorientierung setzt eine abwechselnde Verteilung der Sprecherrolle voraus. Sonderfälle, wie die indirekte Übergabe dieser aktiven Rolle, z.B. beim Nachrichtensprecher, unterliegen ebenfalls sozialen Regeln.

Der Begriff **wechselseitige Kontingenz** bedeutet, dass jegliche vorangegangenen Reaktionen des Gesprächspartners die eigene Reaktion in Abhängigkeit des eigenen Verhaltensplanes beeinflusst. Um demnach überhaupt eine Kommunikation durchführen zu können, auch wenn sie minimal ist und eigentlich nur durch eine direktionale Informationsflussrichtung charakterisiert ist, muss der Empfänger der Information die Absicht der Kommunikation bestätigen. Die wechselseitige Kontingenz findet auch während der Kommunikation Anwendung. Stets werden Reaktionen des Einen durch die Reaktionen des Anderen beeinflusst.

Zielgerichtetes Verhalten aller Akteure beschreibt SCHERER als „temporäres Ineingreifen der Verhaltenspläne der Kommunikationspartner zu Zeitpunkten, zu denen die Verfolgung oder das Erreichen von Handlungszielen eine Interaktion mit anderen erfordert.“

2.2.1. Soziale Protokolle

In einer umfassenden Studie [113] untersuchte WIBERG 2005 F2F-Kommunikation mit dem Hinblick auf Unterbrechungen im Arbeitsalltag und der dazugehörigen Verwaltung eigener Verfügbarkeit. Auch WIBERG erkannte, dass zur Gesprächsinitiierung eine Abwägung der Verfügbarkeit des Anderen zur eigenen Dringlichkeit vorhergeht und eine Verhandlung beider im kognitiven Bewusstsein stattfindet.

Die Erkenntnis, dass fast jegliche F2F-Kommunikation, 88 %, bei 117 untersuchten Fällen, formlos und spontan und demnach nur 12 % geplant stattfindet, verstärkt die Notwendigkeit einer näheren Untersuchung der Gesprächsinitiierung. In dieser Studie wurde drei Monate lang eine Webkamera in einem offenen Büro installiert. Wie in Abbildung 2.5 zu sehen ist, konnte die Kamera ein Büro als privaten Bereich, den daran angrenzendem Flur sowie den dem Büro gegenüberliegenden Kopierraum als öffentlichen Bereich erfassen. Im gesamten Zeitraum konnte WIBERG 120 Gesprächsinitiierung aufzeichnen und analysieren. Wie der Tabelle 2.1 zu entnehmen ist, finden die meisten, 82 % aller Initiierungen der Gespräche zwischen zwei Akteuren statt. Insgesamt konnten so 252 Gespräche aufgezeichnet werden, von denen

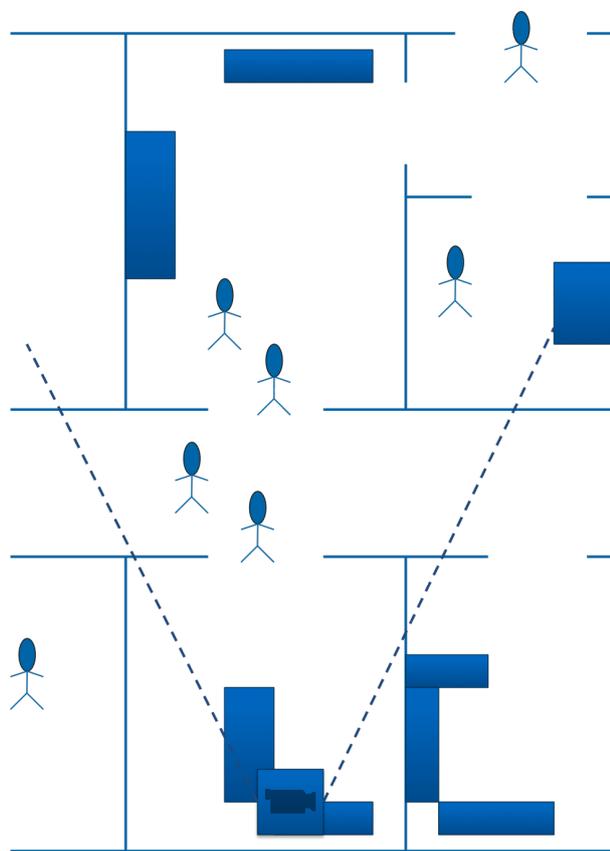


Abb. 2.5.: Erfassungsbereich einer Kamera zur Analyse der F2F-Kommunikationen. Erfasst wurde ein privater und zwei öffentliche Bereiche. Die blauen Quader stellen Hindernisse im Raum dar. [113]

nur 18 (ca. 7 %) nicht zu einem Dialog führten.

Anzahl der Akteure	Absolute Häufigkeit
2	207 (82 %)
3	31 (12 %)
4	9 (4 %)
5	5 (2 %)
≥ 6	0 (0 %)

Tab. 2.1.: Verteilung der Anzahl der Akteure aus der Studie von WIBERG [113]. Erwartungsgemäß finden überwiegend (80 %) Dialoge statt.

Ähnliche Ergebnisse spiegelt auch die eigene vierwöchige Büroaufzeichnung (siehe auch Abschnitt 2.2.2) wider, in der es fast immer zu einem Gespräch kam. Nur in 4 Fällen wurde kein Dialog geführt, die hereinkommende Person erkannte direkt ein Konflikt und ging wieder. WIBERG [113] zeigt drei Beispiele zur Abhandlung Sozialer Protokolle auf, die hier gekürzt wiedergegeben werden:

- **Dialog in einem Büro: Person A arbeitet am Computer, Person B kommt in den Raum.**
 1. B macht sich bemerkbar. Sie tritt auf dem Weg zum Büroeingang deutlich lauter auf den Fußboden auf. B hat ihren Willen zur Interaktion gezeigt, kann aber sehen, dass A beschäftigt ist, sodass sie auf As Aufmerksamkeit wartet, um eine Interaktion zu beginnen.
 2. A schaut zu ihr auf, schaut zurück auf den Monitor, um zu markieren wo sie gerade war und schaut wieder zurück zu B. “Ja?” Die Antwort signalisiert, dass sie für eine Interaktion bereit ist. Die Konversation beginnt nun.
 3. B: “Also es geht um das Meeting morgen, können wir das nach dem Mittag machen?” Zum Meeting werden keine weiteren Informationen gegeben und auch die Frage ist kurz und knapp, da B bemerkt hat, dass A momentan eigentlich anderweitig beschäftigt ist.
 4. A: “Klar.” Dann schaut er schnell wieder auf den Bildschirm. Keine Fortsetzung verdeutlicht, dass die Interaktion vorüber ist und A weiterarbeiten muss.

5. B bemerkt As Blick auf den Monitor und antwortet: “Gut, bis dahin!” B verlässt den Raum.

Person A steuert mit gezielten kurzen Antworten den Dialog und deutet eine geringe Präsenz an. Das Wort ‚Ja‘ signalisiert zwar eine Bereitschaft zur Kommunikation, deutet aber auch auf Restriktion hin. Die Kommunikation soll kurz verlaufen. Dies wurde auch in der eigenen Evaluierung festgestellt. In dieser deutete ‚Ja, Bitte.‘ im Gegensatz zu ‚Hallo. Wie kann ich Ihnen weiterhelfen?‘ eine Bereitschaft zur Kommunikation an. Diese sollte aber kurz verlaufen, sie wurde eingeschränkt.

○ **Dialog in einem Büro: Person A arbeitet am Computer und liest eine E-Mail, Person B möchte mit A gern einen Kaffee trinken.**

1. B: “Kaffee?”
2. A antwortet ohne seinen Blick vom Bildschirm zu heben: “Ja, das wäre toll!” Dann hält sie ihre rechte Hand hoch und signalisiert mit dieser Geste, dass sie interessiert ist, aber noch einen Moment braucht.
3. B wartet.
4. Einige Sekunden später nimmt A ihre Hand herunter und dreht ihren Kopf zu B “OK, jetzt bin ich fertig.” A folgt B aus dem Raum und die Unterhaltung geht an einem anderen Ort weiter.

○ **Verfügbarkeitsprüfung ohne Unterbrechung. A und B diskutieren über ein laufendes Projekt auf dem Flur vor As Büro. C kommt auf dem Weg zum Kopier- und Druckerraum vorbei.**

1. A: “Wäre es nicht gut, wenn wir auch die Gruppe um C noch mit ins Projekt aufnehmen könnten?”
2. B: “Ja, aber andererseits, ich glaube nicht, dass...” B schaut zu C und dreht dann den Kopf wieder zu A zurück, was zeigt, dass er C bemerkt hat, es aber für keinen guten Zeitpunkt hält, C zum Gespräch heranzuziehen.
3. C kommt an A und B vorbei, bemerkt, dass beide in ihr Gespräch vertieft sind und setzt ihren Weg in den Druckerraum fort.
4. Das Gespräch geht weiter. B: “Wie schon gesagt, ich denke nicht, dass es gut ist, wenn das Projekt zu groß wird. Das würde dann deutlich mehr Arbeit für die Projektkoordination und Administration bedeuten.”

5. A: "Ja, vielleicht können wir auch morgen noch einmal darüber sprechen?"
6. B: "Ok." Dann geht B zurück in ihr Büro.
7. Einige Minuten später kommt C zurück vom Kopiererraum und betritt As Büro. "Kann ich kurz stören?"
8. A schaut von ihrem Computer auf und sagt: "Ja..., komm rein und setz dich." was als Einladung zum Gespräch gewertet werden kann.
9. C setzt sich zuerst in den Stuhl ehe sie anfängt zu reden: "Also (...) was denkst du über meinen Vorschlag?" A und C hatten einige Tage zuvor einen Projektvorschlag diskutiert und nun folgt ein ausführliches Gespräch.

Ein eigenes vierwöchiges Experiment wurde durchgeführt, um die Initiierung von Gesprächen genau zu beobachten, zu analysieren und nachzuvollziehen. Im Gegensatz zu WIBERG ist das per Video aufgezeichnete Büro am Ende eines Ganges. Vorbeilaufende Personen sind ausgeschlossen. Aufgrund der Anordnung des Büros, siehe Abbildung 2.6, ist sichergestellt, dass jede Person eine Kommunikation zum Mitarbeiter im Büro suchen wird. Dadurch war eine genaue Analyse der nonverbalen Kommunikation im Gegensatz zu WIBERG möglich. Die Auswertung der eigenen Aufzeichnungen findet im folgenden Abschnitt 2.2.2 statt.

In Abbildung 2.7 ist die Gesprächsinitiierung sowie die Kontextanalyse des eigenen Experiments dargestellt. Es zeigt den formalen Ablauf eines Gesprächsaufbaus zwischen verschiedenen Akteuren. Drei eigene Fallbeispiele mit Auswertung zur nonverbalen Kommunikation in Büros können dem folgenden Abschnitt 2.2.2 entnommen werden.

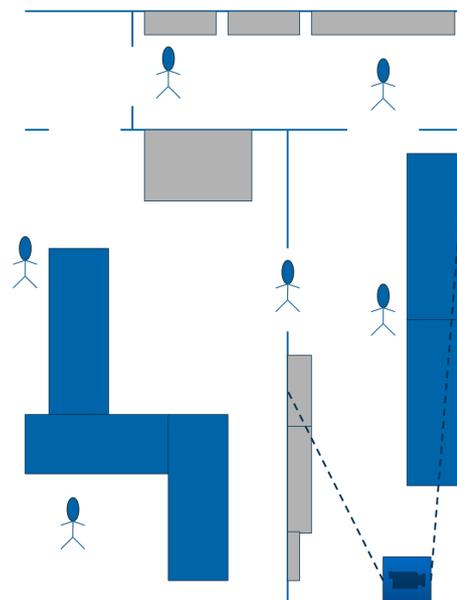


Abb. 2.6.: Aufbau des eigenen Experiments mit Erfassungsbereich einer Kamera zur Evaluierung von F2F-Kommunikationen. Erfasst wurde ein Einzelbüro mit zwei Eingangstüren. Bürotische sind blau und Schränke sind grau eingefärbt.

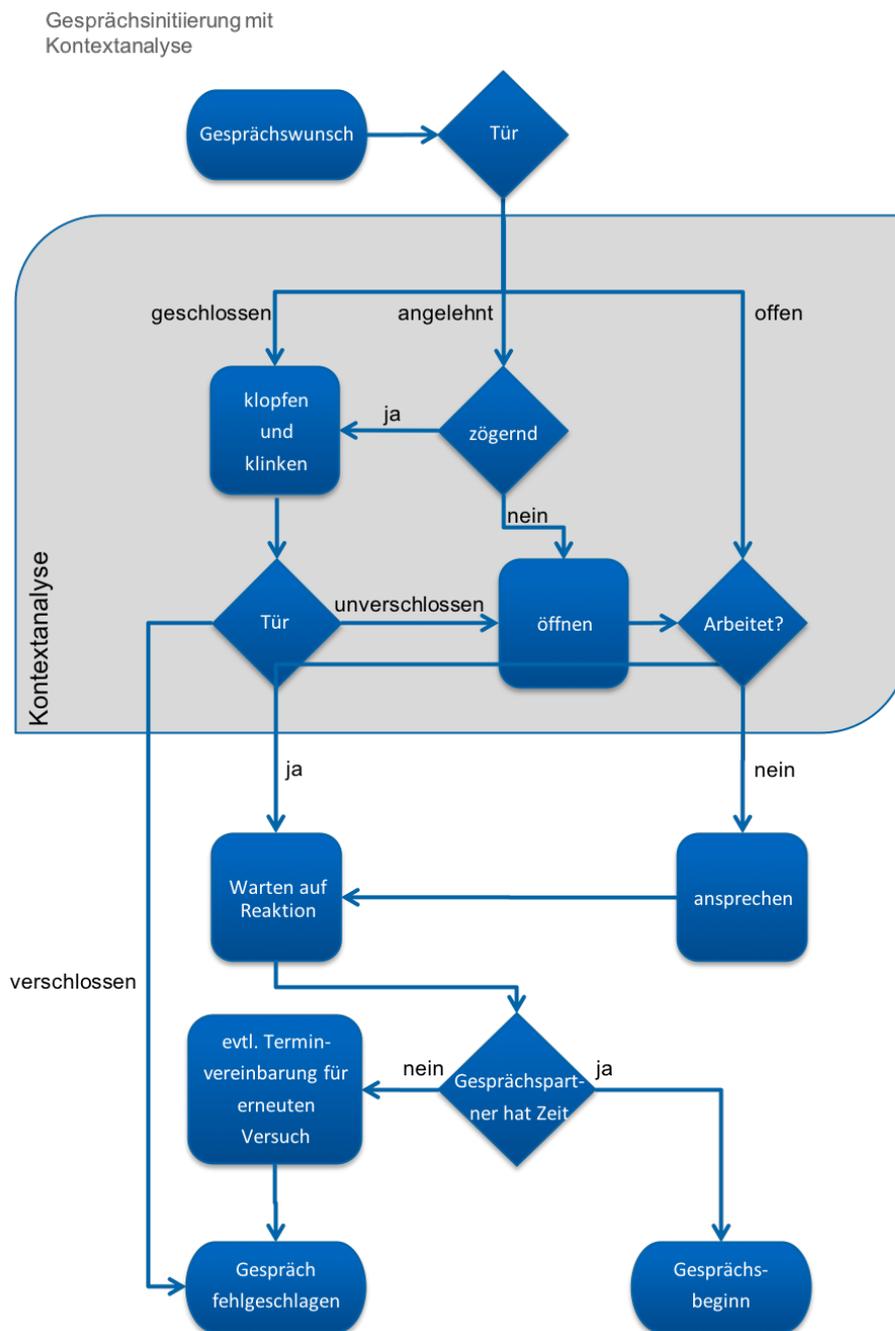


Abb. 2.7.: Flussdiagramm zur Visualisierung der Gesprächsinitiierung mit Kontextanalyse zwischen zwei Akteuren. Die eintretende Person führt beim Öffnen der Tür eine Situationsanalyse des Anderen durch. Bei Verfügbarkeit des Anderen findet nach dem Ansprechen das eigentliche Gespräch statt. Sollte dieser jedoch beschäftigt sein, wird das Gespräch auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.

2.2.2. Fallbeispiel: Nonverbale Kommunikation in Büros

Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, wurden in einem vierwöchigen Experiment die Gesprächsinitiierung von 177 Fällen aufgezeichnet und anschließend analysiert. Die Häufigkeitsverteilung der Beispiele bezieht sich auf die örtliche Abhängigkeit der beteiligten Akteure untereinander. Die meisten Gespräche finden laut einer Studie [54] zwischen Personen des gleichen Büros (23 %) und der Abteilung (20 %) statt, siehe Abbildung 2.8. Hingegen sind weniger als 10 % der Gespräche zwischen Personen unterschiedlicher Gebäude wiederzufinden. Diese Werte haben sich in folgender, eigener Evaluierung auch bestätigt und weichen nur um wenige Prozentpunkte zur Studie ab.

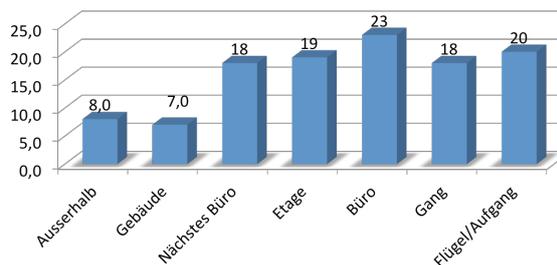


Abb. 2.8.: Verteilung der Häufigkeit von Dialogen eines Büromitarbeiters in Bezug auf die räumliche Entfernung zum anderen Akteur. [54]

Offene/Geschlossene Bürotür: Zuerst der Hinweis, dass es nicht mit dem englischen Begriff ‚Open Door Policy‘ zu verwechseln ist. Letzterer besagt nämlich, dass der Vorgesetzte ein offenes Ohr für seine Angestellten hat. Der Vorgesetzte ist offen für alle Probleme der Mitarbeiter, egal um welche Wichtigkeit es sich dabei handelt. Es ist ein symbolischer Ausdruck, keine wirklich offenstehende Tür im physikalischen Sinne. In dem hier erläuterten Beispiel soll es sich aber wirklich um die offenstehende Bürotür handeln.

Videoevaluierung: In einer eigenen Videoaufzeichnung sollten die Sozialen Protokolle aus dem vorhergehenden Abschnitt überprüft und eingeschätzt werden, ob es wie vorher beschrieben, wirklich zu so vielen Arbeitsunterbrechungen durch Telefon und andere Mitarbeiter im Arbeitsalltag kommt. Aufgrund der Bedeutung der nonverbalen Kommunikation wurde eine eigene Videoevaluierung durchgeführt und verschiedene Aspekte der Kommunikation in einem Büro betrachtet. Schwerpunkt war dabei nicht die eigentliche Kommunikation, also der Austausch von Informationen. Es wurde vielmehr die Priorität auf verschiedene Szenarien zur möglichen Eröffnung eines Dialoges und der Situationsanalyse gelegt. Wie in Abschnitt 1.2 gezeigt, ist die Präsenzbewertung eine wichtige Phase, wobei auch die Entscheidung für oder gegen eine Unterbrechung der eigenen Arbeit stattfindet.

Über einen Zeitraum von 17 Arbeitstagen wurde ein Büro per Videokamera überwacht und aufgezeichnet. Anschließend wurde das Videomaterial gesichtet und eine Auswertung vorgenommen. Es zeigte sich schnell, dass in den 17 Tagen sehr viele Ereignisse auftraten, die immer eine Unterbrechung der Arbeit des Mitarbeiters mit sich führten. Die Ereignisse können in zwei Kategorien der Kontaktaufnahme unterteilt werden:

- physisch: Der Mitarbeiter wurde durch eine andere Person aufgesucht. Dabei wurde noch unterschieden, ob die Tür offen, geschlossen oder angelehnt war.
- telefonisch: Der Mitarbeiter wurde angerufen. Die ausgehenden Anrufe des Mitarbeiters sind dabei nicht enthalten, denn es ist davon auszugehen, dass diese im Laufe seines Arbeitsflusses geführt wurden und daher zu keiner Unterbrechung führten.

Die Abbildung 2.9 zeigt einen Überblick über die Verteilung der Möglichkeiten der Kontaktaufnahme. Innerhalb der 17 Arbeitstage wurde 177 Mal versucht, den Mitarbeiter zu erreichen. Das führte mit 81 % (144 Mal) zum Erfolg und nur 19 % (33 Mal) nicht zum gewünschten Kontakt. Die Videoauswertung zeigte, dass der Mitarbeiter bei den Misserfolgen nicht in seinem Büro anwesend war. Die Abbildung zeigt zudem die Unterscheidung zwischen physischer und telefonischer Kontaktaufnahme. 62 Mal wurde der Mitarbeiter, während er im Büro arbeitete, angerufen und 82 Mal durch andere Personen aufgesucht. Eine zeitliche Auswertung brachte, dass die eintretenden Ereignisse zu einer Unterbrechung von insgesamt 25 Stunden und 10 Minuten führten (bei einer minutengenauen Abrechnung).

Dem Videomaterial und Protokoll konnte aber auch entnommen werden, ob der Mitarbeiter abrupt unterbrochen wurde. Das heißt, ohne Vorankündigung musste er seine Arbeit unterbrechen und das eintretende Ereignis abarbeiten. Bei 71 % der aufgezeichneten Ereignisse war dies der Fall. Der Mitarbeiter musste seine Arbeit bewusst pausieren. Bei physischer Kontaktaufnahme, konnte beobachtet werden, dass die Bewertung der eigenen Dringlichkeit des Informationsaustausches und die Präsenz des Mitarbeiters dabei eine wichtige Rolle spielte. Es kam öfter zu einer Abwägung und einem bewussten Warten bis der Mitarbeiter letztendlich Bereitschaft signalisierte. Die beschriebenen Sozialen Protokolle wurden unbewusst verwendet und eingehalten. Bei insgesamt 70 der 82 physischen Ereignisse, immerhin 85 %, konnte dies nachgewiesen werden. Eine Präsenzbewertung wurde kognitiv beim Störer durchgeführt. Bei den restlichen 15 % konnte als Ursache teilweise eine verschlossene Tür oder keine Präsenzbewertung erkannt werden.

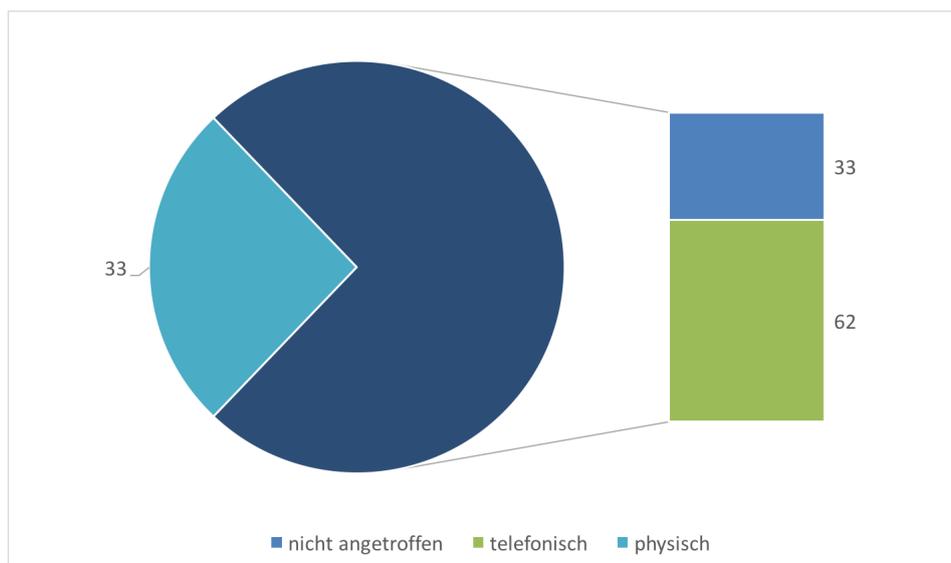


Abb. 2.9.: Verteilung der Erreichbarkeit mit Unterscheidung zwischen physischer und telefonischer Kontaktaufnahme. Von 177 Versuchen den Mitarbeiter zu erreichen führten 144 Kontaktaufnahmen zum Erfolg, bei 33 Versuchen konnte der Gesprächspartner nicht angetroffen werden.

Es ist offensichtlich, dass die Präsenzbewertung bei einem Anruf nicht funktionieren kann. Der Anrufer kennt die momentane Situation des Angerufenen nicht. Das heißt eine Präsenzbewertung vor dem Anruf findet nicht statt. Die Auswertung zeigte, dass bei 19 Anrufen eine bewusste Verzögerung der Anrufannahme durch den Mitarbeiter erfolgte. Fast immer wurde bei einem Anruf kurz auf das Display geschaut, um festzustellen, wer anruft. Daraufhin wurde in den 19 Fällen entweder kurz am Computer weitergearbeitet oder, falls eine Person im Raum war, mit dieser der gesprochene Satz beziehungsweise sogar das Gespräch beendet.

Im Hinblick auf eine spätere automatische Präsenzbewertung wurde noch eine Statistik über die Personenverteilung geführt. In Abbildung 2.10 lässt sich erkennen, dass 66 % der Personen mehr als einmal physisch oder telefonisch die Kontaktaufnahme suchen. Dort kann eine Einschätzung der vorhergehenden Kontaktaufnahme auf eine gewisse Priorität beziehungsweise Qualität des Gespräches erfolgen.

Im Zusammenhang mit der Person und der Priorität der Unterbrechung steht auch der Unterbrechungsgrund. In Kombination lassen sich wichtige und unwichtige Themen erkennen. In Abbildung 2.11 sind alle Themen, kategorisiert durch den Mitarbeiter, angegeben. Durch eine Bewertung einer stattgefundenen Unterbrechung kann eventuell automatisiert eine Priorisierung beziehungsweise Wichtung erfolgen. So ist es offensichtlich, dass der Unterbrechungsgrund „Small Talk“ oder „Mittag“ nicht so wichtig ist wie

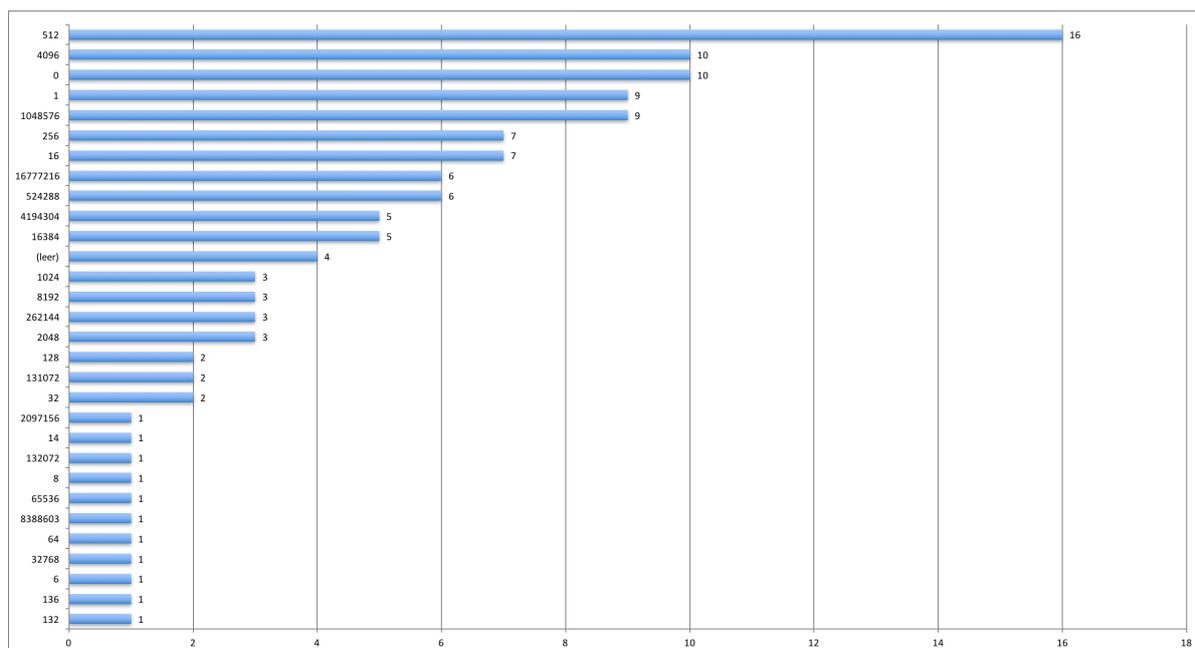


Abb. 2.10.: Verteilung der Personenhäufigkeit. Auf der Ordinatenachse sind die Personen anonymisiert durch IDs dargestellt. Die Abszissenachse zeigt die absolute Anzahl der Kontaktaufnahmen für die entsprechende Person.

der Unterbrechungsgrund „Projekt“ .

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Erkenntnisse der Studien aus Abschnitt 2.2.1 zutreffend sind und sich auch in der eigenen Videoevaluierung widerspiegeln. Ganze 71 % aller Unterbrechungen waren abrupt, d.h. der Mitarbeiter wurde durch die Unterbrechung in seiner Arbeit gestört. Auch zeigte sich, dass 43 % aller Unterbrechungen (62 von 144 Ereignissen) durch eine telefonische Kontaktaufnahme erfolgten. Es konnten bei diesen telefonischen Fällen nur einseitig, beim Angerufenen, Soziale Protokolle erkannt werden. Dies ist dem geschuldet, dass es aktuell noch keine technischen Möglichkeiten gibt, dem Anrufer die Präsenz des Angerufenen vor einem Anruf aufzuzeigen.

Hingegen wurden bei 85 % der physischen Kontaktaufnahme Soziale Protokolle erkannt. Die Erkenntnisse von WIBERG in [113] konnten in einer eigenen Videoaufzeichnung mit sehr ähnlichen Ergebnissen bestätigt werden. Eine Optimierung der Sozialen Protokolle bei F2F-Kommunikation ist wahrscheinlich schwierig umzusetzen, noch dazu sind 85 % (GOMMLICH) beziehungsweise 82 % (WIBERG) schon einer hoher Wert. Aus diesem Grund wäre eine Anwendung der Sozialen Protokolle in einem anderen Kommunikationsraum wie beispielsweise Telefonie eine Alternative. Aktuell finden vor einem Anruf Soziale Protokolle keine Anwendung. Eine Präsenzbewertung im Kommunikationsraum

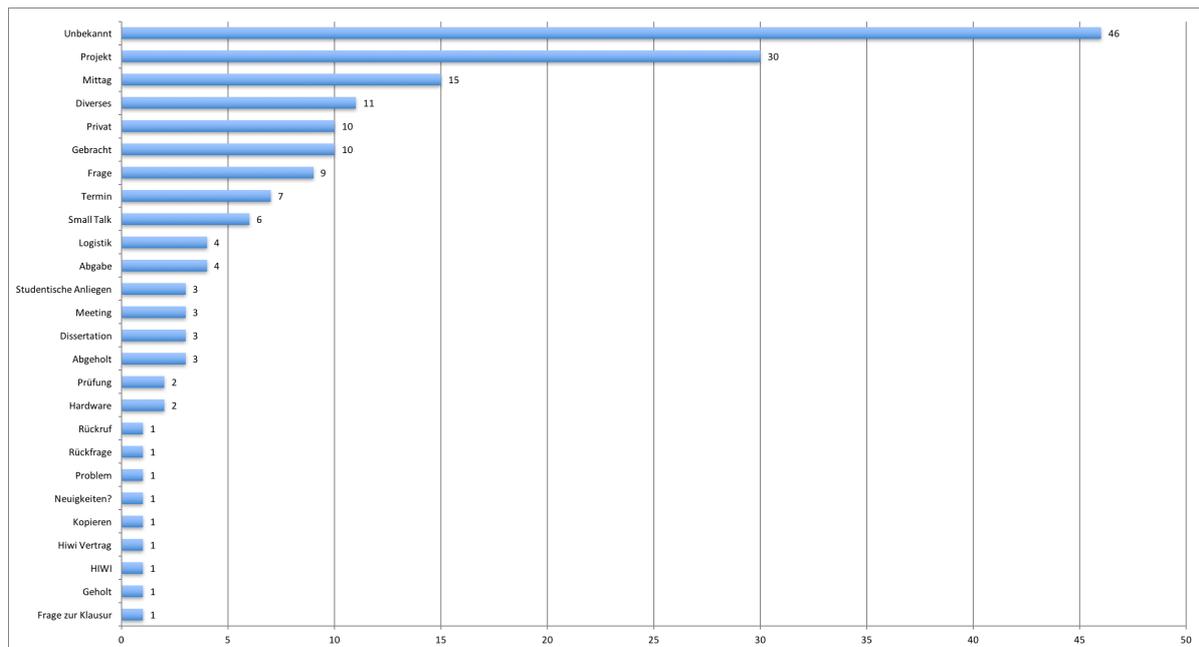


Abb. 2.11.: Verteilung der Unterbrechungsgründe. Auf der Ordinatennachse ist der Unterbrechungsgrund angegeben. Die Abszissenachse zeigt die absolute Anzahl der Unterbrechungen für den entsprechenden Grund.

Telefonie würde daher eine Verbesserung der aktuellen Situation mit sich führen.

Eine Auflistung aller Videonotizen der Evaluierung sind im Anhang A.8 umfassend dargestellt.

2.3. Konzept zur Präsenzbewertung

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Soziale Protokolle des direkten Gesprächs zwischen Akteuren (siehe Abschnitt 2.2) in der technischen Kommunikation (z.B. Telefonie) fortzusetzen. Die momentane Art des Telefonierens kann im Vergleich zur Fallstudie als unhöflich angesehen werden. Denn im aktuellen Ist-Zustand entscheidet der Anrufer, ob er den Anzurufenden stören bzw. unterbrechen möchte. Der Anrufer hat aber fast keine andere Wahl, denn er besitzt keine Informationen über die Präsenz des Anderen. Dieses Problem besteht auch in den oben diskutierten Arbeiten, siehe Abschnitt 2.4. Die Entscheidung trifft weiterhin unmittelbar der Anrufer. Wenn eine Zielperson den Anruf nicht entgegennimmt, trifft oft folgendes Phänomen auf: Der Anrufer versucht es kurze Zeit später noch einmal. Überwiegend tritt dieses Verhalten natürlich unbewusst auf,

da der Anrufer die Erreichbarkeit des Anzurufenden nicht einschätzen oder beurteilen kann.

In Bezug zur Fallstudie Büroalltag lässt sich die Kommunikation über das Telefon als F2F-Kommunikation beschreiben, mit dem Unterschied, dass sich die beiden Kommunikationsakteure nicht sehen können. Die Person, die denjenigen im Büro ansprechen möchte, kann im Voraus nicht beurteilen, ob die andere Person verfügbar ist. Ein Anruf spiegelt in Bezug zur Fallstudie ein direktes Ansprechen des Anderen wider, es suggeriert eine offene Bürotür. Tatsächlich ist die Tür aber geschlossen, da die Situation vorher nicht beurteilt werden kann.

Auch die Annahme eines Gespräches kann missinterpretiert und entsprechend als Signal zur Bereitschaft für ein Telefongespräch gewertet werden. Der Effekt verstärkt sich durch zunehmende Flatrateangebote für Telefonie und Internet. Jeder ist durch sein Telefon immer und überall erreichbar, zumindest wird es so interpretiert und sogar in der Werbung¹ suggeriert, siehe dazu auch Kapitel 1.2. Hier stellt sich die Frage, ob dies wirklich gewünscht ist, jederzeit und überall erreichbar zu sein. Auch sollte beachtet werden, dass in unterschiedlichen Ländern unterschiedliche soziale Verhaltensregeln gelten. Beispielsweise wird es in Deutschland als unhöflich angesehen, wenn während eines Gespräches ein Anruf auf dem Telefon entgegengenommen wird. Dies kann in anderen Ländern aufgrund von kulturellen Unterschieden anders gedeutet werden.

2.3.1. Anforderungen an den Präsenzbewerter

Um die F2F-Kommunikation mit ihren zugehörigen Sozialen Protokollen realitätsnah für die Telefonie wiederzugeben, müssen verschiedene Anforderungen an das System der Präsenzbewertung gestellt werden. Die Abbildung der Präsenz erfolgt innerhalb des *Präsenzbewerter*s. Folgende Anforderungen gelten:

1. **Selbstständig:** Der Präsenzbewerter soll ohne Benutzerinteraktion die Präsenz zum Zeitpunkt eines eingehenden Anrufes ermitteln. Wie bei der F2F-Kommunikation

¹Folgende Werbeslogans beispielhaft genannt: „Überall und immer erreichbar“ - klarmobil.de; „Immer und überall erreichbar sein, mit den Vodafone Tarifen kein Problem dank hoher Netzabdeckung“ - Vodafone Deutschland

soll der Kontext des Anderen selbstständig, kognitiv erfasst und interpretiert werden.

2. **Unilateral:** Wie im natürlichen Lebensraum ist es nicht notwendig, dass beide Gesprächspartner die sozialen Protokolle kennen. Die Präsenzbewertung soll auch funktionieren, wenn der Anrufer kein kompatibles System einsetzt. Auch bei der F2F-Kommunikation ist es möglich, mit unbekannt Personen zu kommunizieren.
3. **Personalisiert:** Das System soll realitätsnah die F2F-Kommunikation personen-gebunden widerspiegeln, da auch die Präsenz abhängig von dem Gegenüber ist.
4. **Intuitiv:** Die Präsenzbewertung soll weitgehend ohne zusätzliche Hardware funktionieren. Es soll sich intuitiv bedienen lassen und möglichst ohne komplexe Einstellungen auskommen.
5. **Lernend:** Ähnlich dem realen Leben müssen Soziale Protokolle erlernt werden. Das heißt, sie sind nicht von Geburt an vorhanden, sondern werden abhängig vom sozialen Umfeld der Person entwickelt. Sie unterscheiden sich zwischen den einzelnen Individuen. Es kann immer zu Fehlbewertungen der Präsenz kommen beziehungsweise auch das Verhalten der Individuen kann sich entwickeln. Es soll also die Möglichkeit bestehen, Präsenzbewertungen anzupassen und dadurch verbessern.

Um die Präsenz einer Person für eine direkte Kommunikation zu bestimmen, müssen die zwei Komponenten, aus der sich die Präsenz ableitet, gemessen werden. Zum einen ist es der Kontext in dem sich die Zielperson befindet. Zum anderen muss diese auch die Bereitschaft zur Kommunikation haben. Stimmt der Kontext und ist die Bereitschaft vorhanden, kann es zu Kommunikation kommen. In Bezug auf den Kommunikationsraum Telefonie heißt das, dass die anzurufende Person entsprechend ihres Kontextes zur Verfügung steht und diese auch ein Gespräch mit dem Anrufer führen möchte.

Wie können aber unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen der Kontext und die Bereitschaft ohne die Interaktion einer Person ermittelt werden?

2.3.2. Kontextanalyse

Aufgrund der schon angesprochenen quantitativen Wachstumsrate von Mobiltelefonen und der damit verbundenen räumlichen Unabhängigkeit ist es sinnvoll, die Präsenzbewertung im Kommunikationsraum Telefonie für Mobiltelefone vorzunehmen. Das bringt

zugleich mehrere Vorteile mit sich. Wie die F2F-Kommunikation auch, ist das System nicht unmittelbar an einen festen Ort gebunden. Aufgrund der Tatsache, dass Mobiltelefone fast ausschließlich personengebunden genutzt werden, kann auch der Präsenzbewerter personenorientiert arbeiten. Es liegt daher nahe, dass der Präsenzbewerter Teil des Mobiltelefons wird.

Der Kontext beschreibt die Umgebung einer Person mit Hilfe vieler möglichst vollständig zur Verfügung stehenden Informationen [22]. Um den Kontext einer Person mit einem Smartphone zu erfassen, können demnach verschiedene Daten und Sensoren des Telefons verwendet werden. Im einfachsten Fall kann das die Zeit (Uhrzeit und Datum) und der Ort sein. Diese Kontextinformationen sind ausreichend um einen minimalistischen Kontext aufzubauen.

Minimalbeispiel: Ist der Aufenthaltsort und die Zeit bekannt, kann daraus möglicherweise eine Tätigkeit abgeleitet werden. Im Hinblick auf das vorhergehende Fallbeispiel ist nur mit Zeit und Ort feststellbar, ob eine Person arbeitet, sich gerade in der Pause oder im Feierabend befindet. Allein dadurch ist der Kontext minimal beschrieben.

Dieses einfache Beispiel zeigt, wie mit wenigen Umgebungssensoren schon der Kontext beschrieben werden kann. Nun sind in einem Smartphone mehr Sensoren integriert als die zur Bestimmung von Zeit und Ort. Es ist unter anderem weitere Hardware zur Kommunikation und zum Datenaustausch enthalten, wie Bluetooth, WLAN, RFID (engl. radio-frequency identification) oder NFC (engl. near field communication) Hardware. Mit entsprechenden Verfahren und Algorithmen lassen sich Rückschlüsse auf den Ort oder auch andere Merkmale ziehen. Welche Sensoren in aktuellen Smartphones integriert sind, und welche möglichen Informationen daraus gezogen werden können, ist im späteren Abschnitt 4 zu lesen.

Mit Hilfe des ermittelten Kontextes ist es möglich, vorhergehende Umgebungen wiederzuerkennen und die zu diesem Zeitpunkt durchgeführte Handlung wieder auszuführen. Bei einem eingehenden Anruf beispielsweise wird versucht, für den aktuellen Kontext einen ähnlichen, vorhergehenden zu finden und eine dazu passende Reaktion, wie beispielsweise Anrufannahme oder Anrufabweisung, zu verwenden.

2.3.3. Analyse der Bereitschaft zur Kommunikation

Der Kontext ist wie in Abschnitt 2.3.2 mit Hilfe der integrierten Sensoren erfassbar. Um eine Präsenz jedoch zu ermitteln, fehlt noch die Bereitschaft zur Kommunikation. Diese lässt sich nicht direkt über physische Sensoren auslesen.

In der F2F-Kommunikation findet die Entscheidung zur Kommunikation im kognitiven Bewusstsein statt. Genauso wie die Person mit dem Anliegen überlegen muss, ob die eigene Dringlichkeit des Anliegens dem Kontext des Anderen gerecht wird und überlegen ist, muss auch die angesprochene Person entscheiden, ob sie gerade zur Kommunikation bereit ist. Diese Entscheidung ist abhängig vom eigenen Kontext sowie der anderen Person selbst. Es spielen also Kenntnisse über die Person eine wichtige Rolle. Ist die ansprechende Person bekannt, werden angelernte Erfahrungen über sie abgerufen und dienen der Entscheidungshilfe. Bei unbekanntem, neuen Kontaktpersonen kann auf dieses Wissen nicht zurückgegriffen werden. Die Bereitschaft zur Kommunikation ist dann rein kontextabhängig. Folgendes Minimalbeispiel:

Minimalbeispiel: Person A befindet sich gerade in einem Gespräch mit einer anderen Person B. Darauf tritt eine bekannte Person C in den Raum und entscheidet sich, das Gespräch zwischen A und B zu unterbrechen. In diesem Moment muss Person A entscheiden, ob sie das Gespräch mit B kurz unterbricht und mit C fortführt oder ob A die Unterbrechung nicht zulässt und das Gespräch mit C auf einen späteren Zeitpunkt verschiebt.

Die Entscheidung im Minimalbeispiel beruht auf gelernten Gesprächserfahrungen mit den Personen B und C und derer Eigenschaften. Wurden mit Person C überwiegend nur sehr kurze Gespräche geführt, erwartet A, dass die Unterbrechung auch nicht lange dauern wird. Das Gespräch mit B kann also kurzzeitig aufgeschoben werden. Wenn allerdings Person C überwiegend komplexe Vorgänge ausgiebig besprechen wollte, dann ist es sicherlich sinnvoller, erst das Gespräch mit B zu Ende zu führen und C auf später zu verschieben.

Die Bereitschaft zur Kommunikation ist von folgenden Komponenten abhängig und ist aufgrund der Kontextänderung kontinuierlich neu zu treffen.

- Kommunikationsart: Je nachdem welche Art der Kommunikation stattfindet. Sie unterscheidet sich zwischen asynchroner oder synchroner Kontaktaufnahme.

- Kommunikationspartner: Wer kontaktiert mich und welche Kenntnisse habe ich aus vorhergehenden Kontakten mit dieser Person.

Die Bereitschaft greift zur Kommunikation überwiegend auf Erfahrungen und Wissen der einzelnen Individuen zurück. Es sind Erfahrungswerte, die auf vorhergehenden Entscheidungen aufbauen. Sie entstehen über Zeiträume durch Lernen und passen sich an. Um diese Erkenntnisse aus der F2F-Kommunikation zu transferieren, werden Erfahrungen aus vorhergehenden Gesprächen benötigt. Ein Telefon, speziell ein Smartphone, liefert ebenso Erfahrungen aus vorhergehenden Gesprächen. Die Erkenntnisse können aus der Telefonhistorie entnommen werden. Aus diesem Verlauf lassen sich im Idealfall rückwirkend alle geführten Gespräche nachvollziehen. Die Historie liefert neben der Anzahl auch mit *wem* gesprochen wurde, zudem *wie lange* das Telefonat dauerte und zu welcher Zeit es stattgefunden hat. Dieses Wissen allein reicht eventuell nicht aus, um die Bereitschaft zur Kommunikation abzulesen. Wenn dieses Wissen aber mit dem Kontext zum Zeitpunkt des Telefonates in Verbindung gebracht werden kann, dann ist eine Aussage möglich. Die Entscheidung aus vorhergehenden Kommunikationsgesprächen ist ein wichtiger Aspekt für neue Entscheidungen.

2.3.4. Ermittlung der Präsenz

Es wurde erläutert, wie der Kontext mit Hilfe von Smartphonesensoren erfasst werden kann. Zusammen mit der Historie aus vorhergehenden Telefonaten wird eine Bereitschaft zur Kommunikation hergeleitet. Bei einem eingehenden Anruf kann unter Berücksichtigung des aktuellen Kontextes und der vorhergehenden Bereitschaften zur Kommunikation mit genau diesem Anrufer die Präsenz des Smartphones stellvertretend für dessen Besitzer abgeleitet werden. Dieses Vorgehen wird als *Klassifikation* bezeichnet.

Abbildung 2.12 zeigt den schematischen Aufbau eines Präsenzbewerter für eingehende Anrufe. Die Klassifikation erfolgt bei einem Anruf anhand des aktuellen Kontextes und der Bereitschaft zur Kommunikation, hier dargestellt als Sensoren, sowie dem Wissen aus der **knowledge base**, künftig als KB² bezeichnet. Das Klassifikationsergebnis ist die Präsenz des Smartphones. Es wird auf ein Signalisierungsverhalten des Telefons abgebildet. In Abbildung 2.12 ist beispielhaft der Anrufbeantworter, das Klingeln des

²KB: Die Abkürzung KB steht für den englischen Begriff knowledge base, der Wissensdatenbank. In dieser werden die gelernten Daten aus dem Lernalgorithmus abgelegt und bilden Grundlage zur Klassifikation.

Telefons und der Vibrationsmodus genannt. Im Anschluss an das Telefonat hat der Besitzer die Möglichkeit, diese Präsenz mit der dazugehörigen Anrufsignalisierung zu bewerten - der Präsenzbewerter lernt. Dieses Wissen wird in der Wissensdatenbank abgelegt und dient als Grundlage weiterer Klassifikationen bei eingehenden Anrufen.

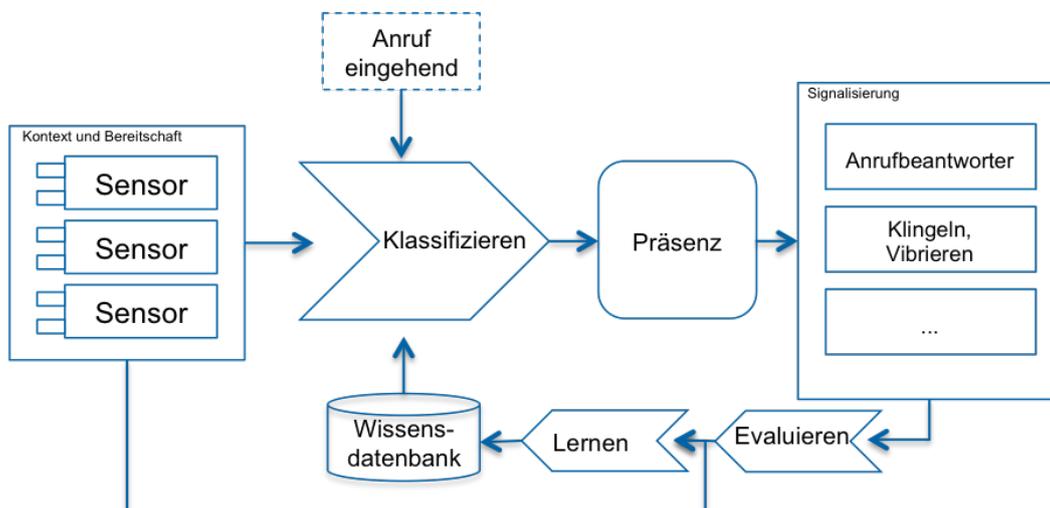


Abb. 2.12.: Aufbau eines Präsenzbewerbers zur Klassifikation der Präsenz bei einem eintreffenden Anruf. Nach der Anrufsignalisierung erfolgt eine Bewertung des Klassifikationsergebnisses durch den Benutzer. Das gelernte Ergebnis wird in der knowledge base KB^2 abgelegt.

Wie in der F2F-Kommunikation erfolgt keine explizite Vorauswahl der Sensoren zur Kontextbeschreibung. Auch sollen keine Sensoren ausgeschlossen werden. Ziel ist es, ein lernendes System zu entwickeln, das selbstständig entscheidet und mit Hilfe des Benutzerfeedbacks die zukünftigen Bewertungen verbessert.

Eine Evaluierung der verschiedenen Klassifizierungsmöglichkeiten für die Präsenzbewertung erfolgt im anschließenden Kapitel 3.

2.3.5. Integration der Dringlichkeit

Ein wichtiger Eingabewert wurde bis jetzt noch nicht berücksichtigt: Die Dringlichkeit des Anrufers kann nicht eingesehen beziehungsweise über das Telefon übertragen werden.

Definition 2.7 (*Dringlichkeit*)

Die *Dringlichkeit* ist ein Maß, wie schnell zwischen zwei Kommunikationspartnern ein Gesprächsaufbau stattfinden soll. Sie wird vom Anrufer selbst anhand der Wichtigkeit seines Informationsaustausches bestimmt. [31]

In der natürlichen F2F-Kommunikation ist es anders. Über F2F ist es möglich, den Anderen anzusprechen, auch wenn dieser einen ersichtlich ungünstigen Kontext besitzt. Diese Situation tritt genau dann ein, wenn das eigene Anliegen als wichtiger bewertet wird, als der Kontext es eigentlich zulässt. Bewusst werden die natürlichen Höflichkeitsformen außen vorgelassen, in der Hoffnung, dass der Andere die Dringlichkeit ebenso einschätzt. Oft wird die Dringlichkeit als Entschuldigung für die Störung mit erwähnt. Es kommt zu einem Gespräch, wenn die gestörte Person die Dringlichkeit gleich einschätzt und die eigene Präsenz der Dringlichkeit unterordnet.

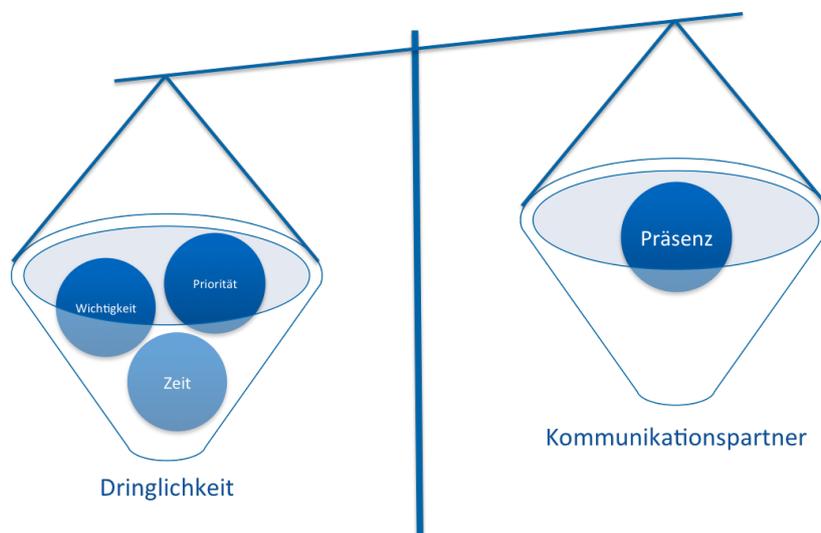


Abb. 2.13.: Vor jedem Gesprächsbeginn steht die Abwägung des Anliegens gegenüber dem Kontext des Anderen. Überwiegt diese der Situation des Gegenüber, beginnt der Versuch zum Gesprächsaufbau.

Abbildung 2.13 zeigt die kontinuierliche Abwägung zwischen Kontext und Dringlichkeit vor Gesprächseröffnung. Diese Abwägung funktioniert technisch bedingt nicht im Kommunikationsraum Telefonie, da die Präsenz des Anderen nicht bekannt ist. Die Omnipräsenz wird aktuell angenommen.

Die Dringlichkeit hängt von mehreren Faktoren ab. Es muss geklärt, ob das Anliegen zeitkritisch ist, das heißt, es ist nicht möglich zu warten (Faktor Zeit). Es kann aber auch sein, dass das Anliegen und die zu übertragene Informationen äußerst wichtig sind (Faktor Wichtigkeit). Sind sogar mehrere Anliegen gleichzeitig vorhanden, müssen diese gegenseitig abgewogen und priorisiert werden (Faktor Priorität). Es entsteht eine Reihenfolge der Dringlichkeiten.

Um die F2F-Kommunikation vollständig zu realisieren, ist es wahrscheinlich nicht ausreichend, eine Präsenzbewertung auf der Seite des Angerufenen durchzuführen. Es muss zusätzlich eine Möglichkeit bestehen (unter Berücksichtigung der Privatsphäre), die Dringlichkeit des Anrufers in Ausnahmefällen in den Vordergrund zu stellen. Die oben diskutierten Ansätze aus Abschnitt 2.4 verwenden dafür teilweise eine Art ‚Notruf‘. Dieser umgeht die Präsenzbewertung und ermöglicht einen Anruf trotz nicht geeignetem Kontext. Wie in der Wirklichkeit auch, sollten dafür Regeln aufgestellt werden, an die sich die Teilnehmer von alleine halten. Viele empfinden nämlich ihr Anliegen stets als wichtig und dringend, egal was der Andere gerade macht. Um diesen ‚Notruf‘missbrauch zu umgehen, kann eine entsprechende Bestrafung (penalty) oder Kosten eingeführt werden.

Definition 2.8 (*Abwägung der Dringlichkeit*)

Je kleiner die Präsenz des Anzurufenden ist, desto größer muss das Maß der Dringlichkeit des Anrufers sein. Andererseits kann das Maß der Dringlichkeit klein sein, wenn die Präsenz des Anderen sehr groß ist.

2.3.6. Währungsbasierter Ansatz

Um dieses eben genannte Problem der Fairness und der damit verbundenen ständigen Priorisierung der eigenen Wichtigkeit entgegenzuwirken, können Kosten für ein Gespräch eingeführt werden. Wie auch in der F2F-Kommunikation entstehen Kosten. Diese können auch als Soziale Kosten bezeichnet werden. Es sind Nachteile gegenüber dem Kommunikationspartners oder im sozialen Umfeld die entstehen können, wenn die Dringlichkeit zur Unterbrechung nicht gerechtfertigt war. Diese Kosten unterscheiden sich von Person zu Person.

Im Gegensatz zu den weiter oben vorgestellten Arbeiten und Prototypen wird nicht der Kontext beim Angerufenen visualisiert, sondern es werden zu erwartenden Gesprächskosten angezeigt (siehe Abbildung 2.1). Diese Kosten entstehen beim Zustandekommen der Telefonverbindung und müssen vom Anrufer getragen werden. Jeder Anrufer überlegt sich somit vor einem Anruf, ob die Kosten für die entsprechende Dringlichkeit gerechtfertigt sind.

Ein Telefonat muss nicht unbedingt Kosten verursachen. Wie in der F2F-Kommunikation sollen die Kosten von der Präsenz des Angerufenen abhängig sein. Ist eine Präsenz sehr hoch, kann es sein, dass keine Kosten entstehen und der Anrufer ohne Kosten anrufen kann. Eventuell können auch Kosten nach einem Gespräch durch die Bewertung des Angerufenen wieder reduziert werden. Schätzt der Angerufene möglicherweise die klassifizierte Anrufsignalisierung als korrekt ein, empfand er die Unterbrechung als gerechtfertigt. Hierbei können die Kosten für den Anrufer erlassen oder verringert werden.

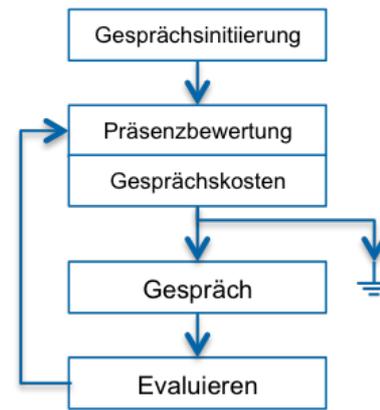


Abb. 2.14.: Präsenzbewertung und Kostenbewertung. Findet der Anrufer die anfallenden Kosten für angemessen, kann ein Gespräch stattfinden.

2.4. Forschungsarbeiten zum Thema

Das Forschungsfeld zur mobilen Präsenzbewertung ist erstaunlich ruhig, es finden sich nur wenige Arbeiten, die sich mit dem Thema der Präsenz- und Kontextbewertung bei Mobiltelefonen auseinandersetzen. Die wenigen Arbeiten versuchen in Abhängigkeit zum Kontext Anrufe oder auch akustische Signalisierungen zu verhindern. Die folgenden vier Studien mit teilweise vorhandenen Prototypen beziehen sich direkt auf das Telefonieren und den vorhergehenden Anruf. Sie setzen voraus, dass sowohl beim Anrufer als auch beim Angerufenen eine spezielle Anwendung installiert ist. Besitzt einer der beiden Kommunikationspartner die Anwendung nicht, kann das System nicht eingesetzt werden. Es findet entsprechend keine Kontextbewertung statt.

Das anschließende Projekt myTU ist eine persönliche Lernplattform. Die Kontextbewertung findet hier nicht für den Kommunikationsraum Mobiltelefonie statt. Vielmehr steuert sie akustische Signalisierungen sowie Freischaltung von ortsbezogenen Diensten.

2.4.1. Ungestörtes Fahren - Bewertung der Präsenz im Auto

LINDQVIST und HONG [61] versuchen in Undistracted Driving die Ablenkung durch Telefonieren während der Autofahrt zu minimieren. Grund für ihre Studien sind die schlechten Autounfallstatistiken, bei denen oft die Unfallursache Telefonieren während der Fahrt ist. Laut dem letzten frei zugänglichen Bericht des Kraftfahrt-Bundesamt Deutschland nimmt die Anzahl der Verstöße gegen das Mobiltelefonverbot am Steuer deutlich zu. So wurden 2011 rund 450.000 Verstöße geahndet, 2005 waren es 288.000 Verstöße, Tendenz weiter deutlich steigend [53]. Hierbei ist zu bemerken, dass nicht telefonieren während der Fahrt verboten ist, sondern das Bedienen und Halten des Telefons. Mit Hilfe einer Freisprecheinrichtung ist das Telefonieren erlaubt. LINDQVIST und HONG bestätigen ebenfalls, dass die ständige Erreichbarkeit durch Mobiltelefonie immer mehr zunimmt und dass einkommende Anrufe auch gefährlich werden können, nämlich genau dann, wenn der Angerufene beispielsweise ein Kraftfahrzeug führt.

Im Projekt UNDISTRACTED DRIVING [61] versucht LINDQVIST die Ablenkung durch fünf verschiedene Arten zu minimieren, in dem es

1. dem Anrufer den Kontext des Angerufenen interaktionsfrei anzeigt
2. in angemessenen Situationen das Telefonieren zulässt
3. automatisch das Telefonat annimmt
4. Nachrichten verzögert und zu angemessenen Zeitpunkten zustellt
5. die Ankunftszeit des Fahrers zur Verfügung stellt.

Zudem soll es neben einfacher Bedienung auch die nötige Privatsphäre bieten, obwohl es dem Anrufer kontextsensitive Daten zur Verfügung stellt. Die Motivation von Undistracted Driving ist ähnlich zu dieser Arbeit: Es ist nicht ausreichend, ein Telefon manuell lautlos einzustellen oder abzuschalten. Einerseits wird teilweise vergessen, das Telefon entsprechend vorher z.B. lautlos zu stellen, andererseits kann es passieren, dass es nicht wieder zurückgestellt wird. Was passiert bei wirklich wichtigen Kommunikationsbedürfnissen? Diese können nicht übertragen werden, beziehungsweise werden aufgrund der getroffenen Einstellungen am Telefon nicht ausreichend signalisiert.

LINDQVIST und HONG versuchen mit zwei Ansätzen häufig auftretende Szenarien und Bedürfnisse während einer Autofahrt abzudecken. Der erste Ansatz befasst sich mit dem Thema Kontext. Mit Hilfe von Sensoren im Mobiltelefon wird ein Bewusstsein der Umgebungssituation (Kontext) ermittelt und potentiellen Anrufern zur Verfügung gestellt. Der zweite Grundgedanke ist die Übertragung der Entscheidung auf den Anrufer, ob der Anrufer gestört werden möchte oder nicht. Bis jetzt entscheidet immer der Angerufene, ob er gestört werden möchte oder nicht. Beim Undistracted Driving entscheidet der Anrufer selbst,



Abb. 2.15.: Falls die per Telefon zu kontaktierende Person Auto fährt, informiert *Undistracted Driving* den Anrufer vor einem Anruf darüber. Daraufhin können verschiedene Kontaktaufnahmemöglichkeiten ausgewählt werden. [60]

als ‚Burden-shifting‘ bezeichnet. Dem Anrufer wird vor einem Anruf, ähnlich wie in ContextContacts [80], der Kontext angezeigt. Dieser beschränkt sich aufgrund der Privatsphäre auf erreichbar, fahrend oder nicht erreichbar. Die Entscheidung liegt nun beim Anrufer.

Soll ein Anruf getätigt werden, obwohl der Angerufene sich im Kontext fahrend befindet, werden dem Anrufer in einem Dialog mehrere Möglichkeiten zur Auswahl angezeigt. Es kann anstelle eines Anrufes eine *Textnachricht* eingegeben werden. Diese wird dem Empfänger erst angezeigt, wenn es die Situation zulässt, beispielsweise bei Ende oder Unterbrechung seiner Fahrt. Eine weitere asynchrone Möglichkeit ist es, direkt eine Nachricht auf dem *Anrufbeantworter* zu hinterlassen. Auch diese Nachricht wird dem Angerufenen erst zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung gestellt. Es kann aber auch eine *Erinnerung* eingestellt werden. Diese verhindert es, dass der verhinderte Anruf in Vergessenheit gerät. Weiterhin kann ausgewählt werden, dass der eigene (Anrufer) Status dem Anderen (Angerufenen) temporär oder ständig zur Verfügung gestellt wird. Es findet ein *Austausch der Kontexte* statt. In sehr wichtigen, notfallbedingten Situationen kann ein *Emergency Anruf* getätigt werden. Dieser stellt nicht direkt die Verbindung her, sondern fordert dem Autofahrer auf, sein Fahrzeug zu parken und anschließend den Anruf anzunehmen.

Neben der direkten Verhandlung für einen Verbindungsaufbau wird noch ein Ansatz vorgestellt, den LINDQVIST und HONG als ‚Activity-Based Sharing‘ bezeichnen. So kann beispielsweise nach einem Anruf der Modus *Abholen* eingestellt werden. Das heißt, der Abzuholende wird automatisch informiert, sobald der Abholer unmittelbar vor dem Treffpunkt ist. Das übliche Telefonat ‚Ich bin gleich da, Du kannst schon mal herauskommen‘ entfällt.

Das Konzept von LINDQVIST und HONG zeigt, wie Kontext bewusst dafür eingesetzt wird, wie Anrufe in ungünstigen Präsenzen des Angerufenen verhindert werden. Es müssen allerdings manuell Einstellungen vorgenommen werden, damit das System funktioniert. Für verschiedene Adressbuchgruppen müssen die Einstellungen vorgenommen werden, wer den eigenen Kontext sehen darf und wer nicht. Außerdem wird nicht erwähnt, wie überhaupt der Kontext ermittelt wird. Was passiert, wenn der Angerufene nicht der Fahrer, sondern der Beifahrer ist? Dieses Problem bleibt ungeklärt. Es könnte aber mit dem im Abschnitt 2.4.2 folgenden Ansatz geklärt werden.

2.4.2. Lokalisierung eines Mobiltelefons im Fahrzeug

Das von YANG et al. in [118] vorgestellte Verfahren lokalisiert ein Mobiltelefon innerhalb eines Fahrzeuges. Die Position dient zur Unterscheidung ob der Besitzer des Smartphones gerade selbst Auto fährt oder nur Mitfahrer ist. Es funktioniert natürlich nur dann, wenn sich das Telefon unmittelbar am Besitzer befindet. Die Erkennung erfolgt mit Hilfe der eingebauten Autolautsprecher und einer Bluetoothverbindung mit dem Soundsystem, üblicherweise dem Autoradio. Das Prinzip ist einfach und wirkungsvoll: Das Mobiltelefon sendet einen hochfrequenten Ton je Lautsprecher (links/rechts vorn, falls vorhanden links/rechts hinten), der gerade noch durch das Mikrofon aufgenommen werden kann. Dies verhindert zum einen, dass Umgebungsgeräusche einen Einfluss nehmen, da diese im niederfrequentem Frequenzband auftreten. Zum anderen sind Töne für Menschen ab ca. 16 kHz nur noch mit erhöhter Lautstärke (ab 70 db) wahrnehmbar. Anschließend werden die Zeiten gemessen, wie lange es zwischen Senden und Aufnehmen dauert. Wurden diese Zeiten ermittelt, kann festgestellt werden, wo sich ungefähr das Telefon im Fahrzeug befindet. Die Erkennungsraten sind selbst ohne Kalibrierung sehr genau. YANG et al. [118] schreiben von einer 98 %-igen Erkennungsrate.

Das Wissen über den Kontext kann also durchaus hilfreich sein, z.B. wo sich denn genau das Telefon im Fahrzeug befindet. Zur Beschreibung des Kontextes kann dieses Wissen als zusätzlicher Input verwendet werden und hilft dabei, eventuelle Fehlschlüsse für Erreichbarkeiten zu vermeiden.

2.4.3. Live Addressbook

Das Projekt Live Addressbook von MILEWSKI SMITH [75] ist ein Adressbuch, das webbasiert verschiedene Bereitschaften und Kontaktmöglichkeiten der Einträge anzeigt. So wird einerseits angezeigt, ob gerade Telefonate entgegengenommen werden können und andererseits aber auch, wie die entsprechende Person erreichbar ist. Dies können beispielsweise Referenzen auf unterschiedliche Rufnummern (Mobilfunk, Festnetz und weitere) sein. MILEWSKI und SMITH haben in dem Projekt erkannt, dass ein Anruf den Angerufenen bei seiner Arbeit immer unterbricht oder es sein kann, dass dieser nicht telefonieren möchte. Das Projekt ähnelt einer Buddy List³ sehr stark, da das Adressbuch ähnlich wie bei Instant Messaging unter anderem die Erreichbarkeit anzeigt.

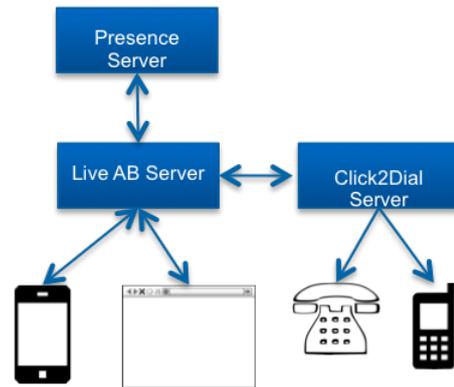


Abb. 2.16.: Systemarchitektur der Anwendung *Live Addressbook*: Per PDA oder Webbrowser können Änderungen im AB vorgenommen werden. Der Click2Dial-Server übernimmt das Verbindungsmanagement im Telefonnetzwerk. [75]

Das Live Addressbook ist ein verteiltes System. Es besteht aus einem zentralen Adressbuchserver, in dem alle Kontakte hinterlegt sind. An dieser Stelle werden die Kontakte auch beispielsweise über einen Webbrowser, per PDA-App oder PC-Anwendung editiert und aktualisiert. Weiterer Vorteil dieses zentralen Services ist die Synchronisierung aller Einträge über verschiedene Geräte hinweg. MILEWSKI und SMITH erweiterten die heutzutage übliche Funktion click to dial. Ein direkter Klick auf den Eintrag im Adressbuch wählt die hinterlegte Rufnummer des ausgewählten Eintrages. Die Erweiterung bestand darin, dass nicht direkt die Rufnummer gewählt wird. Es wird erst in einem weiteren Server, dem Click2Dial-Server, die eigentliche Telefonnummer ermittelt, die der Kontakt aktuell hinterlegt hat. Damit soll es möglich sein, entsprechend seiner Lokalität die Rufnummer zu ändern. Der Click2Dial-Server übernimmt auch das Verbindungsmanagement, in dem er den Anrufer mit dem Anzurufenden verbindet. Aufgrund dieses Servers ist es auch möglich, direkt Konferenzen mit mehreren Teilnehmern durchzuführen. Der entsprechende Benutzer kann im Adressbuch weitere Teilnehmer anklicken, die zur aktiven Telefonverbindung hinzugefügt werden. Abbildung 2.16 veranschaulicht den Aufbau des Live Addressbooks.

³Buddy List: Eine Liste mit Kontakten zu Freunden und Bekannten. Sie ist bei Instant Messaging weit verbreitet und zeigt deren Erreichbarkeit an.

Ein Nachteil dieses Ansatzes sind die ständig durchzuführenden Kontextänderungen im Live Addressbook Server. Diese müssen manuell per Hand im System vorgenommen werden. Neben dem aktuellen Aufenthaltsort mit zugehöriger Rufnummer kann eine kurze Textnachricht sowie vier verschiedene Erreichbarkeiten (verfügbar, nur dringendes, abwesend, nicht stören) ausgewählt werden. Diese vier diskreten Zustände erlauben keine weitere Unterteilung. Auch ist es nicht möglich, die Anrufsignalisierung einzustellen. MILEWSKI und SMITH haben ihren Prototypen auch evaluiert. Dabei stellten sie fest, dass nur 1,4 Kontextänderungen pro Tag durchgeführt wurden. Die wichtigsten Gründe für die manuelle Aktualisierung des eigenen Kontextes waren Ortsveränderungen mit entsprechender Rufnummer und Erreichbarkeitsänderungen.

Das System hat gezeigt, dass es prinzipiell gut funktioniert. Störend bei dem Ansatz sind die manuell durchzuführenden Kontextänderungen. Dies wird auch der Grund sein, warum nur 1,4-mal pro Tag der Kontext verändert wurde. Ein Ansatz der vorliegenden Arbeit ist es, den Kontext des Benutzers automatisch zu ermitteln. Ein verteiltes System ist aufgrund der Bedenken zum Datenschutz nicht unbedingt wünschenswert.

2.4.4. ContextContacts

Einen ähnlichen Ansatz zum Live Addressbook verfolgen OULASVIRTA, RAENTO und TIITTA im Projekt ContextContacts [80]. Dieses ersetzt das Standardadressbuch eines Nokia S60⁴ Mobiltelefons und erweitert es mit Kontextinformationen für die einzelnen Einträge. Es kann gruppenbasiert (Freunde, Familie, Arbeit) ausgewählt werden, wer Informationen über den eigenen Kontext auslesen darf und wer nicht. Folgende Informationen können vollständig oder nur teilweise je nach Gruppe ausgelesen werden:

- Aktuelle Position und Aufenthaltsdauer
- Aktiviertes Nokia Profil (Profilname, Lautsprecher Ein/Aus, Vibrationsmodus Ein/Aus)



Abb. 2.17.: *ContextContacts* visualisiert verschiedene Kontextinformationen. Hier beispielhaft für die Auswahl eines Adressbucheintrages. [42]

⁴Nokia S60: Das Nokia S60 verwendet ein GUI das auf Symbian OS basiert. Es ermöglicht die Programmierung von Programmen für das Mobiltelefon.

- Anzahl der Personen in der Umgebung
- Wann wurde das Telefon das letzte Mal verwendet

Der Austausch der Kontextinformationen erfolgt über das Instant Messaging Protokoll XMPP/Jabber⁵ im Hintergrund der Adressbuchanwendung. Die aktuelle Position wird mit Hilfe von Textnachrichten-Abfragen an den Telefonprovider ermittelt. Aufgrund des kostspieligen Services wird diese Abfrage erst nach einer bestimmten Zeit innerhalb der gleichen GSM⁶ Zelle vorgenommen. Erst mit dem Nokia N95 stand erstmals ein GPS Empfänger zur Verfügung. Dieser wurde allerdings für ContextContacts nicht verwendet beziehungsweise stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht zur Verfügung. In einer Evaluierung von ContextContacts wurde genau diese genutzte Variante zur Lokalisierung kritisiert. Sie ist nicht nur teuer, sondern auch sehr ungenau, da laut Evaluierung die GSM ID verwendet wurde und nicht eine Triangulierung.

Die Idee von ContextContacts ist gut, Kontext wird halbautonom erfasst und dem Anrufer visualisiert. Die Frage, ob das allerdings immer gewollt ist, steht offen im Raum. Außerdem muss jeder Benutzer sein Adressbuch per Hand mühevoll pflegen und einzelne Einträge gruppieren. Nur so kann verhindert werden, dass nicht jeder die eigene Position auslesen kann. Außerdem ist es nicht möglich, mit ContextContacts die Bereitschaft zum Telefonieren darzustellen. Es deckt die Sozialen Protokolle des Alltages nicht vollständig ab, denn der Angerufene kann weiterhin bei seiner Arbeit gestört und unterbrochen werden.

⁵XMPP/Jabber: Extensible Messaging and Presence Protocol. Es basiert auf seinem Vorgänger Jabber und wird für Instant Messaging verwendet.

⁶GSM: GSM steht für Global System for Mobile Communications und ist ein Standard für digitale Mobilfunknetze. Es wird überwiegend für Telefonie verwendet. Datenübertragung und das Senden von Kurznachrichten ist ebenfalls mit Hilfe von GSM möglich.

2.4.5. Studentenapp myTU

Eine weitere awarenessbasierte Anwendung für mobile Umgebungen ist die an der TU Bergakademie Freiberg entwickelte App myTU ([36], [44] und [37]). Die seit 2011 eingesetzte App von FROITZHEIM, GOMMLICH und HEYNE ist eine persönliche Lernplattform für Smartphones. Ziel des Projektes ist es, eine generalisierte Lernplattform für alle Hochschulen anzubieten, die im Sinne des BYOD⁷-Konzeptes mit persönlichen Endgeräten arbeitet. Studenten und Mitarbeiter sollen ihr eigenes Smartphone verwenden, um tägliche, universitätsbezogene Aufgaben schnell und einfach durchzuführen. Die App hat sich in den drei Jahren ihrer Veröffentlichung sehr schnell verbreitet und wurde mehr als 7000-mal heruntergeladen und installiert.



Abb. 2.18.: myTU App mit zentraler Startseite. Auf dieser werden anstehende Ereignisse zu Vorlesungen und der Universität visualisiert.

Eine der Besonderheiten von myTU sind awarenessbasierte Funktionen für Push-Nachrichten⁸, Umfragen sowie die Möglichkeit, direkt Fragen und Feedback an den Dozenten in Vorlesungen zu stellen. Awareness wird daher innerhalb dieses Projektes als ‚Bewusstsein über den Kontext‘ (siehe auch Abschnitt 2.1) interpretiert, d.h. myTU weiß, welcher Benutzer sich zu welcher Zeit in welcher Vorlesung befindet. So können verschiedene Funktionen entsprechend des Kontextes freigeschaltet werden. Für die Erkennung des Kontextes existieren alte Ansätze, üblicherweise wird eines der folgenden beiden simplen Verfahren zur Bestimmung eingesetzt:

1. Der Benutzer loggt sich in das System ein und wählt eine entsprechende Lehrveranstaltung aus. Anschließend kann er kontextbezogene Funktionalitäten ausführen, beispielsweise an den Dozenten der Vorlesung eine Frage stellen oder an einer Umfrage zu dieser Vorlesung teilnehmen.

⁷BYOD: Bring Your Own Device: Vorhandene, meistens private, mobile Endgeräte können und sollen in vorhandene Organisationen eingebracht werden. Dieser Ansatz spart zum einen teure Neuanschaffungen von Hardware, zum anderen kann der Benutzer sein ihm vertrautes Gerät verwenden.

⁸Push-Nachrichten: Mit Hilfe von Push-Nachrichten können App-spezifische Nachrichten mit Hilfe des Push-Notification Servers an die Mobiltelefone geschickt werden. Im Gegensatz zu einer SMS⁹ sollen Push-Nachrichten dem Benutzer mitteilen, dass neue Informationen auf dem Server liegen. Diese können dann durch Öffnen der App nachgeladen werden.

2. In den Vorlesungen gibt es spezielle Geräte, die entweder fest installiert sind oder ausgeteilt werden. Die Geräte funktionieren nur in den entsprechenden Räumen und sind den Vorlesungen fest zugeordnet. Anschließend können die Hörer an Umfragen teilnehmen oder auch Feedback an den Dozenten senden. [105]

Beide Ansätze haben ihre jeweiligen Nachteile. Das Authentisierungskonzept (Punkt 1) führt zu weniger Privatsphäre. Anonyme Bewertungen sind aus Sicht des Studenten nicht sichergestellt. Spezielle Hardware (Punkt 2) ermöglicht zwar Anonymität, kostet aber zusätzlich Geld. Aus diesem Grund verwendet das Projekt myTU einen neuen Ansatz - das Kontextbewusstsein. Für myTU ist es wichtig, ob sich der App-Benutzer in einer bestimmten Vorlesung befindet oder nicht. Er ist genau dann in einer Vorlesung anwesend, wenn der Kontext

Ort (Hörsaal), Situation (in Vorlesung eingeschrieben) und Zeit (Uhrzeit und Datum) mit der Vorlesung übereinstimmen, siehe Abbildung 2.19. Aufgrund der zunehmenden Verbreitung von Smartphones besitzt mittlerweile fast jeder Benutzer ein eigenes Smartphone [37], in dem gängige Sensorhardware integriert ist. Wie in Kapitel 4 beschrieben, wird der Ort über die Geoposition des Geräts bestimmt und anschließend mit dem Vorlesungsort verglichen. Auch Datum und Uhrzeit lassen sich auf ähnlicher Weise vergleichen. Die Überprüfung, ob sich der Benutzer in der Vorlesung eingeschrieben hat, erfolgt bei myTU innerhalb der Serveranwendung. Jeder Benutzer kann genau einen persönlichen Stundenplan besitzen, der sowohl im Smartphone als auch auf dem Server hinterlegt ist. Dieses Wissen, welches Gerät sich in welcher Vorlesung befindet, ermöglicht es auch, awarenessbasiert Push-Nachrichten zu verschicken. Befindet sich ein Gerät aktuell in einer Vorlesung, so wird eine anstehende Push-Nachricht lautlos verschickt. Es kommt zu keiner Störung der Vorlesung, selbst wenn der Benutzer sein Gerät nicht lautlos gestellt hat. Dieser Ansatz funktioniert allerdings nur für Push-Nachrichten vom myTU-Server. Alle awarenessbasierten Funktionen können bei myTU mit diesem Wissen vorlesungsbezogen bei Abwesenheit deaktiviert beziehungsweise bei Anwesenheit aktiviert werden. Das awarenessbasierte Konzept von myTU ist erprobt und hat sich durch eine Evaluierung [39] 2013/2014 positiv bestätigt. myTU steht für die mobilen Betriebssysteme iOS und Android zur Verfügung und ist mit 94 % Installationen beziehungsweise 55 % akti-

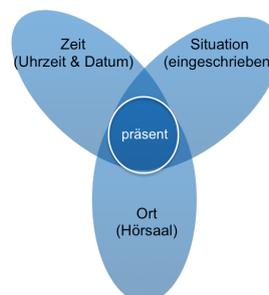


Abb. 2.19.: Schnittmenge der Bedingungen für die Anwesenheit einer Vorlesung in myTU.

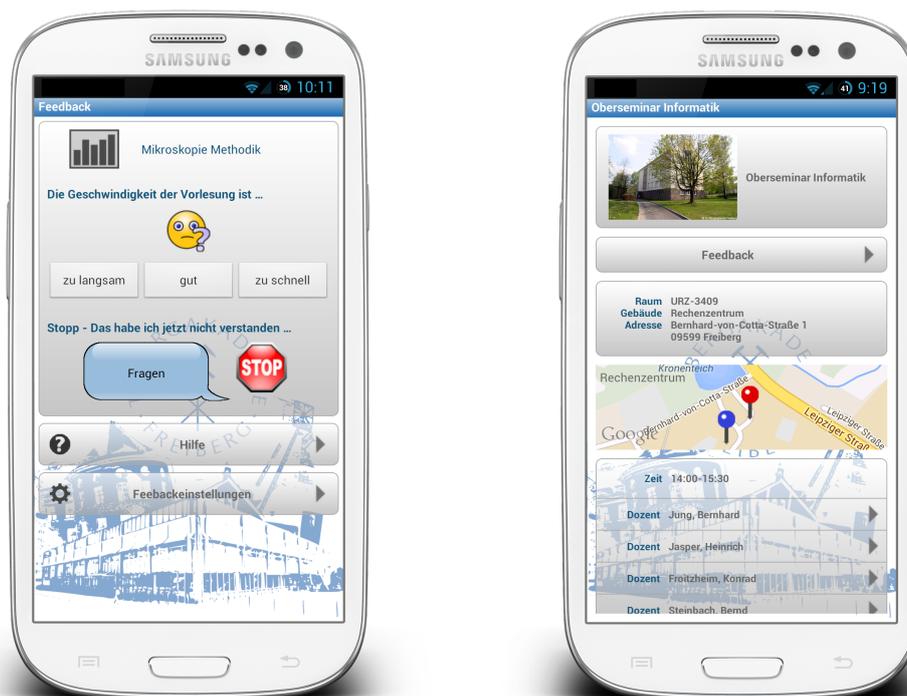


Abb. 2.20.: Die Feedbackfunktionen (links) zur Vorlesung ermöglichen das Senden von Hinweisen und Fragen an den Dozenten. Die Detailansicht (rechts) zu einer Vorlesung schaltet bei Vorlesungsanwesenheit Feedback und Umfragen frei.

ven Benutzern bei 5575 Studierenden und 2107 Mitarbeitern sehr gut angenommen. Die Nutzergemeinde wächst seit dem Erscheinen in den Stores immer weiter. Im Juli 2014 wurden ca. 8200 Apps installiert. Aktiv waren davon 4200 in den letzten 6 Monaten. Neben den üblichen RSS-Nachrichten sind die folgenden drei Funktionalitäten speziell auf den Kontext des Studenten beziehungsweise den Dozenten angepasst:

Stundenplan: Die TU Bergakademie Freiberg betreibt ein Webportal für die studentischen Stundenpläne. In diesem Portal stellt sich jeder Studierende auf der Basis studiengangbezogener Stundenpläne seinen individuellen Semesterplan zusammen. Mit einem dynamisch erzeugten Zugriffscode wird dieser in die App geladen. Dieser Zeitplan ist Voraussetzung, um Push-Nachrichten gezielt lautlos an die Geräte zu versenden. Außerdem stellt es eine Art Terminkalender für die Studenten zur Verfügung. Mit diesem werden unter anderem die folgenden Funktionalitäten nach dem Prinzip aus Abbildung 2.19 freigeschaltet (Abbildung 2.20 rechts). Dieser Stundenplan unterstützt die Ermittlung des Kontextes für die App.

Feedback / Frage in der Vorlesung: Das Projekt versucht die Interaktion besonders in großen Vorlesungen zu verbessern. Um die Interaktion zu fördern, können Studierende mit ‚zu langsam‘ - bzw. ‚zu schnell‘-Buttons eine andere Vortragsgeschwindigkeit vorschlagen, mit der Stopptaste um eine Wiederholung bitten oder Fragen in Echtzeit an den Dozenten schicken (Abbildung 2.20 links). Diese Funktionen sind nur freigeschaltet, wenn der Student sich auch wirklich in der Vorlesung befindet.

Umfragefunktion: Die App wurde 2014 durch ein Umfragemodul erweitert. Mit wenigen Klicks lassen sich Multiple-Choice Umfragen erstellen. Wird eine Umfrage innerhalb einer Vorlesung angelegt, werden verschiedene Kontextparameter automatisch eingestellt, unter anderem Teilnehmer der Umfrage, geschlossener Benutzerkreis und Vorlesung. Es besteht auch die Möglichkeit, Umfragen unabhängig von Vorlesungen zu erstellen und die Funktionalität an beliebigen Orten zu verwenden.

Diese clientseitigen, awarenessbasierten Ansätze in myTU werden in der Präsenzbewertung dieser Arbeit nicht nur für eine App betrachtet, sondern beeinflussen das komplette Smartphone bezüglich des Kontextes.

2.5. Ansätze zum Forschungsgebiet überprüft in betreuten Arbeiten

Während meiner Arbeit an der TU BA Freiberg betreute ich mehrere Studien-, Bachelor- und Masterarbeiten. Speziell zum Thema Präsenzbewertung entstanden in direkter Betreuung und wöchentlichen Besprechungen neue Ideen und Ansätze. Von insgesamt zehn Arbeiten betreute ich sieben zum Thema und entwickelte ein Gesamtsystem zur Präsenzbewertung. Die Arbeiten unterschieden sich bezüglich der Themen und lassen sich wie folgt unterteilen:

- Aggregation von Sensordaten (LORENZ [65], KUKSHAUSEN [55], MEISSNER [73])
- Klassifikation von Sensordaten (LORENZ [64])
- Portierung der Software zwischen Android und iOS (SCHUBERT [97])
- Währungs-basierte Modelle (TAPPERT [104], TREUMER [107])

LORENZ beschäftigte sich in seiner Bachelorarbeit ‚**Eine Modellanwendung zur Präsenzbewertung von Computernutzern**‘ [65] über die Bewertung der Präsenz und Aktivität am Arbeitsplatz. Es entstand eine lauffähige Modellanwendung auf einem Macintosh-Computer. Die ermittelte Präsenz wurde visuell in einer Statusleiste angezeigt. Eine Verarbeitung dieser Information erfolgte nicht. Da die Anzahl der Sensoren bei einem Desktoprechner beschränkt sind, konnte nur eine kleine Anzahl zur Präsenzbestimmung verwendet werden. So wurde die Umgebungslautstärke, gemessen in Dezibel, auf drei diskrete Werte abgebildet und diese als Eingabe verwendet. Lorenz teilte die Lautstärke in die Bereiche

- still
- leise
- laut

ein. Als weiteren Sensor wurde der lokale Kalender des Rechners verwendet und den zukünftigen Terminen sogenannte Gewichte zugeordnet. Diese setzen sich zusammen aus der vom Nutzer zugeordneten Priorität des Termins sowie der zeitliche Abstand bis zum Ereignis. Je früher dieser Termin eintritt, desto höher ist die Wichtung und desto geringer wird die Präsenz ausfallen. Da es sich um ein Bewertungssystem auf einem

Desktoprechner handelt, konnten Informationen zu laufenden Programmen und Tastatureingaben gesammelt werden. Vorher fest definierte Programme wurden in die zwei Kategorien ‚Produktivität‘ und ‚Vergnügen‘ eingeteilt. Das System sollte so abschätzen, ob der Benutzer anhand der Programme gerade produktiv arbeitet oder nicht. Analog hat LORENZ eine Einteilung für spezielle Domains vorgenommen. So untersuchte er geöffnete Tabs im Browserfenster. Eine zusätzlich installierte Kamera soll Gesichter im Raum erkennen und so Anwesenheit feststellen. Die Bestimmung der Präsenz erfolgte in dieser Arbeit ausschließlich statisch. Die Bewertung der Sensordaten erfolgte mit Hilfe eines Vergleiches von vorher festdefinierten Situationen. Zur Bewertung bot sich ein Entscheidungsbaum an, da dieser definierte Wertebereiche von Situationen und Sensordaten abbilden kann. LORENZ wählte auch diese Art der Entscheidungsfindung und konstruierte ein Entscheidungsbaum mit fünf Klassifikationsvorhersagen der Präsenz. Als Grundlage für den Baum dienten die in Tabelle 2.2 aufgeführten Sensoren mit ihren diskreten Wertebereichen. Die Arbeit zum Thema Präsenzbewertung hat allerdings große

Sensor	Beschreibung und Wertebereiche
Lautstärke	still, leise und laut
iTunes Status Programme	Medien werden gerade abgespielt, pausiert oder gestoppt Einteilung in Produktivität oder Vergnügen
Browser Safari	Einteilung in Produktivität oder Vergnügen
Kamera	ein Gesicht wurde erkannt oder kein Gesicht
Kalender	Gewichtung der Termine und Aufgaben

Tab. 2.2.: Sensoren zur Präsenzbewertung von Computernutzern nach LORENZ [65].

Probleme aufgezeigt. Eine Klassifikation nur anhand von statischen Wertebereichen ohne automatische Anpassung funktioniert nur unzureichend. Praktische Experimente haben gezeigt, dass vor allem der Mikrofonsensor die unzuverlässigsten Resultate lieferte. Auch gab es keine Möglichkeit, die Entscheidungsergebnisse zu validieren und zu bewerten. Es war ein erster Versuch, Sensordaten zu erfassen und diese mit statischen Verfahren zu bewerten. Die Arbeit führte zur Erkenntnis, dass die Klassifikation dynamisch und lernend erfolgen muss.

Zwei weitere Arbeiten zum Thema Aggregation von Sensordaten wurden von MEISSNER [73] und KUKSHAUSEN [55] durch mich betreut. Sie hatten beide das Ziel, mit

Hilfe eines Mikrofons Sprache in der Umgebung zu erkennen. Es ging dabei allerdings nicht darum, was genau gesprochen wurde, sondern viel mehr, ob gesprochen wird. In der Studienarbeit von Meissner konnten allerdings keine nennenswerten Resultate gewonnen werden. Die Implementierung für ein Android Mobiltelefon funktionierte nicht. Es machte auch den Eindruck, dass die Erkennung ausschließlich auf der Lautstärke basiert. Meissner erkannte, dass die Erkennung von Sprache in der Umgebung schwer zu realisieren ist. Aufgrund der schlechten Ergebnisse hat KUKSHAUSEN das Thema erneut bearbeitet und die Bachelorarbeit mit dem Titel ‚**Entwicklung einer mobilen Anwendung zur Voice Activity Detection**‘ geschrieben. Ziel dieser Arbeit war es, verschiedene VAD-Algorithmen zu evaluieren und eine prototypische Anwendung zu entwickeln. Die Algorithmen dienen hauptsächlich zur Sprechpausenerkennung und indirekt auch zur Sprachan- und abwesenheitserkennung. Aber auch weitere Möglichkeiten zur Verwendung sind vorstellbar. So werden in [55] Predictive Dialer und Möglichkeiten zum Energiesparen auf Mobiltelefonen kurz erläutert. Ein weiteres von mir angestrebtes Ziel ist die Verwendung der VAD-Algorithmen zur Erkennung von Gesprächen für die Präsenzbewertung. Ist eine Person in einem Gespräch, ist die Präsenz folglich geringer, als wenn die Person gerade nicht spricht. Für die Implementierung wählte KUKSHAUSEN einen energiebasierten Ansatz und erreichte eine Erkennungsrate von bis zu 91,88 %. Der Durchschnitt der Erkennung lag allerdings deutlich darunter. Auch wiesen die Resultate ähnliche Schwachstellen wie die von MEISSNER auf. Auch der energiebasierte Ansatz reagiert deutlich auf Lautstärke und dadurch auch auf laute Nebengeräusche. Die Tabelle 2.5 zeigt vergleichend die Ergebnisse zweier Algorithmen. Der Algorithmus

Soundfile	Erkennungsrate A1	Erkennungsrate A2
Example 1	68,20 %	89,42 %
Example 2	75,92 %	91,88 %
Example 3	72,36 %	91,83 %
Example 4	71,37 %	85,01 %
Example 5	75,71 %	92,14 %
Example 6	72,56 %	91,73 %
Example 7	60,40 %	82,82 %
Ø	70,94 %	89,26 %

Tab. 2.3.: Vergleichende Erkennungsraten von Sprache zweier Algorithmen aus [55].

A1 wurde von KUKSHAUSEN selber entwickelt. Vergleichend dazu der Algorithmus A2, der auf einen energiebasierten Ansatz basiert. Im Anhang A.7 ist ein weiteres Beispiel für gesprochenen Text mit einer VAD-Markierung gezeigt.

Die angegebenen Soundfiles Example 1-7 haben unterschiedliche Audioquellen und decken alltägliche Situationen ab. So hat Herr Kukshausen u.a. Audioquellen aus dem Bereich TV, Musik und eine aufgezeichnete Konferenz untersucht. Zusätzlich und für diese Arbeit interessant wurde auch eine Echtzeitanalyse vorgenommen. Die App analysiert die durch das Mikrophon erfasste Umgebung und trifft kontinuierlich die Aussage, ob Sprache erkannt oder nicht erkannt wird. In der Praxis konnten allerdings die angegebenen Durchschnittswerte 89,26 % bzw. 70,94 % bei weitem nicht erreicht werden. Eine Messung der Erkennungsrate wurde nicht durchgeführt, allerdings war das Ergebnis der Echtzeitanalyse leider nicht brauchbar.

Die Arbeit „**Ein Experiment zur lernenden Präsenzbewertung für Smartphones**“ im Bereich Klassifikation von Sensordaten hat LORENZ in [64] vorgenommen. Die Arbeit ist eine Fortführung und Verbesserung der Bachelorarbeit [65] und versucht die erkannten Probleme zu lösen. Ziel dieser Arbeit war es, das statische Entscheidungsbaummodell zu ersetzen und mit Hilfe von dynamischen Modellen eine Klassifikation vorzunehmen. LORENZ wählte den Klassifikator RapidMiner. Dieser überzeugt mit guten Parametereinstellungen für die Klassifikatoren, Auswertungswerkzeuge sowie die Möglichkeit, diesen automatisiert zu starten. RapidMiner ist ein Data-Mining Werkzeug, das schnelle Entwicklungen und zahlreiche Experimente ermöglicht und ist daher ideal zur Implementierung eines Prototyps. Ein Problem stellte sich allerdings heraus, das auch während dieser Arbeit nicht gelöst werden konnte. Es besteht keine Möglichkeit, RapidMiner auf mobilen Plattformen autonom zu betreiben. Daher entschieden wir uns zum Zeitpunkt dieser Arbeit für eine verteilte Anwendung mit klassischer Client-Server-Architektur wie sie in Abbildung 2.5 gezeigt ist.



Abb. 2.21.: Client-Server-Modell zur Entwicklung eines Prototyps. Die Klassifikation der Sensordaten erfolgt auf einem Server mit Hilfe von RapidMiner.

Eine auf einem iPhone installierte App sammelte verschiedene Sensordaten. Die Anzahl der verwendeten Sensoren war größer als in der vorhergehenden Arbeit für die Desktopanwendung. Mit einer geschriebenen Schnittstelle wurden diese zu einem simulierten Zeitpunkt (Anruf) dem Server übergeben. Dieser verwendete die Sensordaten zur Klassifikation und stellt eine Vorhersage zur Anrufsignalisierung auf. Diese wurde wieder zurück an das Telefon geliefert und wurde auf diesem visualisiert. Sollte der Benutzer die Vorhersage bewerten, wurde das Feedback zum Lernen des Modells verwendet. Eine dynamische Anpassung an das Benutzerverhalten werden dadurch berücksichtigt. In dieser Arbeit wurden allerdings neue Probleme festgestellt. Die Wahl auf das Betriebssystem iOS für iPhones stellte sich während der Arbeit als sehr ungünstig heraus. Folgende Probleme mit iOS wurden festgestellt:

- iOS unterstützt keine beliebigen Hintergrundprozesse. Beim Auslesen von einigen Sensoren muss die entsprechende App sich im Vordergrund befinden.
- Es gibt bei iOS keine Möglichkeit, eine App über einen eingehenden Anruf zu informieren. Ziel soll sein, dass bei eingehendem Anruf die Präsenzbewertung erfolgt. Dies ist nicht möglich.
- Zugriff auf die Sensoren teilweise eingeschränkt. So kann beispielsweise der Helligkeitssensor nicht ausgelesen werden. Auch der Näherungssensor kann nicht verwendet werden.
- Es gibt keine Möglichkeit, die Anrufsignalisierung zu steuern. Jegliche Einstellungen können nur manuell durchgeführt werden.

Anhand dieser zahlreichen Probleme werden zukünftige Arbeiten nicht mehr mit diesem System prototypisch umgesetzt. Es bietet sich daher der Versuch an, das Betriebssystem Android zu verwenden. LORENZ untersuchte an drei Probanden den Prototypen. Bei einem konnte die Anrufsignalisierung mit 80 % Genauigkeit korrekt ermittelt werden. Die anderen beiden Probanden lagen bei der Genauigkeit zwischen 50 % und 55 %. Warum eine so große Streuung zwischen den Probanden auftrat, konnte nicht abschließend geklärt werden.

In einer weiteren Bachelorarbeit „**Ein Experiment zur lernenden Präsenzbewertung auf Android Betriebssystemen**“ von SCHUBERT [97] wurde die Portierung des oben vorgestellten iOS Prototypen auf das Android Betriebssystem vorgenommen. Damit sollten und konnten die entstandenen Probleme von LORENZ weitgehend behoben werden. SCHUBERT sollte zudem die von LORENZ verwendeten Sensoren hinsichtlich

ihres Datentyps analysieren und eine einheitliche Schnittstelle für einen Sensoraggregator entwerfen. Dieser soll bei definierten Ereignissen, aber auch zyklisch, alle Sensoren abfragen und deren Werte speichern. Im Falle eines Anrufes stehen so alle Sensorwerte zur Verfügung und eine Latenz durch die Abfrage wird umgangen. Es wird versucht, die Aktualität der Daten zu gewährleisten. Jeder Sensor stellt dem Aggregator ein Abfrageintervall zur Verfügung. Diese Ziele wurde auch ansatzweise erreicht und führten zu einem funktionsfähigen Prototypen.

Ein weiteres Ziel sind die oben bereits genannten währungsbasierten Modelle mit denen die Dringlichkeit des Anrufers der Präsenz des Angerufenen gegenübergestellt wird (siehe Abschnitt 2.3.5). Die betreute Arbeit mit dem Thema „**Ein währungsbasiertes Modell zur Rufbewertung im Telefondienst**“ von TAPPERT [104] erörtert verschiedene Währungssysteme und beschreibt eine neue, fiktive Währung. Zur Gewährung der Funktionsfähigkeit der Währung wurden vier Eigenschaften erarbeitet:

- *Homogenität*: Einheiten des Geldes müssen gleich beschaffen sein. Sie können sich folgend gegenseitig austauschen (Fungibilität).
- *Haltbarkeit*: Das Medium verliert mit der Zeit keinen Verlust an Substanz.
- *Teilbarkeit*: Das Geld kann ohne Verluste in kleinere Einheiten unterteilt werden.
- *Seltenheit*: Das Geld muss natürlicher/technischer Knappheit unterliegen.

TAPPERT beschreibt zudem, wie Geld zwischen Benutzern und Banken ausgetauscht wird. Dazu werden verschiedene Modelle betrachtet und festgestellt, dass sich nicht alle Modelle für die Abbildung der Dringlichkeit eignen. Er beschreibt für die Präsenzbewertung drei mögliche Modelle:

- *Prepaid-Modell*: Eine Person kauft sich eine Guthabekarte, die durch Nutzung von Telefonservices belastet wird. Ein direkter Bezug zur realen Währung besteht, da Guthaben erworben werden muss. Der Einsatz erfolgt ökonomisch sinnvoll durch die indirekte Beziehung zur realen Währung.
- *Spielgeld-Modell*: Ein Währungsmodell, das keinen realen Bezug zur wirklichen Währung besitzt. Ein Umtausch kann nicht erfolgen. Der Nutzen beschränkt sich auf ein geschlossenes System. Ein Problem ist die Geldmenge, die sich im geschlossenen System befindet. Diese muss zu Beginn sinnvoll festgelegt werden.

- *Kreditrahmen-Modell*: TAPPERT grenzt dieses Modell von den anderen genannten deutlich ab. Der Geldfluss erfolgt nicht zwischen den Akteuren, sondern immer mit einer zentralen Instanz. Auch hier muss festgelegt sein, wie hoch der Kreditrahmen zu Beginn ist.

Eine weitere Aufgabe von TAPPERT war die Verhandlung der Dringlichkeit des Anrufers mit der Präsenz des Angerufenen. Dazu evaluierte er die zwei Verhandlungsprotokolle SANP [24], engl. für Simple Automated Negotiation Protocol, sowie das WSAG [1], engl. für Web Services Agreement Protocol. Beide unterscheiden sich hauptsächlich in der Komplexität und Erweiterungsmöglichkeit. Dem WSAG liegen komplexe, in XML geschriebene, Agreement Templates zugrunde. Diese beschreiben Dienste und deren Eigenschaften aus denen später Vereinbarungen generiert werden. Die Templates werden zwischen den Teilnehmer ausgetauscht, in denen diese ihre Dienste und entstehende Kosten beschreiben. TAPPERT schließt dieses Protokoll in seiner Verwendung aus, da es für die Verhandlung von Dringlichkeit und Präsenz zu mächtig ist. Er wählt für seinen Ansatz das SANP aus und zeigt, dass dieses einfachere Verfahren auch zum gewünschten Ziel führt. Das SANP ist wie der Name auch besagt sehr einfach aufgebaut. Es ermöglicht die Übertragung und Verhandlung für einen Dienst mit entsprechenden Kosten. TAPPERT interpretiert folgerichtig die Signalart als Dienst und die damit entstehenden Kosten für das gewählte Prepaid-Modell. Dadurch werden indirekt die Dringlichkeiten des Anrufers sowie die Präsenz des Angerufenen abgebildet, da der Austausch eine Verhandlung zwischen beiden Teilnehmern ist. Jeder Teilnehmer bildet daher entweder seine Dringlichkeit im Angebot oder die Präsenz im Gegenangebot ab. Abbildung 2.22 veranschaulicht den prinzipiellen Ablauf des SANP für den Anwendungsfall der Verhandlung zwischen Anrufsignalisierung und Dringlichkeit. Ein Anrufer erstellt ein Startangebot (Initial Offer) und schickt dieses dem Anzurufenden. Das Angebot beinhaltet neben den Kosten c auch die gewünschte Signalart q . Der Anzurufende kann dieses Angebot annehmen (Interact Accept) oder mit

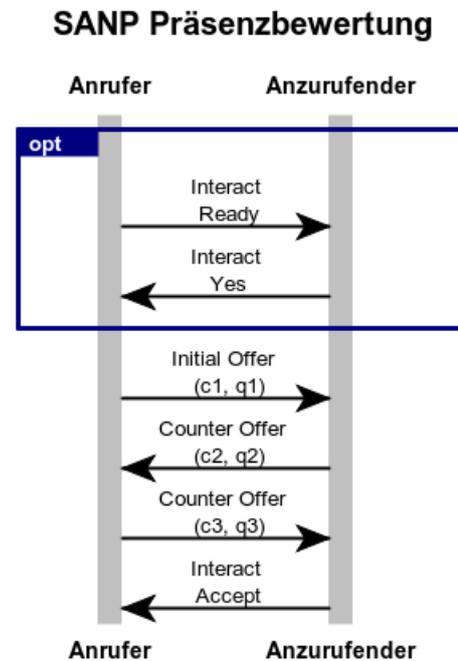


Abb. 2.22.: SANP Sequenzdiagramm mit zwei Counter Offers zur Verhandlung der Signalisierung und Kosten.

einem Gegenangebot (Counter Offer) neue Parameter (c, q) mitteilen. Dieser Verhandlungsangebote werden so lange wiederholt, bis es zu einer Einigung oder Abbruch der Verhandlung kommt. Eine Referenzimplementierung des Verhandlungsprotokolls SANP unter Berücksichtigung der gegenüberstehenden Teilnehmernutzen vervollständigte die Arbeit.

Eine weitere Arbeit zum Thema „**Ein präsenzbasiertes Modell zur Monetarisierung der mobilen technischen Erreichbarkeit**“ [107] von TREUMER befasst sich mit der technischen Realisierung und Implementierung der Ansätze von TAPPERT. TREUMER erörtert erneut die theoretischen Grundlagen der oben erwähnten Währungsmodelle und beschreibt detailliert technische Kriterien wie beispielsweise der Verschlüsselung während der Verhandlung. TREUMER erörtert, an welcher Stelle überhaupt eine Verhandlung zwischen Anrufer und Anzurufenden stattfinden soll und kann. Er findet eine besondere Lösung die wie folgt aussehen kann:

1. Anrufer A ruft Person B an. Mindestens bei B ist ein präsenzbasiertes System installiert. Das Telefon bei B signalisiert den eingehenden Ruf entsprechend der Präsenz.
 - B nimmt das Gespräch entgegen. Die Dringlichkeit von A war für den Anruf nicht entscheidend, A kann die Dringlichkeit verbal übersenden. Es ist eine Kommunikation zustande gekommen und der Ablauf ist nach dem Gespräch beendet.
 - B nimmt das Gespräch nicht entgegen bzw. bemerkt den Anruf nicht. Die Anrufsignalisierung ist für die aktuelle Präsenz von B nicht ausreichend genug. Person A wird nach einer bestimmten Zeit von selbst auflegen, der Anruf von A wird geblockt oder ein Anrufbeantworter hat sich eingeschaltet.
2. Der Anrufer A besitzt auch das präsenzbasierte System und kann nun, nachdem die Präsenz von B dazu führte, dass kein Gespräch stattfinden konnte, seine Dringlichkeit einstellen. Es kommt zu einer automatisierten Verhandlung zwischen A und B. Es wird eine Anrufsignalisierung mit entsprechenden Kosten vereinbart.

Neben dem Ablauf der Verhandlung und Klärung an welcher sinnvollen Stelle diese stattfinden soll, hatte TREUMER noch die Aufgabe, den Austausch der Währungseinheiten zu untersuchen. Er sollte aufgrund der Aktualität des Themas die virtuelle Währung Bitcoins [77] untersuchen. Neben einer komplexen Darstellung dieser Währung sollte TREUMER auch die Nachteile erörtern. Zum einen sind Bitcoins keine absolute sichere

Währung. Er zeugte, dass diese Peer-to-Peer Währung auch aufgrund der Signaturen gefälscht werden können. Dazu ist eine Mehrheit an Rechenpower im Gesamtsystem der Signierungsstellen notwendig. Außerdem war es aufgrund von technischen Beschränkungen nicht möglich, Bitcoins in das Framework der Präsenzbewertung einzubauen. Auch er entschied sich für einen Austausch von einfacher Einheiten zwischen den Endgeräten. Die Implementierung der Monetarisierung zwischen zwei Endgeräten überzeugte und korrigierte Fehler in der Arbeit von TAPPERT.

3. Klassifizierungsmethoden zur Präsenzbewertung

Das Kapitel beschreibt Methoden und Verfahren zur Präsenzbewertung bei eingehenden Anrufen. Vielfältige Sensordaten, u.a. zur Beschreibung des Kontextes, werden für die Klassifizierung verwendet. Das Ergebnis kann anschließend für eine mögliche Anrufsignalisierung auf einem Mobiltelefon verwendet werden. Beginnend mit der Erklärung für einen Klassifikator werden anschließend für die Bewertung grundlegende Begriffe zur Klassifikation erläutert sowie eine Charakterisierung der Kenngrößen vorgenommen. Anschließend werden verschiedene Klassifikatoren zur Präsenzbewertung vorgestellt und zusammengefasst.

Ein Klassifikator versucht neue Datensätze, die Sensorwerte, mit der Wissensdatenbank (KB) abzugleichen und Ähnlichkeiten zu finden. Das Ziel eines Klassifikators ist wie in Gleichung (3.1) gezeigt, die Differenzen zwischen dem neu zu klassifizierenden Datensatz zum Zeitpunkt t_0 und den einzelnen Datensätzen (Sensorwerte x zu den Zeitpunkten t über alle Sensoren i) in der KB zu ermitteln. Anschließend wird das Minimum der Differenzen ausgewählt. Dieser Minimumdatensatz hat den Zeitpunkt t_r und die Vorhersage $p(t_r)$. Die Vorhersage wird nun auch für den neu zu klassifizierenden Datensatz angenommen.

$$\min \begin{bmatrix} |x_1(t_0) - x_1(t_r)| \\ \vdots \\ |x_i(t_0) - x_i(t_r)| \end{bmatrix} \implies p(t_0) \sim p(t_r) \quad (3.1)$$

3.1. Aufbau und Kenngrößen von Klassifikatoren

Ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz ist maschinelles Lernen. In diesem Gebiet sollen Entscheidungen und Bewertungen von verschiedensten Daten anhand von Algo-

rithmen getroffen werden. Um diese zu verbessern, werden Vorhersagen des Klassifikators durch Benutzerfeedback bewertet. Dieser Vorgang wird auch als Training bezeichnet und wird meist auf eine Trainingsmenge von Daten angewendet. Die Lernalgorithmen versuchen Abhängigkeiten in den Daten zu erkennen. Diese sollen nach dem Prozess des Lernens auf neue, ungesehene Daten angewendet werden. Der Vorgang des Bewertens von Daten wird im Bereich des Maschinellen Lernen als Klassifikation bezeichnet. Es erfolgt eine Zuordnung von Daten zu einer Klasse, die nur unvollständig durch Klassenattribute beschrieben ist.

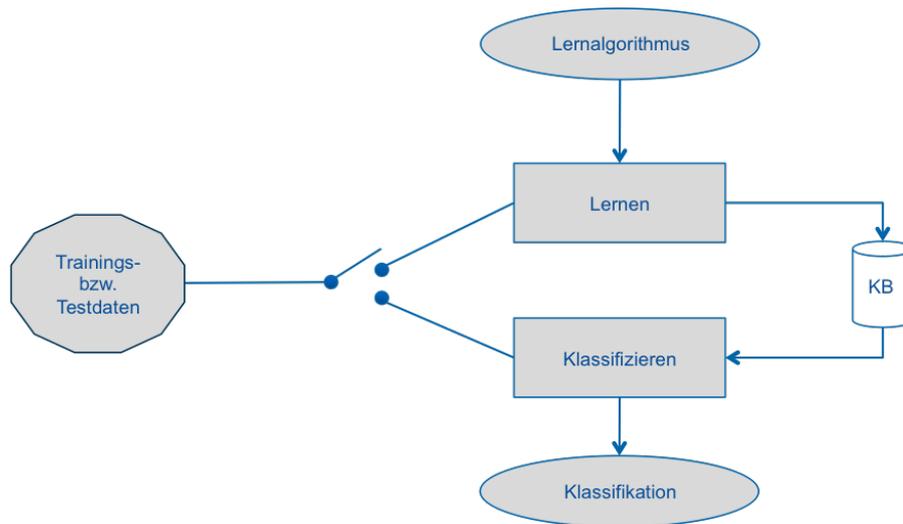


Abb. 3.1.: Funktionsweise eines Klassifikators mit Lernalgorithmus zur Datenklassifikation. Aus einer vorhandenen Datenmenge kann einerseits mit Hilfe eines Lernalgorithmus gelernt werden und die Ergebnisse in die Knowledge Base (KB) abgelegt werden. Andererseits kann diese verwendet werden, um eine Testmenge zu klassifizieren und eine Vorhersage über eine mögliche Klasse zu treffen.

Die Funktionsweise eines Klassifikators und dem vorangestellten Lernen wird in Abbildung 3.1 gezeigt. Mit Hilfe von Trainingsdaten und einem ausgewählten Lernverfahren wird ein Klassifizierer trainiert und Attribute der verschiedenen Klassen werden beschrieben. Der Klassifizierer wird anschließend verwendet, um neue Daten, nun Testdaten, zu bewerten, zu klassifizieren, und diese somit einer Klasse zuzuordnen. Dies wird auch als *Klassifikation* bzw. als Vorhersage bezeichnet. Für die Klassifikation existiert eine Metrik der Vertrauenswürdigkeit einer Vorhersage, mit der beziffert wird, wie zuverlässig das Klassifikationsergebnis ist. Diese Metrik der Vertrauenswürdigkeit wird auch als *Konfidenz* bezeichnet. [41], [115], [116], [112]

Wie zu vermuten ist, ist ein Klassifikationsergebnis mit einer Konfidenz von 100 % in der Realität eher eine Seltenheit. Daher ist es bei vielen Klassifikatoren üblich, die Konfidenz

zen für jede Klasse einzeln anzugeben und somit eine Art Ordnung zu erhalten. Diese Reihenfolge der Konfidenzen wird als *Ranking* der Klassifikationsklassen bezeichnet. Die Klasse mit der höchsten Konfidenz entspricht demnach der Klassifikation beziehungsweise der Vorhersage.

Eine mögliche Charakterisierung der Klassifizierungsprobleme kann anhand der Anzahl der sich unterscheidenden Klassen erfolgen. Ein Klassifizierungsproblem setzt mindestens zwei Klassen voraus. Soll zwischen genau zwei Klassen eine Vorhersage erfolgen, so wird das Klassifizierungsproblem auch als *binäres Problem* bezeichnet. Bei mehr als zwei Klassen wird dies folglich als *Multiklassen-Problem* bezeichnet. Eine Datenmenge mit bekannter zugehöriger Klasse wird als Menge mit *Label* bezeichnet. In der Praxis haben für gewöhnlich die zu klassifizierenden Daten kein Label und werden daher auch als *ungesehen* bezeichnet.

Die Konfidenz hat allerdings einen Nachteil, sie sagt nichts über die Qualität eines Klassifikators aus, sondern wie schon erwähnt, nur wie sicher sich der Klassifikator bei der Vorhersage der Testdaten ist. Um aber einen Klassifikator in seiner Genauigkeit einschätzen zu können, wird ein Mittelwert für die Korrektheit benötigt. Eine Möglichkeit zur Beurteilung der Genauigkeit aller Klassifikationen kann mit Hilfe einer *Konfusionsmatrix* wie in Tabelle 3.1 erfolgen. Die Konfusionsmatrix ist eine $n \times n$ -Matrix, wobei n die Anzahl der unterschiedlichen Klassen ist. Die Tabelle 3.1 veranschaulicht eine Bewertung des Klassifikators für ein binäres Problem mit den Klassen Plus (+) und Minus (-). Die Spalten der Tabelle beschreiben die Vorhersage des Klassifikators und die Zeilen die korrekte und tatsächliche Zuordnung. Erkennt der Klassifikator Testdaten als zugehörig zu (+) und diese Vorhersage ist richtig, dann wird dies als *true positive (TP)* bezeichnet. Ist die Vorhersage allerdings falsch und müsste korrekterweise zu Klasse (-) gehören, so wird dies als *false positive (FP)*, falsche Zuordnung zur (+) Klasse, bezeichnet. Für die andere Klasse verhält es sich analog: Erkennt der Klassifikator Testdaten zugehörig zu (-) fälschlicherweise als (+) wird dies als *false negative (FN)* bezeichnet. Werden die Testdaten hingegen korrekt zur (-) vorhergesagt, so bedeutet dies *true negative (TN)*. In der Literatur werden oft die Bezeichner f_{11} , f_{01} , f_{10} und f_{00} verwendet. Diese sind zusätzlich in der Tabelle 3.1 aufgeführt.

Mit Hilfe der Konfusionsmatrix und den Formeln von HAN et. al. [41] können die folgenden Maße für die Vorhersagen jeder Klasse entnommen werden. Die Gleichung (3.2) liefert eine Aussage über die Genauigkeit (*accuracy*) des Klassifikators, den Anteil der korrekt klassifizierten Testdaten. Hierbei werden die Anzahl der korrekten Vorhersagen

		Vorhersagen des Klassifikators	
		Klasse (+)	Klasse (-)
Korrekte Zuordnung	Klasse (+)	TP / f_{11}	FN / f_{10}
	Klasse (-)	FP / f_{01}	TN / f_{00}

Tab. 3.1.: Konfusionsmatrix eines binären Problems der Klassen (+) und (-).

$(TP + TN)$ ins Verhältnis zur Anzahl aller Vorhersagen gesetzt. Die Genauigkeit wird genau 1, wenn keine falschen ($FP == 0$ und $FN == 0$) Vorhersagen auftreten.

$$accuracy = \frac{f_{11} + f_{00}}{f_{11} + f_{10} + f_{01} + f_{00}} \quad (3.2)$$

Die Fehlerrate ist komplementär zur Genauigkeit und misst die falsch klassifizierten Testdaten. Die Gleichung (3.3) veranschaulicht die Berechnung der *error rate*.

$$error\ rate = 1 - accuracy = \frac{f_{10} + f_{01}}{f_{11} + f_{10} + f_{01} + f_{00}} \quad (3.3)$$

Neben der Genauigkeit des gesamten Klassifikators lässt sich auch die Genauigkeit einer einzelnen Klasse angeben. Nur anhand der Genauigkeit lässt sich nämlich eine Klassengenauigkeit nicht ermitteln, da diese immer mit der anderen Klasse bei binären Problemen verrechnet wird ($f_{11} + f_{00}$). Die folgenden Begriffe werden daher eingeführt und beschrieben:

- Sensitivität und Recall
- Spezifität
- Präzision

Die Sensitivität (*sensitivity*) bzw. auch *recall* genannt gibt das Verhältnis der korrekt erkannten Testdaten der Klasse (+) zur Anzahl der tatsächlich in Klasse (+) befindlichen Testdaten.

Die Spezifität (*specificity*) ist ähnlich zur Sensitivität, jedoch für die Klasse (-). Sie beschreibt das Verhältnis der korrekt erkannten Testdaten der Klasse (-) zur Anzahl der tatsächlich in Klasse (-) befindlichen Testdaten.

$$sensitivity = \frac{f_{11}}{f_{11} + f_{10}} = \text{true positive rate} \equiv \text{recall} \quad (3.4)$$

$$specificity = \frac{f_{00}}{f_{01} + f_{00}} \quad (3.5)$$

Die Exaktheit einer Erkennung innerhalb einer Klasse wird mit Hilfe der Präzision (*precision*) aus Gleichung (3.6) angegeben. Sie beschreibt das Verhältnis der korrekt erkannten Testdaten der Klasse (+) über alle zur Klasse (+) erkannten Werte.

$$precision = \frac{f_{11}}{f_{11} + f_{01}} \quad (3.6)$$

Die Entscheidung, welcher Klassifikator verwendet wird, ist jedoch nicht ausschließlich von der Genauigkeit abhängig. Es spielen auch subjektive Kenngrößen eine Rolle. Zum Beispiel sollen Klassifizierungen für den Menschen nachvollziehbar sein, daher werden in vielen Anwendungen regelbasierte Klassifikatoren oder Entscheidungsbäume verwendet. Für das System der Präsenzbewertung soll ein autonomes System verwendet werden, das nicht zwingend nachvollziehbar sein muss. Daher werden im Folgenden verschiedene Klassifikatoren vorgestellt. Die Entscheidung für die Wahl eines Klassifikators wird in den meisten Fällen abhängig von der Genauigkeit sein. Diese Genauigkeiten liegen allerdings für die Klassifikatoren nicht von Beginn an vor und werden erst im Laufe der Evaluierung in Kapitel 6 ermittelt. Daher findet auch ein Vergleich dieser erst später statt.

3.2. Algorithmen des maschinellen Lernens

3.2.1. Entscheidungsbäume

Aus Sicht der Graphentheorie ist ein Entscheidungsbaum ein geordneter, gerichteter und kreisfreier Graph. Wie üblich besteht ein Graph aus Knoten, Kanten und Blättern. Alle Knoten mit Grad 1 heißen Blätter bzw. äußere Knoten, d.h. von diesen gehen keine weiteren Verzweigungen mehr ab. Alle anderen Knoten werden als innere Knoten bezeichnet. Der oberste Knoten wird auch als Wurzelknoten bezeichnet. In Abbildung 3.2 ist ein Beispiel für einen Entscheidungsbaum gezeigt. Bei einem Entscheidungsbaum erhalten die Knoten als Beschriftung die einzelnen Attributnamen. Die abgehenden Kanten vom

Knoten beschreiben einen notwendigen Wert, zukünftige Sensorwerte, um zum Folgeknoten zu gelangen. Dieser Wert kann stetig oder diskret sein. Diskrete Werte werden direkt angegeben, die Angabe bei stetigen Werten erfolgt mit Hilfe eines Wertebereichs, üblicherweise Intervalle. Handelt es sich beim Folgeknoten um ein Blatt, so kann an diesem das Klassifizierungsergebnis beziehungsweise die Vorhersage C_i abgelesen werden.

Ein großer Vorteil von Entscheidungsbäumen gegenüber den folgenden Klassifikationsmethoden ist die Nachvollziehbarkeit. Liegt ein Entscheidungsbaum vor, kann mit Hilfe der Sensorwerte schnell und einfach ein Klassifikationsergebnis abgelesen werden. Der Ablauf ist deterministisch und nachvollziehbar.

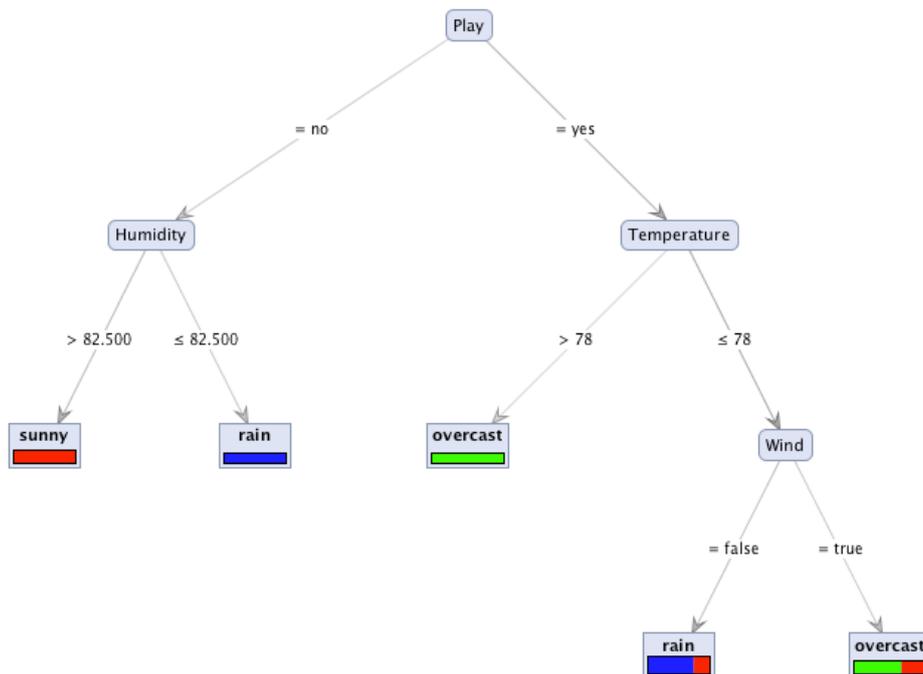


Abb. 3.2.: Entscheidungsbaum als Minimalbeispiel. An diesem Beispiel ist die Trainingsmenge zur Wettervorhersage gezeigt.

Das Minimalbeispiel aus Abbildung 3.2 zeigt einen trainierten Klassifikator für Wettervorhersagen. Die dazugehörige Trainingsmenge ist im Anhang A.5 zu finden und dient der Veranschaulichung der Wertebereiche. Anhand der Daten wurde mit Hilfe des Frameworks RapidMiner ein Entscheidungsbaum gelernt. Dieser kann für weitere Vorhersagen verwendet werden. Eine andere Darstellungsweise für Entscheidungen ist dem folgenden Listing zu entnehmen. Der Inhalt entspricht exakt der Darstellung wie sie in Abbildung 3.2 erfolgte. Dies zeigt zusätzlich, wie einfach Bäume zu interpretieren sind.

```

Tree
Play = no
|   Humidity > 82.500: sunny {rain=0, overcast=0, sunny=3}
|   Humidity <= 82.500: rain {rain=2, overcast=0, sunny=0}
Play = yes
|   Temperature > 78: overcast {rain=0, overcast=2, sunny=0}
|   Temperature <= 78
|   |   Wind = false: rain {rain=3, overcast=0, sunny=1}
|   |   Wind = true: overcast {rain=0, overcast=2, sunny=1}

```

Listing 3.1: Alternative Darstellung eines Entscheidungsbaumes in Text Ansicht.

Ein Nachteil existiert allerdings bei Entscheidungsbäumen: Die Reihenfolge der Attribute entlang des Pfades ist entscheidend. Ändert sich die Reihenfolge, können sich auch die Vorhersagen ändern und somit kann es auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Die Algorithmen setzen beim Erstellen des Baumes auf das Top-Down Prinzip, d.h. die Bäume werden ausgehend von der Wurzel erstellt. Sie unterscheiden sich lediglich anhand der Auswahl des nächsten Attributes. Für die Auswahl dieser existieren verschiedene Methoden und werden als engl. *attribute selection methods* bezeichnet. Folgend kurz die bekanntesten drei Verfahren Information Gain, Gain Ratio und Gini Gain HAN et. al. [41], BREIMAN et. al. [13]:

- Information Gain: Die Verzweigung im Baum erfolgt nach der Entropie eines Sensors. Die Verzweigung an einem Knoten im Baum erfolgt bei einem Sensor mit hoher Entropie eher als bei einem Sensor mit geringerer. So werden bedeutende Sensoren frühzeitig verwendet und erzeugen einen einfachen Baum. Der Information Gain berechnet sich nach der Formel von Shannon wie in (3.7) gezeigt.

$$Info(D) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \quad (3.7)$$

Dabei bezeichnet p_i die Wahrscheinlichkeit, dass der Datensatz T zur Vorhersage C_i zugeordnet wird.

Diese Auswahl der Attribute, das Ranking der Sensoren im Baum, hat aber einen entscheidenden Nachteil. Liefert ein Sensor eindeutige Werte, zum Beispiel eine fortlaufende Zahl, so ist die Entropie dieses Sensors sehr hoch. Eine daraus sinnvolle Ableitung zur Vorhersage ist schwer vorstellbar. Ähnlich verhält es sich auch bei

Sensoren mit vielen Attributwerten, der Informationsgehalt der einzelnen Werte ist hoch.

- Gain Ratio: Dieses Verfahren umgeht das Problem mit eindeutigen Werten indem eine Art Normalisierung mit den Trainingsdaten erfolgt und zweigeteilte Aussage, der sogenannten *split information*, entsteht. Die Gleichung (3.8) zeigt die Berechnung für die Zerteilung.

$$SplitInfo_A(T) = - \sum_{j=1}^v \frac{|D_j|}{|D|} x \log_2 \left(\frac{|D_j|}{|D|} \right) \quad (3.8)$$

Hierbei werden wurden die Trainingsdaten T in v Partitionen unterteilt und gegenüber dem Attribut A getestet.

- Gini Gain: Im dritten Verfahren wird versucht, eine hohe Reinheit bzw. eine geringe Verunreinigung anhand der Trainingsdaten zu erzielen, d.h. die Wahrscheinlichkeit zur Fehlklassifikation soll minimiert werden. Der Gini Gain lässt sich nach folgender Gleichung (3.9) für den Datensatz T berechnen:

$$Gini(T) = 1 - \sum_{i=1}^n p_i^2 \quad (3.9)$$

Auch hier bezeichnet p_i die Wahrscheinlichkeit, dass der Datensatz T zur Vorhersage C_i zugeordnet wird.

3.2.2. Bayes-Klassifikatoren

Wie der Name schon verrät, beruht dieser Klassifikator auf dem Bayestheorem und lässt sich in die Gruppe der statistischen Klassifikatoren einordnen. Für zwei unterschiedliche Ereignisse A und B lassen sich Wahrscheinlichkeiten angeben, die vom Auftreten des anderen abhängig sind. So lässt sich die Wahrscheinlichkeit P von A , unter der Bedingung das B eingetreten ist ($P(A|B)$) mit Hilfe der Wahrscheinlichkeit von B unter der Bedingung das A eingetreten ist ($P(B|A)$), berechnen.

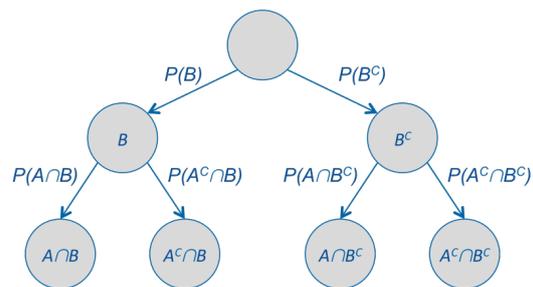


Abb. 3.3.: Bedingte Wahrscheinlichkeiten nach Bayes in Baumdarstellung.

Es gilt für $B > 0$ die Gleichung (3.10). Dabei ist die Herleitung von Gleichung (3.11) berücksichtigt:

$$P(A|B) = \frac{P(A) \cdot P(B|A)}{P(B)} \quad (3.10)$$

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{\frac{P(A \cap B)}{P(A)} \cdot P(A)}{P(B)} = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)} \quad (3.11)$$

Die Wahrscheinlichkeit $P(A|B)$ lässt sich auch gut anhand eines Baumes in Abbildung 3.3 erklären. In diesem sind die Abhängigkeiten klar ersichtlich. $P(B^C)$ entspricht der Wahrscheinlichkeit von $1 - P(B)$ und stellt das Komplement von $P(B)$ dar. Die Gleichung (3.10) kann auch für mehrere, endlich viele Ereignisse verwendet werden und lautet angepasst für die Präsenzbewertung wie in (3.12) gezeigt.

$$P(C_i|X) = \frac{P(C_i) \cdot P(X|C_i)}{P(X)} \quad (3.12)$$

X bezeichnet einen Datensatz aus der Menge aller Datensätze D und setzt sich aus den einzelnen Sensorwerten x_k der einzelnen Sensoren k zusammen. C entspricht einer Erreichbarkeitsklasse und C_i einer speziellen Erreichbarkeitsklasse. Die Gleichung (3.12) berechnet demzufolge die Zugehörigkeitswahrscheinlichkeiten des Datensatzes X zu den einzelnen Klassen C_i . Sie werden wie schon erwähnt auch als Konfidenzniveaus bezeichnet. Es handelt sich hierbei also um ein Maximierungsproblem der Konfidenzniveaus. Diese rechte Seite des Terms soll hier kurz erläutert werden:

- $P(X)$ gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der Datensatz X auftritt. Diese Wahrscheinlichkeit ist unabhängig vom Maximierungsproblem, da dieser Wert über alle C_i konstant ist. Allerdings ist dieser Wert unbekannt, da mit allerhöchster Wahrscheinlichkeit die Werte x_k über die Sensoren k als einmaliger, nicht wiederkehrender Datensatz zu interpretieren sind. Daher ist es auch nicht möglich, diese Wahrscheinlichkeit anzugeben. Mit Hilfe von Gleichung (3.14) wird gezeigt, wie dieser Wert eliminiert werden kann und die a priori Wahrscheinlichkeit X keinen Einfluss mehr hat.

$$\frac{P(C_i|X)}{P(\overline{C}_i|X)} = \frac{P(C_i) \cdot P(X|C_i)}{P(X)} \cdot \frac{P(X)}{P(\overline{C}_i) \cdot P(X|\overline{C}_i)} \quad (3.13)$$

mit $P(\overline{C}_i|X) = (1 - P(C_i|X))$ gilt

$$\frac{P(C_i|X)}{P(\bar{C}_i|X)} = \frac{P(C_i) \cdot P(X|C_i)}{(1 - P(C_i)) \cdot P(X|\bar{C}_i)} \quad (3.14)$$

- $P(C_i)$ gibt die Auftrittswahrscheinlichkeit der Erreichbarkeitsklasse C_i an. Diese Wahrscheinlichkeit kann beispielsweise durch vorhergehende Klassifikationen mit Hilfe der Gleichung (3.15) approximiert werden. Sollten keine Erfahrungen zu Beginn vorliegen, wird üblicherweise eine Gleichverteilung angenommen.

$$P(C_i) = \frac{\text{Anzahl aller Datensätze der Erreichbarkeitsklasse } C_i}{\text{Anzahl aller Datensätze}} \quad (3.15)$$

- $P(X|C_i)$ ist als einziges noch unbekannt und bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass der Datensatz X zur Klasse C_i zugehörig ist, d.h. dass diese Klasse die Sensorwerte in X prägen. Es werden die Wahrscheinlichkeiten, dass der einzelne Sensorwert x_k in der Erreichbarkeitsklasse C_i liegt, miteinander aufmultipliziert:

$$P(X|C_i) = \prod_{k=1}^n P(x_k|C_i) \quad (3.16)$$

Die Annahme in Gleichung (3.16) ist allerdings nur gültig, wenn die Sensorwerte x_k voneinander unabhängig auftreten. Dies ist in der Praxis nur selten gegeben. Daher wird dieser Ansatz auch als naiver Ansatz bezeichnet und wird somit auch als Naiver Bayes-Klassifikator benannt.

Bei diskreten Sensorwerten ist die Berechnung von $P(x_k|C_i)$ sehr einfach. Es handelt sich dabei um den Quotienten aus der Anzahl aller Datensätze, in der der aktuelle Sensorwert x_k in C_i liegt, und der Anzahl aller Datensätze der Erreichbarkeitsklasse C_i :

$$P(x_k|C_i) = \frac{\text{Anzahl aller Datensätze mit } x_k \text{ in } C_i}{\text{Anzahl aller Datensätze der Erreichbarkeitsklasse } C_i} \quad (3.17)$$

Die Berechnung wird deutlich komplexer, wenn stetige Wertebereiche vorliegen. Nach HAN et. al. [41] müssen die Verteilungen $P(x_k|C_i)$ daher mit Hilfe von Dichtefunktionen ermittelt werden. Ein üblicher Ansatz ist die Verwendung der Normalverteilung. Dann gilt für $P(x_k|C_i)$ die Dichtefunktion (3.18) unter der Annahme

des Mittelwertes μ (3.19) und der Standardabweichung σ (3.20):

$$P(x_k|C_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_k-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.18)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{k_i} \quad (3.19)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{k_i} - \mu)^2} \quad (3.20)$$

Trotz des Maximierungsproblems ist der Naive Bayes-Klassifikator laut HAN et. al. noch sehr schnell. Vorweggegriffen lässt sich sagen, dass die Aussage von HAN et. al. auch mit einer großen Datenmenge im Laufe der Arbeit bestätigt werden konnte.

3.2.3. Support Vector Machines

Eine Support Vector Machine, abgekürzt als SVM, unterteilt eine Datenmenge in verschiedene Klassen. Aus mathematischer Sicht werden verschiedene Vektoren bzw. Ebenen gesucht, die die Daten in disjunkte Mengen aufteilen. In Hinblick auf das Maschinelle Lernen werden die Trainingsdaten zum Finden der Ebenen bzw. Vektoren verwendet. Um neue Daten zu klassifizieren, werden diese innerhalb der SVM der verschiedenen Ebenen nun zugeordnet. Dies entspricht der Vorhersage von Klassifikatoren speziell für die SVM. [41]

SVMs lassen sich am einfachsten erklären, wenn die Komplexität der Testdaten gering ist. Ein einfacher Fall ist die *lineare* Separierung mit Hilfe von linearen Funktionen im zweidimensionalen Raum mit einer geringen Anzahl von unterschiedlichen Vorhersagen (Klassen). Abbildung 3.4 veranschaulicht dieses eben erwähnte Beispiel - eine lineare Separierung mit zwei unterschiedlichen Vorhersagen. Mit Hilfe der Funktionen f_1 bis f_4 lassen sich die zweidimensionalen Testdaten, Sensordaten mit zwei Attributen, sehr gut separieren. Eine dieser Funktionen kann nun verwendet werden, um neue Daten zu klassifizieren.

Es ist demnach zu überlegen, welche Funktion die Beste ist. Abbildung 3.5 zeigt die Bedingung für eine sehr gute Funktion f . Die Abstände zu den einzelnen Werten sollte

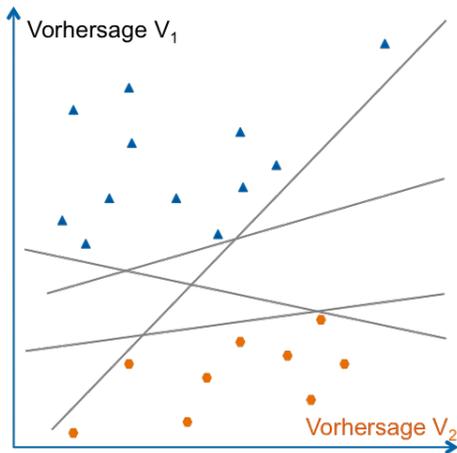


Abb. 3.4.: SVM mit zwei möglichen Vorhersagen und linearer Separierung.

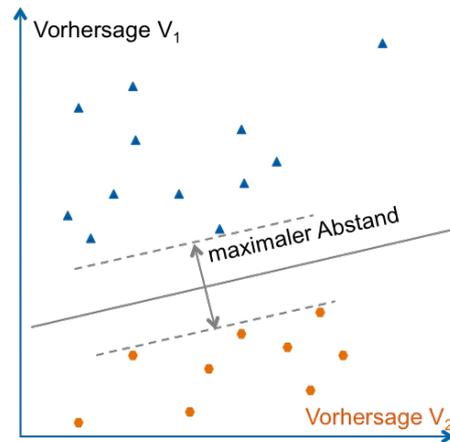


Abb. 3.5.: Maximierung des Abstandes der Funktion zu den Messwerten ermöglicht eine optimale Klassifizierung bei neuen Testdaten oder Datenausreißern.

maximal sein, denn nur ein weiterer Messpunkt könnte eine vollständige Separierung auflösen.

Diese Funktion bzw. Hyperebene wird auch als Maximum Marginal Hyperplane (abgekürzt MMH) HAN et. al. und stellt ein quadratisches Maximierungsproblem dar mit Hilfe von Lagrange-Multiplikatoren und Karush-Kuhn-Tucker Bedingungen. Die Berechnung der MMH ist sehr aufwendig, die Klassifikation anhand der MMH jedoch schnell. Die komplexe Berechnung ist allerdings noch nicht bei linear separierbaren Daten wie in Abbildung 3.4 und 3.5 zu finden, sondern bei nicht linear separierbaren Daten. Hierbei muss ein Dimensionswechsel in eine höhere Ebene erfolgen. Abbildung 3.6 und 3.7 zeigt einen nicht linearen Datensatz sowie den notwendigen Dimensionswechsel.

Um mehr als zwei Vorhersagen unterscheiden zu können, müssen ähnlich wie beim Entscheidungsbaum eine Potenzmenge aller Vorhersagen gebildet werden. Anschließend kann beispielsweise mit der *Paarweisen Klassifikation*, auch als *One Versus One* bezeichnet, Stimmen ausgezählt werden. Dabei werden alle Klassifikatoren für jedes mögliche Paar von Vorhersagen gebildet. Die Zuordnung eines Testwertes erfolgt in die Vorhersage, die die höchste Anzahl von Stimmen hat.

Die Klassifikation kann wie bereits erwähnt sehr schnell erfolgen, jedoch ist das Erstellen der SVM sehr komplex. Soll ein Training der SVM erfolgen, müssen stets neue SVM gebildet werden.

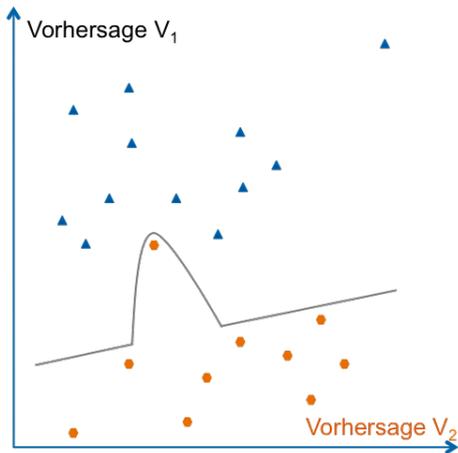


Abb. 3.6.: SVM mit zwei möglichen Vorhersagen und einem Datenausreißer. Eine lineare Separierung ist hier nicht möglich.

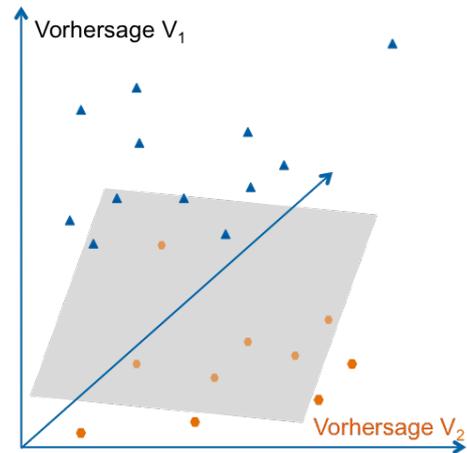


Abb. 3.7.: Wird eine weitere Dimension hinzugefügt, kann mit Hilfe einer MMH der Datenausreißer in der dritten Ebene aufgenommen werden.

3.2.4. Deep Neural Networks

Während der Bearbeitung dieses Themas entstand eine weitere Variante des Maschinellen Lernens: Deep Neural Networks (DNN), übersetzt in etwa Tiefgreifende Neuronale Netzwerke. Um dieses neue Thema nicht zu missachten, ist dieses folgend kurz dargestellt:

Deep Neural Networks stellt eine Untermenge der Neural Networks dar und sind eine Erweiterung der Ebenen in der Verarbeitung. Neben den Ein- und Ausgabebenen finden weitere Verarbeitungen in so genannten Unterebenen statt. Im Gegensatz zum Neuronalen Netzwerk sind es mehrere Unterebenen, die eine Verarbeitung durchführen. Abbildung 3.8 stellt die Unterscheidung zwischen Neural Networks und Deep Neural Networks dar.

Die Bedeutung der (Deep) Neural Networks nimmt auch im Bereich der Mobiltelefone zu. So findet mittlerweile Gesichtserkennung und Bilderkennung, Fingerabdruckerkennung und Spracherkennung in Hardware realisiert. Hier ist denkbar, dass auch zukünftig die Präsenzbewertung in eigener Hardware stattfinden kann.

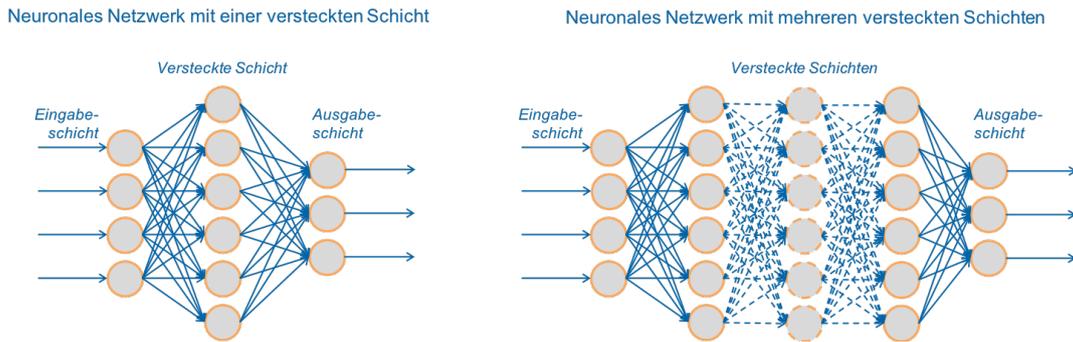


Abb. 3.8.: Gegenüberstellung zwischen klassischen Neuronale Netzen und Tiefgreifenden Neuronalen Netzen. Der Unterschied liegt in der Anzahl der versteckten Schichten. Es ist nicht festgelegt, ab welcher Anzahl versteckter Schichten die Bezeichnung Tiefgreifendes Neuronales Netzwerk zu verwenden ist.

3.3. Marktüberblick - Data Mining Werkzeuge

Dieser folgende Abschnitt soll eine kurze Übersicht über gängige Data Mining Werkzeuge geben. Ziel soll es sein, ein gutes, flexibles Werkzeug zur Präsenzbewertung und dem Weg dorthin, zu finden. Die folgende Auswahl beschränkt sich auf WEKA, KNIME und RapidMiner.

3.3.1. WEKA

Waikato Environment for Knowledge Analysis, abgekürzt WEKA [40], ist ein auf JACA basiertes Framework, das Maschinelles Lernen nicht nur mit vorgegebenen Algorithmen unterstützen soll. Es besteht in WEKA die Möglichkeit, eigene Algorithmen zu implementieren und das Framework als Infrastruktur zur Datenakquise und -manipulation zu verwenden. Es beinhaltet sehr viele Algorithmen, ist als OpenSource frei verfügbar und unabhängig vom Betriebssystem [84]. Aus diesen Gründen ist auch eine sehr große Community in Wissenschaftskreisen von WEKA überzeugt und verwendet dieses Werkzeug.

WEKA kann zum einen in einer graphischen Oberfläche gestartet werden, die jedoch aber sehr rudimentär und eher kompliziert zu bedienen ist. Sie bietet die Möglichkeit mit Hilfe des Knowledge Flow Interfaces, einzelne Prozesse zu verketteten. Aktuell bietet WEKA nicht die Möglichkeit, ETL zu verwenden. ETL steht für Extract, Transform and Load und bietet die Möglichkeit, von unterschiedlichen Quellen Daten zu laden, diese zu transformieren und anschließend in eine Zieldatenbank zu schreiben. Prinzipiell ist es

aber möglich, diesen notwendigen Schritt bei der komplexen Präsenzbewertung selber zu implementieren und der Klassifikation voranzustellen. [59]

WEKA hat allerdings gegenüber den anderen Werkzeugen einen großen Nachteil, alle zu verarbeitenden Daten müssen im Arbeitsspeicher vorgehalten werden. Dies begrenzt natürlich den Umfang an Daten. WEKA selbst verweist in der Dokumentation auf andere Data Mining Werkzeugen bei großen Datenmengen. Bei verschiedenen Tests hat sich auch herausgestellt, dass das Datenformat nur sehr umständlich erzeugt werden kann.

3.3.2. KNIME

Konstanz Information Miner, abgekürzt KNIME [8], wurde an der Universität Konstanz entwickelt und wird betreut durch die KNIME.com GmbH. Die Verwendung ist frei möglich, nur Support muss wie üblich bezahlt werden.

KNIME bietet sehr umfassende Data Mining Verfahren an, die Bibliothek von WEKA ist zudem integriert. KNIME basiert auf Eclipse und ist ausschließlich in dieser Laufzeitumgebung ausführbar. Daher steht auch keine API für externe Verwendung zur Verfügung. Die Benutzung ist dadurch sehr eingeschränkt.

Auch KNIME bietet die Möglichkeit, Abläufe und Prozesse graphisch miteinander zu verbinden. Die Oberfläche ähnelt RapidMiner, Unterschiede sind im Detail zu finden. Gerade für Experimente und Optimierungen haben sich die graphischen Oberflächen als äußerst Vorteilhaft erwiesen. So können auf einfache Art und Weise Parameter der Algorithmen verändert werden. Auch besteht die Möglichkeit, Klassifikationsergebnisse unterschiedlicher Algorithmen zu vergleichen.

3.3.3. RapidMiner

RapidMiner wurde an der Technischen Universität Dortmund entwickelt und wurde als YALE, abgekürzt für Yet Another Learning Environment [74], veröffentlicht. Mittlerweile wird das Programm von der Firma Rapid GmbH betreut. Es steht seit 2014 nur noch die Version 5 mit Source Code zur Verfügung. Ab dieser Version existieren nur noch Closed Sources. Mittlerweile bietet RapidMiner eine cloudbasierte Lösung an. Wie bei KNIME ist der Support kostenpflichtig, die Verwendung aber frei.

Auch RapidMiner ist sehr umfassend an Data Mining Algorithmen, so ist beispielsweise wieder die WEKA Bibliothek integriert. Die Software bietet eine sehr komfortable und ausgereifte Benutzeroberfläche an. Ähnlich wie bei WEKA und KNIME besteht die Möglichkeit, Abläufe und Prozesse graphisch zu modellieren. Diese können anschließend mit Hilfe einer API aus eigenen Anwendungen angesprochen und verwendet werden. Im Gegensatz zu WEKA besteht die Möglichkeit, ETL zu verwenden.

Auch RapidMiner kann mit der graphischen Oberfläche sehr gut bedient werden. Als großer Vorteil haben hat sich die Funktion angeboten, die bei Fehlern automatisch Lösungsvorschläge unterbreitet. So können falsch verbundene Ports, das sind Ein- und Ausgänge der einzelnen Module in den Abläufen, automatisch korrigiert werden.

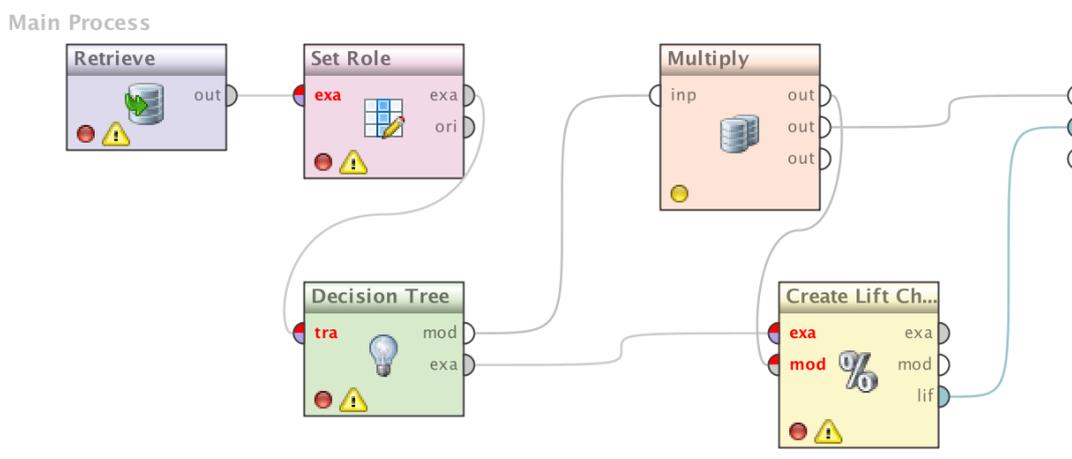


Abb. 3.9.: Beispiel zur graphischen Oberfläche in RapidMiner. Testdaten werden extrahiert und ein Entscheidungsbaum erzeugt und in einem Lift Chart validiert.

Wie auch bei KNIME können Datenbanken direkt in den Funktionsabläufen angesprochen und so die Daten für die Klassifikation ausgelesen werden. Wird eine Tabelle, d.h. zukünftiger Sensor, hinzugefügt, können direkt verschiedene Parameter wie Datentyp und Bedeutung zugeordnet werden. Abbildung 3.9 zeigt einen typischen Ablauf, wie verschiedene Prozesse miteinander in RapidMiner verknüpft werden. In diesem Beispiel werden Testdaten extrahiert und ein Entscheidungsbaum erzeugt, der anschließend wiederum in einem Lift Chart, siehe Kapitel 6.1.2, validiert wird.

3.4. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden drei weit verbreitende Klassifikatoren zur Präsenzbewertung vorgestellt. Die Entscheidungsbäume ist eine einfache Möglichkeit, einen neuen Datensatz zu klassifizieren und einer Vorhersage zuzuordnen. Anhand der einzelnen Verzweigungen im Baum werden Attribute der Sensoren verglichen und ausgehend von der Wurzel zum Blatt entlang traversiert. Auch bei sehr komplexen und großen Bäumen kann eine schnelle Klassifikation durchgeführt werden. Die Erstellung eines Baumes ist jedoch aufgrund der Gefahr des *Overfitting*, der zu genauen individuellen Anpassung an die Trainingsdaten, kompliziert. Auch die Reihenfolge der Attribute ist bei der Erstellung des Baumes entscheidend. Die Auswahl dieser kann mit Hilfe der beschriebenen Selektionsmethoden Information Gain, Gain Ratio und Gini Gain erfolgen.

Eine weitere Möglichkeit zur Bewertung von Testdaten sind die Bayes-Klassifikatoren. Sie beruhen auf dem Bayestheorem und berechnen eine Wahrscheinlichkeit, mit der die Zuordnung der Testmenge zur Vorhersage übereinstimmt. Trotz des mathematischen Maximierungsproblems bei stetigen Wertebereichen mit Hilfe einer Dichtefunktion erzielt auch dieser Klassifikator eine hohe Klassifizierungsgeschwindigkeit sowie sehr gute Ergebnisse.

Eine sehr Rechenintensive Variante der Klassifikation sind die SVM, die die Testmenge in disjunkte Mengen aufteilt, die sogenannte Separierung. Wie oben beschrieben ist ein zweidimensionaler Raum jedoch nicht ausreichend, es müssen weitere Ebenen aufgespannt werden. Ziel dieses Verfahrens ist es, eine Hyperebene zu finden, die die Testdaten weitestgehend separiert. In vorhergehenden Tests hat sich gezeigt, dass in Testumgebungen teilweise über 60 Sekunden zum Trainieren benötigt wurden. Die Testumgebung bestand dabei aus einem leistungsstarken Server, der ein vielfaches der Rechenleistung eines Smartphones überlegen ist.

Während der Implementierung und verschiedener Tests hat sich herausgestellt, dass RapidMiner sich gegenüber KNIME und WEKA durchgesetzt hat. Wie auch LORENZ und GREMS in [64], [66] war die Nutzbarkeit der Bedienoberfläche für die Experimente sehr gut nutzbar. Auch überzeugte RapidMiner von der sehr guten Problemlösung bei falsch verbundenen Ports. Es konnte auf einfacher Art und Weise die verschiedenen Lernalgorithmen ausgetauscht werden ohne die kompletten Abläufe neu zu programmieren. Dadurch war es möglich, die eigene Präsenzbewertung durchgehend laufen zu lassen, nur

die Prozesse innerhalb von RapidMiner konnten geändert und so verschiedene Lernalgorithmen getestet werden. Wie auch bei LANIG et. al in [59] konnten Performance, hier Klassifikationszeit, überzeugen. Eine Beschränkung der Datenmenge konnte in keinen Tests bestätigt werden.

4. Sensoren zur Kontextanalyse

Die Bewertung der Präsenz und deren Anwendung auf unterschiedliche Erreichbarkeiten ist das Ziel dieser Arbeit. Die vorgestellten Klassifikatoren benötigen dafür unter anderem Daten. Je mehr und untereinander unabhängiger diese Informationen sind, desto besser. Daraus folgt eine bessere Beurteilung des Kontextes und dies wiederum zu einer genaueren Präsenzbewertung. Das Gleiche gilt nicht nur für die Quantität der Daten. Die Qualität ist auch entscheidend. Es kann zu einer Verfälschung der Präsenz führen, wenn Daten verwendet werden, die keinen Bezug zum Angerufenen haben.

Um eine Abschätzung der unterschiedlichen Daten und der daraus abzuleitenden Präsenz durchführen zu können, soll geklärt werden, wie Daten entstehen und wie diese erfasst werden können. Dies erfolgt üblicherweise mit Hilfe von Sensoren. Sie werden in diesem Kapitel einzeln charakterisiert und beschrieben. Außerdem findet eine Abschätzung statt, welche Informationen die Klassifikatoren zur Präsenzbewertung nutzen können. Eine Übersicht aller Sensorwerte und deren Bedeutung ist dem Anhang A.1 zu entnehmen. Auch LANE et al. hat in seiner Evaluierung ‚A Survey of Mobile Phone Sensing‘ [58] die verschiedenen hardwarebasierten Sensoren eines Smartphones zusammengefasst und deren Nutzen beschrieben. LANE ist davon überzeugt, dass die Sensoren von Smartphones den Alltag revolutionieren werden. Weitere Bereiche, beispielsweise Industrie, Soziale Netzwerke oder Gesundheitswesen, sollen ebenso davon profitieren. In den letzten Jahren wurden viele Neuerungen vorgestellt, für komplexe Zusammenhänge wurden Sensordaten allerdings bis jetzt noch nicht benutzt.

4.1. Charakterisierung der Sensoren

Für die Präsenzbewertung ist neben der Bereitschaft zur Kommunikation die Kenntnis über die Umgebung und dem daraus resultierenden Kontext des Angerufenen unabdingbar. Die vorgestellten Projekte aus dem Abschnitt 2.4 haben alle etwas gemeinsam, sie

verwenden Sensoren zur Kontextgewinnung. Der Begriff Sensor stammt aus dem Fachbereich Mess- und Sensortechnik und kann nach TRÄNKLER und OBERMEIER [106] wie folgt definiert werden:

„Sensorelemente formen physikalische, chemische oder biologische Messgrößen in elektrische Messsignale um, die mit den Messwerten in eindeutigen oft linearen Zusammenhängen stehen.“

Üblicherweise werden die elektrischen Messsignale des Sensorelements aufbereitet und in ein normiertes, analoges Signal verstärkt. Anschließend wird dieses in einem Mikrocontroller in ein digitales Signal umgewandelt, siehe auch Abbildung 4.1. Dieser Prozess und die dazugehörigen Komponenten bilden einen Sensor. SCHIESSLE [92] bekräftigt die Aussagen und beschreibt den Sensor als

„ein technisches Bauteil, das eine physikalische nichtelektrische Zustandsgröße in eine elektrische Zustandsgröße umwandelt.“

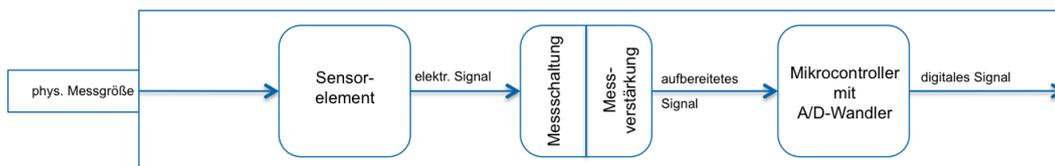


Abb. 4.1.: Aufbau eines Hardwarebasierten Sensors mit eigenem A/D-Wandler. [106]

Die Definition aus [92] und [106] muss im Sinne dieser Arbeit ergänzt werden, denn einige der verwendeten Sensoren genügen dieser Anforderung nur bedingt. Um Rückschlüsse auf die Umgebung zu schließen, muss ein Sensor nicht unbedingt ein technisches Bauteil sein und ausschließlich elektrische Messsignale liefern. Es können auch Eigenschaften beschrieben werden, die sich mit Hilfe von Algorithmen und Logiken herleiten lassen. Auch können mehrere Sensoren zusammengefasst werden und beispielsweise qualitative Beschreibungen ermöglichen. Zum Beispiel setzt sich ein Sensor zur Bestimmung der Luftqualität aus mehreren einzelnen Sensoren zusammen. Die entsprechende Verknüpfung von verschiedenen Sensordaten lässt ein Rückschluss zur Luftqualität zu. Nach dieser Vorstellung sind demnach Sensoren nicht ausschließlich hardwarebasiert, sondern können auch softwarebasiert Eigenschaften des Kontextes wiedergeben.

Um Rückschlüsse auf die Präsenz zu erhalten ist es unvorteilhaft, gesammelte Sensordaten einzeln zu betrachten und zu bewerten. Vielmehr müssen diese in gegenseitige Beziehungen gebracht und als gesamte Einheit ausgewertet werden. Es wird der Ansatz

verfolgt, je mehr verschiedene Sensordaten zur Verfügung stehen, desto genauer kann die Beschreibung des Kontextes und der daraus resultierenden Präsenz erfolgen.

Die Einteilung der folgenden Sensoren unterscheidet sich zum einen in *Hardwarebasierte Sensoren* und zum anderen in *Softwarebasierte Sensoren*. Hardwarebasierte Sensoren liefern üblicherweise physikalische Messwertdaten die zur Präsenzbewertung direkt verwendet und dem Klassifikator zur zugeführt werden. Im Gegenteil zu diesen stehen die Sensoren, die ihre Messwerte nicht direkt aus physikalischen Bauteilen erhalten, sondern zum Beispiel aus einer Software, vorverarbeiteten hardwarebasierten Sensordaten oder anderweitig zu interpretierenden Daten.

4.2. Hardwarebasierte Sensoren

Wie bereits erwähnt werden in dieser Arbeit Sensoren untergliedert. Die folgenden hardwarebasierten Sensoren ermitteln physikalische Messwerte, die direkt zur weiteren Klassifikation verwendet werden. Die Daten sind ungefiltert und werden vorerst nicht weiter bearbeitet.

4.2.1. GPS

Eines der bekanntesten Systeme zur Positionsbestimmung auf der Erde nennt sich GPS. Die eher unbekannt vollständige Bezeichnung lautet NavSTaR GPS und steht für **N**avigational **S**atellite **T**iming and **R**anging **G**lobal **P**ositioning **S**ystem. Das satellitengestützte Positionierungssystem wurde ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt und steht seit 1995 auch zur privaten Nutzung zur Verfügung. Mittlerweile gibt es unterschiedliche Verfahren und Weiterentwicklungen. Der folgende Abschnitt beschreibt die allgemeine, ursprüngliche Funktionsweise von GPS und die damit verbundenen Nachteile für den Einsatz in Smartphones. Diese Geräte nutzen ein weiteres Verfahren, das AGPS (engl. Assisted GPS), das am Ende dieses Abschnittes erklärt wird. Das Grundprinzip der Positionsbestimmung per GPS ist die Entfernungsmessung zwischen einem Punkt auf einer idealisierten Kugel und Satelliten, dies bedeutet eine Messung der Entfernung zwischen einem Endgerät auf der Erde und dem Satelliten. Die Entfernung zwischen dem Gerät und einem Satelliten wird anhand der Signallaufzeit zwischen beiden berechnet. Abbildung 4.2 abstrahiert aufgrund der Übersichtlichkeit die Funktionsweise

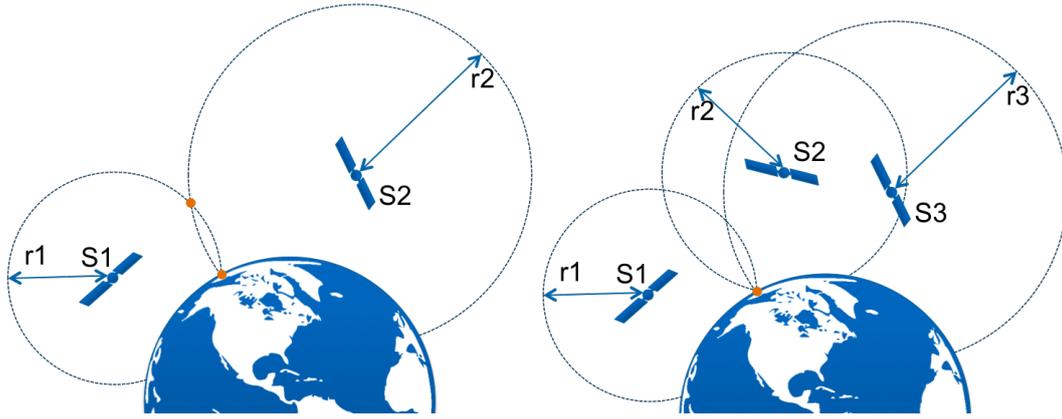


Abb. 4.2.: GPS-Funktionsweise mit Hilfe von mehreren Satelliten abstrahiert auf 2 Dimensionen. Bei nur zwei Satelliten entstehen zwei mögliche Standorte (links). Mit einem Satelliten mehr (rechts) ist nur noch ein Standort möglich.

auf den zweidimensionalen Raum. Bei zwei Satelliten sind zwei Standorte möglich, die Schnittpunkte der Signallaufzeiten, die wiederum den Radien entsprechen. Wird dieses im dreidimensionalen Raum betrachtet, sind es schon drei mögliche Standorte. Daher wird ein weiterer Satellit benötigt. Die möglichen Standorte werden dadurch auf zwei begrenzt. Es werden demnach mindestens drei Satelliten an unterschiedlichen Positionen benötigt, um den genauen Standort auf der Erde zu berechnen. Es entstehen mathematisch gesehen, bei drei Satelliten im Raum, maximal zwei mögliche Standorte. Einer dieser beiden Standorte ist unreal, lässt sich durch Logik eliminieren, denn dieser befindet sich nicht auf der Erdoberfläche. Der technische Aufwand, die Verfügbarkeit und Genauigkeit ist im Vergleich zu anderen Verfahren nach MANSFELD optimal [69].

Die Berechnung der Position kann mit Hilfe der quadratischen Gleichungen (4.1) grundlegend erfolgen. Jede Gleichung entspricht dem Satz des Pythagoras im Raum, jeder Betrag der Vektoren (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) und (x_3, y_3, z_3) entspricht dabei der Entfernung zwischen dem Punkt auf der Erde (x_0, y_0, z_0) und den Satelliten S_1, S_2 und S_3 . Die Positionen der Satelliten sendet jeder Satellit kontinuierlich. Neben der Position ist noch die GPS-Zeit enthalten. Eine Zeit, die bei allen Satelliten aufgrund von installierten Atomuhren und Zeitkorrekturen als synchron angesehen werden kann.

$$\begin{aligned}
 r_1 &= \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2} \\
 r_2 &= \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 + (z_2 - z_0)^2} \\
 r_3 &= \sqrt{(x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2 + (z_3 - z_0)^2}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Es entsteht ein nichtlineares Gleichungssystem mit drei Unbekannten, das zum Beispiel

durch die Linearisierung nach Taylor gelöst werden kann. Das Lösungsverfahren geht davon aus, dass der ungefähre Standort (x'_0, y'_0, z'_0) bekannt ist. Anschließend wird die Annäherung an die tatsächliche Position iterativ fortgeführt bis eine ausreichend genaue Lösung erreicht wird. Entsprechend für die Annäherung entstehen so abweichende Entfernungen $\Delta r_1, \Delta r_2, \Delta r_3$ (4.2) für das Gleichungssystem (4.4)

$$\begin{aligned}\Delta r_1 &= r_1 - r'_1 \\ \Delta r_2 &= r_2 - r'_2 \\ \Delta r_3 &= r_3 - r'_3\end{aligned}\tag{4.2}$$

Analog zu den Entfernungsabweichungen existieren entsprechend Abweichungen zum Standort (x_0, y_0, z_0) und dem ungefähren Standort:

$$\begin{aligned}\Delta x_0 &= x_0 - x'_0 \\ \Delta y_0 &= y_0 - y'_0 \\ \Delta z_0 &= z_0 - z'_0\end{aligned}\tag{4.3}$$

Das Gleichungssystem (4.4) beinhaltet nun die angenäherten Entfernungen mit den Standortabweichungen aus (4.3).

$$\begin{aligned}r'_1 &= \sqrt{(x_1 - x'_0)^2 + (y_1 - y'_0)^2 + (z_1 - z'_0)^2} \\ r'_2 &= \sqrt{(x_2 - x'_0)^2 + (y_2 - y'_0)^2 + (z_2 - z'_0)^2} \\ r'_3 &= \sqrt{(x_3 - x'_0)^2 + (y_3 - y'_0)^2 + (z_3 - z'_0)^2}\end{aligned}\tag{4.4}$$

MANSFELD integriert die Einflussgrößen α , β und γ auf die Entfernungen r_1 , r_2 und r_3 . Er bezeichnet diese als Streckenkoeffizienten. Für die Abweichungen aus (4.2) gelten die Beziehungen aus (4.5).

$$\begin{aligned}\Delta r_1 &= \alpha_1 \Delta x_0 + \beta_1 \Delta y_0 + \gamma_1 \Delta z_0 \\ \Delta r_2 &= \alpha_2 \Delta x_0 + \beta_2 \Delta y_0 + \gamma_2 \Delta z_0 \\ \Delta r_3 &= \alpha_3 \Delta x_0 + \beta_3 \Delta y_0 + \gamma_3 \Delta z_0\end{aligned}\tag{4.5}$$

Für die Streckenkoeffizienten α_i, β_i und γ_i für die Satelliten S_i gilt dann (4.6).

$$\begin{aligned}
\alpha_i &= -\frac{x_i - x'_0}{r'_i} \\
\beta_i &= -\frac{y_i - y'_0}{r'_i} \\
\gamma_i &= -\frac{z_i - z'_0}{r'_i}
\end{aligned} \tag{4.6}$$

Die Gleichung (4.5) entspricht in Matrixschreibweise der Gleichung (4.7). Wird diese umgestellt nach dem Standort ergibt sich die Gleichung (4.8).

$$\begin{pmatrix} \Delta r_1 \\ \Delta r_2 \\ \Delta r_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 \\ \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \\ \Delta z_0 \end{pmatrix} \tag{4.7}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \\ \Delta z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 \\ \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \Delta r_1 \\ \Delta r_2 \\ \Delta r_3 \end{pmatrix} \tag{4.8}$$

Unter Berücksichtigung von (4.8) und Umstellung von (4.3) ergibt sich daraus für die Position auf der Erde die Gleichung (4.9).

$$\begin{aligned}
x_0 &= x'_0 + \Delta x_0 \\
y_0 &= y'_0 + \Delta y_0 \\
z_0 &= z'_0 + \Delta z_0
\end{aligned} \tag{4.9}$$

Die Theorie für die Berechnung der Position ist erfolgt. Die Position (4.9) kann unter Berücksichtigung der Streckenkoeffizienten berechnet werden. Das funktioniert für geringe Abweichungen zwischen (x_0, y_0, z_0) und (x'_0, y'_0, z'_0) gut. Es setzt allerdings voraus, dass zur Bestimmung der Entfernungen die Zeiten zwischen den Satelliten und dem Empfangsgerät synchron sind. Das ist in der Praxis allerdings nicht oft der Fall, denn die Empfangsgeräte besitzen keine Atomuhr. Die berechnete Entfernung ist demnach nur eine sogenannte Pseudoentfernung ρ_i (4.10). Der Faktor c entspricht der Ausbreitungsgeschwindigkeit des elektromagnetischen Signals im Vakuum und Δt_u die Uhrzeitabweichung zwischen Satellit und Empfänger.

$$\rho_i = r_i + c\Delta t_u \tag{4.10}$$

Da die Uhrzeitabweichung nicht bekannt ist, wird das bereits bekannte Gleichungssystem mit drei Unbekannten (4.1) um die weitere Unbekannte Δt_u erweitert. Um das Gleichungssystem lösen zu können, wird ein weiterer Satellit benötigt. Daher funktioniert die GPS-Positionsbestimmung in der Praxis nur mit vier Satelliten. Es ergibt sich folgendes, neues Gleichungssystem (4.11) und (4.12) mit vier Unbekannten.

$$\begin{aligned}\rho_1 &= \sqrt{(x_1 - x'_0)^2 + (y_1 - y'_0)^2 + (z_1 - z'_0)^2} + c\Delta t_u \\ \rho_2 &= \sqrt{(x_2 - x'_0)^2 + (y_2 - y'_0)^2 + (z_2 - z'_0)^2} + c\Delta t_u \\ \rho_3 &= \sqrt{(x_3 - x'_0)^2 + (y_3 - y'_0)^2 + (z_3 - z'_0)^2} + c\Delta t_u \\ \rho_4 &= \sqrt{(x_4 - x'_0)^2 + (y_4 - y'_0)^2 + (z_4 - z'_0)^2} + c\Delta t_u\end{aligned}\tag{4.11}$$

$$\begin{pmatrix} \Delta\rho_1 \\ \Delta\rho_2 \\ \Delta\rho_3 \\ \Delta\rho_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 & 1 \\ \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 & 1 \\ \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 & 1 \\ \alpha_4 & \beta_4 & \gamma_4 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_0 \\ \Delta y_0 \\ \Delta z_0 \\ c\Delta t_u \end{pmatrix}\tag{4.12}$$

Analog zu den Schritten mit den dazugehörigen Gleichungen (4.1) bis (4.8) ergibt sich die Lösung aus Gleichung (4.13).

$$\begin{aligned}x_0 &= x'_0 + \Delta x_0 \\ y_0 &= y'_0 + \Delta y_0 \\ z_0 &= z'_0 + \Delta z_0\end{aligned}\tag{4.13}$$

Aufgrund der Annahmen ist dies ein iterativer Prozess, mit dem sich die tatsächliche Position immer exakter bestimmen lässt. Im ausgestrahlten Signal des Satelliten sind neben Position und Uhrzeit auch die Umlaufbahnen enthalten, auf denen sich die Satelliten bewegen. Neben der Lösung nach Taylor ist auch die Lösung mit Hilfe der Kalman-Filterung möglich. Ein nicht iteratives Lösungsverfahren ist die geschlossene Lösungsform, die allerdings in der Praxis für GPS-Systeme kaum Anwendung findet. [69]

Die Position auf der Erde kann anschließend in geographische Länge und Breite der Erde umgerechnet werden. Es gibt 360 geographische Längen und 180 geographische Breiten. Jede geographische Länge verläuft dabei zwischen Nord- und Südpol, eine geographische Breite ist orthogonal dazu ausgerichtet, also eine Parallelverschiebung zum Äquator. Die

Einheit für geographische Breite und Länge ist Grad, diese kann weiter in Minuten und Sekunden unterteilt werden.

Die Standortbestimmung ist mit Hilfe von GPS und ausschließlicher Satellitenbenutzung auf circa 3 m horizontal genau. Werden weitere Hilfsmittel wie beispielsweise AGPS¹ verwendet, so kann eine Genauigkeit bis in den Zentimeterbereich erreicht werden [38]. Eine künstliche Verschlechterung des Signals für zivile Nutzung ist seit 2000 nicht mehr aktiv, es unterscheiden sich lediglich die Anzahl der genutzten Frequenzen für private und militärische Nutzung.

Die GPS-Sensoren im Mobiltelefon berechnen die geographischen Längen und Breiten, sowie die daraus ableitbare Geschwindigkeit, über die Positionsänderung über der Zeit. Die Angaben erfolgen üblicherweise im WGS84 Format, Gleitkommazahlen mit doppelter Genauigkeit. Es hat sich später herausgestellt, dass sich diese Werte ohne eine Vorverarbeitung als unbrauchbar gezeigt haben. Ein Klassifikator kann anhand eines Wertes von den geographischen Längen und Breiten keine Ähnlichkeiten erkennen, da sich mehrere Orte entlang eines Grades befinden. Der Klassifikator muss beide Werte betrachten. Aufgrund der Genauigkeit von 13 Nachkommastellen ist es zudem schwierig, Orte, die nahe beieinanderliegen, getrennt als solche zu erkennen. Es müssen daher beide Werte in Beziehung gebracht werden. Die Lösung des Problems wird in Abschnitt 4.3.7 beschrieben.

4.2.2. WLAN

Wireless Local Area Network ist ein drahtloses lokales Netzwerk. Die Ausdehnung ist entsprechend der Reichweite des Signals beschränkt. WLAN wird überwiegend in Gebäuden eingesetzt und dient üblicherweise der drahtlosen Anbindung von mobilen Endgeräten an bestehende LANs. Die Übertragung von Daten erfolgte bis 2009 ausschließlich im 2,4 GHz Frequenzband und wurde erstmals in IEEE 802.11 publiziert. Weitere Normen ergänzten diesen WLAN-Standard. Seit 2009 steht zusätzlich das 5 GHz Frequenzband zur Verfügung und ist unter anderem in der Norm IEEE 802.11n spezifiziert. Dem Nutzer

¹AGPS: Assisted GPS ist eine Kombination von verschiedenen Sendestationen. Diese sind sowohl im All (Satelliten) als auch auf der Erde installiert. Es ermöglicht eine deutlich schnellere und genauere Lokalisierung. AGPS wird auch in Smartphones eingesetzt.

von heutigen mobilen Endgeräten stehen im 8×8 MIMO²-Verfahren mit Quadraturamplitudenmodulation bis zu 6936 Mbit/s zur Verfügung. In Mobiltelefonen können im 5 GHz Frequenzband bis zu 1299 Mbit/s als Durchsatz genutzt werden. Die Tabelle 4.1 zeigt die aktuellen IEEE 802.11 Normen und die damit verbundenen Datenraten und Frequenzbänder [62], [86], [48]. Des Weiteren werden die zu erwartenden Reichweiten innerhalb von Gebäuden aufgelistet.

Norm IEEE	Frequenz [GHz]	Datenrate [Mbit/s]	max. Reichweiten [m]
802.11a	5	54	35/120
802.11b	2,4	11	35/140
802.11g	2,4	54	35/140
802.11h	5	108	38/140
802.11n	2,4 & 5	600	70/250
802.11ac	5	1299	35/250

Tab. 4.1.: Übersicht der verschiedenen WLAN-Normen des IEEE 802.11 Standards. Die Reichweiten beziehen sich auf WLAN innerhalb/außerhalb von Gebäuden.

In Bezug auf den Nutzen des Sensors WLAN ist neben der soeben kurz beschriebenen OSI³-Schicht 1 (Physical Layer - WLAN-Standards) noch die OSI-Schicht 2 (Data Link Layer) von Bedeutung. In dieser Schicht werden neben dem kollisionsvermeidenen Zugriffsverfahren CSMA/CA mit RTS/CTS⁴ auch Namen und Kennungen sowie die Hardwareadresse des Netzwerkadapters beschrieben. Diese Parameter dienen unter anderem der in Abschnitt 4.3.7 vorgestellten Lokalisierung.

Der **Service Set Identifier**, kurz SSID, ist eines von maximal 256 Informationselementen (engl. *Information Elements*), die zur Beschreibung des WLAN-Adapters dienen und

²MIMO: MIMO steht für **M**ultiple **I**nput **M**ultiple **O**utput und bedeutet, dass gleichzeitig mehrere Daten verarbeitet und über WLAN gesendet werden können. Dieses Verfahren setzt auf mehrere Antennen auf Send- und Empfängerseite zur gleichzeitigen Datenübertragung. Im Heimbereich sind mittlerweile in sehr vielen WLAN-Access Points mehrere Antennen integriert.

³OSI: **O**pen **S**ystems **I**nterconnection **M**odel ist ein standardisiertes, theoretisches ISO-Modell für Netzwerkprotokolle. Es besteht aus insgesamt sieben Schichten, sogenannten Layern (Physical Layer, Data Link Layer, Network Layer, Transport Layer, Session Layer, Presentation Layer, Application Layer). Siehe auch ISO/IEC 7498-1 [101]

⁴CSMA/CA mit RTS/CTS (engl.) heißt **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **A**voidance mit **R**eady **T**o **S**end/**C**lear **T**o **S**end. Es ist ein Zugriffsverfahren zur Vermeidung von Kollisionen. Dabei wird der Kanal abgehört und bei Sendebedarf eine Anfrage und der daraus möglichen kurzzeitigen Reservierung gestellt.)

untereinander ausgetauscht werden. Eine vollständige Übersicht ist im Anhang A.4 zu finden.

	Element ID	Length	SSID
Octets:	1	1	0-32

Tab. 4.2.: Aufbau des Informationselements SSID nach 802.11. Diese kann bis zu 32 Byte lang sein.

Die SSID wird vom Administrator vergeben und kann bis 32 ASCII-Zeichen lang sein. Diese ID ist nicht eindeutig, sie kann weltweit mehrmals vergeben sein. In WLAN-Roaming Netzwerken ist es sogar üblich, dass die SSIDs innerhalb der Zugangspunkte (abgekürzt AP) gleich heißen. Sie dient zur einfachen Wiedererkennung von Netzwerken. Um ein Netzwerk eindeutig zu klassifizieren, werden weitere Informationselemente verwendet. Üblicherweise ist das die **B**asic **S**ervice **S**et **I**dentification, die üblicherweise die Hardwareadresse des WLAN-Adapters repräsentiert und 6 Byte lang ist. Auch die BSSID kann nach IEEE 802.11 in einem *Information Element* übertragen werden. Die Kombination von SSID, BSSID und MAC-Adresse ist mit hoher Wahrscheinlichkeit eindeutig und kann zur Wiedererkennung verwendet werden. Es ist zudem davon auszugehen, dass WLAN-Zugangspunkte stationär sind, das heißt, diese können zusätzlich zur Wiedererkennung des gleichen Netzwerkes verwendet werden. Wo sich genau dieser Zugangspunkt befindet, ist für diesen hardwarebasierten Sensor nicht von Bedeutung.

Sensorwert	Bedeutung
SSID	Name des WLAN
BSSID	Kennung des Netzwerkes, üblicherweise die Hardwareadresse des WLAN-Adapters
MAC	Hardwareadresse des WLAN-Adapters

Tab. 4.3.: Ableitbare Informationen zum Sensor WLAN.

Es ist noch anzumerken, dass ein Endgerät nur mit einem WLAN verbunden sein kann. Dennoch können die Informationen anderer, sichtbarer WLAN-Netzwerke in die Bewertung und Erkennung einfließen.

4.2.3. Bluetooth

Bluetooth ist ein Standard gemäß IEEE 802.15.1 zur drahtlosen Kommunikation und Übertragung von Daten im WLAN. Das Frequenzband zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz ist das lizenzfreie ISM-Band und ist weltweit einsetzbar und zugelassen. Der Bluetooth Standard unterscheidet verschiedene Geräteklassen. Eines der wichtigsten Unterschiede ist die Unterscheidung nach der Sendeleistung, aus der sich die theoretisch maximale zu überbrückende Übertragungsdistanz ableitet. Es existieren drei verschiedene Einteilungen von Klasse 1 bis 3. Die Klasse 1 kann mit bis zu 100 mW senden und erlangt eine maximale Distanz von bis zu 100 m. Die Klasse 3 hingegen sendet mit maximal 1 mW und besitzt eine Reichweite von ca. 1 m. Die zu erzielende Datenrate beträgt bis zu 3 Mbit/s. [100]

Der Bluetooth Standard 4.0 von 2009 enthält einen Low Energy Protokollstapel, auch BLE genannt. Dieser ermöglicht es unter anderem deutlich schneller Verbindungen aufzubauen. Dadurch und mit Hilfe weiterer Optimierungen ist es möglich, stromsparend zu arbeiten. Aufgrund des schnellen Verbindungsaufbaus ist die Verbindung überwiegend aus und muss nur zur Übertragung von Daten kurz aufgebaut werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit in einem verbindungslosen Modus zu agieren. Nur bei wenigen Anwendungsfällen kann BLE nicht eingesetzt werden. Beispielsweise bei Audio Übertragungen funktioniert der energiesparende BLE-Modus nicht. Einige Geräte sollen mit Hilfe einer Knopfzelle mehrere Jahre ihren Betrieb aufrecht erhalten [46], [88]. Der aktuelle Standard ist Bluetooth 4.1. [43]

In Hinblick auf Präsenzbewertung kann Bluetooth dafür verwendet werden, andere Geräte und deren Dienste in der Umgebung zu finden. Um die Dienste zu erkunden, müssen Bluetooth-Geräte das SDP⁵-Protokoll unterstützen. Zuerst aber werden mehrere sogenannte Erkundungsnachrichten (engl. *inquiry messages*) verschickt, um auffindbare Endgeräte zu ermitteln. Befindet sich ein sichtbares Gerät in Reichweite so antwortet dieses unter anderem mit seiner eigenen Geräteadresse. Das anschließende *paging* sammelt unter anderem die Gerätenamen der gefundenen Bluetooth-Adapter in der Umgebung ein. Der SDP-Protokollstapel ist im Anhang A.6 näher erklärt.

Nach einem Verbindungsaufbau können SDP-Attributlisten ausgetauscht werden, die unter anderem die angebotenen Dienste enthalten. Neben der Geräteadresse können

⁵SDP: SDP steht für Service Discovery Protokoll und dient dem Finden von anderen Bluetoothgeräten und deren angebotenen Dienste in Reichweite.

wie beschrieben Dienste in der Umgebung gesammelt werden. Diese können wiederum für die Präsenzbewertung und den Kontext hilfreich sein. Tabelle 4.4 beschreibt die gewonnenen Sensorinformationen des Bluetooth-Adapters. Ein allgemeiner Ansatz für die Netzwerkumgebung ist im Abschnitt 4.3.6 zu finden. [47], [12]

Sensorwert	Bedeutung
Geräteadressen	Liste von Bluetoothgeräten in der Umgebung
Dienste	Liste von angebotenen Diensten in der Umgebung

Tab. 4.4.: Sensorinformationen für die Präsenzbewertung mit Hilfe des Bluetooth-Adapters

4.2.4. Beschleunigungssensor

Ein Beschleunigungssensor, auch als Accelerometer (engl.) bezeichnet, dient der Messung einer Beschleunigung a , die ein Körper mit einer bestimmten Masse ausübt. Dabei wird allerdings die Trägheit des Körpers gemessen. Üblicherweise dient dieser Sensor zur Bestimmung von Translationsbeschleunigungen der x-, y- und z-Achse, siehe auch Abbildung 4.3. Rotationsbewegungen werden mit Hilfe von Gyroskopen (siehe folgendes Kapitel) bestimmt. Aufgrund der wirkenden Schwerkraft auf der Erde sind die Rotationen um die x- und y-Achse auch ohne Gyroskop mit Hilfe der Gleichungen (4.14) und (4.15) unter der Bedingung dass $a_x, a_z \neq 0$ zu bestimmen.

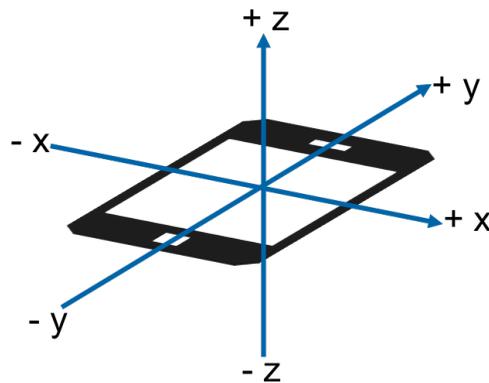


Abb. 4.3.: Beschleunigungsvektoren entlang der x-, y- und z-Achse. Die Anordnung und die Bezeichnung der Achsen ist bei iPhone und Android identisch.

$$rot_x = \arctan \frac{-a_y}{\sqrt{a_x^2 - a_z^2}} \quad (4.14)$$

$$\text{rot}_y = \arctan \frac{a_x}{a_z} \quad (4.15)$$

Aus den Beschleunigungen, sowohl positiv als auch negativ, und den damit verbundenen Kräften können auch Geschwindigkeitsänderungen über die drei Achsen festgestellt werden. In Hinblick auf die Präsenzbewertung lassen sich durch Vorverarbeitung eventuell Bewegungen, Gesten und evtl. Tätigkeiten ableiten. Die Idee von WEISS und KWA-PISZ, Aktivitäten anhand von Beschleunigungssensoren zu erkennen, erreichte in den Arbeiten [111] und [56] eine sehr hohe Genauigkeit, teilweise sogar über 98 %. In ihren Versuchen wurden jeweils über 10 Sekunden mit 20 Hz Samples pro Achse aufgenommen. Es entstanden demnach 600 Messwerte, die anschließend weiterverarbeitet wurden. Unter anderem wurde für die x-, y- und z-Achse der Durchschnitt, die Standardabweichung und Frequenzen wiederkehrender Perioden ermittelt und anschließend verschiedene Klassifikatoren verwendet. Die Klassifikationsmenge untergliederte sich in Laufen, Rennen, Treppensteigen, Sitzen und Stehen. Erwartungsgemäß wurde bestätigt, dass persönliche Modelle bei Gleichbleiben der Person zwischen Training und Klassifikation die genauesten Vorhersagen lieferten. Da die angestrebte Präsenzbewertung für persönliche Mobiltelefone erfolgen wird, ist davon auszugehen, dass ähnliche Genauigkeiten zu erzielen sind.

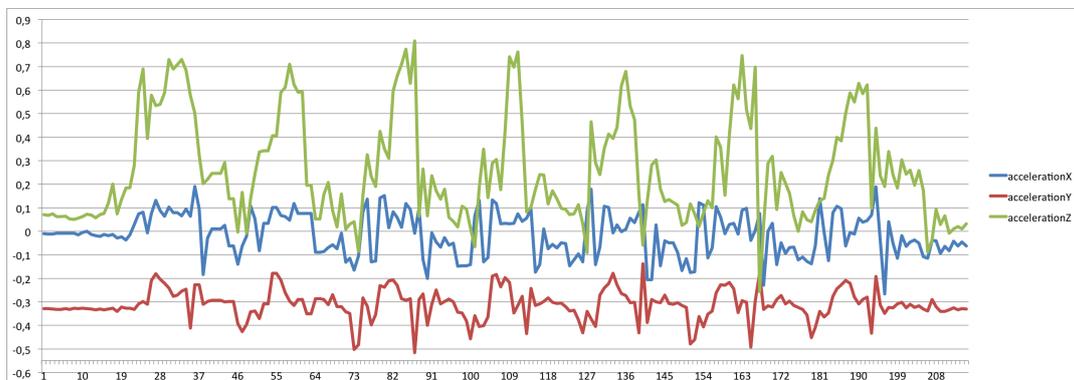


Abb. 4.4.: Aufzeichnung über alle drei Beschleunigungsachsen mit einer Aufzeichnungsrate von 20 Hz bei der Bewegung Laufen.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgte LORENZ in Untersuchung [64]. Auch in dieser Arbeit wurde versucht, wiederkehrende Muster der Bewegungsabläufe zu erkennen. Die Klassifikation wurde allerdings deutlich vereinfacht. Zum einen wurde die Bewegungsgeschwindigkeit (ermittelt mit Hilfe von GPS) dazu verwendet, die zu untersuchende Klassifikationsmenge zu minimieren. Bestimmte Geschwindigkeiten schließen Tätigkei-

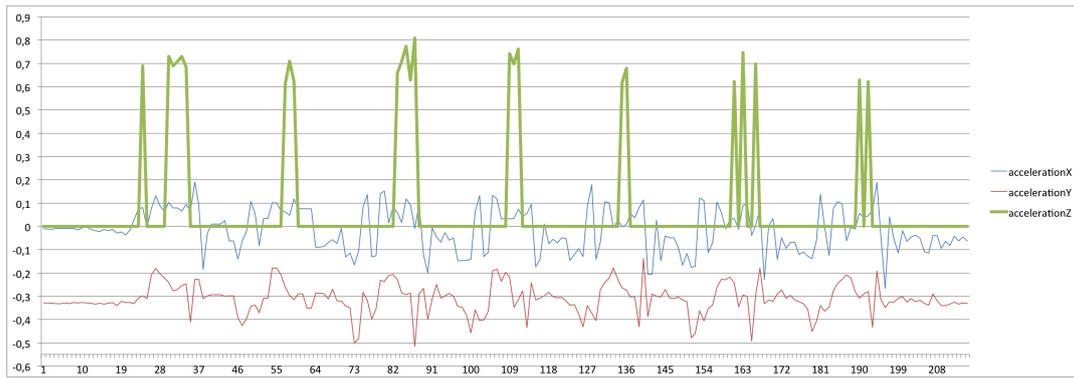


Abb. 4.5.: Beschleunigungswerte entlang der z-Achse nach einer Tiefpassfilterung. Anschließend kann eine Klassifizierung nach A.20 erfolgen.

ten aus. Es kann beispielsweise ausgeschlossen werden, dass der Benutzer läuft, joggt oder sitzt, wenn das Telefon mit mehr als 30 km/h bewegt wird. In der Abbildung 4.2.4 wurde eine gehende Bewegung von 8 m mit 20 Hz aufgenommen. Das Telefon befand sich dabei senkrecht in der Hosentasche. Es ist zu sehen, dass die Beschleunigung in z-Richtung (Differenz zwischen minimalem und maximalem Wert) als bei den anderen beiden stärker ist. Wird auf diese Beschleunigungskurve ein Tiefpassfilter gelegt, kann anschließend ein Muster anhand der Bewegungsform erkannt werden. Diese Filterung ist in Abbildung 4.2.4 zu sehen.

Die Tabelle im Anhang A.2 zeigt eine zu [64] modifizierte Variante, wie Tätigkeitsbeschreibung mit Geschwindigkeitsbereichen aufgeschlüsselt werden kann. Auch sind Aussagen über wiederkehrende Muster und deren Klassifikation dargestellt. Zusätzlich sind im Anhang A.3 Beschleunigungskurven für verschiedene Bewegungen dargestellt.

Sensorwert	Bedeutung
Beschleunigung X	Aktueller Beschleunigungswert in x-Richtung
Beschleunigung Y	Aktueller Beschleunigungswert in y-Richtung
Beschleunigung Z	Aktueller Beschleunigungswert in z-Richtung

Tab. 4.5.: Beschleunigungswerte des Accelerometer in x-, y- und z-Richtung. Mit Hilfe dieser lassen sich beispielsweise Bewegungen des Benutzers erkennen und mögliche Rückschlüsse zur Präsenz ziehen, siehe auch Anhang A.2.

4.2.5. Gyroskop

Das Gyroskop, auch als Kreiselinstrument bezeichnet, dient zur exakten Messung der Winkelgeschwindigkeit beziehungsweise der Drehung um eine starre Achse [5]. Es gibt drei verschiedene Arten von Gyroskopen die sich anhand ihrer Bauformen klassifizieren lassen. Das Grundprinzip ist bei den ersten beiden Arten gleich, aufgrund der Masseträgheit und der Drehimpulserhaltung versucht ein sich bewegender Körper stets in seiner Rotationsachse zu verbleiben und gleicht fremde Bewegungen aus. Zeichnung 4.6 veranschaulicht das Grundprinzip von mechan. Kreiselinstrumenten.

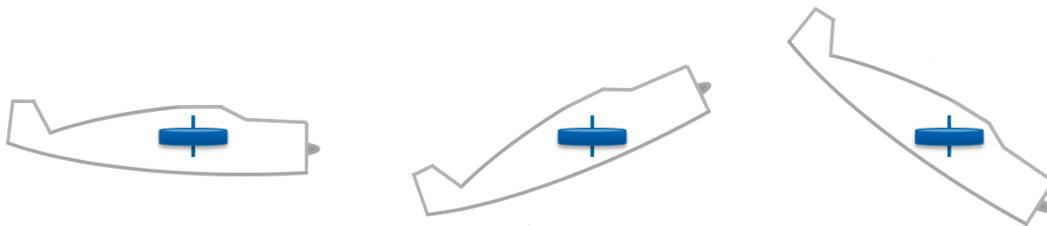


Abb. 4.6.: Grundprinzip eines Gyroskops. Ein schnell rotierender Körper (blaue Scheibe) ist aufgrund der Drehimpulserhaltung bestrebt, seine ursprüngliche Rotationsebene beizubehalten.

Folgende drei verschiedene Technologien und Bauformen für Gyroskope existieren:

- Scheibekreisel: Ein rotierbarer Körper ist symmetrisch um seine Rotationsachse angeordnet. Idealerweise ist dies eine Scheibe mit hoher Masse.
- Vibrationskreisel: Wird eine Rotationsbewegung auf einen schwingenden Quarz ausgeübt, so wirkt auf diesen die Corioliskraft. Die Auswirkung in Form von Verzerrungen lassen sich detektieren.
- Laserkreisel: Aufgrund des Sagnac-Effektes haben zwei entgegengesetzte Laserstrahlen auf einer kreisförmigen Bahn während einer Rotation unterschiedliche Laufzeiten. Diese Unterschiede lassen sich mit Hilfe von Interferenz messen.

Anwendung finden Gyroskope überwiegend in der Luft-, Schiff- und Raumfahrt zur Bestimmung der Richtungsänderung im Raum ohne die Unterstützung von fremden positionsbestimmenden Signalen, z.B. GPS. Mittlerweile ist es möglich, diese Geräte zu miniaturisieren und in Mikrochips zu integrieren. Dafür werden meist Vibrationskreisel verwendet. Diese preislich günstige Art von Gyroskopen wird unter anderem in mobilen Endgeräten wie Smartphones integriert und hat eine hohe Genauigkeit.

Das Gyroskop hat gegenüber dem Beschleunigungssensor die Möglichkeit, Rotationen um die eigene Achse festzustellen. Allerdings kann im Gegensatz zum Kompass (nachfolgendes Kapitel) ein Gyroskop nur Bewegungsänderungen (relative Rotationen) feststellen, d.h. Bewegungen über die Zeit. Aus diesem Grund ist es wahrscheinlich, dass diese Sensorinformation einen geringen Einfluss auf die Präsenz nehmen wird. In Kombination mit Beschleunigungssensor und Kompass (absolute Rotation) ist durch zusätzliche Gyroskope kein direkter Mehrwert erkennbar.

Sensorwert	Bedeutung
Rotationsänderung	Findet eine Rotation um die eigene Achse statt. Diese Sensorinformation besitzt nur eine untergeordnete Wichtigkeit.

Tab. 4.6.: Gyroskop als Sensor der Rotationsbewegung um die eigene Achse. Ein Gyroskop stellt eine Rotationsänderung im Raum fest.

4.2.6. Digitaler Kompass

Ein digitaler Kompass, ein Sensor wie er in Smartphones integriert ist, wird auch als Magnetometer bezeichnet. Wie bereits erwähnt, kann mit Hilfe diesem der magnetische Fluss gemessen werden. Bei einem digitalen Kompass werden kleinste Veränderungen des Erdmagnetfeldes gemessen und mit Hilfe der zwei magnetischen Pole (Nord- und Südpol) die Ausrichtung auf der Erde berechnet. Oft werden sogenannte AMR-Sensoren (Anisotroper Magnetoresistiver Effekt) in mobilen Geräten integriert, bei denen sich der Widerstand in Abhängigkeit des magnet. Feldes ändert. Für die Ermittlung der Ausrichtung über 360 Grad werden mehrere Sensoren versetzt angeordnet. [23]

Die Himmelsrichtung kann eventuell dazu dienen, bestimmte Orte wieder zu erkennen. Legt ein Benutzer beispielsweise sein Telefon immer an die gleiche Stelle mit gleicher Ausrichtung, kann diese Information zur Klassifikation mit genutzt werden.

Sensorwert	Bedeutung
Himmelsrichtung	Bestimmung der Himmelsrichtung. An Orten wo keine weiteren Sensorinformationen zur Verfügung stehen, können evtl. Gewohnheiten wiedererkannt werden.

Tab. 4.7.: Kompass als Sensor zur Ermittlung der Himmelsrichtung.

4.2.7. Mikrofon

In jedem Telefon ist neben einem Lautsprecher auch mindestens ein Mikrofon integriert. Ohne diese Komponenten wäre ein Telefonat mit gegenseitigem Sprechen nicht möglich. Es ist also eines der wichtigsten Sensoren überhaupt in der Telefonie. Das Grundprinzip eines Mikrofons ist die Umwandlung von Schallwellen in der Luft in ein elektrisches Signal. Abbildung 4.7 zeigt den allgemeinen Aufbau eines Kondensatormikrofons wie es beispielsweise im iPhone 4 integriert ist.

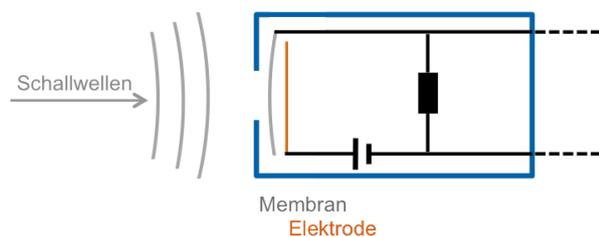


Abb. 4.7.: Aufbau eines Kondensatormikrofons. Die Membran und die Elektrode bilden einen Plattenkondensator mit ändernder Kapazität bei Schwingung durch Schallwellen. Diese Änderung wirkt sich auf die Spannung des Ausgangsignals (re.) aus.

Im Gegensatz zu einem Tauchspulenmikrofon befindet sich hinter der Membran keine Spule, die die Schwingungen der Membran in elektrische Energie durch Induktion umwandelt. Bei einem Kondensatormikrofon bildet die elektrisch leitfähige Membran und eine unmittelbar dahinter installierte Elektrode einen Kondensator. Bei Schwingungen der Membran ändert sich dieser Abstand und dadurch die Kapazität des Kondensators. Das elektronische Signal beziehungsweise die Spannung verändert sich dementsprechend zur Kapazität des Kondensators. Aufgrund der technischen Bauteile lässt sich diese Art des Mikrofon als MEMS⁶ ausführen und wird daher überwiegend in mobilen Endgeräten eingesetzt.

Seit 2010 sind mittlerweile mehrere Mikrofone in den Geräten integriert. So waren es

⁶MEMS: Abkürzung für engl. Microelectromechanical System. Es ist eine Abkürzung für extrem klein ausgeführte elektromechanische Bauteile.

beispielsweise laut ifixit.com zwei Mikrofone [49]. Erste Geräte mit drei Mikrofonen sind seit 2012 erhältlich [94]. Ziel dieser verschiedenen Mikrofone ist die Eliminierung von Hintergrundgeräuschen während eines Telefonats oder dem Erstellen von Audioaufzeichnungen. Die Mikrofone befinden sich an verschiedenen Positionen und sind unterschiedlich ausgerichtet. Mit Hilfe von Beamforming ist es möglich, aufgrund verschiedener Laufzeiten (ähnlich dem Projekt aus Abschnitt 2.4.2 - Lokalisierung eines Mobiltelefons im Fahrzeug) die Schallquelle zu lokalisieren. Anschließend ist es möglich, bestimmte Schallquellen zu eliminieren und so Hintergrundgeräusche zu unterdrücken.

Neben der Unterdrückung von Hintergrundgeräuschen gibt es aber noch weitere Informationen, die im Hinblick der Präsenzbewertung dem Sensor entnommen werden können. So ist beispielsweise die allgemeine Lautstärke entscheidend. Hält sich der Telefonbesitzer in einer lauten Umgebung auf, so sollte das Telefon entsprechend der Wichtigkeit des Anrufs lauter klingeln. Andererseits beeinflusst die Umgebungslautstärke auch die Bereitschaft zur Telefonie, denn diese ist wahrscheinlich geringer. Hier steht wieder die Präsenz der Wichtigkeit gegenüber.

Ein weiteres Entscheidungskriterium für die Präsenz ist die Erkennung, dass in unmittelbarer Umgebung gesprochen wird. Dafür werden sogenannte VAD-Systeme verwendet. Die Abkürzung VAD steht für **V**oice **A**ctivity **D**etection und dient der Spracherkennung. Die Arbeit von mir betreute Bachelorarbeit von KUKSHAUSEN [55] evaluiert verschiedene Klassifizierungsmethoden für Spracherkennung. Seine softwarebasierte Implementierung beruht auf den energiebasierten Ansatz und erreicht eine akzeptable Erkennungsrate von bis zu 91,88%. Der Durchschnitt über alle getesteten Samples durch KUKSHAUSEN liegt bei 89,26 %.

Sensorwert	Bedeutung
Lautstärke	Aktuelle Lautstärke in der Umgebung
Ø-Lautstärke	Durchschnittslautstärke über eine bestimmte Zeit
Sprache	Findet in der Umgebung ein Gespräch statt

Tab. 4.8.: Mikrophon als Sensor zur Präsenzbewertung mit Hilfe der Umgebungslautstärke sowie der Erkennung, ob in der Umgebung gesprochen wird.

4.2.8. Näherungssensor

Der Näherungssensor nimmt eine wichtige Funktion beim Telefonieren ein. Das Display schaltet sich während eines Telefonates aus, sobald eine Näherung durch den Näherungssensor detektiert wird. Das automatische Ausschalten des Displays dient zum einen dem Stromsparen. Denn wenn telefoniert wird und sich das Telefon am Ohr befindet, wird das Display nicht benötigt und kann ausgeschaltet werden. Zum anderen hat es noch das Ziel, versehentliche Eingaben während eines Telefonats zu verhindern. Früher kam es in Geräten ohne Näherungssensor zu häufigen Fehleingaben und -erkennungen, da der Touchscreen fälschlicherweise auch das Ohr als Eingabe erkannte.

Die Funktionsweise der Detektion ist unterschiedlich. Meist handelt es sich um eine infrarotbasierte Methode. Eine LED sendet Infrarotlicht aus. Eine Photozelle mit Infrarotfilter detektiert wiederum Reflexionen des ausgestrahlten IR-Lichtes an sehr nahen Objekten zu detektieren. Abbildung 4.8 veranschaulicht die optische Erkennung eines beliebigen Objektes (z.B. das menschliche Ohr) mit Hilfe eines Näherungssensors auf Infrarot-

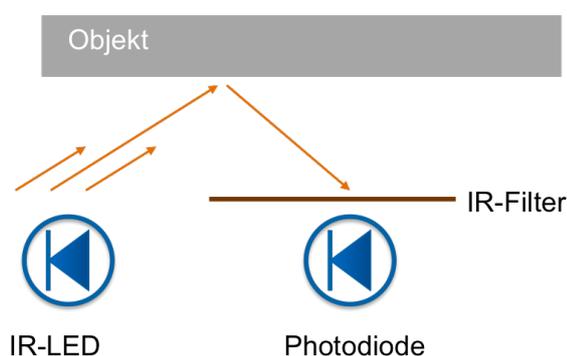


Abb. 4.8.: Reflexion von Licht ist das Grundprinzip eines Näherungssensors auf Infrarotbasis.

basis. Eigene Tests am iPhone 4S haben gezeigt, dass der Näherungssensor Objekte zwischen 0 und 33 mm zu 100 % detektiert. Für diesen Versuch wurden zehn unterschiedliche Objekte verwendet und die Distanz bis zum Zeitpunkt der Detektion zwischen Sensor und Objekt gemessen. Mit jedem Objekt wurde dieser Versuch zehnmal wiederholt. Mittlerweile sind an einigen Smartphones sogar zwei oder mehr Näherungssensoren integriert. Einer der Sensoren dient wie oben beschrieben zum Ausschalten des Displays, ein weiterer Sensor deaktiviert zum Beispiel den Standby-Modus des Telefons. Bei neueren iPhone Modellen dient der zweite Sensor zur Aktivierung der Sprachsteuerung.

Die Tabelle 4.9 zeigt den auslesbaren Sensorwert. Dieser ist allerdings nur bedingt nutzbar.

Sensorwert	Bedeutung
Näherung	Erkennt, ob sich unmittelbar ein Objekt vor dem Telefon befindet

Tab. 4.9.: Der Näherungssensor ermöglicht das Erkennen von Objekten. Während eines Telefonats wird das Display ausgeschaltet, wenn der Benutzer das Telefon an das Ohr hält. Eine direkte Abhängigkeit zur Präsenz ist vorerst nicht erkennbar.

4.2.9. Helligkeitssensor

Der Helligkeitssensor im Smartphone dient hauptsächlich der automatischen Steuerung der Displayhelligkeit. Standardmäßig wird im Dunkeln die Beleuchtung reduziert und spart somit Energie. Ist die Umgebung allerdings sehr hell, beispielsweise direkte Sonneneinstrahlung, muss zur besseren Lesbarkeit die Helligkeit des Displays erhöht werden. Dieser Sensoren sind standardmäßig ist fast allen Smartphones integriert, jedoch lassen sich die Werte wiederum nicht immer ohne Probleme auslesen. Die Nutzbarkeit der Daten hängt stark vom verwendeten Smartphone ab.

Neben dem Sensor Schlafzyklus aus 4.3.5 kann die Helligkeit unterstützend zur Erkennung der Nachtphase verwendet werden. Vorausgesetzt das Telefon steckt nicht in einer Tasche, kann die Situation des Benutzers möglicherweise klassifiziert werden. Auch wird die Helligkeit ebenso in dem Projekt von MIN et al. [76] zur Detektion des Schlafzyklus verwendet.

Sensorwert	Bedeutung
Helligkeit	Helligkeitswert am Telefon

Tab. 4.10.: Der Sensorwert Helligkeit ermöglicht die Interpretation der Lichtverhältnisse und dient standardmäßig zur Einstellung der Displayhelligkeit. Er kann zur Erkennung von Nacht- und Ruhephasen verwendet werden.

4.2.10. Temperatur

Ein Temperatursensor dient zur Messung der Umgebungstemperatur. Obwohl dieser in vielen Mobiltelefonen integriert ist, steht dieser dem App-Entwickler nicht immer zur Verfügung. Es gibt zum Zeitpunkt dieser Arbeit beispielsweise noch kein iPhones, die die Umgebungstemperatur ermitteln können und dem Programmierer zur Verfügung stellen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Temperatursensoren etwas träge funktionieren, das heißt bei kurzzeitigen Temperaturschwankungen ist dies nicht unmittelbar festzustellen.

Die Temperatur kann als direkter Eingabewert für die Bereitschaft zur Kommunikation dienen. Ist die Umgebungstemperatur sehr niedrig, zum Beispiel bei Minusgraden, ist der Wunsch zum Gespräch erfahrungsgemäß geringer, als wenn die Umgebungstemperatur normal ist. Der Temperatursensor kann aber auch neben der eigentlichen Temperaturbestimmung anderweitig verwendet werden. In Kombination mit Näherungssensor und Helligkeitssensor kann beispielsweise festgestellt werden, ob sich das Telefon in der Hosentasche befindet. Die Interpretation und Klassifikation geht in Richtung softwarebasierter Sensor und benötigt einen eigenen Klassifikator. Die Tabelle 4.11 zeigt den zu entnehmenden Sensorwert.

Sensorwert	Bedeutung
Temperatur	Temperatur der Umgebung, nur träge Anpassung

Tab. 4.11.: Der Sensorwert Temperatur erlaubt die Messung der Temperatur. Das Auslesen des Sensorwertes ist nur auf Android Telefonen möglich.

4.2.11. Barometer

Ein weiterer Sensor, der wie der Temperatursensor ebenfalls überwiegend nur auf wenigen Mobiltelefonen zu finden ist, dient zur Messung des Umgebungsdruckes⁷. Mit Hilfe des Druckes lassen sich Aussagen über die aktuelle Höhe über dem Meeresspiegel treffen, vorausgesetzt es fand eine Kalibrierung statt. Aus diesem Grund sind die resultierenden

⁷Seit dem 19. September 2014 ist dieser auch in aktuellen iOS Telefonen (ab iPhone 6/iPhone 6 Plus) integriert. Bei Android Telefonen ist dieser überwiegend integriert.

Ableitungen von Druck auf Höhe eher als ungenau zu betrachten. Viel interessanter sind die Veränderungen des Druckes, so lassen sich beispielsweise ohne Empfang von GPS Änderungen der Position feststellen. Wie genau diese Angaben allerdings in der Praxis sind, konnte nicht getestet werden. Es ist bekannt, dass im iPhone der Sensor Bosch BMP280 integriert ist, dieser hat eine absolute Auflösung von $\pm 1 \text{ hPa}$ und eine relative Genauigkeit von $\pm 0,12 \text{ hPa}$ [10].

Mit Hilfe der absoluten Genauigkeit lässt sich die Höhe auf $\pm 8\text{m}$ nach Gleichung (4.17) berechnen. Es handelt sich dabei um die barometrische Höhengleichung (4.16) umgestellt nach der Höhe. Die Variable p_0 ist der Luftdruck auf Meereshöhe, p_h entspricht der gemessene Luftdruck für die zu berechnende Höhe. Aufgrund der Wetterdynamik und anderen Einflüssen auf den Luftdruck, zum Beispiel auftretende Temperaturänderung bei Höhenänderung, ist nur eine ungefähre Höhenangabe möglich.

$$p_h = p_0 \exp\left(\frac{-H}{7990 \text{ m}}\right) \quad (4.16)$$

mit $p_0 = 1013 \text{ hPa}$

$$H = 7990 \text{ m} \cdot \lg \frac{p_0}{p_h} \quad (4.17)$$

mit $p_0 = 1013 \text{ hPa}$

Die relative Auflösung des PMB280 ist allerdings deutlich genauer, mit Hilfe dieser können Höhenveränderungen im Meterbereich festgestellt werden. Ähnliche Genauigkeiten sind sicherlich bei den Sensoren auf Android Telefonen zu erwarten. Aufgrund der Hardwarevielfalt sind genaue Angaben nur schwer möglich. Die Firma Bosch selbst gibt unterschiedlichste Anwendungsfälle an, unter anderem Indoor Navigation bezüglich Etagen- und Aufzugerennung, Aktivitäten im Sportbereich, Sink- und Steiggeschwindigkeit sowie Wettervorhersage. [11], [10], [98]

Sensorwert	Bedeutung
Druck	Luftdruck der Umgebung

Tab. 4.12.: Integrierte Luftdrucksensoren erlauben die Berechnung der aktuellen Höhe und können zur Messung von relativen Veränderungen verwendet werden.

4.2.12. Ladezustand des Akkumulators

Der Ladezustand eines mobilen Geräts kann ebenfalls verwendet werden, um die Präsenz eines Smartphone-nutzers zu beeinflussen. Sollte der Akku nur noch einen geringen Ladezustand aufweisen, ist es wahrscheinlich, dass nur noch wichtige Gespräche von Bedeutung sind. Hier ist vorstellbar, dass Anrufer von geringer Bedeutung oder Dringlichkeit zum Anrufbeantworter weitergeleitet werden. Die in Abbildung 4.9 gezeigte iOS-Anwendung liest den aktuellen Ladezustand sowie den Füllstand des Akkus aus. Eventuell ist auch die Information hilfreich, ob ein Telefon mit dem Ladestecker verbunden ist und wie lange es darüber schon Energie bezieht. Üblicherweise wird ein Telefon für eine längere Zeit an den Ladestrom gesteckt. Dies schränkt die Mobilität ein. Es ist allerdings auch zu berücksichtigen, dass sogenannte Powerbanks (engl. für Energiespeicher) immer mehr eingesetzt werden. Diese sind wiederum mobil. Es ist allerdings nicht möglich, Powerbanks von herkömmlichen, stationären Ladestationen zu unterscheiden.

Die folgende Tabelle 4.13 zeigt die möglichen Sensorinformationen und deren Bedeutung zum Akkumulator.



Abb. 4.9.: iOS-Applikation als Minimalbeispiel zum Auslesen von Akkuinformationen.

Sensorwert	Bedeutung
Level	Ladestand des Akkus, üblicherweise in Prozent.
Status	Ladevorgang, zum Beispiel mit Stromnetz verbunden
Ladezeit	Zeit, wie lange das Telefon schon mit Stromnetz verbunden ist

Tab. 4.13.: Mögliche Sensorinformationen, die aus dem Akkumulator des Smartphones entnommen werden können.

4.2.13. Wearables

Wearables sind in der Kleidung integrierte oder am Körper getragene elektronische Geräte wie beispielsweise Smartwatches, intelligente Uhren. Sie werden wie klassische Uhren getragen und sind optisch diesen nachempfunden. Smartwatches können jedoch viel mehr als nur die Uhrzeit anzeigen. Sie sind stylische Armbänder mit vielen fitnessorientierten Sensoren. So sind beispielsweise mittlerweile neben Beschleunigungssensor, Mikrofon und GPS auch Pulsmesser, Barometer, Temperatursensoren und Helligkeitssensoren integriert. Fast alle Fitnessarmbänder können sich per Bluetooth mit dem Smartphone verbinden und können die Sensorwerte installierten Apps zur Verfügung stellen. Ähnlich wie beim Sensor Schlafzyklus können diese Werte interpretiert und zur Präsenzermittlung dienen.

Sensorwert	Bedeutung
Puls	Mögliche Interpretation der Tätigkeit
Temperatur	Erkennung der Umgebung
Helligkeitssensor	Erkennung der Umgebung sowie Bewegungen

Tab. 4.14.: Mögliche Sensorinformationen von Smart Watches und Healthkits.

4.3. Softwarebasierte Sensoren

Die folgenden Sensoren basieren auf Algorithmen. Es handelt sich dabei um keine physischen Sensorelemente. Sie gehören zur Gruppe der softwarebasierten Sensoren.

4.3.1. Uhrzeit und Datum

Uhrzeit und Datum lässt sich im Vergleich zu anderen Sensoren sehr einfach bestimmen. Allerdings ist schon jetzt absehbar, dass die Tiefe der Information nicht besonders hilfreich ist. Bei der Uhrzeit spielen Sekunden und Minuten eher eine untergeordnete Rolle und können wahrscheinlich herausgefiltert werden. Die Stunde hingegen ist von großer Bedeutung, da aus dieser zum Beispiel die Tageszeit und wiederkehrende Ereignisse wie

Arbeit und Freizeit erkannt werden könnten. Auch wird es Zeitintervalle geben, in denen der Benutzer nur sehr wenige Anrufe entgegennehmen möchte. Dies ist zum Beispiel die Zeit, in der der Benutzer schläft. Im Zusammenhang mit dem Sensor Schlafzyklus (Abschnitt 4.3.5) lassen sich so die entsprechenden Stunden extrahieren.

Mittlerweile lassen sich auf fast allen Smartphones Zeitintervalle einstellen, in denen der Benutzer nicht durch Anrufe gestört werden möchte. Zusätzlich können noch Ausnahmen angegeben werden, bei denen Anrufe trotzdem durchgestellt werden. Die Idee ist gut, setzt aber ein ständiges Pflegen der Schlafzeiten voraus, die Systeme entscheiden nicht selbstständig. Eine Kombination mit dem Sensor Schlafzyklus könnte einen erheblichen Mehrwert bringen.

Auch beim Datum ist es schwierig, wiederkehrende Muster und Verhalten abzuleiten. Dafür ist das vollständige Datum zu komplex, noch dazu ist es ein einmaliges Ereignis. Wird allerdings die Genauigkeit reduziert und es wird das Datum auf einen Wochentag abgebildet, dann wird schnell ersichtlich, dass daraus Informationen über das Telefonieverhalten gewonnen werden können.

Sensorwert	Bedeutung
Uhrzeit (Stunde)	Erkennung der Tageszeit mit Arbeitsphase (Arbeit, Freizeit, Nacht)
Datum (Wochentag)	Abbildung des Wochentages zur Unterstützung der Erkennung der Arbeitsphase

Tab. 4.15.: Werte aus dem Sensor Uhrzeit und Datum mit Reduzierung der Genauigkeit.

4.3.2. Kalender

Der Terminkalender kann einer der wichtigsten Sensoren zur Präsenzbewertung werden. Er ist allerdings abhängig von der Intensität der Nutzung durch den Besitzer. Wird der Kalender vom Nutzer nicht angenommen und bleibt überwiegend leer, dann ist dieser als Sensor wenig hilfreich. Ein dagegen sehr gut gepflegter Kalender mit allen anstehenden Terminen, sowohl beruflich als auch privat, ist hervorragend geeignet. Dies zeigen auch die späteren Evaluierungsergebnisse und deren Vergleiche im Kapitel 6. Nicht nur die Termine im Kalender sind hilfreich, sondern auch welcher Kalender welchen

Termin beinhaltet. So kann unterschieden werden, ob es sich um einen privaten oder geschäftlichen Termin handelt. Zusätzliche Informationen sind hilfreich, beispielsweise wer am Termin teilnimmt. Die heutigen, meist online geführten, Kalender bieten neben der Möglichkeiten zur Teilnehmerpflege, die Angabe des stattfindenden Ortes und sogar, ob der Nutzer während des Termins für andere als ‚verfügbar‘ oder als ‚beschäftigt‘⁸ angezeigt werden soll.

Wie in Tabelle 4.16 zu sehen, können dem Kalender aufbereitete Daten für die Präsenzbewertung entnommen werden. Eine aus subjektiver Sicht betrachtete wichtige Information ist die Aussage, ob zum Zeitpunkt der Sensorabfrage, z.B. bei einem Anruf, der Angerufene gerade einen Termin hat. Sollte das der Fall sein, können weitere Informationen zu diesem Ereignis zur Verfügung stehen. So kann die Information über Teilnehmer abgefragt werden. Diese könnten bei eingehenden Anrufen wichtig sein. Normalerweise sollte das Telefon während eines Termins ausgeschaltet sein. Es gibt aber auch Ausnahmen: Wenn zum Beispiel ein Teilnehmer des Termins anruft, sollte das Telefon den Anruf eventuell doch signalisieren. Es könnte ja sein, dass dieser nicht anwesend sein kann und daher eine wichtige Information überbringen möchte. Außerdem ist davon auszugehen, dass dieser Teilnehmer über den Termin Bescheid weiß und bewusst anruft.

Viele Kalender bieten neben den bereits erwähnten Informationen noch die Möglichkeit, den neuen Eintrag genau einem definierten Kalender zuzuordnen. Das heißt, das zu erstellende Ereignis kann bestimmten Kategorien zugewiesen werden. Viele unterscheiden ihre Termine zwischen privat und geschäftlich. Diese Gruppierungen können als unterschiedliche Kommunikationsräume aufgefasst werden (siehe Definition Kommunikationsraum im Abschnitt 2.4). Die Präsenz ist bei gleichbleibendem Kontext direkt abhängig von der Bereitschaft zur Kommunikation in diesem Kommunikationsraum bei einem bestimmten Anrufer. Daher wird auch der Kalender an sich zur Präsenzbewertung hinzugezogen.

Die Aussage über die Verfügbarkeit (in Tabelle 4.16 der Sensorwert ‚Verfügbar‘) ist auch ein wichtiger Hinweis darüber, ob der Benutzer des Kalenders während eines Termins u.a. für Anrufe verfügbar ist. Viele Menschen nutzen den Terminkalender gern als Notizbuch und tragen sich Erinnerungen als Termin ein, trotzdem sind diese in der Zeit für Anrufe verfügbar.

Neben dem aktuellen Ereignis zum Zeitpunkt der Abfrage ist aber auch noch der nächs-

⁸Als Einstellungsbeispiel für den online basierten Google-Kalender.

Sensorwert	Bedeutung
Termin t	Ist zum aktuellen Zeitpunkt gerade ein Ereignis im Kalender eingetragen
Teilnehmer	Namen der Teilnehmer zum Termin t
Kalender (Termin) Verfügbar	Aktuelle ID des Kalenders in dem der Termin t eingetragen ist Ist der Benutzer zum Zeitpunkt des Termins t verfügbar
Frei Bis	Zeit bis zum nächsten Eintrag im Kalender
Kalender (Frei Bis)	Aktuelle ID des Kalenders für anstehenden Termin

Tab. 4.16.: Interpretierte Werte aus dem Sensor Kalender zur Klassifizierung.

te anstehende Termin von Bedeutung. Zum Zeitpunkt des Anrufs ist kein Termin t_0 vorhanden, allerdings steht ein Termin t_5 in 5 Minuten an. Nun wäre es ungünstig, einen Anruf anzunehmen, bei dem aufgrund der Telefonhistorie, siehe Abschnitt 4.3.4 ein längeres Gespräch vorhergesagt wird. Gespräche, die wahrscheinlich nur kurz geführt werden, könnten hingegen angenommen werden. Aus der Arbeit von LORENZ [65], die das Thema der Präsenzbewertung am Computerarbeitsplatz analysiert, werden die Kalenderdaten in ähnlicher Art betrachtet. Es hat sich gezeigt, dass die Klassifizierer deutlich besser funktionieren, wenn die Zeit bis zum nächsten Termin t_n gewichtet wird. LORENZ wählte dafür Wichtungen aus der Menge G mit $G = \{1, 2, 3, 4, 5\}$. Ein Termin, der unmittelbar bevorsteht, erhält die maximale Berücksichtigung, also ein maximales Gewicht mit 5. Termine die erst später stattfinden erhalten ein geringeres Gewicht. In Abbildung 4.10 sind die Wichtungen in Abhängigkeit der Zeiten dargestellt. Neben diesen Wichtungen der Zeit wurden auch Wichtungen der Termine in [65] vorgenommen. Diese mussten vom Benutzer beim Erstellen eines Termins vergeben werden. Auf diese manuelle Priorisierung wird in dieser Arbeit allerdings bewusst verzichtet, es soll eine automatische Präsenzbewertung stattfinden, die vom Verhalten des Benutzers selbstständig lernt.

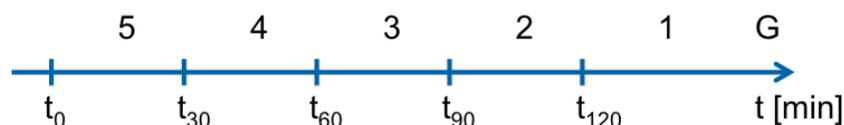


Abb. 4.10.: Gewichtung des anstehenden Termins in Abhängigkeit zur Zeitdifferenz.

Eine Folgerung aus der Gewichtung der Termine ist die wie in 4.3.4 erwähnt eine Reaktion auf den Anruf. Ist bei einem Anruf anhand der Anruferhistorie ersichtlich, dass dieser nur kurz dauern wird, so ist die Annahme auch mit einer hohen Gewichtung wahrscheinlich. Ebenso können lang andauernde Gespräche bei einer geringeren Gewichtung angenommen werden. Es hat sich in vorhergehenden Tests gezeigt, dass der Klassifikator deutlich besser mit Gewichtungen als mit Ganzzahlen, Minuten bis zum nächsten Ereignis, umgehen kann. Daher wurde bewusst eine Vorverarbeitung der Kalendereinträge vorgenommen.

4.3.3. Adressbuch

Das Adressbuch und die darin gespeicherten Kontaktdaten erscheinen auf den ersten Blick als unabdingbarer Sensor, wenn es um die Präsenzbewertung für Telefonie geht. Aber die im Adressbuch gespeicherten Daten für die Bewertung sind überschaubar. Fast alle Einträge bestehen aus einem Namen und einer Telefonnummer. Zusätzlich können noch beispielsweise Anschrift, Geburtsdatum und weitere Rufnummern gespeichert sein. Allerdings ist die Tatsache, dass der Anrufer überhaupt im Adressbuch steht, auch eine wichtige Aussage. Der Angerufene kennt diese Person.

Um die Bewertung eines ankommenden Anrufs der womöglich gleichen Person anhand vorhergehender Anrufe vorzunehmen, muss diese wiedererkannt werden. Dazu muss der Anrufer seine Rufnummer übermitteln. Diese Übermittlung der Rufnummer ist ein Leistungsmerkmal des Netzbetreibers, genannt CLIP⁹, sie ist im Mobilfunkbereich üblicherweise freigeschaltet. Diese Übertragung der Rufnummer kann aber auch temporär oder dauerhaft unterdrückt werden. Dies wird dann als CLIR¹⁰ bezeichnet. Wird die Rufnummer übertragen, so kann der Anrufer anhand dieser Nummer wiedererkannt werden, ein Mapping auf den Adressbucheintrag ist eigentlich nicht nötig. Es gibt aber auch Ausnahmen wo dieser Sensor doch hilfreich sein kann:

- Besitzt eine Person mehrere Telefonnummern, so kann diese anhand des eindeutigen Adressbucheintrags mit mehreren Rufnummern wiedererkannt werden. Dies könnte eine Hilfe für den Klassifikator sein, da die Testmenge reduziert wird.

⁹CLIP: CLIP (engl.) steht für **C**alling **L**ine **I**dentification **P**resentation. Es dient der Anzeige der Rufnummer des Anrufers auf dem Endgerät des Angerufenen.

¹⁰CLIR: CLIR (engl.) steht für **C**alling **L**ine **I**dentification **R**estriction. Es dient der Unterdrückung der Rufnummernübertragung zum Angerufenen.

- Eine weitere Hilfe des Adressbuchs ist die Identifikation unbekannter Rufnummern. Eventuell fällt die Entscheidung zur Entgegennahme des Anrufes bei unbekanntem Anrufer anders aus als bei Bekannten.
- Wie auch bei Terminen besteht die Möglichkeit, Einträge bestimmten Gruppen zuzuweisen. Dadurch ist es möglich, anhand der Gruppen verschiedene Priorisierungen für die Kommunikationsräume zu erlernen. So ist es beispielsweise möglich, eine Trennung der Anrufer zwischen privat und geschäftlich vorzunehmen und beispielsweise in der Arbeitszeit keine privaten Gespräche durchzustellen. Die Vorteile der unterschiedlichen Kommunikationsräume setzt allerdings eine konsequente Pflege der Gruppen voraus.

Die folgende Tabelle 4.17 zeigt zusammenfassend für das Adressbuch mögliche Sensorwerte. Es ist noch zu bemerken, dass, wenn das Adressbuch nicht konsequent gepflegt wird, trotzdem die Rufnummer des Anrufers zur Wiedererkennung genutzt werden soll. Auch wenn die Rufnummer unterdrückt oder unbekannt ist, kann diese Information dem Präsenzbewerter als Sensorwert zugeführt werden.

Sensorwert	Bedeutung
Rufnummer	Rufnummer des Anrufers
AnruferID	Identifikation des Anrufers anhand des Adressbuches
Gruppe(n)	In welche(r) Gruppe(n) befindet sich der Anrufer. Ist die Rufnummer unbekannt, so fällt der Anrufer in die Gruppe ‚Unbekannt‘. Wird die Rufnummer unterdrückt, wird der Anruf der Gruppe ‚Unterdrückt‘ zugeordnet.

Tab. 4.17.: Interpretierte Werte aus dem Sensor Adressbuch zur Klassifizierung.

4.3.4. Telefonhistorie

Die Telefonhistorie gibt Aussagen über in der Vergangenheit geführte Anrufe. Die folgende Tabelle 4.18 beschreibt die Informationen, die aus dem Verlauf der Telefonate entnommen werden können. Die Rufnummer identifiziert den Gesprächspartner eindeutig. Im Zusammenhang mit dem Adressbuch kann diese Rufnummer eventuell einem Anrufer (siehe Tabelle 4.17) zugeordnet werden.

Zwischen eingehenden und ausgehenden Telefonaten gibt es Unterschiede bezüglich der Erreichbarkeit. Ob ein eingehendes Telefonat verpasst wurde, kann an der Dauer des Telefonats erkannt werden. Ist die Dauer 0, wurde der Anruf verpasst oder nicht angenommen. Ist bei einem ausgehenden Telefonat die Dauer 0, konnte der Angerufene nicht erreicht werden. Des Weiteren gibt die Dauer der letzten Telefonate mit einem Anrufer Auskunft darüber, wie lange im Schnitt mit dem Anderen telefoniert wurde. So lassen sich beispielsweise Telefonate mit hoher Durchschnittsdauer nicht immer durchführen, zum Beispiel, wenn der Akkumulator (siehe Abschnitt 4.13) nur eine geringe Ladung aufweist. Ebenso ist die Annahme eines Telefonats, das aufgrund der Telefonhistorie länger ausfallen könnte, eher ungünstig, wenn ein Termin aus dem Kalender unmittelbar bevorsteht.

Sensorwert	Bedeutung
Rufnummer/AnruferID	Rufnummer des Anrufers/AnruferID (siehe Tabelle 4.17)
Dauer	Dauer des geführten Telefonats
Timestamp	Zeit des Telefonats
Richtung	Anruf ausgehend oder eingehend

Tab. 4.18.: Interpretierte Werte aus der Telefonhistorie.

Aufgrund das eine Person mehrere Telefone, z.B. Festnetz Arbeit, Festnetz Privat und Mobiltelefon, besitzen kann, erfolgt die Aufbereitung für den Klassifikator nicht nur nach Rufnummer, sondern auch nach AnruferID. Dieser Identifikator ist identisch für einen Anrufer als Person, jedoch können sich die Rufnummern ändern.

Eine mögliche Erkenntnis aus der Telefonhistorie ist die Bereitschaft zur Kommunikation mit dem Anrufer. Ist erkennbar, dass Anrufe vom selben Anrufer überwiegend ähnlich behandelt wurden, so ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass eine gleiche Reaktion auf den eingehenden Anruf richtig sein wird. Auch anhand der Dauer eines Telefonates lässt sich womöglich erkennen, wie wichtig der Anruf in der Vergangenheit war. Auch lässt sich anhand der Dauer der letzten Telefonate erkennen, ob ein Anruf mit in naher Zukunft stattfindenden Terminen kollidiert. Beispielsweise kann ein absehbar kurzer Anruf entgegengenommen werden, auch wenn ein bevorstehender Termin ansteht. Dahingegen ist es ungewollt ein Telefonat anzunehmen, wenn dieses voraussichtlich länger dauern wird und sich mit dem nächsten Termin überschneidet.

4.3.5. Schlafzyklus

In unpassenden Zeiten möchte niemand aufgrund eines unwichtigen Anrufes gestört werden. Zu diesen Zeiten zählt auch der Schlaf. Durchaus könnte die Tageszeit als erster Ansatz dienen, um zwischen Tag und Nacht zu unterscheiden. Einige Personen, wie zum Beispiel Schichtarbeiter, haben allerdings keinen festen Rhythmus und gehen nicht jeden Tag zur gleichen Zeit ins Bett. Es ist also nicht möglich, eine allgemeine Aussage zu treffen, wann eine Person schläft oder nicht. Ein Lösungsansatz ist demnach die Feststellung, ob eine Person schläft oder nicht.

Der Schlaf wird in fünf Schlafzyklen eingeteilt. Die wichtigste Phase ist die Tiefschlafphase (Phase IV). Dies ist die Phase bei der eine Unterbrechung am ungünstigsten ist und sich sogar am nächsten Tag negativ auswirken kann. Symptome wie Müdigkeit oder erhöhte Konzentrationsschwäche sind die Folge [109]. Unabhängig davon ist jede Art der Unterbrechung des Schlafes unschön und sollte möglichst verhindert werden, da es auch für den Anrufer unangenehm ist. Dazu ist es allerdings notwendig, den Schlaf und eventuell die dazugehörigen Schlafphasen zu erkennen. MIN et al. [76] beschreibt, wie mit Hilfe von Smartphones die Schlafphasen bei Probanden erkannt und analysiert werden kann. Dazu hat er bei 27 Personen über einen Monat die Sensoren am Mobiltelefon mit dem Ziel erfasst, die Schlafphasen zu erkennen. Laut MIN et al. lag die anschließende Erkennungsrate für Tiefschlaf bei beträchtlichen 93 %.

Die in der Quelle [76] verwendeten Sensoren lassen sich ebenfalls in hardware- und softwarebasiert untergliedern. Neben Lautstärke, Beschleunigung und Helligkeit wurden die laufenden Anwendungen, Akkumulator und Bildschirm (an oder aus) überwacht. Interessant sind die verwendeten Klassifikatoren die auch in dieser Arbeit eingesetzt werden sollen, zum einen der Entscheidungsbaum und zum anderen Bayes-Klassifikatoren. Beide erzielten ähnlich gute Ergebnisse.

Eine bereits fertige Anwendung im Google Play Store sowie App Store ist die App Sleep Cycle [78] von NORTHCUBE. Nachdem Starten der App wird die Funktionsweise kurz erklärt. Das Mobiltelefon wird zur Erfassung des Schlafzyklus während der Nacht in die Nähe des Kopfes gelegt. Dabei zeichnet das Gerät Bewegungen mit Hilfe des Accelerometers sowie die Umgebungsgeräusche auf. Am nächsten Morgen können die Schlafphasen über die Nacht angeschaut werden. Neben den Schlafphasen kann zusätzlich noch eine Weckzeit eingestellt werden, zu der der Besitzer des Telefons spätestens geweckt werden möchte. Dabei wird sichergestellt, dass der Wecker möglichst nicht in der Tiefschlafphase

klingelt. Aufgrund der Erkenntnisse der Aufzeichnungen kann ein optimaler Zeitpunkt zum Wecken ermittelt werden. Auch kann eine Verbindung zur Philips Hue [83] aufgenommen werden. Diese ermöglicht ein angenehmes Aufwachen mit Hilfe von Licht. Ein

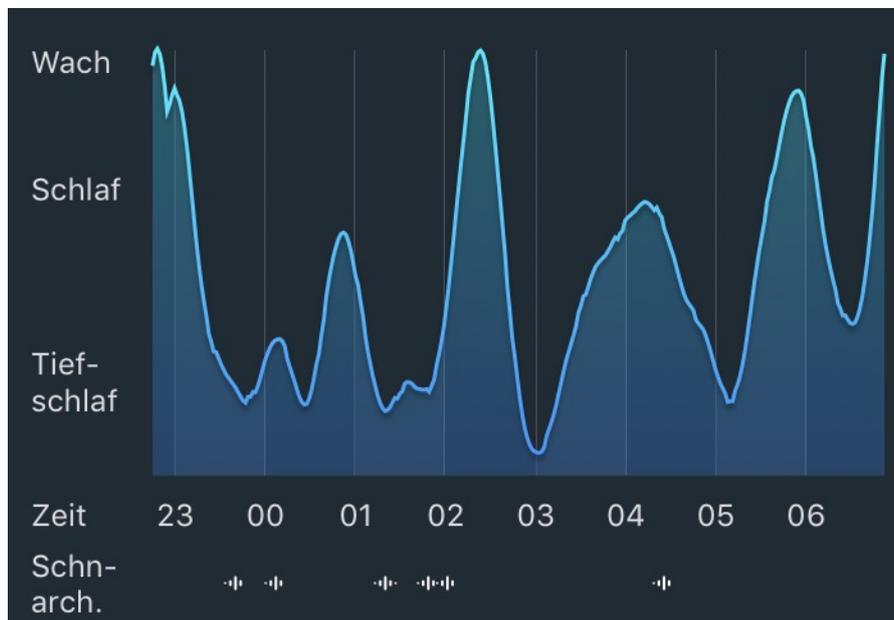


Abb. 4.11.: Aufzeichnung des Schlafverlaufes anhand eines eigenen Versuches. Die Abbildung zeigt die Überwachung der Schlafphasen in einer Nacht. Die Daten wurden mit Hilfe der App Sleep Cycle [78] aufgezeichnet. Mit Hilfe der Sensoren kann dadurch ermittelt werden, ob eine Person schläft oder nicht.

mehrtägiger Selbstversuch zeigte, dass die Erkennung der App passend und nachvollziehbar war. In Abbildung 4.11 ist die Aufzeichnung einer Nacht dieses Selbstversuches visualisiert. Es ist deutlich zu erkennen, zu welcher Zeit die Person schläft und in welchen Schlafphasen sie sich befindet. Die folgende Tabelle 4.19 zeigt mögliche Sensorwerte, die durch den Sensor Schlafzyklus gewonnen werden könnten. Mit Hilfe dieser können störende Anrufe während des Schlafes vermieden werden. Nur wichtige Anrufe führen zur Signalisierung auf dem Endgerät.

Es ist auch denkbar, die gleichen Ansätze der Schlaferkennung für andere Tätigkeiten anzuwenden. Beispielsweise kann anhand der Bewegungen am Arbeitsplatz festgestellt werden, ob die Person sich gerade auf eine Tätigkeit konzentriert oder nicht.

Sensorwert	Bedeutung
Phase	Aktuelle Phase des Schlafes
Phasenposition	Position innerhalb der Phase Dauer
Dauer der aktuellen Phase	
∅-Dauer	Durchschnittsdauer der aktuellen Phase

Tab. 4.19.: Interpretierte Werte aus dem Sensor Schlafzyklus.

4.3.6. Netzwerkumgebung

In Ähnlichkeit zu den Kapiteln WLAN und Lokalisierung kann auch die Kenntnis über Geräte, die sich in unmittelbarer Umgebung befinden, hilfreich sein. Dadurch können bereits bekannte Orte wiedererkannt, eventuelle Tätigkeiten abgeleitet und Bereitschaften zur Telefonie gewonnen werden. Aufgrund von Restriktionen von Routingprotokollen ist es nicht möglich, lokale Geräte wie Drucker, Netzwerkfestplatten oder Multimediageräte über die Mobilfunkverbindung der Provider zu finden. Daher muss entweder Bluetooth oder WLAN auf dem Smartphone genutzt werden. Bei WLAN wird vorausgesetzt, dass die zu suchenden Geräte entweder am Netzwerk angeschlossen sind oder WLAN aktiviert haben. Es gibt verschiedene Technologien, wie andere Geräte im LAN gefunden werden können. Nachfolgend wird stellvertretend Zeroconf kurz erläutert. Weitere ähnliche Dienste zur Erkennung von Netzwerkgeräten und deren Steuerung sind die Protokolle UPnP (abgekürzt für engl. Universal Plug and Play) sowie DLNA (abgekürzt für engl. Digital Living Network Alliance). Letzteres dient hauptsächlich zur Steuerung von Mediageräten wie beispielsweise Fernseher und Musikanlagen.

Wie schon erwähnt ähneln sich die verschiedenen Systeme in ihren Implementierungen aufgrund des gemeinsamen Zieles: Selbstständiges Suchen und Finden anderer Netzwerkdienste in der Umgebung und eventuelles Bereitstellen eigener Dienste ohne zusätzliche Konfiguration des Anwenders. Natürlich sollen in der Praxis auch gefundene Dienste anschließend genutzt werden können, dies hat für diese Arbeit aber keine Bedeutung.

Um eine Kommunikation der Geräte untereinander zu ermöglichen, müssen diese mit dem Netzwerk verbunden sein. Ist dies sichergestellt, erfolgt die Kommunikation dann über Ethernet und IP sowie darauf aufgesetzt UDP oder TCP. Abbildung 4.12 zeigt stellvertretend für die verschiedenen Technologien den Protokollstapel für Zeroconf. Um

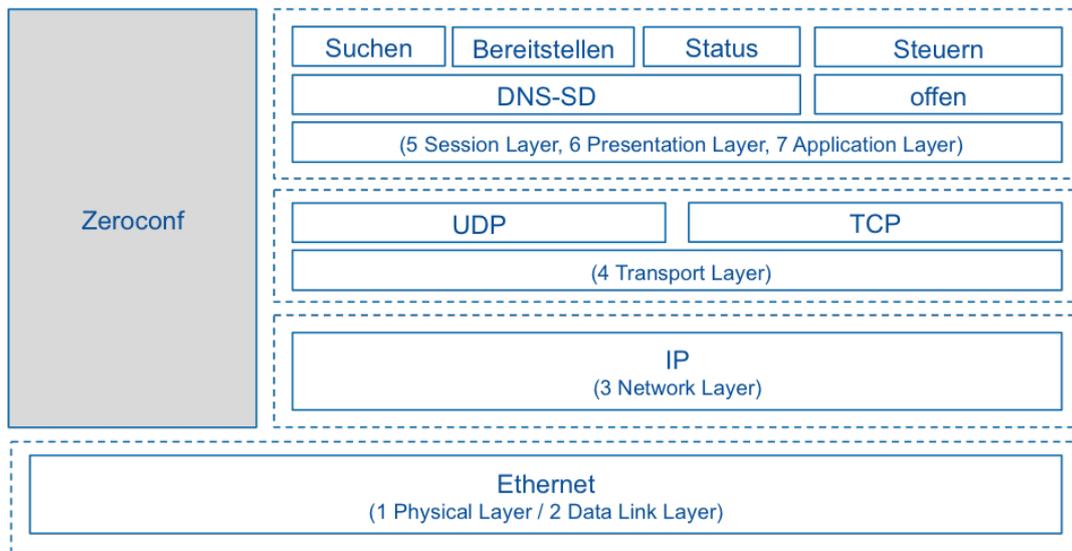


Abb. 4.12.: Der Zeroconf Protokollstapel umspannt die OSI-Schichten 3 bis 7. Die wichtigsten Aufgaben, Suchen, Bereitstellen und Status-Änderungen, werden mit Hilfe von DNS-SD Resource Records übernommen. Die Steuerung der Geräte erfolgt mit eigenen Protokollen.

die oben genannten Ziele zu erreichen, lassen sich die Teilaufgaben von Zeroconf wie folgt untergliedern:

1. Zuweisung einer eigenen IP-Adresse, Netzmaske sowie eines Gateways
2. Lokales DNS-System
3. Suchen, Bereitstellen und Steuern von Diensten
4. Zuweisung von Multicast-Adressen

Sollte im vorhandenen Netzwerk ein DHCP-Server zur Verfügung stehen, weist dieser die IP-Adressen den Clients zu. [103] Ist dies nicht der Fall, dann wird eine IP-Adresse mit Auto-IP im Adressbereich 169.254.00 per Zufall vergeben und mit Hilfe von ARP überprüft, dass die IP-Adresse nicht schon ein anderer Netzwerkteilnehmer sich selbst zugewiesen hat. Mit diesem Verfahren ist sichergestellt, dass nun die Kommunikation untereinander über das IP-Protokoll erfolgen kann. Jedoch kann mit Hilfe der IP-Adresse keine Netzwerkumgebung eindeutig wiedererkannt werden, da wie gerade beschrieben, die IP-Adressen ohne DNS-Server zufällig verteilt sind und sich über die Zeit ändern können.

Die Wiedererkennung von gewohnten Netzwerkumgebungen erfolgt über das Erkennen der angebotenen Dienste in der Netzwerkumgebung. Das Abfragen von angebo-

tenen Diensten erfolgt bei Zeroconf mit Hilfe von Multicast-DNS, kurz mDNS und dem DNS Service Discovery. Diese Anfragen erfolgen auf der speziellen Multicast-Adresse 224.0.0.251 und dem Port 5353 über UDP. Andere Netzwerkgeräte reagieren auf Diensteanfragen und antworten über beim DNS übliche Resource Records (RR). Darin sind angebotene Dienste enthalten, die einen eindeutigen Dienstenamen besitzen. Je mehr unterschiedliche Dienste in der lokalen Umgebung gefunden werden, desto einfacher ist es, dieses Netzwerk von anderen zu unterscheiden.

Sensorwert	Bedeutung
Gerätenamen	Liste von Gerätenamen in der vorhandenen Netzwerkumgebung. Eindeutige Footprints sollen zur Wiedererkennung führen.

Tab. 4.20.: Netzwerkumgebung als Sensor zur Präsenzbewertung. Ziel ist die Wiedererkennung von Umgebungen innerhalb von Gebäuden ohne GPS-Empfang.

4.3.7. Lokalisierung

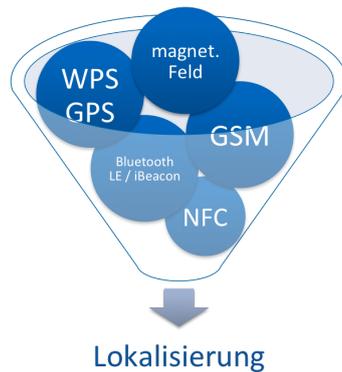


Abb. 4.13.: Die Lokalisierung in mobilen Endgeräten erfolgt anhand verschiedener eingebauter Sensoren.

Die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Bestimmung der Position nehmen stetig zu. Abbildung 4.13 zeigt, dass neben der Nutzung von GPS auch weitere Verfahren und Techniken existieren. Um die Nutzung der Positionsbestimmung zu vereinfachen, werden diese Verfahren abstrahiert und dem Programmierer als ein einziger Service angeboten. Dieser nutzt automatisch die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten auf dem Endgerät. Üblicherweise wird dieser Service als *Location Manager* (engl.) bezeichnet, die Lokalisierung auf dem Smartphone.

Die Lokalisierung erfolgt nicht ausschließlich über Hardware, zunehmend wird auch Software eingesetzt. Aus diesem Grund wird der Service der Lokalisierung in dieser Arbeit als softwarebasierter Sensor eingestuft. Die Lokalisierung setzt sich aus verschiedenen ortsbasierten Diensten zusammen. Diese Dienste können zum einen aus standortbezogenen Daten, beispielsweise GPS-Koordinaten, die Position bestimmen. Zum anderen gibt es aber auch Techniken, die aus bekannten Umgebungen Informationen sammeln und mit Hilfe dieser die Position aus einer zentralen Datenbank auslesen. Beispielsweise kann aus bekannten WLAN-Netzwerken die Position des Endgeräts ermittelt werden.

Großer Vorteil dieser abstrahierten Lokalisierung ist die Unabhängigkeit untereinander. So ist es beispielsweise möglich, innerhalb von Gebäuden ohne GPS-Empfang eine Lokalisierung durchzuführen. Dies hat für den späteren Verlauf dieser Arbeit den Vorteil, dass zwischen privatem Umfeld und Arbeitsplatz anhand der Lokalisierung unterschieden werden kann. Würde die Lokalisierung nur mit GPS durchgeführt, wäre dies nicht möglich.

Die Daten stammen von den Smartphone Nutzern selbst, die wiederum auch die Standortbestimmung nutzen. Die zugrundeliegende Technik ist recht einfach. Wenn das Mobiltelefon ein GPS-Signal empfängt und den Standort berechnen kann, dann werden alle empfangenen GSM-Netz-IDs sowie WLAN-SSIDs und die dazugehörigen MAC-Adressen

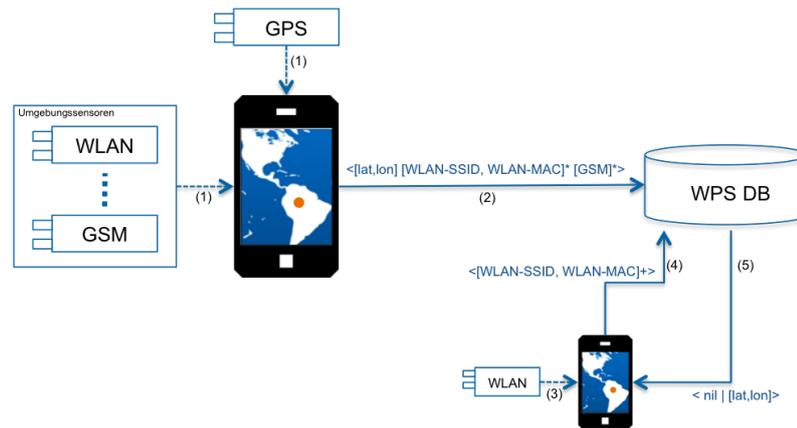


Abb. 4.14.: Funktionsweise der WLAN-basierten Ortung (engl. Wi-Fi positioning system - WPS). Ein Endgerät sendet für eine Position die empfangenen WLAN und GSM Netze. Diese Daten werden in einer zentralen Datenbank abgelegt. Anschließend kann ein anderes Endgerät z.B. anhand der WLAN-Umgebung die Position aus der Datenbank abfragen.

an die Betreiber geschickt. Diese Informationen werden zentral gespeichert und können wiederum von anderen Anwendern genutzt werden. Um beispielsweise eine grobe Einschätzung des eigenen Standorts anhand eines WLAN-Netzes vornehmen zu können, reicht eine Anfrage an die Datenbank aus. Diese analysiert die WLAN-Informationen und kann bei vorhandenem Eintrag in der Datenbank eine Position ermitteln. Abbildung 4.14 zeigt die Funktionsweise der WLAN-basierten Ortung, abgekürzt WPS - Wi-Fi positioning system, von WANG und LEE [117]. Hier ist denkbar, dass zukünftig nicht nur GSM- und WLAN-Netze zur Lokalisierung verwendet werden. Auch schon jetzt können weitere Informationen der Umgebung (siehe auch Abbildung 4.13) verwendet werden.

An vorhergehender Stelle wurde bereits erwähnt, dass die Location Manager der mobilen Betriebssysteme jeweils Gleitkommazahlen für geographische Länge und Breite sowie die Geschwindigkeit zur Verfügung stellen. Diese Werte sind für einen Klassifikator aber ungeeignet, da nur schwer eine Beziehung zwischen geographischer Länge und Breite hergestellt werden kann. Das bedeutet, dass bei konstanter geographischer Länge unendlich viele geographische Breiten und somit verschiedene Standorte existieren. Außerdem hat sich gezeigt, dass die Auflösung der Lokalisierung nicht benötigt wird. Vielmehr ist wichtig, an welchem Ort sich der Smartphone Nutzer befindet. In einer vorhergehenden Arbeit [64] wurde dieses Problem mit Hilfe der Cantorschen Paarungsfunktion [21] gelöst. Mit dieser ist es möglich, ein Paar von Zahlen (x_0, y_0) auf eine eindeutige Zahl π abzubilden. Die Gleichung (4.18) veranschaulicht die Abbildung unter der Voraussetzung, dass die Werte der Paare natürliche Zahlen sind. Einen weiteren Vorteil ist die

Reversibilität. Anhand von π lässt sich das Zahlenpaar (x_0, y_0) eindeutig rekonstruieren. LORENZ hat in einem Experiment gezeigt, dass die Klassifikatoren die Ortsangaben mit π und q besser auswerten können, als die genannten Gleitkommazahlen.

$$\pi : \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N} \quad (4.18)$$

$$\pi(x_0, y_0) = \frac{(x_0+y_0)(x_0+y_0+1)}{2} + y_0$$



Abb. 4.15.: Die Einteilung der Erde in Erdquadranten NW, NE, SW und SE.

Wird das Zahlenpaar (x_0, y_0) nun als Koordinatenpaar interpretiert, so können Standorte mit beliebiger Auflösung auf π abgebildet werden. Es entstehen Kacheln der Erde, die mit Hilfe der Cantorschen Paarungsfunktion eindeutig nummeriert werden. Die Vorzeichen der geographischen Längen und Breiten müssen allerdings eliminiert werden. Damit diese Informationen nicht verloren gehen, muss neben π noch der Erdquadrant q (NW, NO, SW, SO) zusätzlich gespeichert beziehungsweise dem Klassifikator übergeben werden. Die Einteilung der Erdquadranten ist in Abbildung 4.15 veranschaulicht. Als letzter Schritt muss noch die Gleitkommazahl in eine natürliche Zahl \mathbb{N} umgewandelt werden. Bei einer Auflösung von beispielsweise 100×100 m erfolgt eine Rundung auf dritter Nachkommastelle der Koordinaten. Anschließend wird diese mit 1000 multipliziert, es folgt (lat_r, lon_r) . Unter Berücksichtigung der Gleichung (4.18) folgt (4.19). Sie zeigt, wie die geographischen Längen und Breiten¹¹ in WGS84 Notation abgebildet werden.

Die Einteilung der Erdquadranten ist in Abbildung 4.15 veranschaulicht. Als letzter Schritt muss noch die Gleitkommazahl in eine natürliche Zahl \mathbb{N} umgewandelt werden. Bei einer Auflösung von beispielsweise 100×100 m erfolgt eine Rundung auf dritter Nachkommastelle der Koordinaten. Anschließend wird diese mit 1000 multipliziert, es folgt (lat_r, lon_r) . Unter Berücksichtigung der Gleichung (4.18) folgt (4.19). Sie zeigt, wie die geographischen Längen und Breiten¹¹ in WGS84 Notation abgebildet werden.

¹¹Die geographische Länge wird als *lon* abgekürzt, die geographische Breite als *lat*.

$$\pi(lat_r, lon_r) = \frac{(|lat_r|+|lon_r|)(|lat_r|+|lon_r|+1)}{2} + |lat_r|$$

$$q(lat, lon) = \begin{cases} NE & \text{für } lat \geq 0 \ \& \ lon \geq 0 \\ NW & \text{für } lat \geq 0 \ \& \ lon < 0 \\ SE & \text{für } lat < 0 \ \& \ lon \geq 0 \\ SW & \text{für } lat < 0 \ \& \ lon < 0 \end{cases} \quad (4.19)$$

Minimalbeispiel: Beispiel zur Berechnung der eindeutigen Zahl π für die Koordinaten des Humboldt-Baus der TU Bergakademie Freiberg. Es wird eine Auflösung von 100×100 m gewählt. Diese Auflösung entspricht einer Genauigkeit von drei Nachkommastellen der WGS84 Notation. Die exakte Anzahl der Nachkommastellen ist bei der geographischen Länge abhängig von der Nähe zum Äquators. In Deutschland entspricht die dritte Nachkommastelle circa 70 m. Da dies lokal leicht variiert, werden 100 m angenommen. Die Gleichung (4.20) zeigt die exakten (lat, lon) und die aufbereiteten (lat_r, lon_r) Koordinaten für den Humboldt-Bau.

$$\begin{aligned} lat &= 50,9257223 \\ lon &= 13,3307882 \\ lat_r &= 50926 \\ lon_r &= 13330 \end{aligned} \quad (4.20)$$

Daraus ergeben sich für π und q nach Gleichung (4.19) folgende Werte (4.21):

$$\begin{aligned} \pi(50926, 13330) &= \frac{(50926+13330)(50926+13330+1)}{2} + 13330 = 2064462226 \\ q(50.9257223, 13.3307882) &= NE \end{aligned} \quad (4.21)$$

Die aus der Lokalisierung gewonnen Informationen können zusammenfassend der Tabelle 4.21 entnommen werden. Dem Klassifikator werden die berechneten Sensorwerte π und q übergeben. Bei diesem softwarebasierten Sensor findet eine Vorbetrachtung der Koordinaten statt.

Sensorwert	Bedeutung
lat	Geographische Breite
lon	Geographische Breite
π	Identifizierung eines Ortes mit bestimmter Auflösung
q	Erdquadrant aus der Menge Q

Tab. 4.21.: Werte aus dem Sensor Lokalisierung. Vorberechnungen müssen an lon und lat durchgeführt werden. Aus diesen resultieren π und q .

4.3.8. Weitere Sensoren

Die Liste der oben genannten Sensoren sind Beispiele für Sensoren und ist keinesfalls eine vollständige Aufzählung aller Möglichkeiten. Vielmehr sind es Ansätze, die während der Evaluierung weiterverfolgt worden sind. Neben diesen sind auch weitere Ansätze möglich, die die aktuelle Tätigkeit am Mobiltelefon messen. Also die Erkenntnis darüber, welche Apps gestartet sind und wann welche Apps das letzte Mal verwendet wurden. Der Kontext muss sich aber nicht nur auf das Mobiltelefon beschränken, er könnte auf den Arbeitsplatzrechner erweitert werden und dort alle Prozesse erfassen.

Auch ist es denkbar, biometrische Ansätze wie die Überwachung des Pulses, Blutdruck, Körpertemperatur zu erfassen und in den Kontext einfließen zu lassen. Der modulare Ansatz des Präsenzbewerters dieser Arbeit erlaubt die Integration weiterer Sensoren.

5. Architektur, Design und Implementierung

Das Kapitel beschreibt das Softwaremodell der vorher gezeigten Konzepte der Präsenzbewertung. Initialisiert von einem Anruf auf einem Smartphone analysiert das System den Kontext der Umgebung und führt eine Präsenzbewertung durch, die der menschlichen Kommunikation und dem sozialen Protokoll nachempfunden ist. Anhand des Resultats der Präsenzbewertung wird eine individuelle Anrufsignalisierung durchgeführt. Ein wünschenswertes Ziel ist es, die Zeit zwischen Feststellung eines eingehenden Anrufs und der dazugehörigen Signalisierung gering zu halten. Im Idealfall soll es zu keiner spürbaren Verzögerung kommen. Anschließend besteht die Möglichkeit, die Anrufsignalisierung zu beurteilen und so den Präsenzbewerter für weitere Anrufe zu trainieren. Die Bewertung soll nach dem eigentlichen Telefonat oder der Beendigung der Anrufsignalisierung stattfinden. Die Beendigung der Signalisierung tritt vorzeitig ein, wenn der Anrufer den Anrufvorgang abbricht ohne dass ein Telefonat zustande gekommen ist. Der Anrufer soll auch die Möglichkeit haben, die Signalisierung zu verändern. Dazu soll eine automatische Verhandlung über die Signalisierung zwischen den Gesprächspartnern stattfinden. Die entstehenden Kosten bei der Verhandlung werden über das bereits vorgestellte währungs-basierte Modell realisiert.

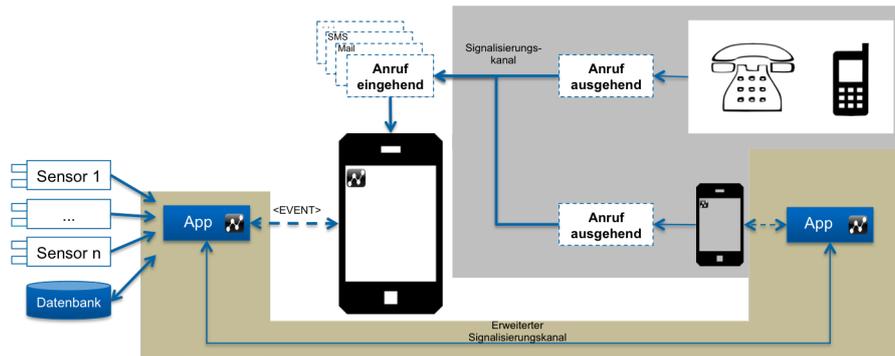


Abb. 5.1.: Kommunikationsmodell zur Präsenzbewertung. Die auf einem Mobiltelefon installierte App analysiert den Kontext des Mobiltelefons mit Hilfe von Sensoren. Zur Unterstützung der Präsenzbewertung können kompatible Geräte miteinander kommunizieren und beispielsweise Anrufsignalisierungen direkt aushandeln. Die grau hinterlegte Darstellung ist der unveränderte, konventionelle Teil der Kommunikation.

Abbildung 5.1 zeigt einen Kommunikationsmodellansatz zur Präsenzbewertung auf einem mobilen Telefon. Zur Realisierung dieses Ansatzes werden die benötigten Softwarekomponenten in den folgenden Abschnitten erläutert. In der Abbildung 5.1 ist zu erkennen, dass auch beim Anrufer eine Software verwendet wird. Das suggeriert, dass beide Kommunikationspartner spezielle Software, folgend als App bezeichnet, installiert haben. Diese Anforderung ist in der täglichen Kommunikation in der Regel nicht gegeben. Die Präsenzbewertung soll auch dann funktionieren, wenn nur der Angerufene die App ausführt. Beispielsweise entspricht dies der Kommunikation zwischen einem klassischen analogen Festnetztelefon und einem Smartphone mit Präsenzbewerter. Dabei treten allerdings Einschränkungen der Funktionalität auf. Auch sie werden in einem speziellen Abschnitt (siehe 5.6) beschrieben.

5.1. Komponenten der Präsenzbewertung im Überblick



Abb. 5.2.: Abstrahiertes Modell zur Präsenzbewertung bestehend aus Anrufer, Angerufenem sowie der Präsenzbewertung mit Wissensdatenbank KB.

In Abbildung 5.2 sind abstrahiert die Komponenten der Präsenzbewertung dargestellt. Ein grundlegendes System besteht aus einem Anrufer, einem Angerufenen sowie dem eigentlichen Präsenzbewerter. Der Angerufene wird durch einen Anrufer zum Zeitpunkt t angerufen. Zu diesem Zeitpunkt hat der Angerufene die Präsenz p_t , die der Präsenzbewerter ermittelt. Dieser bezieht sein Wissen aus der Wissensdatenbank KB. Mit Hilfe der Präsenz p_t wird die Anrufsignalisierung am Mobiltelefon eingestellt.

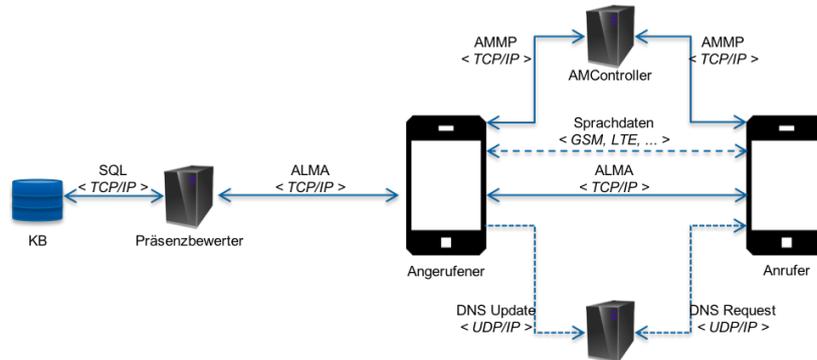


Abb. 5.3.: Modell zur Präsenzbewertung mit Kommunikationsprotokollen und -standards. Neben der Komponente der Präsenzbewertung wird ein Verwaltungsdienst (AMController) für Anrufe sowie ein optionaler DNS-Server benötigt. Dieser dient der Kommunikation ohne zentralem Proxyserver.

Aus der abstrahierten Darstellung in Abbildung 5.2 ist ein komplexes System entstanden. Es ist in Abbildung 5.3 mit den dazugehörigen Diensten und Protokollen dargestellt. Der Ablauf eines Anrufes bis zur Signalisierung ist in Abbildung 5.4 zu finden. Das Gesamtsystem setzt sich aus folgenden Diensten zusammen, siehe auch Abschnitt 5.2:

- **AMController:** Der **A**wareness **M**anagement **C**ontroller dient zum einen als Server zwischen Anrufer und Angerufenem. Er übernimmt die Verwaltung angemeldeter Mobiltelefone, ähnlich dem SIP-Registrar [87]. Gleichzeitig verwaltet der AMC auch das Anrufguthaben jedes Einzelnen.

Eine dezentrale Kommunikation ohne Server ist auch möglich, dazu wird allerdings der folgende DNS-Server benötigt.

- **DNS-Server:** Der DNS-Server ist ein optionaler Dienst und ist alternativ zum AM-Controller. Er ermöglicht die Vermittlung zwischen Anrufer und Angerufenem. Der DNS-Server fungiert im Allgemeinen als Namensauflöser. Speziell die Subdomain E.164 [51] dient der Auflösung von Telefonnummern beispielsweise auf IP-Adressen. Mit Hilfe dieser IP-Adresse ist eine direkte und dezentrale Kommunikation zwischen

den Endgeräten möglich. Außer dem DNS-Server wird kein weiterer Server für die Kommunikation der Endgeräte untereinander benötigt.

- **Präsenzbewerter:** Die Logik und Ermittlung der Präsenz erfolgt mit Hilfe des Präsenzbewerter. Dieser ist als Dienst ausgeführt und bildet den Kontext des Angerufenen auf eine Präsenz ab. Dabei werden Ähnlichkeiten zu vorhergehenden Trainings und Klassifizierungen gesucht. Der Klassifikation mit der höchsten Konfidenz wird die zugehörige Präsenz zugeordnet. Die ermittelte Präsenz kann durch den Benutzer auch bewertet werden. Diese Bewertung dient dann dazu, das Klassifizierungsmodell zu trainieren um eine bessere Genauigkeit bei zukünftigen Anrufen zu erzielen.
- **Wissensdatenbank (KB):** Die knowledge base speichert hauptsächlich Sensordaten mit dazugehöriger Präsenz. Mit Hilfe des Klassifizierungsmodells des Präsenzbewerter wird bei einem Anruf der aktuelle Kontext auf eine Präsenz abgebildet. Zur Wissensrepräsentation dient dafür die Datenbank.

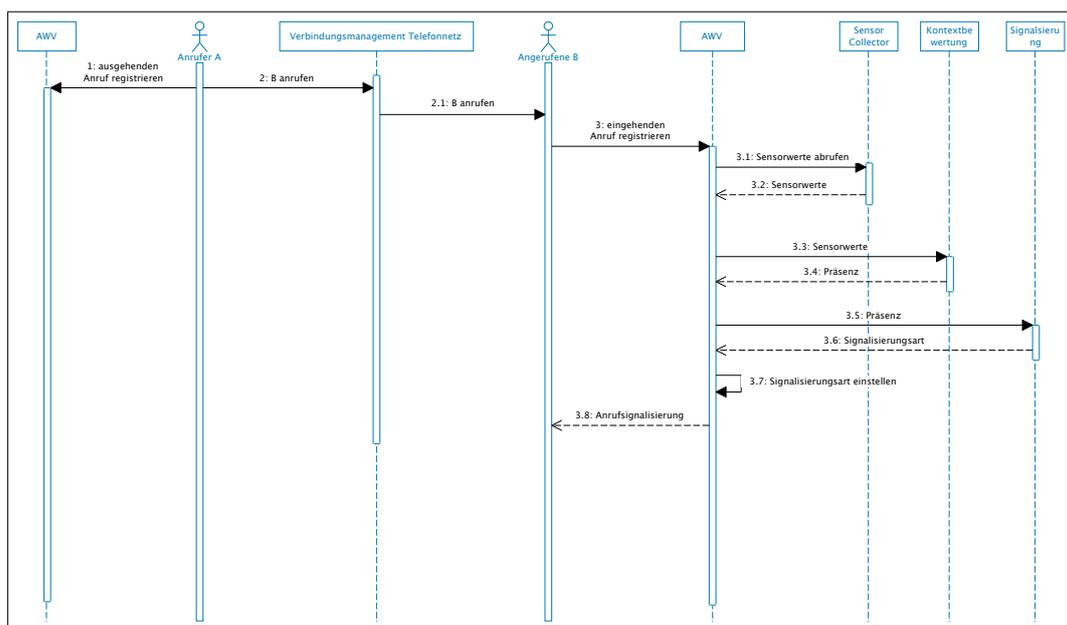


Abb. 5.4.: Das Sequenzdiagramm zeigt den Ablauf eines Anrufes bis zur Anrufsignalisierung. Die vorgestellten Komponenten finden im Prozess von AMV statt.

Die Kommunikation der Dienste untereinander basiert auf folgenden Protokollen und Standards:

- **ALMA**: Das Alma Protokoll beruht ursprünglich auf der Arbeit von LORENZ [64] und wurde weiter ausgebaut und generalisiert. Es beschreibt den Kontext eines Anrufers. Es kann zudem die ermittelte Präsenz sowie eine Bewertung (Feedback) des Präsenzbewerter übertragen.
- **DNS**: Dieses System und der dazugehörige Dienst dient der Auflösung von Rufnummern auf Basis von ENUM¹. Rufnummern werden nach einem festgelegten Verfahren als Subdomain dargestellt und können so in das DNS-System integriert werden.
- **AMMP**: Das AMMP dient der Übertragung verschiedener Einstellungen und Verhandlungen zwischen den Anrufteilnehmern. Es kann sowohl im Peer-to-Peer sowie im Client-Server-Modus (siehe Abschnitt 5.2) eingesetzt werden.
- **SQL**: Die Wissensdatenbank beruht auf einer SQL-Datenbank. Diese wird direkt durch den Präsenzbewerter mit SQL beschrieben und ausgelesen.
- **Sprachdaten**: Die Übertragung der Sprachdaten beispielsweise über GSM oder LTE ist nicht Bestandteil dieser Arbeit und wird nicht weiter betrachtet.

5.2. Infrastruktur und Topologie

Das vorhergehende Kapitel lässt bereits erahnen, dass sich verschiedene Möglichkeiten der Infrastruktur und Topologie ergeben. Konkret existieren zwei verschiedene Möglichkeiten, die Präsenzbewertung durchzuführen. Jede dieser beiden Möglichkeiten hat Vor- und Nachteile, die folgend aufgeführt werden:

- **Peer-to-Peer**: Dieser Modus der Präsenzbewertung funktioniert autonom und ohne jegliche zentralen Dienste und Server. Dadurch ist kein Teilnehmer von anderen Diensten abhängig. Das autonome System besteht ausschließlich aus direkten Verbindungen zwischen den Teilnehmern, den sogenannten Peers. Das ist zumindest die Theorie der Peer-to-Peer Struktur, denn es besteht ein Problem beim Finden des anderen Teilnehmers, denn die Kommunikation aller Dienste der Präsenzbewertung

¹ENUM steht für **T**elephone **N**umber **M**apping und dient der Telefonnummernabbildung. Es ist in das Domain Name System integriert.

beruht auf IP-Paketen. Ohne die Kenntnis der IP-Adresse ist eine Kommunikation zwischen den Teilnehmern nicht möglich. Dieser Modus benötigt demnach eine Möglichkeit, andere IP-Adressen zu ermitteln.

In IP-Netzwerken gibt es dafür nur zwei Möglichkeiten, abgesehen von Multicast Adressen. Zum einen können *statische* IP-Adressen verwendet werden. Dazu muss allerdings sichergestellt werden, dass jedes Mobiltelefon mit Präsenzbewertung eine statische IP-Adresse erhält. Das ist momentan schwierig, da die IP-Adressvergabe durch die Mobilfunkprovider meist dynamisch erfolgt. Zudem müsste zu jedem Eintrag im Adressbuch neben der Rufnummer auch noch die IP-Adresse gespeichert werden.

Wie jedoch erwähnt, erfolgt die IP-Adressvergabe dynamisch. Daher muss stets eine Anpassung der Zuordnung zwischen Rufnummer und IP-Adresse erfolgen. Dies erfolgt hier mit Hilfe eines besonderen DNS-Servers, der die spezielle Subdomain E.164 und Number Mapping unterstützt. Diese Funktion dient der Abbildung von Telefonnummern auf IP-Adressen und wird in Abschnitt 5.4.3 beschrieben. So ist es möglich, mit einer Rufnummer eine IP-Verbindung aufzubauen.

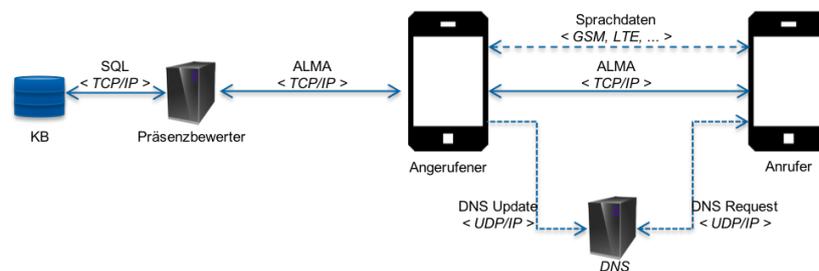


Abb. 5.5.: Präsenzbewertung im Peer-to-Peer-Modus. Neben der Komponente der Präsenzbewertung wird ein DNS-Server benötigt. Dies löst Rufnummern nach dem ENUM-Verfahren in IP-Adressen auf.

- **Client-Server:** Der zweite Modus der Präsenzbewertung setzt einen zentralen Serverdienst voraus, den AMController. Der Server kann die zentrale Guthabenverwaltung aller Teilnehmer übernehmen. Diese Funktionalität des Guthabens und der Bezahlung wurde bereits im Abschnitt 2.5 erklärt. Es ermöglicht aufgrund des währungsbasierten Ansatzes eine Integration der Dringlichkeit. Nur wenn für eine bestimmte Dienstgüte etwas abgegeben werden muss, wird dieser nicht missbraucht. Das heißt, wenn für eine hohe Dringlichkeit viel bezahlt werden muss, dann wird diese nur bewusst eingesetzt. Gleichzeitig ersetzt der zentrale Server die Notwendigkeit des DNS-Servers im Peer-to-Peer-Modus. Der zentrale Server übernimmt die

Adressvermittlung. Nachteil des Client-Server-Modus ist die Abhängigkeit. Fällt der zentrale Dienst aus, ist keine präsenzbasierte Anrufsignalisierung möglich.

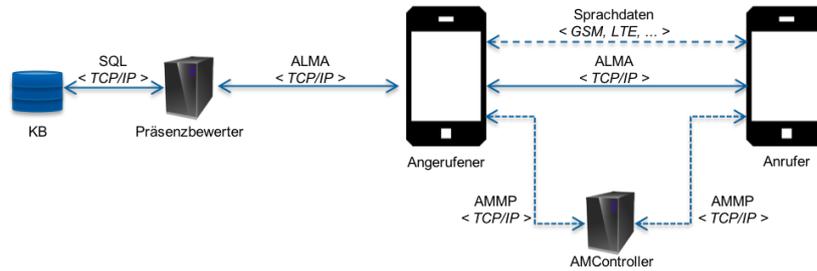


Abb. 5.6.: Präsenzbewertung im Client-Server-Modus. Ein DNS-Server wird nicht benötigt. Die Vermittlung übernimmt der AMController. Dieser verwaltet zudem das Guthaben der einzelnen Teilnehmer.

Mit Hilfe der betreuten und vorangetriebenen Arbeiten aus Abschnitt 2.5 konnten Ansätze für beide Modelle entwickelt werden. Ein Ansatz zur Präsenzbewertung wurde weiter entwickelt und evaluiert. Die notwendigen Dienste für die zwei Verfahren sind im folgenden Abschnitt 5.3 beschrieben.

Die Modelle Peer-to-Peer und auch Client-Server verwenden zur Kommunikation das gängige IP-Protokoll. Lösungsansätze zeigten die Adressfindung für beide Modelle. Alternative Protokolle und Verfahren zur Kommunikation und Datenaustausch können aber auch beispielsweise SMS, MMS, Push Nachrichten aber auch andere Dienste wie WhatsApp oder Telegram sein. Bei den genannten Alternativen ist jedoch zu berücksichtigen, dass eine zusätzliche Abhängigkeit zu Anderen besteht und es dadurch auch zu Verzögerungen im Datenaustausch kommen kann.

5.3. Dienste

Die folgenden Abschnitte erklären notwendige Dienste und wie diese in Android implementiert werden. Ausgewählte Dienste zur Präsenzbewertung werden im darauffolgenden Abschnitt 5.4 genauer erläutert.

5.3.1. Kollektordienste und Services

In den Grundlagen wurden bereits verschiedene Sensoren beschrieben. Der Unterschied zwischen hardwarebasierten und softwarebasierten Sensoren wurde herausgearbeitet.

Aufgrund dieser Unterschiede werden Dienste benötigt, die sowohl zeitkontinuierlich als auch zeitdiskret die Sensor-API ansprechen und die Sensorwerte abfragen. Diese Abfrage erfolgt beispielsweise bei einem eingehenden Anruf. Da es auch möglich sein soll, Sensormessreihen zur Klassifizierung zu verwenden, lesen die Kollektordienste Messwerte bei ausgewählten Sensoren zeitkontinuierlich aus.

Viele Funktionen des Systems sind als Android Services ausgeführt. Services erlauben Hintergrundprozesse ohne zeitliche Beschränkung und besitzen keine eigene graphische Benutzeroberfläche. Sie können prinzipiell in zwei verschiedenen Möglichkeiten gestartet werden. Diese beiden Varianten sind in Abbildung 5.7 dargestellt.

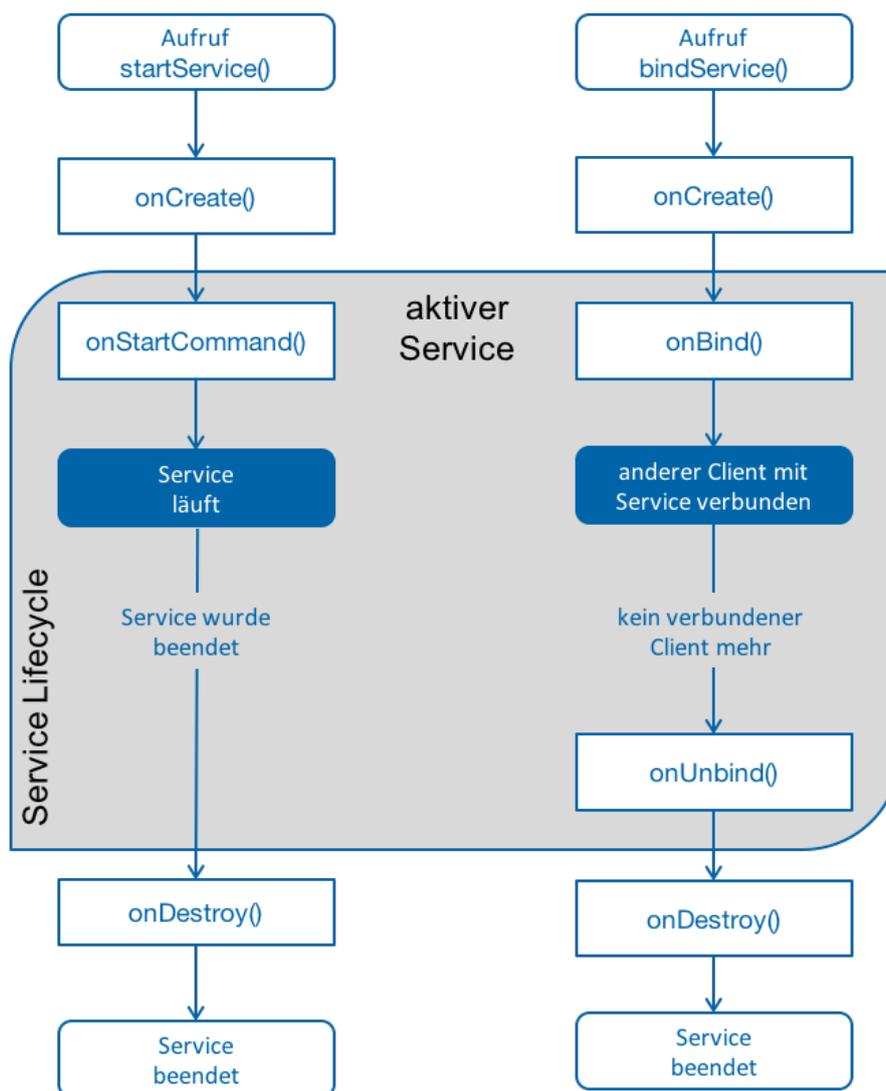


Abb. 5.7.: Lifecycle eines Services bei Android. Links ist ein Service ohne IPC-Möglichkeit, auf der rechten Seite ein Service mit der Möglichkeit zur Interprozesskommunikation. [4], [27]

- `startService()`: Ein Service läuft vollständig im Hintergrund und kann mit anderen Anwendungen keine Daten austauschen. Der Prozess läuft eigenständig ab.
- `bindService()`: Ein Service, der ebenfalls im Hintergrund arbeitet. Dieser kann über Interprozesskommunikation (interprocess communication - IPC) mit anderen Services, Aktivitäten oder graphischen Benutzeroberflächen kommunizieren. Der Service läuft jedoch nur so lange im Hintergrund, bis alle verbundenen Anwendungen beendet sind. Endet die letzte über `bind()` verbundene Anwendung, beendet sich automatisch der Service mit.

Mit diesen beiden Varianten ist es möglich, für die Präsenzbewertung folgende Aufgaben zu übernehmen:

- auf eingehende Anrufe zu warten und bei einem eingehenden Anruf die Prozesse zu starten
- die optionale Verbindung zum AMController aufzubauen, Daten auszutauschen und die Verbindung aufrecht zu halten
- Kommunikation mit dem Dienst des Präsenzbewerters
- die Beendigung eines Telefonats abzuwarten und eine Bewertung der Anrufsignalisierung abzufragen
- Kollektordienste zur Verfügung zu stellen, die beispielsweise kontinuierlich Sensordaten erfassen

5.3.2. User Interface Dienste

User Interfaces sind graphische Benutzeroberflächen und werden in Android als sogenannte Activities ausgeführt. In der Beschreibung des Android Development Guides [4] wird eine Aktivität als Teil einer Anwendung beschrieben, die eine Oberfläche zur Interaktion mit dem Benutzer zur Verfügung stellt. Jeder Activity steht ein Fenster zur Verfügung, das die graphische Benutzeroberfläche beinhaltet. Dabei nimmt das Fenster nicht immer die gesamte Fläche des Bildschirms ein. Eine Anwendung besteht üblicherweise nicht nur aus einer Activity. Existieren neben der Hauptactivity weitere, so werden diese bei Aufruf übereinander gelegt. Es entsteht ein Stapel, engl. stack, von Activities. Wird zur vorhergehenden Activity zurückgegangen, wird die oberste Activity beendet. Abbildung 5.8 zeigt den Lifecycle einer Activity. Diese Activities bilden die Grundlage

für die graphische Benutzeroberfläche des Präsenzbewerters. Sie finden unter anderem bei folgenden Ansichten Anwendung:

- Activities für die Grundeinstellungen des Präsenzbewerters
- Activities zur Verwaltung des Guthabens
- Activities zur Aushandlung der Dringlichkeit
- Activities für die Bewertung der Anrufsignalisierung

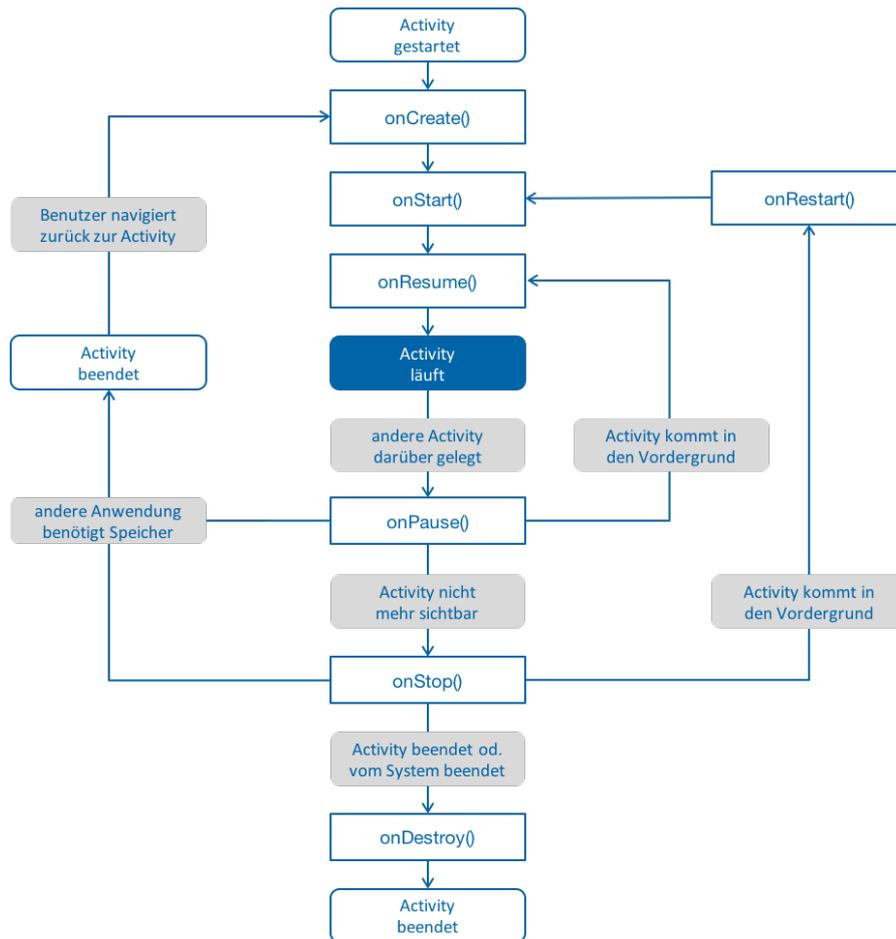


Abb. 5.8.: Lifecycle einer Activity bei Android. [4]

5.4. Ausgewählte Dienste und Schnittstellen

Die folgenden Dienste werden zur Präsenzbewertung auf dem Telefon des Angerufenen ausgeführt. Sie beschreiben allgemeine Funktionsweisen, die mit Hilfe von Android

Services implementiert sind. Einige Schnittstellen dienen der Generalisierung der Präsenzbewertung und haben sich im Laufe der Arbeit (siehe Abschnitt 2.5) immer weiter entwickelt. Sie lassen eine Erweiterung durch beispielsweise neue Sensoren zu, ohne dass alle Softwarekomponenten überarbeitet werden müssen.

5.4.1. Sensor Service

Im Kapitel 4 wurden verschiedene Sensoren zur Kontextermittlung näher erklärt. Dieser Kontext beziehungsweise die Sensordaten werden anschließend zur Klassifikation benötigt, um eine möglichst exakte Repräsentation der Präsenz zu liefern.

In den betreuten Arbeiten wurde schnell festgestellt, dass aus softwaretechnischer Sicht ein generischer Ansatz erforderlich ist. So war das Modell von LORENZ [64] nicht erweiterbar. Alle damals verwendeten Sensoren waren zu stark in mehreren Klassen verankert. Eine Abstraktion der Sensoranbindung war notwendig.

Eigene Softwareentwürfe und Testklassen wurden von SCHUBERT [97] verwendet, erweitert und in einer abstrakten Klasse namens COLLECTOR integriert. In dieser Entwicklung wurde jedoch nicht berücksichtigt, dass die Klasse in Abhängigkeit von einer Activity stand. Abbildung 5.9 zeigt die Klasse von SCHUBERT. Aufgrund des Lebenszyklus einer Activity mussten spezielle Methoden wie `appPause()` und `appResume()` eingeführt werden. Diese ermöglichen es, bei einer Unterbrechung der Activity, die Datenerfassung der Sensoren ebenfalls anzuhalten. Beim Sensor Mikrophon zum Beispiel muss der Zugriff auf die Hardware unterbrochen werden, wenn die Activity in den Hintergrund rückt.

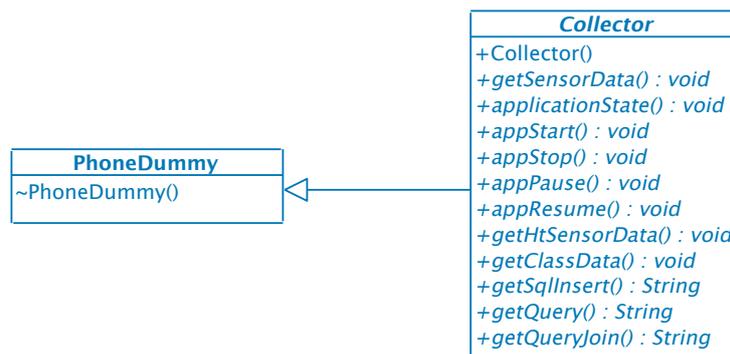


Abb. 5.9.: Klassendiagramm der Klasse `Collector` aus der Arbeit von SCHUBERT. Die abstrahierte Klasse `Collector` steht im Zusammenhang mit einer Activity. [97]

Aus diesem Grund wurde eine neue, abstrahierte Klasse `Collector` entworfen, die nicht mehr in Abhängigkeit zu `Activities` steht. Abbildung 5.10 zeigt am bereits oben gewählten Beispiel des Sensors Mikrofon die neue Klasse. Damit eine Instanz der Klasse `Collector` Zugriff auf die Hardware Sensoren erlangt, benötigt diese lediglich einen Verweis auf den `Context`. Dieser wird dem Konstruktor mit übergeben. Der `Context` ist die Schnittstelle zur Anwendungsumgebung und zu den Ressourcen, siehe auch den Developer Guide von Android [4].

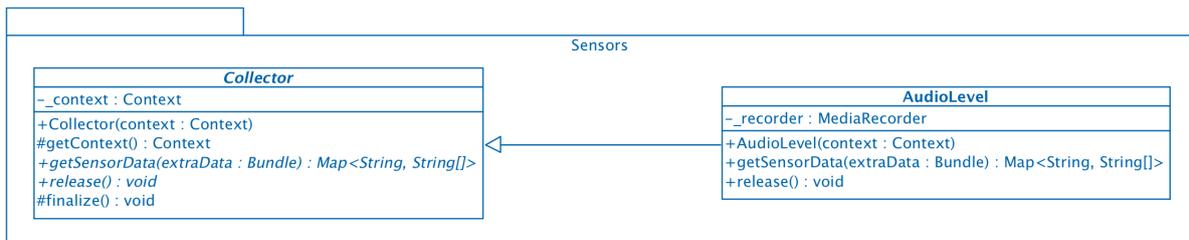


Abb. 5.10.: Klassendiagramm der Klasse `Collector` am Beispiel des Sensors Mikrofon, implementiert in der Klasse `AudioLevel`. Die Abhängigkeit zu `Activities` wurde abgeschafft. Der Kollektor läuft als eigenständiger Service, dem Kollektorservice.

Der Zugriff auf die Sensordaten erfolgt mit `getSensorData(Bundle extraData)`. Der Rückgabetyt dieser Methode ist `Map<String, String[]>`. Das assoziative Datenfeld nach *key/value*-Prinzip beinhaltet als eindeutigen Schlüssel eine Zeichenkette (Datentyp: `String`) und als Wert wiederum ein Array von Zeichenketten (Datentyp: `String[]`). So ist es möglich, dass ein Sensor mehrere Parameter mit jeweils mehreren Messwerten liefern kann. Beispielsweise liefert der Sensor Lokalisierung unter Android folgende Parameter mit jeweils einem Wert:

- latitude [double]
- longitude [double]
- canton [String]
- speed [float]

Vor allem bei softwarebasierten Sensoren ist es teilweise nötig, beim Abfragen von Sensordaten Parameter mit zu übergeben. Die Methode `getSensorData(Bundle extraData)` benötigt daher einen Parameter des Typs `Bundle`. Dadurch können verschiedene Datentypen in einer einzelnen Instanz über `String`-Schlüssel gespeichert und abgefragt werden. Der Ursprung von `Bundles` liegt in den `Activities`. Diesen können auch mit Hilfe eines Parameters mehrere Werte durch ein `Bundle`-Objekt übergeben werden.

Die Methode `release()` ermöglicht es, bei Beendigung des Kollektorservices auch innerhalb der unterschiedlichen Sensorinstanzen alle Ressourcen freizugeben. Eine Anwendung findet zum Beispiel beim Sensor Mikrofon statt. Dieses muss nach Beendigung eines Gesprächs wieder mit der Methode `stop()`, `reset()` und `release()` freigegeben werden. Ein Beispiel zeigt Listing 5.1.

```
public class AudioLevel extends Collector {
    // ..
    private MediaRecorder _recorder;
    public PhoneSound(Context context) {
        // ..
        MediaRecorder _recorder = new MediaRecorder();
        _recorder.setAudioSource(MediaRecorder.AudioSource.MIC);
        _recorder.setOutputFormat(MediaRecorder.OutputFormat.THREE_GPP);
        _recorder.setAudioEncoder(MediaRecorder.AudioEncoder.AMR_NB);
        _recorder.setOutputFile("/dev/null");
        // ..
        _recorder.prepare();
        _recorder.start();
    }
    public void release() {
        _recorder.stop();
        _recorder.reset();
        _recorder.release();
    }
    // ..
}
```

Listing 5.1: Typische Initialisierung und Freigabe der Ressourcen am Beispiel Mikrofon.

Der Aufruf der Methode `release()` erfolgt durch die überschriebene Methode `finalize()` in der `Collector`-Basisklasse. `finalize()` wird automatisch durch den Garbage-Collector aufgerufen, wenn keine Instanz mehr Zugriff auf das Objekt besitzt.

5.4.2. Kollektorservice

Es wurde schon mehrmals der Begriff Kollektorservice im vorhergehenden Abschnitt erwähnt und dass die Aggregation der Sensordaten als Hintergrundservice ausgeführt wird. Die Verwaltung aller Sensoren übernimmt die Klasse `SensorManager`, die wiederum über ein Objekt im Kollektorservice repräsentiert wird. Dies entspricht dem Konzept von Sensorfusion bzw. auch Informationsfusion, dem Sammeln von Informationen aus Sensoren.

Die Anforderung der einfachen Erweiterbarkeit wurde wie bereits erwähnt seit der Arbeit von LORENZ [64] immer weiter in den Vordergrund gestellt. So ist es gelungen, dass beim

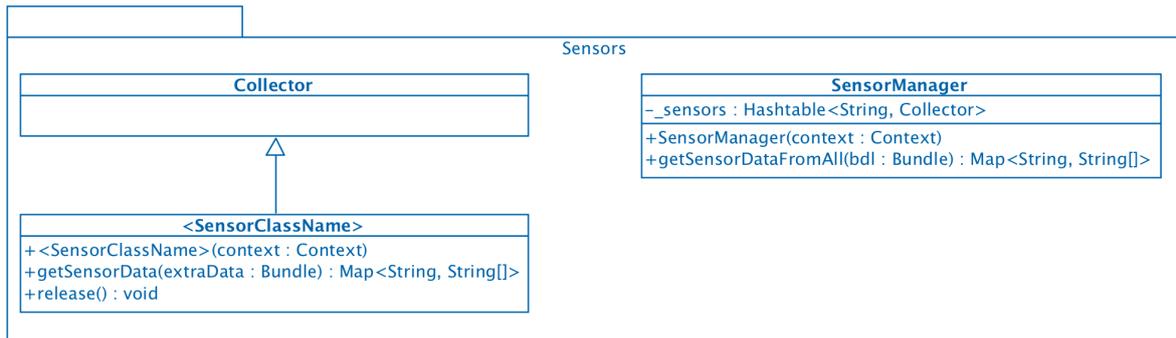


Abb. 5.11.: li.: Klassendiagramm des zu implementierenden Sensors, abgeleitet von der Klasse `Collector`. re.: Klassendiagramm der Klasse `SensorManager` mit der Funktion `getSensorDataFromAll(...)`. Bei Aufruf dieser Funktion werden die Daten bei allen Sensoren abgefragt und als Rückgabeobjekt zurückgegeben. Der Aufruf erfolgt beispielsweise bei einem eingehenden Anruf.

Hinzufügen eines neuen Sensors nur noch die eigentliche Sensorklasse aus Abbildung 5.11 implementiert und angepasst werden muss.

Ziel war es, dass der `SensorManager` alle entwickelten Sensorklassen erkennt und diese verwendet, eine Introspektion (Reflexion) des eigenen Sensor-Pakets. In Java sind Klassen in Paketen hinterlegt, alle implementierten Sensorklassen befinden sich in einem Paket. Die Möglichkeit wurde mit Hilfe der Schnittstellenklasse `Collector` geschaffen. Werden alle Sensordaten benötigt, muss nur die Methode `getSensorDataFromAll(Bundle bdl)` aufgerufen werden, die wiederum bei jedem Sensor die Methode `getSensorData(Bundle extraData)` aufrufen soll. In Java gibt es jedoch das Problem, dass die Reflexion innerhalb von Paketen (für Java in engl. Packages) nicht direkt unterstützt wird. SCHUBERT löste die Reflexion mit Hilfe eines Umweges, indem er in einer Textdatei die Namen der implementierten Sensorklassen hinterlegt. Diese Textdatei wird mittels `InputStreamReader` und `BufferedReader` ausgelesen. In einer anschließenden Iteration wird aus jeder Zeile der Name der Sensorklasse gelesen und versucht, eine neue Instanz mittels der Methode `newInstance()` für den entsprechenden Sensor zu erstellen. Der dazu benötigte Konstruktor zum Erzeugen des Sensorobjekts

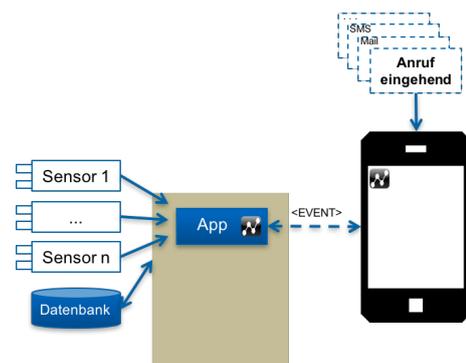


Abb. 5.12.: Ausschnittsweise das Kommunikationsmodell aus Abbildung 5.1. Der Kollektorservice stellt z.B. bei eingehenden Anrufen alle Sensordaten zur Verfügung.

wird mit Hilfe der Methode `getConstructor(Context.class)` gesucht. Wie in Abbildung 5.10 und 5.11 veranschaulicht, erwartet der Konstruktor eine Referenz zu einem Context-Objekt. Jede erfolgreich erstellte Instanz wird in einer HashTable `_sensors` abgespeichert. Die Iteration darüber erfolgt mit Hilfe des Klassennamens, der gleichzeitig der Schlüssel der HashTable ist. Das Listing 5.2 zeigt den eben erwähnten Ansatz zum dynamischen Erstellen aller Sensorinstanzen. Die Möglichkeit der Reflexion des Packages mit allen Sensorklassen ist damit gegeben und ein automatischer Kollektorservice über alle Sensorwerte implementiert.

```
public class SensorManager {
    // ..
    private Hashtable<String, Collector> _sensors;
    public SensorManager(Context context) {
        _sensors = new Hashtable<String, Collector>();
        InputStream is=null;
        try {
            is = am.open("classes.txt");
            if (is!=null) {
                BufferedReader buffreader = new BufferedReader(InputStreamReader(is));
                while ((r = buffreader.readLine()) != null) {
                    Class<?> tempS = Class.forName("<package>.Sensors."+r);
                    Constructor<?> tempCon = tempS.getConstructor(Context.class);
                    Collector tempColl = (Collector)tempCon.newInstance(context);
                    _sensors.put(r, tempColl);
                }
            }
        } catch (Exception except) {
            Log.e("SensorManager", "Error while loading and creating sensor instances!", except);
        }
    }
}
```

Listing 5.2: Die dynamische Erzeugung der Sensorinstanzen erfolgt mit Hilfe einer Textdatei, die alle Sensorklassennamen beinhaltet. Anschließend wird davon jeweils eine Instanz erzeugt und diese in einer HashTable referenziert.

5.4.3. DNS-Server

Die Aushandlung der Anrufsignalisierung zwischen den Teilnehmern erfolgt wie in Abbildung 5.13 gezeigt über IP. Wie der Name des Protokolls bereits vermuten lässt, werden zur Kommunikation IP-Adressen benötigt. Diese stehen jedoch nicht zur Verfügung, lediglich die Telefonnummern nach E.164 [51]. Es ist demnach eine Auflösung der Rufnummern auf IP-Adressen notwendig. Wie bereits erwähnt, sind jedoch die IP-Adressen nicht statisch. Sie werden durch den Mobilfunkanbieter dynamisch vergeben und können

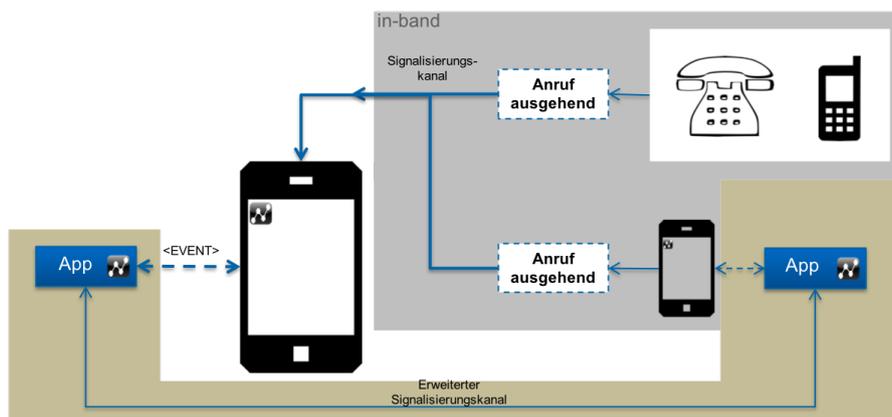


Abb. 5.13.: Die Kommunikation der App erfolgt im erweiterten Signalkanal (grün hinterlegt) mit Hilfe des IP-Protokolls. Zur Namensauflösung wird ein besonderer DNS-Server verwendet, der NAPTR-Records für das E.164 Number Mapping unterstützt.

demnach nicht einfach aus einer Tabelle abgelesen werden. Für dieses Problem gibt E.164 Number Mapping, kurz ENUM. Es beschreibt, wie Rufnummern nach E.164 auf Uniform Resource Identifiers (URI), beispielsweise IP-Adressen, aufgelöst werden können [28], [90].

Die Auflösung erfolgt nach folgendem Algorithmus (in Klammern ist jeweils ein Beispiel angegeben):

1. entferne alle Zeichen, außer Ziffern
(aus „+49-172-197-8369“ wird „491721978369“)
2. kehre die Ziffernreihenfolge um
(aus „491721978369“ wird „963879127194“)
3. füge einen Punkt zwischen jeder Ziffer ein
(aus „963879127194“ wird „9.6.3.8.7.9.1.2.7.1.9.4“)
4. füge *.e164.arpa.* an das Ende an
(aus „9.6.3.8.7.9.1.2.7.1.9.4“ wird „9.6.3.8.7.9.1.2.7.1.9.4.e164.arpa.“)
5. interpretiere die Zeichenkette als Domain Name

Die Abfrage an einem DNS-Server erfolgt nun wie gewohnt mit Hilfe eines DNS-Requests. Ist ein Eintrag im DNS-Server vorhanden, erfolgt die Antwort über einen NAPTR-Record. Dieser Typ kann detailliertere Informationen wie ein klassischer Resource Record aufnehmen. Für die ENUM-Auflösung kann ein NAPTR-Record als ein erweiterter

A-Record aufgefasst werden. Eine genaue Beschreibung der NAPTR-Records kann dem RFC 2915 [67] entnommen werden.

Da die IP-Adressen dynamisch sind, muss jede Änderung der eigenen IP-Adresse der Teilnehmer dem zentralen DNS-Server mitgeteilt werden. Im Android Framework gibt es dafür eine spezielle Methode namens `onNetworkStateChanged(boolean conn)` des Interfaces `NetworkBroadcastReceiverListener`. Diese wird aufgerufen, wenn sich der Netzwerkstatus des Telefons ändert. Das Listing 5.3 zeigt exemplarisch die Registrierung am `BroadcastReceiver`. Das Listing verdeutlicht zugleich, wie Listener in Java eingesetzt werden. Es folgt dem Entwurfsmuster des *observer pattern* [32].

```
public class NetworkService extends BroadcastReceiver {
    private BroadcastReceiver br = new BroadcastReceiver();
    // ..
    public void onCreate() {
        super.onCreate();
        // register by DNS-server
        changeDNSEntry(ipAddress);
        IntentFilter filter = new IntentFilter();
        // changes in network connectivity has occurred
        filter.addAction(ConnectivityManager.CONNECTIVITY_ACTION);
        br.setListener(this);
        registerReceiver(br, filter);
    }

    public void onDestroy() {
        unregisterReceiver(br);
        // unregister from DNS-server
        ipAddress = null;
        changeDNSEntry(ipAddress);
        super.onDestroy();
    }

    public void onNetworkStateChanged(boolean conn) {
        // ..
        // update DNS-server entry
        changeDNSEntry(ipAddress);
    }
    // ..
}
```

Listing 5.3: Netzwerküberwachung mit Hilfe eines Listeners.

Die Methode `changeDNSEntry(<ipAddress>)` beinhaltet die Registrierung der eigenen IP-Adresse bei einem spezifizierten DNS-Server. Sie wird immer dann aufgerufen, sobald sich der Netzwerkzustand des Telefons ändert. Die Methode ist in der Klasse `ConnectivityManager` beschrieben. Die Methode `changeDNSEntry(<ipAddress>)` wird ebenso aufgerufen, wenn die Anwendung gestartet (`onCreate()`) und beendet

(`onDestroy()`) wird. Wird der Methode `null` als Parameter übergeben, so wird der DNS-Server angewiesen, den NAPTR-Eintrag vollständig zu entfernen. Eine Auflösung der Rufnummer zur IP-Adresse ist dann nicht mehr möglich.

5.4.4. Verbindungsmanagement der Komponenten

Im Client-Server-Modus ist es notwendig, Verbindungen zwischen der App, hier als Client bezeichnet, und dem Server herzustellen (nicht zu verwechseln mit Telefonverbindungen). Dieser Service mit dem Klassennamen `OwnConnectionService` soll selbstständig als Hintergrundprozess arbeiten und die Möglichkeit bieten, mittels Interprozesskommunikation empfangene und zu sendende Daten mit anderen auszutauschen. Aus diesem Grund wird dieser Service ausschließlich mit `bindService()` gestartet. Im Listing 5.4 ist gezeigt, wie die Methode `bindService()` zur Herstellung eines Services für Verbindungen zwischen Client und Server verwendet wird.

```
private ServiceConnection serviceConnection = new ServiceConnection() {
    public void onServiceConnected(ComponentName componentName, IBinder iBinder) {
        // service verbunden
    }
    public void onServiceDisconnected(ComponentName componentName) {
        // service getrennt
    }
}
public ClientServerManager(Context cont) {
    // ..
    connected = cont.bindService(new Intent(cont, ServerClientService.class),
        serviceConnection, Context.BIND_AUTO_CREATE);
}
```

Listing 5.4: Binden eines Connection Services mit `bindService()` am Beispiel der Verbindung im Client-Server-Modus.

Die Methode `bindService()` liefert `true` zurück, falls die Bindung zum Service erfolgreich war, andernfalls wird `false` zurückgegeben. Als Parameter wird ein `Intent` benötigt, dies ist eine abstrakte Beschreibung für eine auszuführende Operation und kann unter anderem zum Starten einer `Activity` oder eines `Service` verwendet werden. Im Listing 5.4 wird ein neuer `Intent` des Services `ServerClientService` erzeugt. Der zweite Parameter ist vom Typ `ServiceConnection` und dient zum Rückführen von Informationen, ob der Service gestartet oder angehalten wurde. Der dritte Parameter lässt verschiedene Optionen zu. Mit dem Flag `BIND_AUTO_CREATE` wird automatisch der Service erzeugt, der Service bleibt bis zum Beenden der Verbindung erhalten.

Die Klasse `OwnConnectionService` dient als abstrakte Oberklasse für alle Verbindungen und beschreibt eine Minimalmenge zu implementierender Methoden. Eine Auswahl ist dem folgenden Klassendiagramm in Abbildung 5.14 zu entnehmen, eine Beschreibung ausgewählter Methoden folgt ebenso.

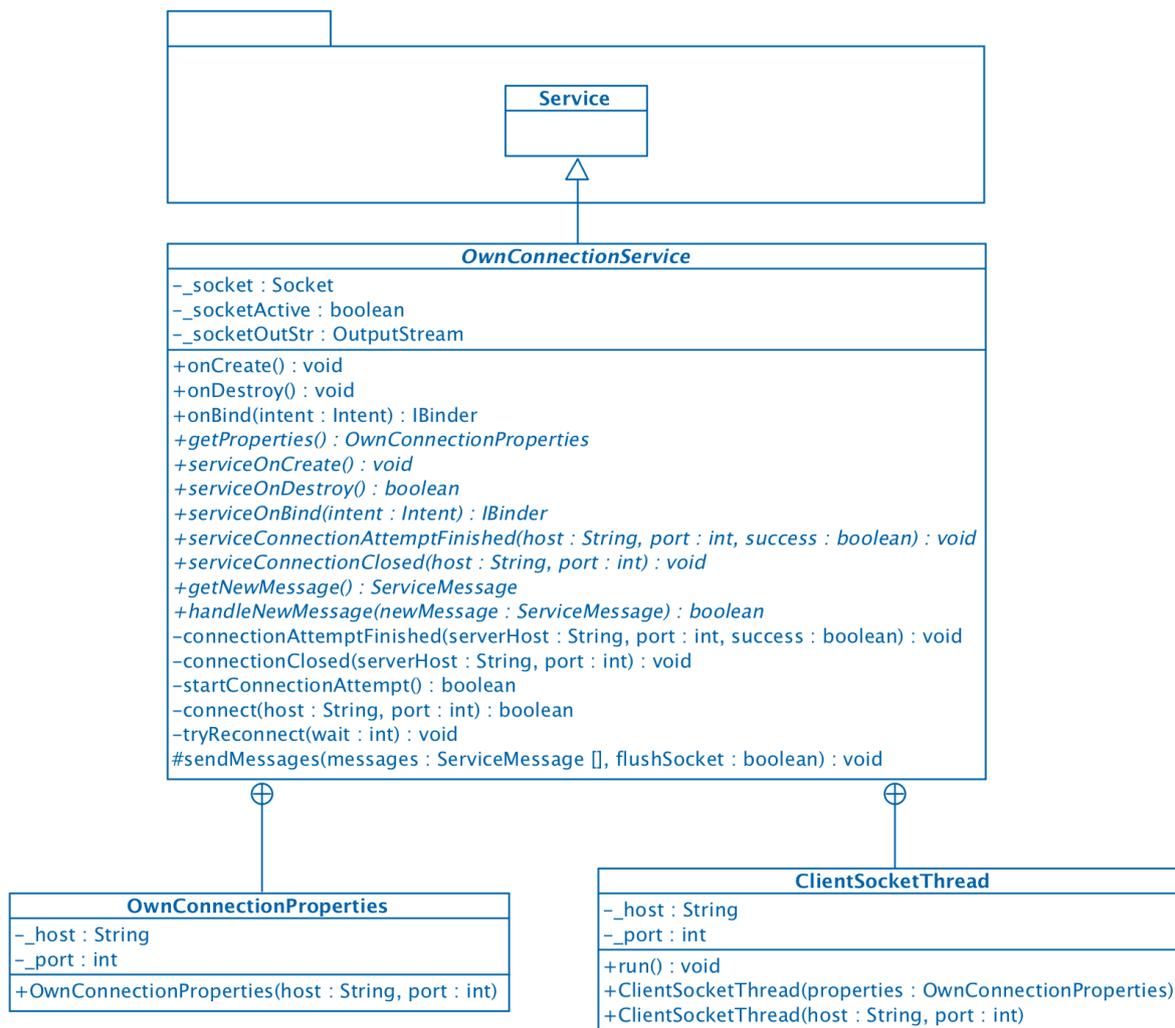


Abb. 5.14.: Klassendiagramm der Klasse `OwnConnectionService`. Diese abstrakte Klasse beschreibt die zu implementierenden Methoden für alle Netzwerkverbindungen über TCP/IP.

- `onCreate()`, `onDestroy()`, `onBind()`: Geerbte Methoden der Oberklasse. Beim Erstellen, Beenden und Binden werden die jeweiligen Methoden automatisch aufgerufen. In diesen werden die Netzwerkaufgaben erstellt, gestartet und beendet. Die jeweilige Methode ruft die eigens zu implementierenden, abstrakten Methoden `serviceOnCreate()`, `serviceOnDestroy()` beziehungsweise `serviceOnBind()` auf.
- `getProperties()`: Liefert Eigenschaften zum `host` und `port` der Netzwerkverbin-

dung. Diese sind vom Typ `OwnConnectionProperties`.

- `connectionAttemptFinished()`, `connectionClosed()`: Callbacks bei Verbindungsherstellung und -beendigung. Sie rufen wiederum die zu implementierenden, abstrakten Methoden `serviceConnectionAttemptFinished()`, `serviceConnectionClosed()` der Unterklasse auf.
- `handleNewMessage()`: Diese abstrakte Methode wird aufgerufen, sobald eine neue Nachricht empfangen wird. Die Daten werden als Parameter übergeben. In dieser Methode erfolgt dann die Datenverarbeitung bzw. der Aufruf weiterer Methoden.
- `sendMessages()`: Methode zum Versenden mehrerer Nachrichten an den verbundenen Host. Soll nur eine Nachricht verschickt werden, kann diese Methode ebenfalls verwendet werden. Dazu muss allerdings erst ein Array erzeugt werden:
`sendMessages(new ServiceMessage[] {single message}, flushSocket)`

Die Klasse `OwnConnectionService` wird ebenfalls bei der Verbindung zu anderen Diensten wie z.B. zum Präsenzbewerter verwendet. Es ist noch zu erwähnen, dass die Netzwerkdaten als Byteströme verschickt werden. In den vorhergehenden Arbeiten von LORENZ ([64], [65]) und KUKSHAUSEN [55] wurden protokollabhängige Objekte verschickt. Hierbei kam es schnell zu Einschränkungen, denn die beteiligten Netzwerkklassen waren alle von den entsprechenden Protokollen abhängig. Dies wirkte sich nachteilig auf Erweiterungen aus. In der Arbeit von SCHUBERT [97] wurde erstmals bei der Portierung auf Android versucht, eine Unabhängigkeit mehrerer Klassen von den zu übertragenden Daten zu erreichen. Dieser Ansatz wurde anschließend weiterentwickelt und spezifiziert. So werden Daten nur noch byteorientiert übertragen und eine Schnittstelle zum Schreiben und Lesen des Streams verwendet. Später wird die Schnittstelle nochmals durch TREUMER [107] erweitert und als `ServiceMessage` bezeichnet. Diese Schnittstelle zeigt sich als sehr robust und ermöglicht die Übertragung aller Daten. Jedes zu übertragende Objekt muss von der `ServiceMessage` abgeleitet sein und mindestens die Methoden `toByteArray()` und `readFromStream(InputStream stream)` implementieren. Abbildung 5.15 zeigt das Klassendiagramm für diese Schnittstelle. Unter anderem verwendet die Klasse `Message` das Interface `ServiceMessage`. Sie soll die Verwendung und Mindestimplementierung andeuten.



Abb. 5.15.: Klassendiagramm der Schnittstelle `ServiceMessage`. Die Klasse `Message` zeigt hier nur die zu implementierenden Methoden bei Ableitungen, sie ist nicht vollständig aufgezeigt.

5.5. Referenzimplementierung

Um eine Entwicklung auf Smartphones zu realisieren, standen zu Beginn dieser Arbeit nur drei mögliche Betriebssysteme zur Verfügung - iOS, Android und Windows Phone. Es hat sich in den betreuten Arbeiten (siehe Abschnitt 2.5) gezeigt, dass das zuerst gewählte iOS-Betriebssystem sowie Windows Phone zu viele Einschränkungen durch das Betriebssystem mit sich bringen. Es war ohne Jailbreak, dem Entfernen von Beschränkungen seitens Apple, nicht möglich, Anrufe zu steuern. So konnten ausgehende und ankommende Anrufe zum Zeitpunkt der Arbeit nicht festgestellt werden. Eine Bewertung der Präsenz zum Zeitpunkt des Anrufes war daher unmöglich. Es ist auch nicht möglich, die Lautstärken für die verschiedenen Signalisierungen (Anrufklingelton, Nachrichtentöne und weitere) per Software zu ändern. Der Benutzer muss stets interagieren, eine dynamische und passive Anpassung an die Präsenz ist so nicht möglich. Des Weiteren konnten vorhandene Ansätze, wie sie in Abschnitt 2.4 vorgestellt wurden, auch nicht integriert werden.

Die Entscheidung fiel daher nach ausführlichen Tests und Entwicklungen mit iOS, siehe Abschnitt 2.4.5 und 2.5, auf das Android Betriebssystem. Auf Android Smartphones ist es möglich, Dienste, sogenannte Android Services, zu entwickeln. Diese Dienste können beim Einschalten des Mobiltelefons automatisch gestartet werden. Auch vollständige Anwendungen ohne graphische Oberfläche sind möglich. Multitasking wird ebenfalls unterstützt. Die Lautstärke des Telefons lässt sich per Software einstellen und verändern. Aus diesen Gründen wird die Anwendung zur Präsenzbewertung für Android Smartphones entwickelt und in der Programmiersprache Java geschrieben.

Die folgenden Abschnitte konkretisieren die vorgestellten Komponenten der Präsenzbewertung und verdeutlichen, wie die Konzepte und Services exemplarisch an einem Software-Prototypen in Form einer App für ein Android Smartphone realisiert wurden.

5.5.1. Android App AWW - Awareness und Evaluation

Wie in der Einleitung zum Kapitel 5 beschrieben, fiel die Entscheidung des zu verwendenden Betriebssystems auf Android. Aus diesem Grund sind die bereits beschriebenen Services und Listings alle in der Programmiersprache Java. Die Bezeichnung der App AWW leitet sich von den englischen Begriffen **AW**areness und **V**aluation ab und steht für die Ermittlung und Bewertung der Präsenz mit Hilfe einer Anwendung.

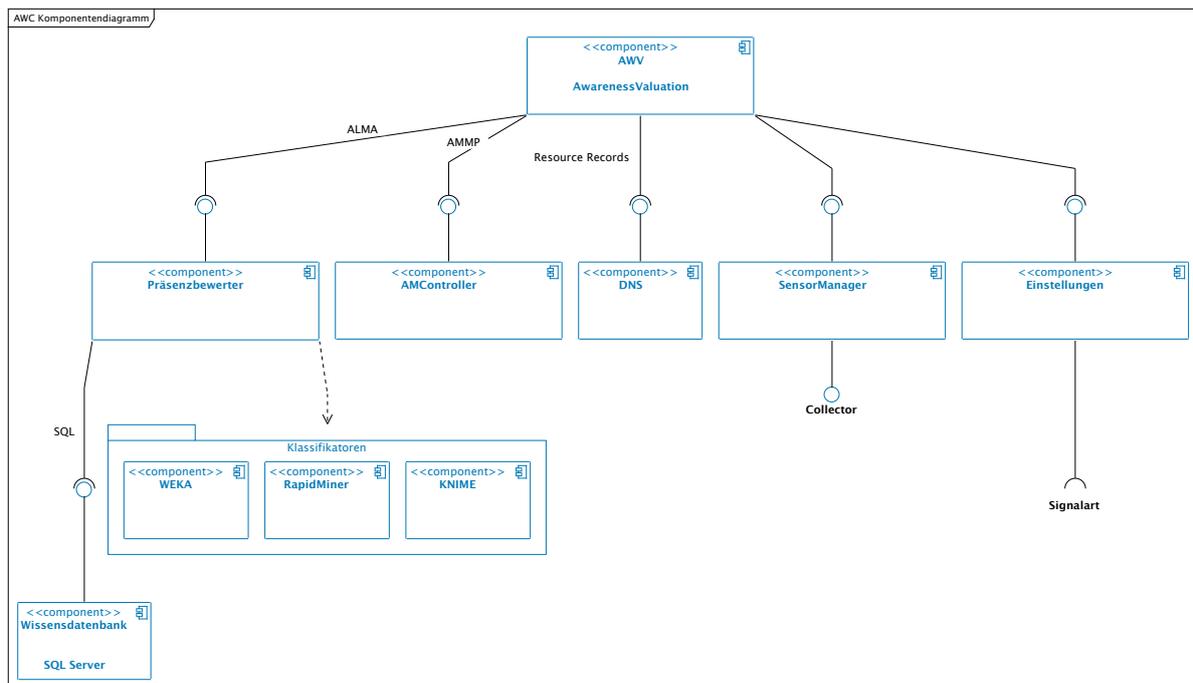


Abb. 5.16.: Komponentendiagramm der Anwendung AWW.

Abbildung 5.16 zeigt die Softwarekomponenten der AWW-Anwendung und deren Interfaces. Zum Datenaustausch zwischen den Komponenten sind teilweise Protokolle notwendig. Diese sind bereits im Abschnitt 5.1 erläutert und in der Abbildung angegeben. Das bereitgestellte Interface *Collector* der Komponente *SensorManager* ermöglicht die Anbindung verschiedener Sensoren an den Kollektorservice und wurde bereits im Abschnitt 5.4.2 beschrieben. Das Interface *Signalart* zeigt, dass über diese die Signalart des Android Telefons parametrierbar wird.

Ziel der App ist es, die Oberfläche sowie die Notwendigkeit der Benutzung auf ein wesentliches zu reduzieren und die Interaktion mit einer GUI zu vermeiden. Aus diesem Grund besitzt AWW eine minimalistische graphische Oberfläche. AWW läuft als eigen-

ständiger Dienst im Hintergrund auf dem Mobiltelefon. Einzelne Activities von AWV werden nur bei unabdingbaren Interaktionen sichtbar.

Aufgrund dieses Ansatzes stehen in der App nur folgende Activities zur Verfügung. Sie entsprechen jeweils einem Use Case:

- Feedback
- Angebote und Verhandlung
- Guthabenverwaltung
- Einstellungen

Um AWV nach der Installation verwenden zu können, muss diese einmalig gestartet werden. Dadurch werden die Hintergrundservices aktiviert. Alternativ kann auch das Telefon neugestartet werden, dann startet die Anwendung automatisch mit. Einstellungen zur Bewertung der Präsenz können und sollen nicht vorgenommen werden. AWV lernt anhand der Bewertungen im Feedback-Dialog und passt die Signalart beim Anruf automatisch an. Der Feedback-Dialog kann nach einer gewünschten Zeit deaktiviert werden. Wenn ein Angerufener nicht erreichbar ist, und dieser ebenso AWV verwendet, dann kann die Activity Angebote und Verhandlung verwendet werden, um die Signalart des Anderen möglicherweise zu erhöhen.

Feedback

In Abbildung 5.17 werden die Anwendungsfälle für das Feedback dargestellt. Hat der Benutzer in den Einstellungen die Bewertungsmöglichkeit aktiviert, erhält der Benutzer nach einem Anruf eine Activity zur Bewertung der zum Anruf gewählten Signalart. Dabei werden Uhrzeit und Rufnummer des Anrufers mit Signalart angezeigt. Der Anwender hat nun die Möglichkeit, die Entscheidung zu bewerten, indem er die passende Signalart angibt, die er sich für den Anruf gewünscht hätte. Der Klassifikator lässt sich trainieren und den persönlichen Bedürfnissen über die Zeit anpassen. Der Klassifikator lernt die sozialen Eigenschaften des Anwenders und wendet diese bei künftigen Anrufen an.

Der Dialog erscheint bei einem eingehenden Anruf erst, wenn der Anrufer oder der Angerufene auflegt. Das heißt entweder nach dem durchgeführten Gespräch oder der Anrufer legt während des Gesprächsaufbaus wieder auf. Sind mehrere Anrufe nicht angenommen worden, so werden die Activities zum Feedback übereinander gelegt. Aus diesem Grund werden auch die Anruferinformationen angezeigt, um ein passendes Feedback abzugeben.

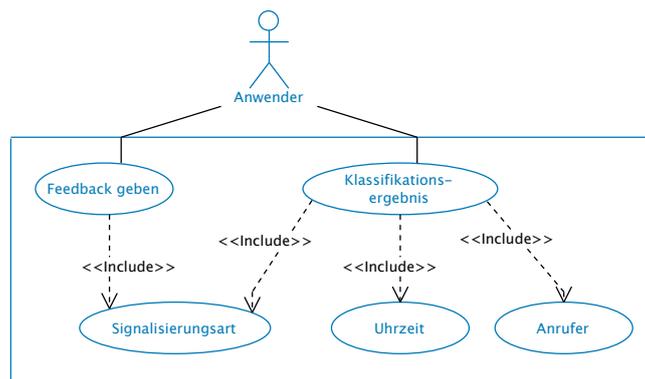


Abb. 5.17.: Use Case Diagramm zur Abgabe eines Feedbacks nach einem eingehenden Anruf. Hier kann der Anwender das Klassifikationsergebnis zum Anruf einsehen und eine Signalart angeben, die für diesen Anruf passend gewesen wäre.

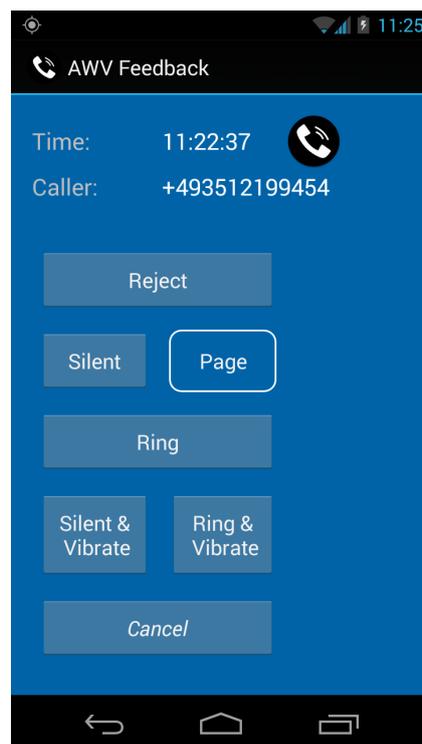


Abb. 5.18.: Activity zur Bewertung der Präsenzbewertung. Neben dem Anrufer und der entsprechenden Anrufzeit wird die klassifizierte Signalart hervorgehoben. Der Benutzer wählt mit Klick auf den entsprechenden Button die richtige Signalart aus, hier am Beispiel „Page“.

Angebote und Verhandlung

Der Anrufer hat nach einem erfolglosen Anruf die Möglichkeit, Angebote des Angerufenen einzusehen und eines der Angebote, je nach eigener empfundener Wichtigkeit, auszuwählen. Nach der Auswahl erfolgt eine Verhandlung der Gegenleistung, ein zu zahlender Preis. Voraussetzung für die Angebotssuche ist jedoch, dass der Angerufene ebenfalls die App verwendet. Es wurde bewusst die a posteriori Verhandlung gewählt, da eine a priori Festlegung der Wichtigkeit des eigenen Anrufes eine zusätzliche Interaktion mit dem Telefon vor dem Anruf notwendig macht. Die Wichtigkeit müsste im Voraus ausgewählt werden. In einer Umfrage zur App (siehe Abschnitt 6.2) empfanden die Probanden solche Interaktionen als störend.

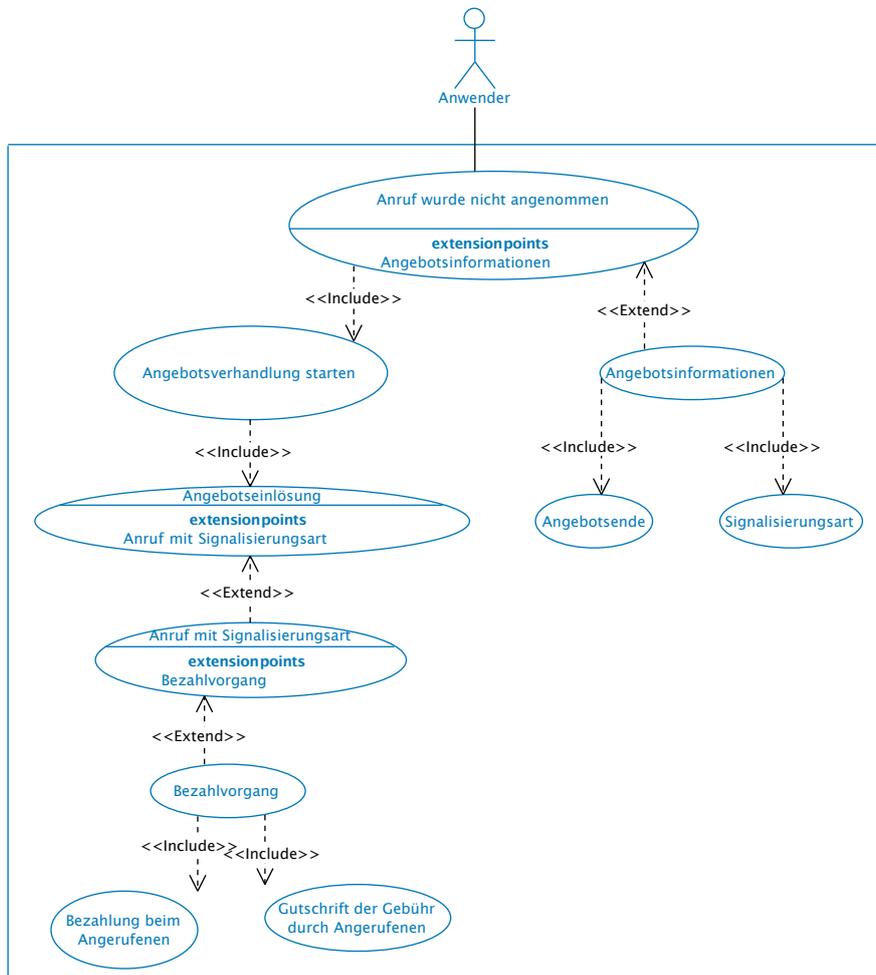


Abb. 5.19.: Use Case Diagramm für die Verwendung von Angeboten nach einem erfolglosen Anruf. Der Anrufer erhält verschiedene Angebote vom Angerufenen. Je nach eigener Wichtigkeit und Bereitschaft zur Zahlung kann eine höherwertige Signalart gewünscht werden. Ein entsprechender Preis für die ausgewählte Signalart wird dann zwischen den Teilnehmern verhandelt.

Abbildung 5.19 zeigt den Use Case für Angebote mit einer anschließenden Verhandlung. Nach der Auswahl eines Angebotes (Signalart mit dazugehörigem Angebotsende) beginnt eine Verhandlung nach dem SANP Verfahren (siehe Abschnitt 2.5 und der Literatur [104], [24]). Zwischen den beiden Parteien werden Credits zur ausgewählten Signalart verhandelt. Anschließend kann der Anrufer entscheiden, ob er bereit ist, diese Credits von seinem lokalen Guthaben zu bezahlen. Ist er einverstanden, kann er direkt aus dem Verhandlungsdialog einen erneuten Anruf starten. Beim Angerufenen wird nun die verhandelte Signalart verwendet. Die Darstellung der eben beschriebenen Methode ist in Abbildung 5.20 zu sehen. Je nachdem wie wichtig dem Anrufer der Anruf ist, desto mehr Credits kann er ausgeben und um so auffallender wird die Signalart für diesen Anrufer ausgewählt.

Ist der Anruf erfolgreich, das heißt es kommt zu einem Gespräch zwischen den Teilnehmern, wird dem Angerufenen der verhandelte Preis automatisch gutgeschrieben und das Konto vom Anrufer wird entsprechend belastet.

Zusätzlich gibt es noch die Möglichkeit, dass der Anrufer den Preis nicht bezahlen muss. Der Angerufene kann nämlich entscheiden, ob er den Preis gutgeschrieben bekommen möchte. Empfindet der Angerufene beispielsweise den Anruf als wertvoll und wichtig, kann er die Bezahlung des Anrufes verneinen. Auch dieser Fall ist in Abbildung 5.19 ersichtlich.

Guthabenverwaltung

Der Benutzer hat innerhalb der Anwendung die Möglichkeit, sein lokales und zentrales Guthaben anzeigen zu lassen. Dafür steht dem Benutzer eine einfache Übersichtsseite zur Verfügung. Da die Realisierung der Monetarisierung nicht Schwerpunkt dieser Arbeit ist, wurde ein einfacher Ansatz gewählt, ähnlich dem der betreuten Arbeiten. TREUMER beschreibt in seiner Arbeit [107] eine weitere Möglichkeit mit Bitcoins [77]. Mit Hilfe des zentralen Guthabens können mehrere Endgeräte eines Benutzers auf den selben Account zugreifen.

Einstellungen

Die Abbildungen 5.22 und 5.23 zeigen die minimalistisch ausgefallenen Einstellungen. Der Benutzer kann den AWV Service manuell starten und beenden. Ein manuelles Starten ist nur dann notwendig, wenn AWV beendet wurde. Grundsätzlich startet der AWV Service beim Systemstart des Mobiltelefons mit. Der Präsenzbewerter ist sofort einsatzbereit und wartet auf eingehende und ausgehende Anrufe.

Des Weiteren kann der Anwender noch festlegen, ob er nach jedem beendeten, eingehen-

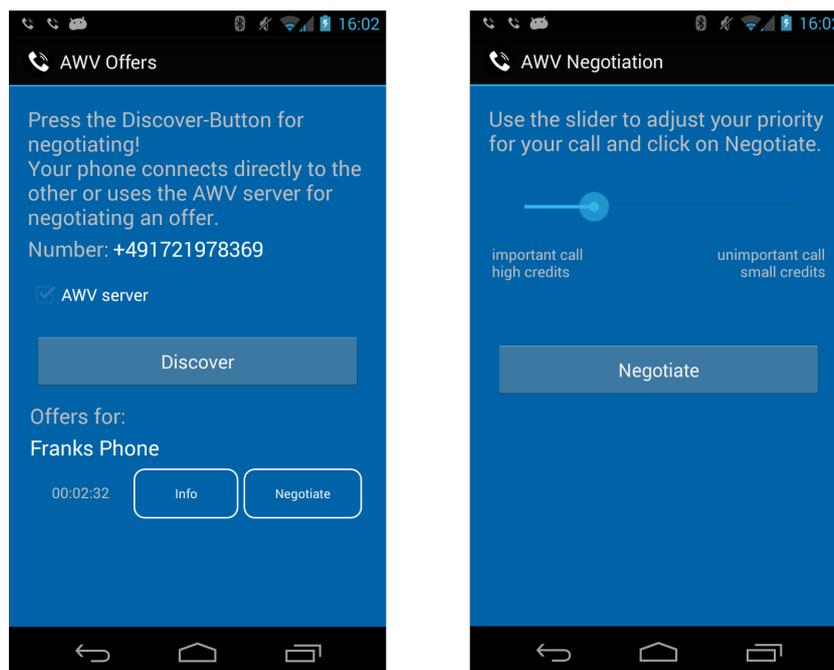


Abb. 5.20.: Activities zur Verhandlung einer besseren Signalart. Ist ein Anruf beim ersten Versuch nicht erfolgreich, kann mit Hilfe einer Verhandlung der Signalart eine Verbesserung erzielt werden.

den Anruf einen Feedback-Dialog angezeigt bekommt. In diesem kann er die bei einem Anruf vorgenommene Präsenzbewertung bewerten und dadurch ein Feedback geben. Dieses Feedback fließt bei der Bewertung von folgenden Anrufen ein.

5.5.2. Signalart

In der vorangehenden Referenzimplementierung und auch in den folgenden Abschnitten wird der Begriff Signalart verwendet. Die Signalart gibt an, wie sich das Telefon bei einem eingehenden Anruf verhält. In der folgenden Tabelle 5.1 werden die implementierten Signalarten aus Abschnitt 5.5 vorgestellt.

Wie in der Tabelle 5.1 zu sehen ist, gibt es insgesamt sieben verschiedene Signalarten, aufsteigend sortiert nach ihrer Priorität. Ein Anruf wird beispielsweise *abgelehnt*, wenn dieser mit einer sehr geringen Priorität für den entsprechenden Kontext eingestuft wurde. Wird ein Anruf jedoch mit der Signalart *Klingeln mit Vibration* angezeigt, dann ist die Priorität für den Anruf sehr hoch. Die Priorität ist abhängig vom Kontext des Angerufenen. So kann sich die Signalart bei gleichen Situationen ändern, wenn sich beispielsweise

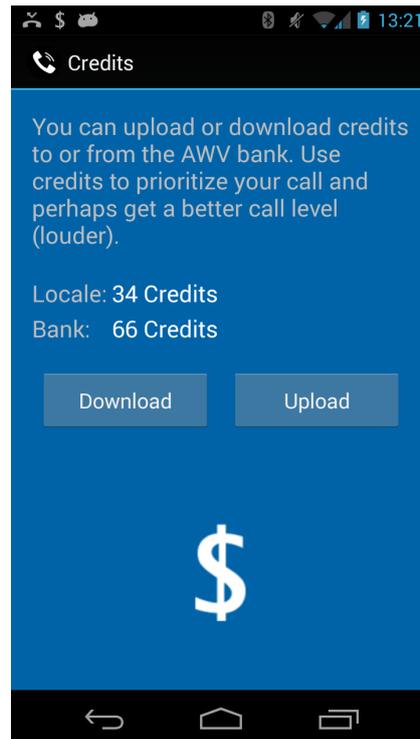


Abb. 5.21.: Activity zur Ansicht des lokalen Guthabens. In dieser Activity besteht die Möglichkeit, Guthaben bei einer zentralen Stelle zu speichern, die AWV Bank. Mit Hilfe der Buttons Upload kann Guthaben zentral gespeichert werden. Mit Download kann auf das Endgerät Guthaben heruntergeladen werden.

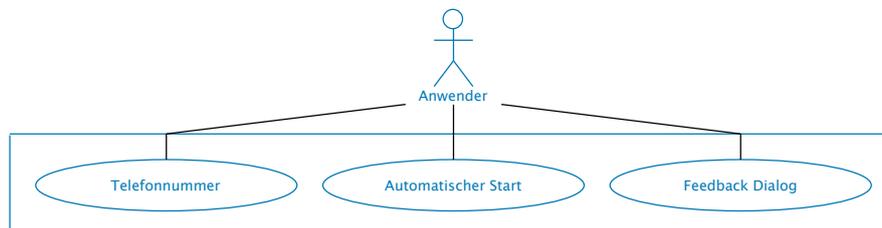


Abb. 5.22.: Use Case Diagramm für die Einstellungen der App. Um die Bedienung zu vereinfachen, wurden die Einstellungsmöglichkeiten auf das Wesentliche beschränkt.

der Anrufer ändert.

5.5.3. Umschalten der Signalart

Die Signalart wird automatisch entsprechend der Präsenz angepasst. Diese Signalisierung kann in bestimmten Fällen jedoch während eines Anrufes auch noch abgeändert werden, wenn eine höhere Priorität ausgehandelt wurde, siehe Abschnitt 5.6.1. Des Weiteren

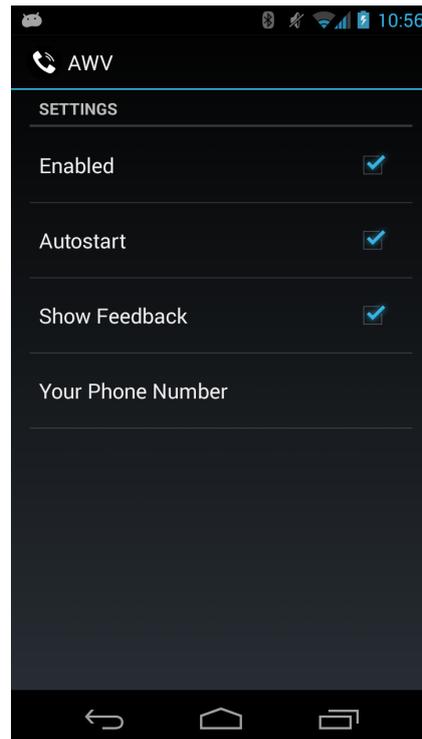


Abb. 5.23.: Activity zur Parametrisierung der AWV App. Um die autonome Arbeitsweise von AWV zu verdeutlichen, wurden die Einstellungsmöglichkeiten bewusst klein gehalten.

kann der Benutzer nach einem Anruf die ermittelte Anrufsignalisierung bewerten. Dazu wird wie bereits beschrieben ein Dialog geöffnet, in dem der Angerufene die Signalart auswählt, die für den entsprechenden Kontext richtig gewesen wäre. Das System lernt und wird bei einer nächsten Präsenzbewertung das Feedback berücksichtigen.

Es hat sich im Prototyp gezeigt, dass das Telefon grundsätzlich immer im „lautlosen“ Zustand sein muss. Es hatten sich Probleme ergeben, dass, wenn das Telefon nicht im lautlosen Zustand ist, es bis zu zweimal klingelt, bevor die passende Signalart eingestellt ist. Grund dafür ist, dass ein eingehender Anruf von der Software nur erkannt werden kann. Ein Parken bzw. Zurückhalten des Anrufes bis zur Auswertung der Präsenz ist nicht möglich.

Sobald ein Anruf festgestellt wird, beginnt die Präsenzbewertung mit Klassifizierung. Gleichzeitig beginnt aber das Telefon schon entsprechend der Systemeinstellung zu klingeln. Eine Lösung ist die, dass das Telefon von Beginn an lautlos ist. Wird eine andere Priorität durch die Präsenzbewertung festgestellt, wird die entsprechende Signalart während des Anrufes geändert. Ist das Gespräch beendet, stellt die Software das Telefon automatisch wieder auf den Zustand von vor dem Anruf. Die Lautstärke des Telefons

Signalart	Erläuterung
Ablehnen	Der eingehende Anruf wird abgelehnt.
Weiterleiten	Der eingehende Anruf wird an einen Anrufbeantworter weitergeleitet. ²
Lautlos	Der eingehende Anruf wird nur optisch angezeigt. Es findet weder eine akustische Signalisierung noch eine Vibration des Telefons statt.
Vibration	Das Telefon vibriert bei einem eingehenden Anruf. Keine akustische Signalisierung.
Kurzer Ton	Der eingehende Anruf wird nur durch einen einmaligen kurzen Ton angedeutet.
Klingeln	Das Telefon verwendet bei einem eingehenden Anruf den eingestellten Klingelton.
Klingeln mit Vibration	Das Telefon verwendet eine Kombination aus Vibration und Klingeln.

Tab. 5.1.: Übersicht aller Signalarten mit Erläuterung. Die Signalart ist nach der Priorität von *gering* (in der Tabelle oben) bis *hoch* (in der Tabelle unten) sortiert.

kann natürlich auch durch den Benutzer nach dem AWW Start geändert worden sein. Aus diesem Grund wird zusätzlich bei jedem Anruf, noch vor der Präsenzbewertung, das Telefon auf lautlos gestellt.

Über die gesamte Testphase, siehe auch Kapitel 6, wurden etwas mehr als 1000 Anrufe generiert und auch die Dauer zur Präsenzbewertung gemessen. Durchschnittlich hat es 1,84 Sekunden gedauert, bis eine Präsenz ermittelt wurde. Diese Zeit wird durch den eingestellten stummen Modus überbrückt. Folgendes Listing zeigt die Beeinflussung der Signalart unter Android am Beispiel für die Signalart lautlos.

```
public class SignalManager {
    private AudioManager _audioManager;
    private MediaPlayer _mediaPlayer;
    // ..
    public SignalManager(Context _context) {
        _audioManager = (AudioManager) _context.getSystemService(Context.AUDIO_SERVICE);
        ;
        this.start();
    }
    public synchronized void silentMode() {
        _audioManager.setStreamVolume(AudioManager.STREAM_RING, 0, 0);
        _audioManager.setRingerMode(AudioManager.RINGER_MODE_SILENT);
    }
}
```

Listing 5.5: Listing zur Änderung der Signalart am Beispiel für den Modus lautlos. Eine Instanz der Klasse SignalManager wird beim Starten der AWW App angelegt und versetzt das Telefon in einen allgemeinen, lautlosen Zustand.

5.5.4. Einschränkung in der Referenzimplementierung

Die Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, Konzepte der Präsenzbewertung zu entwickeln und diese mit Hilfe eines Prototyps zu testen. Im Rahmen der Arbeit wurden zudem Experimente durchgeführt. Um viele verschiedene Klassifikatoren und dazugehörige Frameworks auszuprobieren, wurden diese ausgelagert und extern implementiert. Dadurch entstehen natürlich Einschränkungen bei intensiver Nutzung bezüglich Skalierbarkeit des Klassifikators. Auch muss die Frage bezüglich Vertraulichkeit personenbezogener Daten geklärt sein.

Die in Abschnitt 3.3 gezeigten Klassifikatoren WEKA, KNIME und RapidMiner wurden im Experiment getestet. Speziell das RapidMiner-Framework und -Toolkit erlaubt eine sehr schnelle Anpassungen und Veränderungen der Algorithmen. So konnten während der gesamten Entwicklungszeit viele Anpassungen vorgenommen werden, ohne den Klassifikator jedes Mal neu auf dem Smartphone zu programmieren. RapidMiner ermöglicht zudem direkt die Einsicht und auch Änderungen in der Wissensdatenbank (mit Hilfe von SQL-Anfragen auf Grundlage einer MySQL Datenbank). Dies hat die Entwicklung des Prototypen über die gesamte Zeit deutlich vereinfacht. Die Komponenten der Präsenzbewertung (siehe Abschnitt 5.1) enthalten daher bereits die Modelle mit separiertem Präsenzbewerter. Eine weitere Einschränkung ist im Modell der Vergütung nach einem Anruf zu finden. TREUMER hat bereits gezeigt, dass eine Implementierung z.B. mit Bitcoins [77], eine zentrale Bank überflüssig machen würden, den Umfang der

Implementierung jedoch deutlich erhöhen würden. Das Konzept zeigt die Vorteile einer Monetarisierung der Wichtigkeit auf und wurde integriert. Anstelle eines dezentralen Zahlungssystems wurde im Prototyp eine eigene zentrale Guthabenverwaltung eingeführt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Einschränkungen zur Entwicklung darauf beruhen, dass neben der Anwendung auf den Smartphones ein zentraler Dienst bereitstehen muss. Dieser stellt den speziellen DNS-Service für E.164, den Klassifikator sowie die zentrale Guthabenverwaltung zur Verfügung. Abbildung 5.24 veranschaulicht diese Einschränkung.

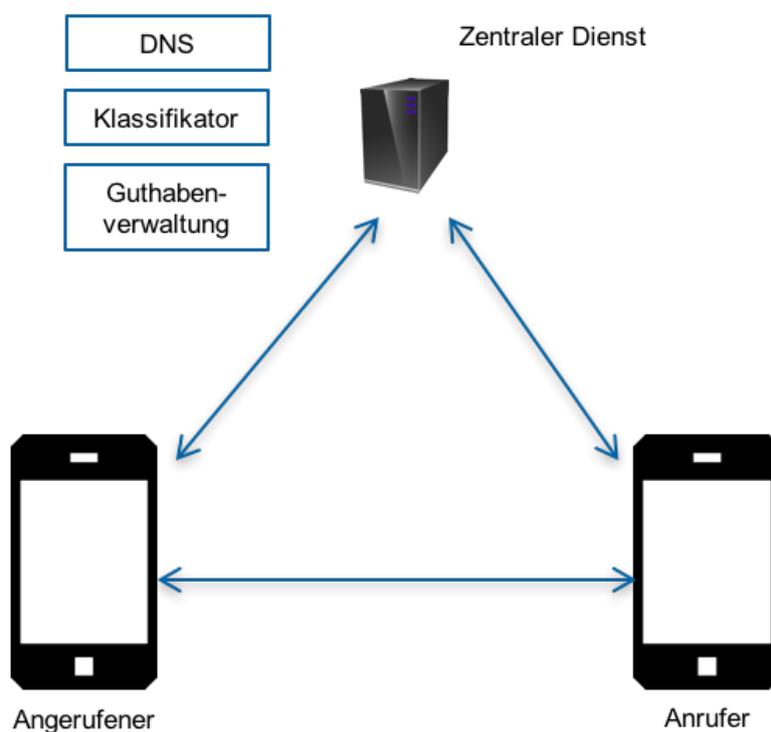


Abb. 5.24.: Dieses Client-Server-Modell zeigte die im Prototyp benötigten zentralen Dienste wie DNS, Klassifikation und Guthabenverwaltung. Diese Einschränkung ermöglichte während der Arbeit eine ständige Modifikation des Klassifikators. Speziell mit RapidMiner konnte ohne großen Aufwand Optimierung betrieben werden.

Angemerkt sei hier, dass die Mobilfunk-Provider diesen zentralen Dienst als Betriebsvorteil sehen könnten. Hier lässt sich eine Abhängigkeit zum Kunden herstellen und verstärkt so die Bindung zu ihm. Für diesen Service kann außerdem der Mobilfunk-Provider eine Gebühr erheben und dadurch Umsatz generieren.

5.6. Fallbeispiele für Anrufszzenarien

Im Folgenden werden verschiedene Anrufszzenarien gezeigt. Dabei werden mehrere Möglichkeiten in Betracht gezogen, z.B. ob ein Nutzer den Präsenzbewerter verwendet oder nicht. Die gezeigten Beispiele orientieren sich am bereits vorgestellten Kommunikationsmodell aus Abbildung 5.1 (Seite 114).

Die Tabelle 5.2 zeigt in einer Matrix die Möglichkeiten, wie die einzelnen Softwarekomponenten je nach Installation der Präsenzbewertersoftware angewendet werden können. Es geht daraus hervor, dass der Benutzer selbst entscheiden kann, ob er eine Präsenzbewertung und somit eine individuelle Signalisierung möchte. Die Präsenzbewertung findet nur beim Angerufenen statt und funktioniert auch dann, wenn der Anrufer keine spezielle Software einsetzt. So sind beispielsweise auch präsenzbewertete Anrufe aus dem Festnetz möglich. Wünscht sich der Anrufer aber eine Verhandlung der Anrufsignalisierung, also ist er bereit für eine bessere Signalisierung auch eine Gegenleistung zu geben, so benötigt auch der Anrufer die Software.

5.6.1. Beide Gesprächspartner verwenden die Präsenzbewertersoftware

Der wünschenswerte Zustand bei den Kommunikationspartnern ist der, dass beide Gesprächspartner die Software des Präsenzbewerter verwenden. Dadurch ist es möglich, dass nicht nur die Präsenzbewertung stattfindet und die daran gekoppelte Anrufsignalisierung, sondern auch eine mögliche Verhandlung der Parameter. Dies ermöglicht die Änderung der Signalart durch Erhöhung der Priorität indem dafür z.B. eine monetäre Bezahlung stattfindet. Mit Hilfe beider Mechanismen kann zum einen der Angerufene Priorisierungen vornehmen, die Präsenzbewertung, zum anderen kann aber auch der Anrufer seine Dringlichkeit mit Hilfe einer angemessenen Bezahlung einstellen.

Das folgende Aktivitätsdiagramm 5.25 zeigt den Ablauf eines Anrufes, wenn beide Gesprächspartner die Software verwenden.

Ziel des Ablaufes ist es, dass ein Gespräch zwischen A und B stattfindet. Der Anruf muss nicht aus einer speziellen Software heraus erfolgen, sondern erfolgt wie gewohnt über die Oberfläche des Betriebssystems. So kann der Rufaufbau beispielsweise über das Adressbuch, über eine Rufnummer von einer Webseite aber natürlich auch direkt durch

		A	
		Software installiert	Software nicht installiert
B	Software installiert	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durchführung Präsenzbewertung 2. Festlegung der Anrufsignalisierung bei B 3. (optional) Verhandlung der Anrufsignalisierung zw. A und B 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durchführung Präsenzbewertung 2. Festlegung der Anrufsignalisierung bei B
	Software nicht installiert	<ul style="list-style-type: none"> ○ Anrufsignalisierung bei B nach Telefoneinstellung ○ keine Durchführung Präsenzbewertung ○ keine Verhandlung der Anrufsignalisierung 	

Tab. 5.2.: Anwendungsmatrix der Präsenzbewertersoftware bei Anrufer (A) und Angerufenem (B). Je nach Zustand findet keine Präsenzunterstützung, nur Präsenzbewertung mit Anrufsignalisierung oder Präsenzbewertung mit Anrufsignalisierung und Verhandlung statt.

Eingabe im Telefon durchgeführt werden. Die Software läuft im Hintergrund und detektiert einen ausgehenden Ruf selbstständig. Beim Gesprächspartner B wird durch die Software im Hintergrund ebenso ein eingehender Anruf detektiert. Das Telefon selbst klingelt in diesem Moment noch nicht, es befindet sich im voreingestellten, lautlosen Zustand. Der Präsenzbewerter bewertet die Präsenz p im aktuellen Kontext und ermittelt in kürzester Zeit eine Signalart s , siehe auch Evaluierungszeiten bei Tabelle 6.2.6. Diese wird auf das Telefon angewendet und das Telefon verhält sich entsprechend dieser Signalisierung.

Die Software beim Angerufenen generiert für weitere Anrufsignalisierungen mit höherer Priorität (niedrigere Prioritäten sind vom Anrufer nicht gewünscht bzw. für diesen nicht attraktiv) verschiedene Angebote für den Anrufer, die aus Signalart und entsprechendem Preis bestehen. Der Anrufer A kann parallel dazu seine Wichtigkeit i einstellen bzw.

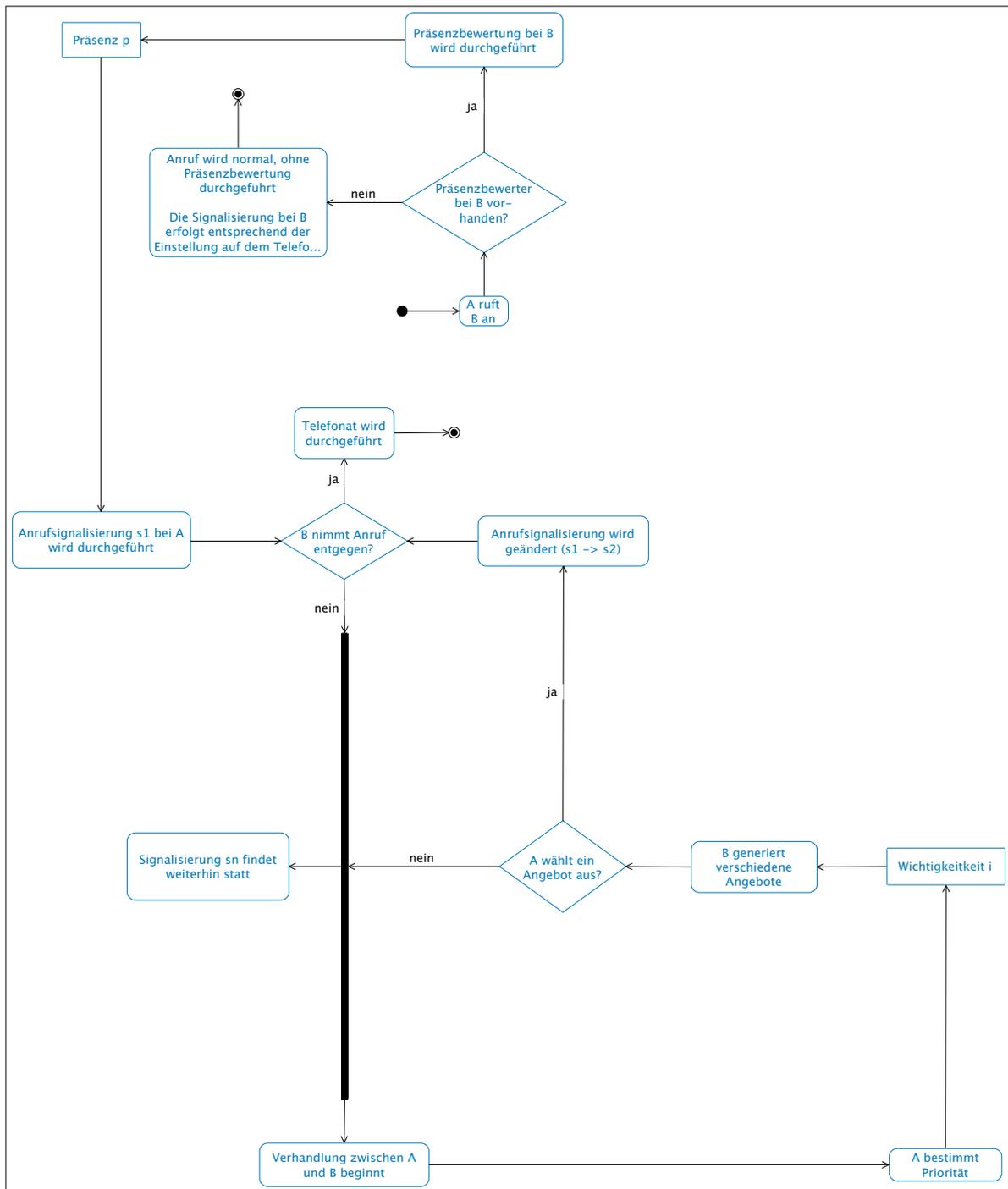


Abb. 5.25.: Aktivitätsdiagramm zum Ablauf eines Anrufes, wenn im besten Fall beide Gesprächspartner die Software des Präsenzbewerter einsetzen. Bei Anruf findet eine Präsenzbewertung mit anschließender Anrufsignalisierung beim Angerufenen B statt. Der Anrufer A hat die Möglichkeit mit Hilfe der Änderung der Priorität seines Anrufes, die Anrufsignalisierung bei B zu verändern.

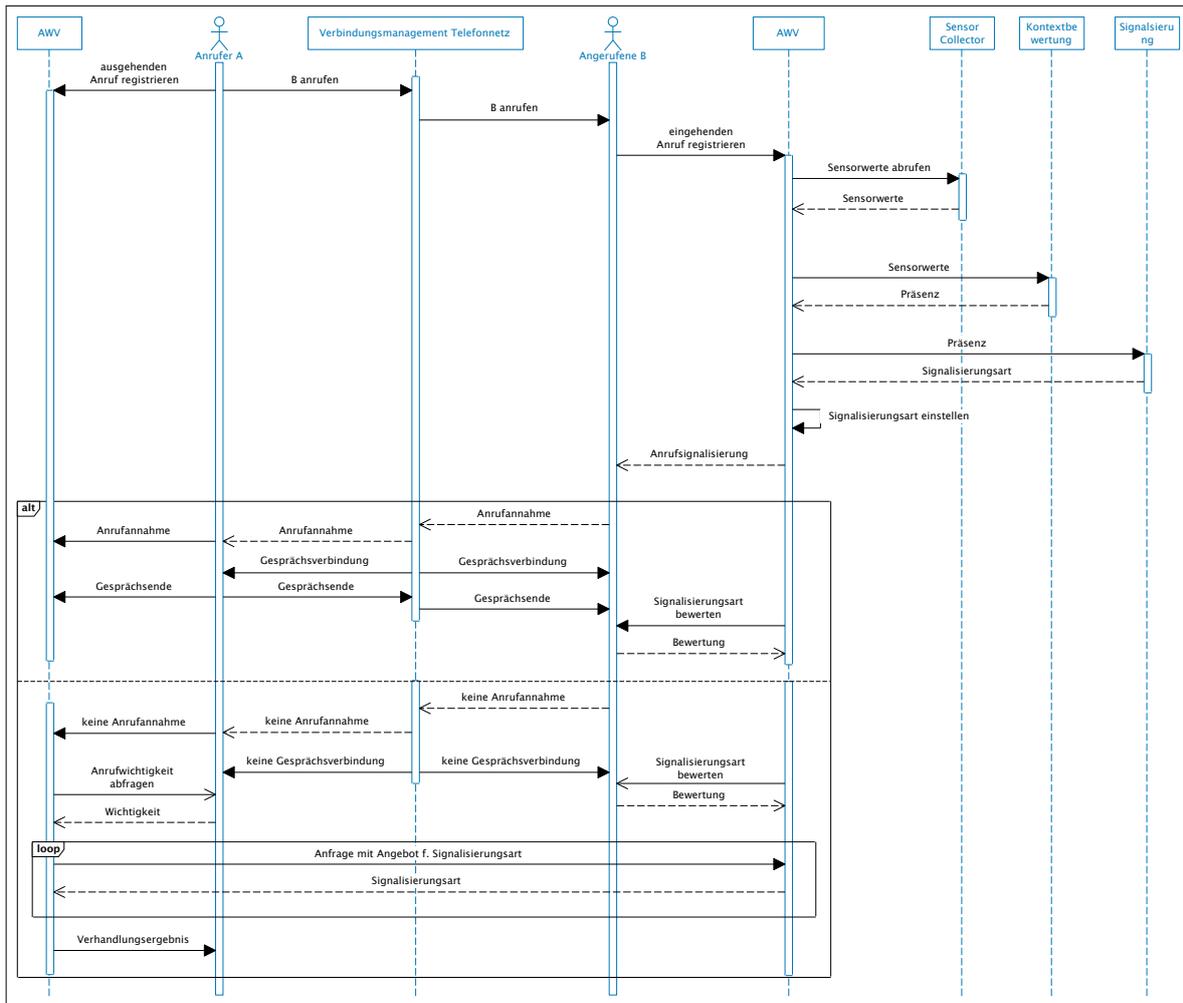


Abb. 5.26.: Sequenzdiagramm für einen klassischen Ablauf eines Anrufes. Im Sequenzdiagramm ist eine Alternative dargestellt. Sie unterscheidet sich in erfolgreicher Anrufannahme und nicht erfolgreiche Anrufannahme. Ist die Anrufannahme nicht erfolgreich, beginnt eine Verhandlung der Signalart. Ist diese erfolgreich, kann der Anrufer erneut mit der verhandelten Signalart anrufen.

verändern. Es kommt zu einer Verhandlung zwischen beiden Gesprächspartnern. Sollte sich A für eine bessere Signalart entscheiden, wählt er diese aus. Beim Gesprächspartner B wird die Signalart entsprechender der Auswahl von A eingestellt. Findet das Telefonat statt, d.h. B nimmt den Anruf entgegen, so erhält B automatisch den ausgehandelten Betrag. Der Vorgang des Anrufes mit Bewertung ist abgeschlossen.

Optional besteht für B noch die Möglichkeit, nach Beendigung des Gespräches die Präsenzbewertung zu beurteilen, d.h. Feedback abzugeben. So kann der Angerufene die ausgewählte Signalisierung korrigieren und die für diesen Kontext entsprechend richtige Signalart angeben. Hat A für eine höhere Signalart bezahlt, kann B darüber hinaus

entscheiden, ob er den monetären Anteil zurückgeben möchte. Das könnte dann der Fall sein, wenn er mit der zuletzt gewählten Signalart zufrieden war. Diese Entscheidung obliegt ausschließlich Person B.

5.6.2. Nur der Angerufene verwendet die Präsenzbewertersoftware

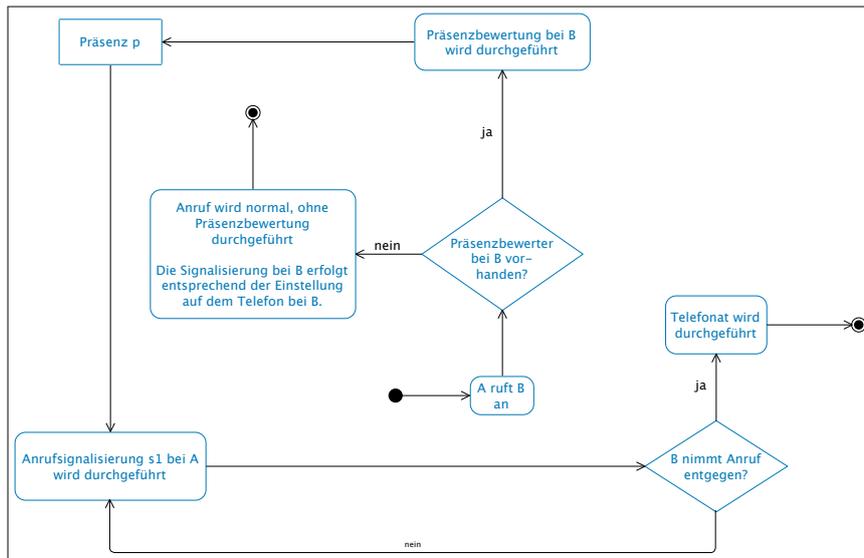


Abb. 5.27.: Aktivitätsdiagramm zum Ablauf eines Anrufes, wenn der Anrufer keine Software zur Präsenzbewertung einsetzt. Bei einem Anruf findet ausschließlich die Präsenzbewertung mit anschließender Festlegung der Signalart bei B statt. Eine Änderung der Signalart kann durch eine Verhandlung nicht erfolgen, da A keine Verhandlungen durchführen kann.

Abbildung 5.27 zeigt ein Beispiel, wo nur der Angerufene die Software des Präsenzbewerters verwendet. Dies weist aus Abschnitt 5.6.1 den Unterschied auf, dass keine Verhandlung stattfindet. Demnach kann der Anrufer auch nicht die Signalart verbessern.

Die Präsenzbewertung findet, wie dargestellt, ausschließlich beim Angerufenen B statt. So wird die Signalart passend zum Anrufer A eingestellt.

Dass die Verhandlung nicht stattfindet hat überwiegend mehr Nachteile für den Anrufer als für den Angerufenen selbst. Der Angerufene B kann mit der Entscheidung die Software einzusetzen unnötige Störungen und Unterbrechungen seiner Arbeit verhindern. Das funktioniert wie gezeigt auch dann, wenn nur B die Software einsetzt. Die Wichtigkeit des Anrufes von A hängt wahrscheinlich überwiegend von den Interessen von A

selbst ab. Sie lässt sich wiederum über die Verhandlung abbilden, die jedoch in dieser Konstellation der Softwareverbreitung nicht möglich ist. Daher überwiegt der Nachteil für A.

5.6.3. Nur der Anrufer verwendet die Präsenzbewertersoftware

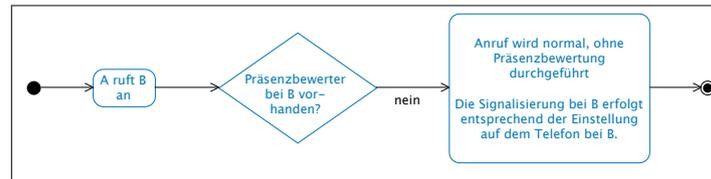


Abb. 5.28.: Aktivitätsdiagramm zum Ablauf eines Anrufes, wenn nur der Anrufer die Software des Präsenzbewerters einsetzt. Bei einem Anruf kann keine Präsenzbewertung stattfinden.

Wie in Abbildung 5.28 gezeigt wird, verwendet nur der Anrufer A die Software. Es ist offensichtlich keine Präsenzbewertung beim Angerufenen B möglich. Demnach findet auch keine Verhandlung der Signalart statt. Die Signalisierung erfolgt bei B so, wie das Telefon von B eingestellt ist. Während des Anrufes findet keine Anpassung statt. Der Gesprächsaufbau zwischen A und B findet herkömmlich statt. Ein gutes Beispiel sind alle Anrufe in das Festnetz. Dort ist es momentan noch nicht möglich, die Bewertungssoftware einzusetzen.

5.7. Konzept zur Monetarisierung eines Anrufes

Eine Verbesserung der Anrufsignalisierung beim Angerufenen erfolgt mit entsprechender Bezahlung. Ob ein Anruf nach Angebotssuche und Verhandlung bezahlt werden muss, ist abhängig von den folgenden vier Bedingungen:

- ein Anruf wurde nicht entgegengenommen, Anrufbewertung ermittelte niedrige Signalart
- Bereitschaft zur Zahlung eines Entgeltes für eine bessere Signalart (beispielsweise mit Ton) beim folgenden Anruf
- der erneute Anruf ist erfolgreich

- der Angerufene entscheidet sich dafür, dass der Anruf tatsächlich bezahlt werden muss

Nur wenn alle vier Bedingungen erfüllt sind, kommt es zu einem Transfer des ausgehandelten Entgeltes. Der Anrufer bezahlt den Angerufenen. TAPPERT untersuchte in diesem Zusammenhang in seiner Arbeit [104] verschiedene Zahlungsmodelle. Ein geeignetes Modell ist das sogenannte Prepaid-Modell bei dem mit Hilfe von echtem Geld eine bestimmte Anzahl an Einheiten einer virtuellen Währung getauscht wird. Diese Einheiten werden dann einem digitalen Konto gutgeschrieben. Die Verfügung über die Einheiten kann an zwei Orten erfolgen, zum einen wird eine bestimmte Menge einem Konto auf einer zentralen Bank gutgeschrieben, die andere Menge einem Konto direkt auf dem Smartphone des Benutzers. Die Summe beider Konten ergibt das Guthaben des Benutzers. Das Währungssystem muss demnach folgende Transferarten zwischen den Konten unterstützen:

- Benutzer zu Benutzer (Direktbezahlung)
- Bank zu Benutzer (Auszahlung)
- Benutzer zu Bank (Aufladung)

Laut TAPPERT erfüllt ein einfaches Währungssystem auf Grundlage eines Prepaid Modells genau diese Anforderungen. Folgende Anforderungspunkte beschreiben ein einfaches Prepaid Modell:

- Direktbezahlung zwischen den Benutzern ohne eine Verbindung zur Bank. Eine Bezahlung erfolgt unabhängig eines zentralen Dienstes und verhindert eine Nachverfolgung des Geldflusses. Gleichzeitig entlastet es die Bank.
- Eine Zentralbank wird benötigt, um echtes Geld in digitale Währungseinheiten und umgedreht zu tauschen. Es werden keine Geschäftsbanken mit Gewinnorientierung benötigt. Eine Auszahlung und Aufladung zum Benutzer muss möglich sein.
- Grundeigenschaften von Geld wird aufgrund einer elektronischen Währung erfüllt:
 - Homogenität
 - Teilbarkeit
 - Haltbarkeit
 - Seltenheit

- Die sich im Umlauf befindlichen elektronischen Währungseinheiten müssen vollständig durch Devisen gedeckt sein. Das ist der Fall, wenn das eingezahlte Geld nicht risikobehaftet angelegt wird.

Eine Implementierung mit diesen Anforderungen erlaubt eine Monetarisierung der Signalarten und schränkt den Drang nach eigener maximaler Wertigkeit ein. Je besser eine Signalart ist, desto mehr muss demnach dafür bezahlt werden.

5.8. Zusammenfassung

Das Kapitel Architektur, Design und Implementierung legt dar, wie die Konzepte aus den vorhergehenden Kapiteln realisiert wurden. Die Kontextbewertung ist bei einem eintreffenden Ereignis, hier der Anruf, möglich. Diese wird wie beschrieben mit Hilfe eines Klassifikators auf eine Präsenz und dies wiederum auf eine Signalart abgebildet, die das Verhalten eines Mobiltelefons bei einem eintreffenden Ereignis beschreibt. Auch ist es mit Hilfe der Monetarisierung möglich, die Signalart zu beeinflussen und somit die Wichtigkeit eines Anrufes hervorzuheben. Diese Abwägung erfolgt in Anlehnung der beschriebenen Sozialen Protokolle, hier speziell der nonverbalen face-to-face-Kommunikation.

Die bereits gezeigte Abbildung 5.29 repräsentiert das Modell zur Präsenzbewertung. Eine App auf einem Smartphone bewertet mit unterschiedlichen Sensoren den Kontext, der anschließend mit einem Klassifikator auf eine Präsenz abgebildet wird.

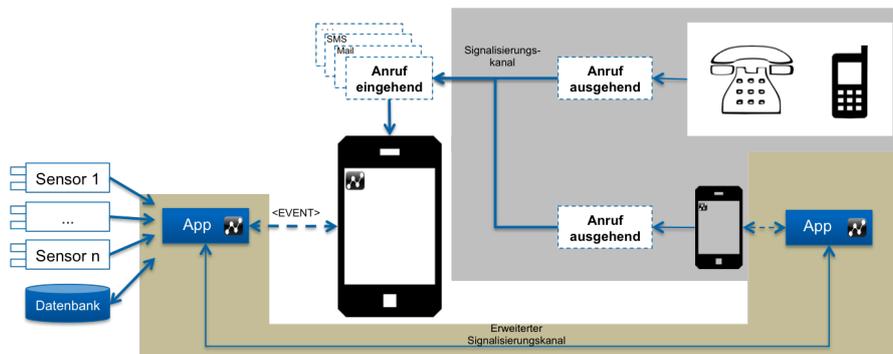


Abb. 5.29.: Kommunikationsmodell zur Präsenzbewertung. Die auf einem Mobiltelefon installierte App analysiert den Kontext des Mobiltelefons mit Hilfe von Sensoren. Das Ergebnis einer anschließenden Präsenzbewertung wird zur Entscheidung für die Signalart herangezogen.

In diesem Kapitel wurden verschiedene Dienste und Schnittstellen vorgestellt, z.B. Verbindungsmanagement zwischen Anrufer und Angerufenem zur Verwendung der Moneta-

risierung. Das Problem des Verbindungsaufbaus nur mit Hilfe von Rufnummern löst ein besonderer DNS-Server, alternativ ein eigener zentraler AMC-Server. Die beiden Server dienen der Monetarisierung, sie sind für die Präsenzbewertung nicht notwendig.

Des Weiteren wurde in diesem Kapitel auch die Möglichkeit der einfachen Erweiterung durch neue Sensoren beschrieben. Einschränkungen bezüglich des Prototypen wurden angesprochen und begründet.

Alle drei abschließenden Fallbeispiele zeigten, dass die Präsenzbewertung auch dann funktioniert, wenn nur der Angerufene die Software einsetzt. Daraus ergeben sich dann allerdings Einschränkungen, die Monetarisierung kann nicht verwendet werden. Das liegt daran, dass der Anrufer nicht an das Bezahlungssystem gebunden ist. Der Anrufer hat keine Möglichkeit, seinen Anruf mit einer höheren Wichtigkeit zu versehen.

In wenigen Jahren wird auf deutlich mehr Mobiltelefonen Machine Learning betrieben. Dies bringt zukünftig den Vorteil, dass keine zentralen Dienste zur Präsenzbewertung mehr benötigt werden. Es ist anzunehmen, dass mit den neuen, zusätzlichen Co-Prozessoren ab 2020 die Präsenzbewertung direkt auf dem eigenen Mobiltelefon durchgeführt werden kann.

6. Evaluierung

Die Qualität und damit die Genauigkeit der Präsenzbewertungen des Prototypen lassen sich mit Hilfe der Kenngrößen von Klassifikatoren aus Abschnitt 3.1 beschreiben. Um diese Kenngrößen anhand verschiedener Datensätze zu ermitteln, existieren verschiedene Auswahlverfahren. Sie spezifizieren welche der Datensätze als Trainingsdaten und welche als Testdaten verwendet werden. Drei gängige Verfahren werden in Abschnitt 6.1.1 beschrieben. Damit können Aussagen über die Genauigkeit eines Klassifikators getroffen werden. Um jedoch eine Empfehlung für einen Klassifikator geben zu können, sollten mehrere hinsichtlich ihrer Genauigkeit betrachtet werden. In der Literatur existieren verschiedene Ansätze, mit denen unterschiedliche Klassifikatoren verglichen werden können. Sie werden in Abschnitt 6.1.2 vorgestellt.

Im Abschnitt 6.2 wird kurz darauf eingegangen, wie die Datensätze für die Evaluierung erfasst, verarbeitet und gespeichert wurden. Abschließend erfolgt der eigentliche Vergleich der in Kapitel 3 beschriebenen Klassifikatoren.

6.1. Methodik

Die folgenden Abschnitte beschreiben mögliche Kenngrößen zum Vergleich von Klassifikatoren. Hierbei wird zur Auswahl der Trainings- und Testdaten auf die Verfahren Holdout und Bootstrap näher eingegangen.

6.1.1. Kenngrößenermittlung

Um die Effizienz der in Kapitel 3 vorgestellten Klassifikatoren vergleichen zu können, werden Testdaten benötigt. Sie wurden mit Hilfe der im Abschnitt 5.5 beschriebenen Referenzimplementierung aufgenommen und in einer mySQL Datenbank abgespeichert.

Anschließend konnten die Test- und Trainingsdaten wiederholt mit anderen Klassifikatoren klassifiziert werden. Um eine Beurteilung der tatsächlichen Genauigkeit bzw. der tatsächlichen Fehlerrate vorzunehmen, existieren mehrere Verfahren, wie aus einer Menge von Daten Trainings- und Testdaten gewonnen werden. Dies wird auch als Separation von Daten bezeichnet. Es erlaubt eine Abschätzung auch auf neue, ungesehene Daten. Zur Separation zählen die bekannten Verfahren wie *holdout*, *cross validation* oder *bootstrap*.

Alle Verfahren dienen der Vermeidung von zu optimistischen Genauigkeiten, denn wenn die Trainingsdaten sowohl zum Training als auch zum Testen verwendet werden, ist das Ergebnis verfälscht. Der Klassifikator hat sich in solchen Fällen zu stark an die bekannten Daten angepasst und das Ergebnis ist daher zu genau. Diese Anpassung wird auch als *overfitting* des Klassifikators bezeichnet, eine zu starke Anpassung an die Trainingsdaten.

Holdout-Verfahren und Kreuzvalidierung

Datenmengen werden beim *Holdout*-Verfahren in zwei disjunkte Teilmengen aufgeteilt, üblicherweise $\frac{2}{3}$ für das Training und $\frac{1}{3}$ zum Testen. Andere Verteilungen sind möglich und orientieren sich an der Größe des gesamten Datensatzes. Eine nähere Betrachtung der Aufteilungen unternehmen STECKEL und VANHONACKER [102]. Der Teil zum Testen wird als *holdout* bezeichnet und prägt den Namen dieses Verfahrens. Die resultierende Trainingsmenge wird zum Lernen des Klassifikators verwendet, die Testdaten ausschließlich zur Ermittlung der Genauigkeit des Klassifizierers. Die Testdaten haben keinen Einfluss auf das Lernen. Auch bei der Zuordnung der Datensätze in die Teilmengen gibt es verschiedenste Ansätze, meist erfolgt die Auswahl per Zufall [2]. Abbildung 6.1 zeigt den Ablauf des *Holdout*-Verfahrens mit den Teilschritten Separierung, Lernen, Klassifizieren und Testen.

Ein entscheidender Nachteil des *Holdout*-Verfahrens ist der, dass nicht alle bekannten Daten in der Datenmenge zum Trainieren verwendet werden. So kann es passieren, dass nicht alle Kenngrößen durch das Lernverfahren in der Wissensdatenbank (KB) integriert werden. Eine Verbesserung dieses Ansatzes liefert das Verfahren der *Kreuzvalidierung*, da dort die Datenmenge immer wieder unterschiedlich aufgeteilt wird. So wird beim *Random Subsampling* das Handout-Verfahren k -mal wiederholt und die Daten werden immer per Zufall den zwei Teilmengen zugeordnet. Anschließend wird der Durchschnitt aus den Genauigkeiten der einzelnen Klassifikationen gebildet.

Ein weiterer Ansatz ist die k -fache *Kreuzvalidierung*. Dabei wird die Datenmenge in k

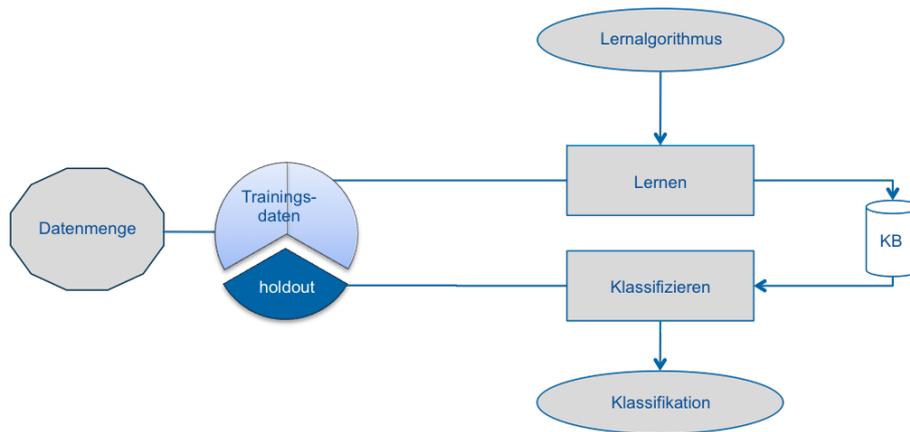


Abb. 6.1.: Separierung der Daten nach dem Holdout-Verfahren mit einem Holdout-Anteil von $\frac{1}{3}$.

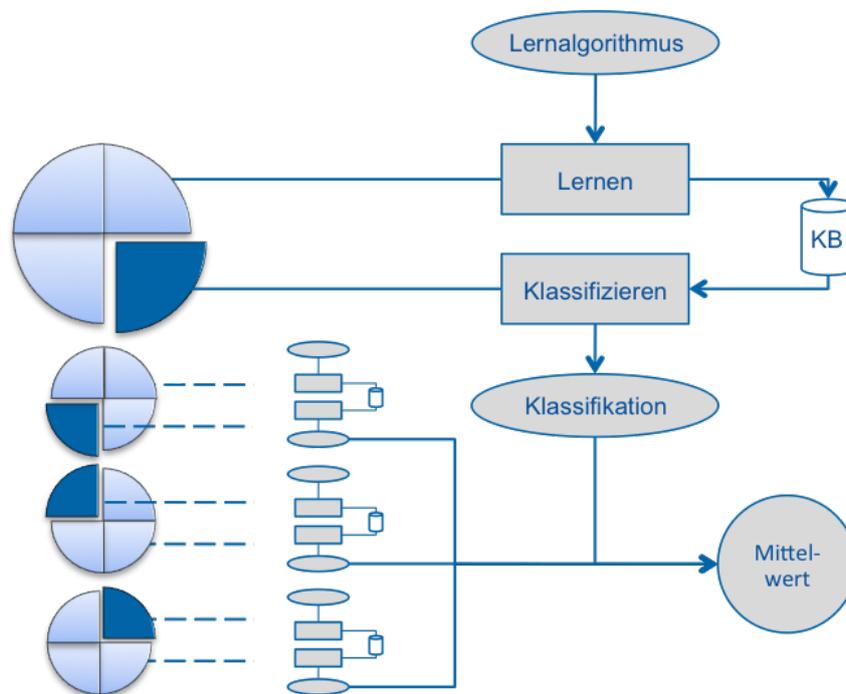


Abb. 6.2.: k -fache Kreuzvalidierung am Beispiel mit $k=4$. Von allen Klassifikationsergebnissen wird der Mittelwert gebildet.

disjunkte Teilmengen mit gleicher Größe eingeteilt. Insgesamt wird k -mal gelernt und k -mal klassifiziert. Die Testdatenmenge ist jeweils die i -te Teilmenge, der Rest sind die Trainingsdaten. Wie beim Random Subsampling wird anschließend der Durchschnitt aus den einzelnen Klassifikationen gebildet. Abbildung 6.2 zeigt die k -fache Kreuzvalidierung, hier in unserem Fall mit $k = 4$. Vorteil dieses Verfahrens ist die Unabhängigkeit der Aufteilung des Datensatzes, da jeder Datensatz zum Lernen und Testen verwendet

wird. BREIMAN und SPECTOR [14] beschreiben, dass die *k-fache Kreuzvalidierung* mit $k = 5$ und $k = 10$ sehr gut geeignet ist. Sie sei zudem der *Leave-One-Out-Methode* [57] überlegen, bei der die k Teilmengen jeweils die Größe 1 haben. Eine deutlich komplexere Modifizierung ist die *stratifizierte Kreuzvalidierung*. Bei dieser wird versucht, die einzelnen Datensätze in den Teilmengen so zu verteilen, dass auch die Klassen gleichverteilt sind. [2]

Bootstrap-Verfahren

Eines der komplexeren Auswahlverfahren der Trainings- und Testdaten ist das Bootstrap-Verfahren. Es unterscheidet sich von der Kreuzvalidierung darin, dass die Teilmengen nicht disjunkt sind. Es entspricht statistisch gesehen dem gleichmäßigen Ziehen mit Zurücklegen. Bei einem Verfahren wird aus n Datensätzen n mal einer ausgewählt und wieder zurückgelegt, die mehrfache Auswahl ist möglich. Die n gezogenen Datensätze entsprechen anschließend den Trainingsdaten. Die zu dieser Menge disjunkten Daten, die ungezogenen, bilden die Testdaten. Wie bei der *Kreuzvalidierung* wird dieser Vorgang k -mal wiederholt.

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Datensatz gezogen wird entspricht $\frac{1}{n}$, und dass dieser nicht gezogen wird $1 - \frac{1}{n}$. Diese Wahrscheinlichkeit multipliziert sich mit der Anzahl der Ziehungen, bei bootstrap n -mal. Nach der Gleichung (6.1) kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass ein Datensatz überhaupt nicht gezogen wird.

$$\left(1 - \frac{1}{n}\right)^n \approx e^{-1} \approx 0,368 \quad (6.1)$$

Bei einer größeren Menge an Daten beinhaltet die Testmenge 63,2 % und die Trainingsmenge 36,8 % an Datensätzen. Dieses Verfahren wird als Bootstrap 0.632 bezeichnet. Der Name leitet sich offensichtlich von der Wahrscheinlichkeit der Testmenge ab mit 63,2 % ab. Unter Berücksichtigung der Anzahl der Wiederholungen folgt die Gleichung (6.2) zur Ermittlung der Genauigkeit nach Bootstrap. K_i ist dabei der gelernte Klassifikator der i -ten Iteration bei insgesamt k Wiederholungen.

$$accuracy = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (0,632 \cdot accuracy(K_i)_{test} + 0,368 \cdot accuracy(K_i)_{train}) \quad (6.2)$$

6.1.2. Vergleich von Klassifikatoren

Dieser Abschnitt beschreibt zwei verschiedene Möglichkeiten, Kenngrößen verschiedener Klassifikatoren miteinander zu vergleichen.

Eines der bekanntesten Verfahren sind die sogenannten *ROC-Kurven*, engl. für **R**eceiver **O**perating **C**haracteristics. Sie haben ihren eigentlichen Ursprung in der Signalverarbeitung. EGAN nutzte im Jahr 1975 die ROC-Kurven zur Visualisierung von ‚hit rates‘ und ‚false alarm rates‘ [29]. Im Jahr 1989 wurden ROC-Kurven erstmals im Bereich des Maschinellen Lernens durch SPACKMAN [99] eingesetzt. Auch die Medizin entdeckte diese Art der Visualisierung von Eigenschaften im Bereich der Diagnostik. ROC-Kurven sind zweidimensional und bilden die TP-Rate (*true positive rate*) und FP-Rate (*false positive rate*) ab. Um die Begriffe TP und TP-Rate besser zu unterscheiden, wird true positive in dieser Arbeit wie gewohnt mit *TP* abgekürzt und die TP-Rate mit *tpr*. Dies gilt analog für FP und die FP-Rate. Die *tpr* wird immer auf der Ordinaten- und die *fpr* auf der Abszissenachse abgebildet. Die Abbildung 6.3 zeigt links eine ROC-Kurve für vier diskrete Klassifikatoren. Rechts daneben ebenfalls eine ROC-Kurve, hier allerdings für drei kontinuierliche Klassifikatoren.

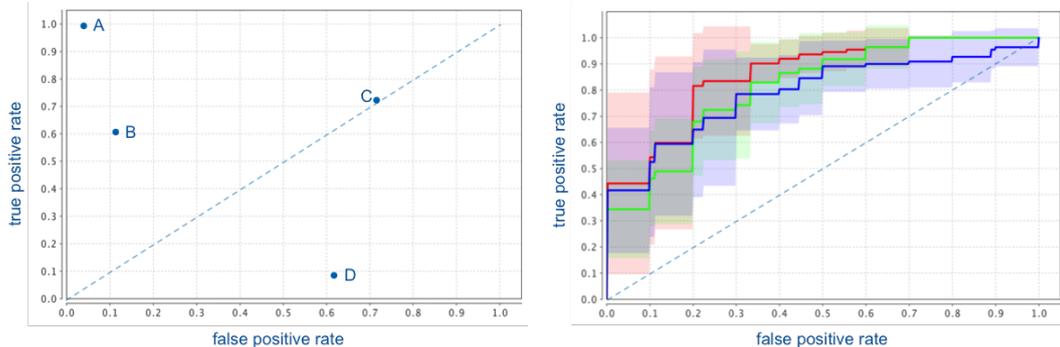


Abb. 6.3.: Visualisierung der *tpr* (true positive rate) und *fpr* (false positive rate) mit Hilfe von ROC-Diagrammen. Links eine Darstellung für vier diskrete Klassifikatoren. Rechts eine Visualisierung der ROC-Kurve für drei kontinuierliche Klassifikatoren.

Die Bedeutung von *fpr* wurde bereits erläutert. Es handelt sich dabei um die Sensitivität des Klassifikators und lässt sich mit Hilfe der Gleichung (3.4) auf Seite 59 berechnen. Wie sich die *fpr* berechnen lässt, ist in Gleichung (6.3) gezeigt. Sie hängt direkt mit der Spezifität (Gleichung (3.5)) zusammen. Nimmt die Spezifität zu, verringert sich die *fpr*.

$$\text{false positive rate} = 1 - \frac{f_{00}}{f_{01} + f_{00}} = 1 - \text{specificity} \quad (6.3)$$

Minimalbeispiel mit zwei Klassen: Eine Klassifikator zur SPAM-Erkennung hat eine tpr von 40 % und eine fpr von 2 %. Nun soll dieser 100 E-Mails überprüfen, deren Anteil von SPAM und Nicht-SPAM gleichverteilt ist. Der Klassifikator würde 20 E-Mails korrekt als Spam erkennen. 30 Werbemails werden nicht als solche erkannt und fälschlicherweise mit den anderen Nachrichten zugestellt. Der Klassifikator hat jedoch seine Stärken in der Erkennung von Nicht-SPAM. Mit seiner Spezifität von 98 % erkennt er 49 E-Mails korrekt als Nicht-SPAM. Nur eine einzige E-Mail wird falsch klassifiziert.

Anhand dieses Beispiels ist sichtbar, dass die Genauigkeiten des Klassifikators getrennt betrachtet werden müssen. Zur Visualisierung wie in Abbildung 6.3 links dienen die bereits erwähnten ROC-Diagramme. Die folgenden Interpretationen zu ausgewählten Koordinaten verdeutlichen das Prinzip:

- $(0; 0)$: Dieser Punkt besagt, dass der Klassifikator keine korrekten Vorhersagen tätigt. Das heißt, keine true positives noch true negatives.
- $(1; 1)$: Analog zu $(0; 0)$, jedoch bezogen auf falsche Vorhersagen.
- $(0; 1)$: Dieser Punkt wird erreicht, wenn der Klassifikator ohne Fehler arbeitet.
- $f(fpr) = fpr$: Je näher die Werte an diese Funktion herankommen, desto zufälliger arbeitet der Klassifikator. Die Vorhersagen entsprechen einem Zufallsprozess.
- allgemein: Die Kurve zeigt den Kompromiss (*trade off*) zwischen Sensitivität und Spezifität. Eine Erhöhung des einen führt zu einer Verschlechterung des anderen. Teilweise werden auch die Bezeichnungen *konservativer* bzw. *liberaler Klassifikator* verwendet. Wenn ein Klassifikator der linken unteren Hälfte zuzuordnen ist, dann bedeutet dies konservativ. Im Gegensatz dazu ist ein Klassifikator liberal, wenn er in der oberen rechten Hälfte wiederzufinden ist.

ROC-Kurven entstehen bei nicht diskreten Klassifikatoren wie beispielsweise bei Naive Bayes-Klassifikatoren. Bei diesen hängt die Entscheidung von einer Schwelle ab. Liegt der Wert oberhalb der Schwelle, dann wird sich für die Klasse entschieden, unterhalb dagegen. Jeder Schwellenwert repräsentiert dabei eine Koordinate im ROC-Diagramm. Die ROC-Kurven entstehen, wenn die Schwelle von $-\infty$ zu $+\infty$ verläuft. Der Klassifikator arbeitet zuverlässiger, je steiler die Kurve ansteigt. Die Fläche unterhalb der Kurve

wird als ROC AUC (engl. **A**rea **U**nder **C**urve) bezeichnet und lässt sich nach Gleichung (6.4) berechnen. Die Fläche ist zwischen 0,5 und 1. Ein optimaler Klassifikator hat den Flächeninhalt von 1, der Anstieg verläuft senkrecht von Punkt (0, 0) bis (0, 1) und anschließend waagrecht. Nimmt die Fläche den Wert 0,5 ein, entspricht dies wieder der Funktion $f(fpr) = fpr$, der Klassifikator arbeitet zufällig gleichverteilt. Rein rechnerisch sind auch Werte kleiner 0,5 möglich, dies entspricht aber aus Sicht der Informationstheorie dem gleichen Informationsgehalt, da die Interpretation nur vertauscht werden muss. Die optimale Schwelle für den Klassifikator lässt sich leicht ablesen. Der optimale Punkt auf der ROC-Kurve muss den maximalen Abstand zur Funktion $f(fpr) = fpr$ aufweisen. Es ist der Normalenabstand zur angegebenen Funktion zu maximieren. Abbildung 6.4 veranschaulicht das Maximierungsproblem. [29], [110], [116]

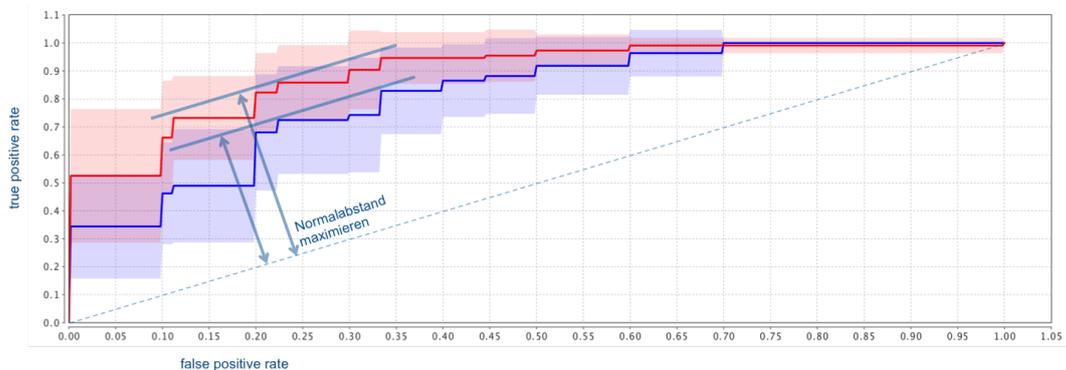


Abb. 6.4.: Zur Auswahl des besten Schwellenwertes muss der Normalabstand zwischen $f(fpr) = fpr$ und der ROC-Kurve maximiert werden. An dieser Stelle weist die ROC-Kurve das beste Verhältnis zwischen fpr und tpr auf.

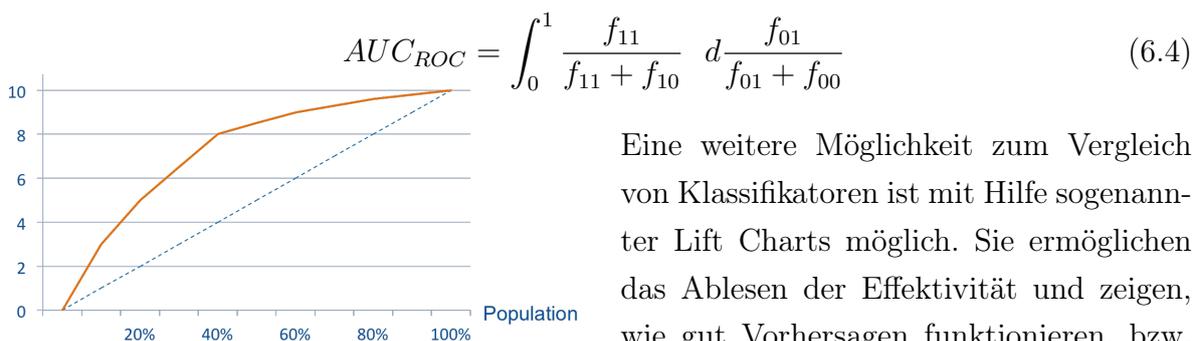


Abb. 6.5.: Beispiel für Lift Chart. Der Klassifikator steht im Vergleich mit der Funktion $y(x) = x$.

Eine weitere Möglichkeit zum Vergleich von Klassifikatoren ist mit Hilfe sogenannter Lift Charts möglich. Sie ermöglichen das Ablesen der Effektivität und zeigen, wie gut Vorhersagen funktionieren, bzw. wie viel Aufwand betrieben werden muss, um eine bestimmte Zielfunktion zu erreichen. Abbildung 6.5 zeigt einen Lift Chart für einen fiktiven Klassifikator. Auf der

Abszisse werden die benötigten Datensätze zwischen 0 % und 100 % abgebildet, auch als Population bezeichnet. Die Ordinate bildet in Abhängigkeit zur Abszisse entweder die relative Häufigkeit oder die absolute Anzahl der korrekten Klassifikationsergebnisse ab.

6.2. Durchführung und Auswertung

Während und auch nach Fertigstellung der Referenzimplementierung wurden unterschiedliche Versuche durchgeführt und dabei Sensorwerte sowie Klassifikationsergebnisse aufgezeichnet. Ein abschließender Test über drei Monate mit zehn Probanden generierte über 1000 Aufzeichnungen.

6.2.1. Sammeln von Daten

Vier Probanden wurden für einen Dreimonatstest in die Funktionalität von AWV eingewiesen. Von den zehn Probanden erhielten vier ein Android Smartphone mit AWV beziehungsweise die AWV Software installiert. Diese sollten ihr Mobiltelefon im Testzeitraum bei allen ihren Tagesaufgaben mit sich führen. Sie sollten das Telefon im privaten als auch im beruflichen Alltag soweit wie möglich integrieren und nutzen. Die AWV Anwendung ist bei allen vier Probanden fast identisch. Nur der Kollektorsensor Kalender wurde bei zwei Probanden deaktiviert. Eine vorhergehende Analyse des Kalenders zeigte, dass alle Tagesaufgaben, Meetings sowie Termine bei diesen beiden im Kalender digital erfasst sind. Durchschnittlich waren 3,4 Kalendereinträge pro Tag bei den Probanden 1 und 2 eingetragen. Die anderen beiden benutzten keinen digitalen Kalender auf ihrem Mobiltelefon, der Kollektor Kalender war aus diesem Grund nicht aktiviert. Die Probanden 1 bis 4 kennen sich untereinander sehr gut und telefonieren auch häufig miteinander. Die Probanden 5 bis 10 ohne AWV kennen die Probanden 1 bis 4, die Bekanntheit untereinander selbst zwischen 5 bis 10 ist nicht erfasst und somit unbekannt. Diese benutzen die AWV Anwendung nicht, aus diesem Grund konnten Anrufe untereinander auch nicht ermittelt werden. Erfasst wurden alle eingehenden Anrufe bei den Probanden 1 bis 4. Hierzu zählen auch Anrufe, die nicht von den Probanden 5 bis 10 generiert worden. Die Gruppe der Probanden setzt sich aus Familienmitgliedern als auch Arbeitskollegen zusammen.

Wichtig ist noch zu bemerken, dass die Probanden mit AWW über den gesamten Zeitraum eine Bewertung mit dem Feedback-Dialog durchführen mussten. Nur so kann im Nachhinein festgestellt werden, wie genau der Präsenzbewerter arbeitet. Im gesamten Zeitraum von drei Monaten wurde demnach das Model des Klassifikators gelernt und angepasst. Insgesamt entstanden durch den Test vier individuelle Klassifikationsmodelle für die Probanden 1 bis 4.

Bemerkung: Nach einem Monat wurde eine Zwischenanalyse durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass das Telefonieaufkommen tagsüber sehr gering ist und auch gegen Abend fast keine Telefonate untereinander durchgeführt wurden. Um mehr auswertbare Anrufe zu erhalten, wurde nach der Zwischenanalyse allen Probanden der Hinweis gegeben, ihre F2F-Kommunikation zu reduzieren und bei Anliegen direkt zum Telefon zu greifen. Auch sollten möglichst alle sozialen Protokolle missachtet werden. Dies soll Anrufe auch zu ungünstigen Tageszeiten generieren. Nach diesem Hinweis haben sich die Anrufe im selben Zeitraum fast verdoppelt.

Proband	Alter des Pro- banden	AWV	Anzahl eingehender Anrufe	Bemerkung
1	33	ja	248	vollwertige AWW Installation
2	34	ja	174	vollwertige AWW Installation
3	35	ja	374	exkl. Sensor Kalender
4	31	ja	212	exkl. Sensor Kalender
5	29	nein	-	
6	58	nein	-	
7	34	nein	-	
8	64	nein	-	
9	60	nein	-	
10	74	nein	-	

Tab. 6.1.: Informationen über die Probanden hinsichtlich ihres Alters, der Anzahl erfasster Anrufe im dreimonatigen Zeitraum. Die Probanden 1 bis 4 setzten die AWW Software ein. Die Probanden 5 bis 10 dienten zur Erhöhung der Anzahl der Anrufe bei den Probanden 1 bis 4.

6.2.2. Befragung der Probanden

Nach den drei Monaten wurden die Probanden 1 bis 4 zu einer kurzen Befragung eingeladen. Folgende Fragen wurden den Probanden dabei gestellt:

1. Wie sind Sie mit AWW zurechtgekommen, konnten Sie es bedienen?
2. Wie empfanden Sie die Bewertung mit Hilfe des Feedback-Dialogs?
3. Wie empfanden Sie die Genauigkeit der ermittelten Signalart?
4. Wie empfanden Sie die Verhandlung einer besseren Signalart nach einem fehlgeschlagenem Anruf?
5. Würden Sie AWW auch weiterhin einsetzen wollen?
6. Haben Sie noch Hinweise oder Wünsche?

Die Frage 1 bzgl. der Bedienung wurde durchweg positiv beantwortet. Die Probanden bestätigten, dass aufgrund der wenigen Interaktionsmöglichkeiten die Bedienung sehr einfach ist. Ein Proband wies darauf hin, dass anfängliche Schwierigkeiten mit Hilfe anderer Probanden gelöst worden.

Drei Probanden äußerten sich hinsichtlich des Feedback-Dialogs eher negativ. Sie konnten anfangs nachvollziehen, warum dieser Dialog nach einem Telefonat benötigt wird. Empfanden aber den Testzeitraum von drei Monaten zu lang und hätten lieber nach einer kurzen Zeit darauf verzichtet. Die Probanden teilten unter anderem als Grund mit, dass sie dies nicht gewohnt seien und dadurch eingeschränkt werden. Proband 3 empfand den Feedback-Dialog als nicht störend.

Alle vier Probanden empfanden zu Beginn des Testzeitraumes die ermittelten Signalarten als zufällige Entscheidungen. Die Probanden 1, 3 und 4 erkannten jedoch eine Verbesserung der Genauigkeit nach ca. 2 Wochen. Durch gezieltes Nachfragen bei Proband 2 bestätigter dieser, dass nach ca. 1 Monat ein zufriedenstellendes Ergebnis eintrat. Vermutlich liegt die Ursache bei der Anzahl der Anrufe. Wie in Tabelle 6.2.1 zu sehen, hat Proband 2 die wenigsten Anrufe innerhalb der drei Monate erhalten, in 4 Wochen nur ca. 20 Anrufe. Die Probanden 1, 3 und 4 hatten im Vergleich ihre 20 Anrufe alle schon nach spätestens 2 Wochen.

Die Verhandlung zur Verbesserung der Signalart verwendeten allen 4 Probanden nur wenig. Alle Probanden gaben an, dass dieses System ungewohnt sei. Zwei verschiedene Probanden hatten die Funktion, einen Anruf zu wiederholen, sogar teilweise wieder vergessen.

Frage 5 beantworteten alle Probanden positiv. Sie gaben jedoch an, dass der Feedback-Dialog deaktiviert werden muss. Die Bewertung der Anrufe mit dem Feedback-Dialog empfanden die Probanden als zu lang und störend.

Wünsche und Anmerkungen haben die Probanden nicht geäußert. Ein Proband stellte bzgl. 5. die Frage, ob ein längerer Einsatz von AWW negative Einflüsse bezüglich der Akkulaufzeit habe. Dies wurde mit der Antwort zur Gegenfrage "Konnten Sie Einschränkungen in den letzten drei Monaten feststellen?" teilweise schon von selbst beantwortet. Der Proband konnte keine Einschränkungen oder häufigeres Laden feststellen. AWW läuft als Service in Android. Eine ständige Abfrage der Sensorwerte durch den Kollektor findet nicht statt und verbraucht dadurch auch nicht permanent Strom. Nur bei einem Anruf werden die Sensorwerte erfasst.

6.2.3. Klassifikationsgenauigkeit eines Probanden

Die gesammelten Daten von vier Probanden haben einen Umfang von 1008 Anrufen. Im folgenden wird Proband 1 genauer betrachtet. Dieser verwendet intensiv seinen digitalen Google Kalender. Außerdem liegt Proband 1 hinsichtlich aller eingehenden Anrufe (248) sehr nah am Mittelwert von 252 Anrufen (1008 Anrufe bei 4 Probanden). Dieser Proband entspricht bei der aufgezeichneten Testmenge am ehesten dem Normalnutzer hinsichtlich des Telefonieverhalten.

Im Abschnitt 3.1 wurden Kenngrößen und im Abschnitt 6.1.2 Vergleichsmöglichkeiten von Klassifikatoren vorgestellt. Mit Hilfe einer Konfusionsmatrix und ROC-Kurven sollen die Kenngrößen der verschiedenen Klassifikatoren aufgezeigt werden. ROC-Kurven werden überwiegend zur Betrachtung zweier Klassen eingesetzt. Es gibt jedoch auch wissenschaftliche Ansätze, um Mehrklassen-Entscheidungen mit Hilfe von ROC-Kurven zu visualisieren [30]. Diese Verfahren dienen aber überwiegend der Visualisierung, ein Erkennen, Ablesen und Interpretieren von Kenngrößen ist nur schwer möglich. Da in dieser Arbeit nicht nur zwei Klassen für die Signalart verwendet wurden, müssen die sechs Signalarten auf 2-Klassen-Probleme transformiert werden. Dadurch entstehen sechs neue

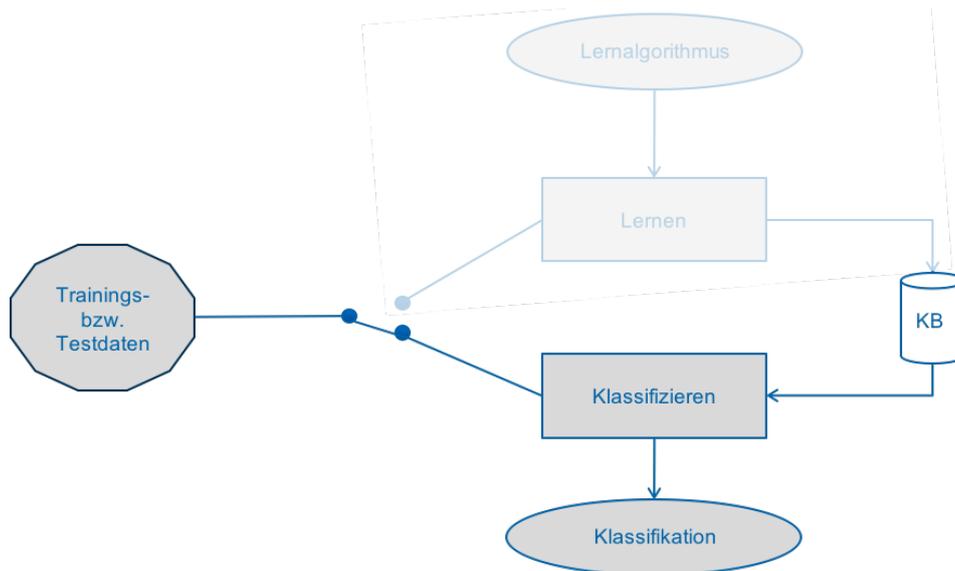


Abb. 6.6.: Der Lernprozess wird zum Vergleich der Klassifikatoren ausgeblendet. Nun werden nur noch Testdaten ausgewählt und klassifiziert. Anhand des gelernten Feedbacks kann die Genauigkeit ermittelt werden.

Teilprobleme. Dieses Verfahren wird auch als *One Against All* (Einer gegen Alle) bezeichnet und wird hauptsächlich bei Mehrklassenproblemen angewendet. Nun ist es möglich die ROC-Kurven für jedes Teilproblem darzustellen. Die ROC-Kurve der Abbildung 6.7 zeigt die in Abschnitt 3.2 beschriebenen Klassifikatoren “Entscheidungsbaum”, “Bayes” sowie “Support Vector Machines” für den Probanden 1 der Teilklasse “Lautlos”.

Für Proband 1 konnten sehr gute Ergebnisse mit dem Bayes Klassifikator erzielt werden. Der Anstieg ist sehr steil und der Abstand zur Funktion $f(fpr) = fpr$ ist maximal im Vergleich zu den anderen beiden Klassifikatoren. Die Klassifikatoren “Entscheidungsbaum” und “SVM” sind ähnlich in ihrem Verlauf und anhand der ROC-Kurve eher ungünstig. Sie sind der Funktion $f(fpr) = fpr$ zu ähnlich. Auch im Vergleich mit den anderen Probanden liefert der Bayes Klassifikator das beste Ergebnis.

Abbildung 6.8 zeigt die erweiterte Konfusionsmatrix für alle Signalarten und gibt die Exaktheit der Erkennung innerhalb der Signalart an, siehe auch Gleichung (3.6) auf Seite 59. Wie dort erwähnt, beschreibt sie das Verhältnis der korrekt erkannten Testdaten der jeweiligen Signalart über alle zur erkannten Signalart erkannten Werte. Die höchste Genauigkeit konnte bei der Klasse *Vibration* erzielt werden. Hier liegt die Genauigkeit, wie in der Formel 6.5 zu sehen, bei 73 %.

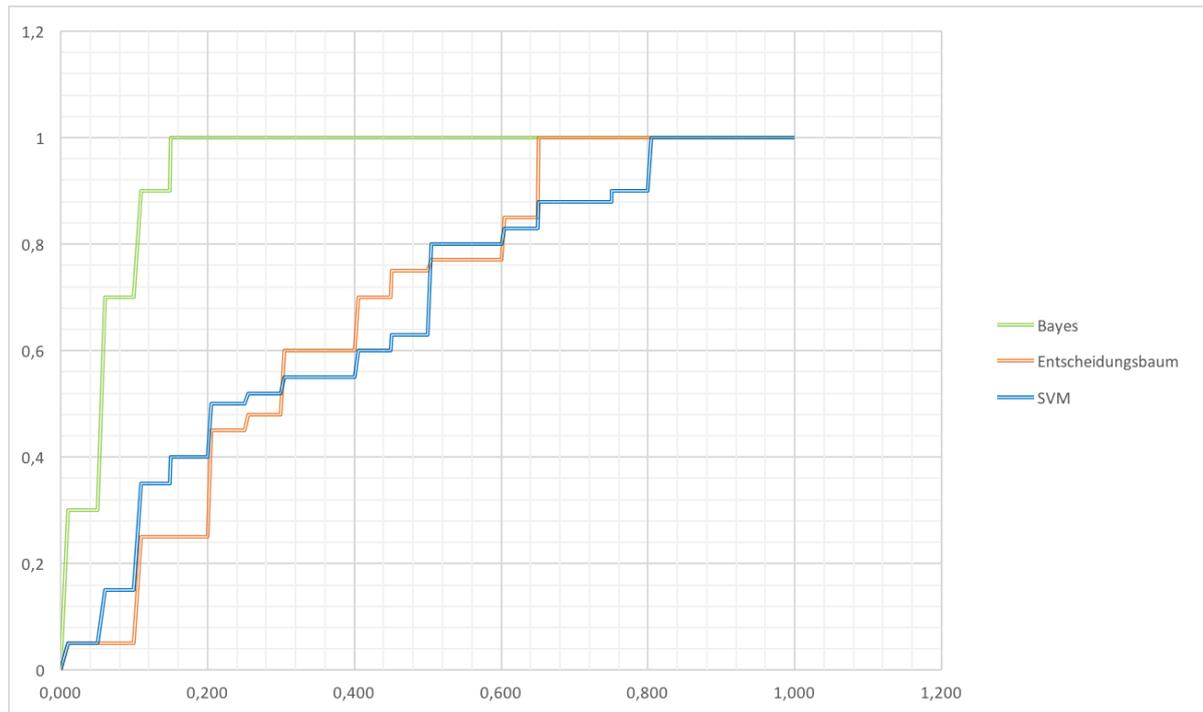


Abb. 6.7.: ROC-Kurve für den Probanden 1 im Teilklassenproblem “Lautlos”. Die y-Achse entspricht der true-positive-rate, die x-Achse stellt die false-positive-rate dar. Es ist anhand des Bayes Klassifikators gut zu erkennen, dass er deutlich bessere Ergebnisse hervorruft als die anderen beiden Klassifikatoren.

	Ablehnen	Klingeln	Vibration	Lautlos	Kurzer Ton	Klingeln mit Vibration	Summe	Präzision Entscheidungsbaum	Präzision Bayes	Präzision SVM
Ablehnen	12	2	2	3	4	4	27	0,39	0,44	0,44
Klingeln	4	43	5	2	3	5	62	0,48	0,69	0,40
Vibration	3	1	35	2	4	3	48	0,55	0,73	0,58
Lautlos	8	2	3	19	1	1	34	0,50	0,56	0,30
Kurzer Ton	0	0	2	5	5	5	17	0,30	0,29	0,10
Klingeln mit Vibration	0	11	5	1	3	40	60	0,65	0,67	0,80
Summe	27	59	52	32	20	58	248			
Sensitivität Entscheidungsbaum	0,40	0,53	0,47	0,54	0,29	0,57				
Sensitivität Bayes	0,44	0,73	0,67	0,59	0,25	0,69				
Sensitivität SVM	0,30	0,77	0,60	0,65	0,10	0,70				

Abb. 6.8.: Konfusionsmatrix des Probanden 1 mit insgesamt 248 Anrufen.

$$precision = \frac{f_{TPV}^{Vibration}}{f_{TPV}^{Vibration} + f_{FPV}^{Vibration}} = \frac{35}{35 + 13} = \frac{35}{48} = 0.73 \quad (6.5)$$

Außerdem ist zu erkennen, dass neben der Klasse *Vibration* noch die Klasse *Klingeln* sehr gute Erkennungsraten aufzeigt, ebenso die Kombination beider Klassen, *Klingeln mit Vibration*. Gleichzeitig ist aber auch zu verzeichnen, dass diese Klassen generell eine hohe Tendenz aufzeigen. Dieser Wert lässt sich anhand der Sensitivität ablesen. Sie gibt

das Verhältnis zwischen korrekt erkannter Signalart und dieser Signalart fälschlicherweise zugeordneten Signalarten. Anhand der Konfusionsmatrix ist die höchste Sensitivität bei der Klasse *Klingeln* vorzufinden.

$$sensitivity = \frac{f_{TPKlingeln}}{f_{TPKlingeln} + f_{FNKlingeln}} = \frac{43}{43 + 16} = \frac{43}{59} = 0.73 \quad (6.6)$$

Als Ursache für die starke Tendenz wird hier der Zusammenhang zwischen der Klasse *Klingeln* und *Klingeln mit Vibration* vermutet. Wahrscheinlich ist die Entscheidung des Probanden beim Feedback bei diesen beiden Klassen willkürlich gewesen. Dies spiegelt die ebenso hohe Sensitivität der Klasse *Klingeln mit Vibration* wieder. Trotz dieser hohen Werte ist die Genauigkeit bei den Klassen sehr gut, mehr als $\frac{2}{3}$ wurden jeweils richtig erkannt.

Bei dieser Auswertung von Proband 1 ist festzustellen, dass es keinen idealen Klassifikator gibt, der in allen Klassen bzw. Signalarten immer die besten Ergebnisse liefert. Die Support Vector Machine in der Klasse *Klingeln mit Vibration* erreicht eine höhere Präzision verglichen mit dem Bayes Klassifikator.

Hinweis

Es ist anzumerken, dass Klassifikationsergebnisse unterhalb von 0,5 nicht unbedingt schlechte Ergebnisse sind. Die Werte müssen vielmehr im Gesamten betrachtet werden. Bei sechs verschiedenen Teilklassen ist der Referenzwert $\frac{1}{6}$, das entspricht rund 0,17. Vorhersagen mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 0,17 sind bessere Ergebnisse als bei einer angenommenen Gleichverteilung mit Würfeln, siehe auch 6.2.5.

6.2.4. Klassifikationsgenauigkeit über alle Probanden

Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, zeigten die drei unterschiedlichen Klassifikatoren vereinzelt Schwächen bzgl. Genauigkeit in den einzelnen Klassen. In der Referenzimplementierung wurde über den gesamten Testzeitraum und bei allen Probanden der gleiche Klassifikator verwendet. Aus diesem Grund wird folgend in der Abbildung 6.9 eine Übersicht über die drei Klassifikatoren und den vier auswertbaren Probanden 1 bis 4 über alle Klassen gegeben. Zusätzlich wurde noch eine Auswertung über alle Probanden durchgeführt, um eine Aussage über die allgemeine Güte der Klassifikatoren zu treffen.

Hierfür wurde die Zuordnung zum Probanden entfernt und die Auswertung bzw. Trainingsdaten über 1008 Anrufe gewählt. Erstaunlicherweise konnte eine höhere Präzision bei der Verwendung des Bayes Klassifikators über alle Probanden erzielt werden, obwohl kein spezielles Training für diese Testmenge vorgenommen worden ist. Es handelt sich hier jedoch um ein nicht deterministisches Ergebnis, sowohl in der Arbeit von LORENZ [64] als auch in einem vorhergehenden Test mit Auswertung von GOMMLICH [35] konnte dies nicht reproduziert werden. Bei diesen Tests konnte die SVM mit nutzerbezogenen Daten, probandenbezogene Trainingsdaten, genauere Vorhersagen treffen als ein ungelerner Test über alle Probanden.

In Abbildung 6.9 ist ersichtlich, dass der Klassifikator SVM mit umfangreicheren Trainingsdaten bessere Ergebnisse liefert als mit weniger Daten. Dies ist im Versuch zwischen den Probanden 2 und 3 deutlich erkennbar. Jedoch liefert der Klassifikator über alle Probanden betrachtet im Durchschnitt schlechtere Ergebnisse.

		Proband 1 (248 Anrufe)	Proband 2 (174 Anrufe)	Proband 3 (374 Anrufe)	Proband 4 (212 Anrufe)	Alle Probanden (1008 Anrufe)
Präzision	Entscheidungsbaum	0,48	0,25	0,49	0,50	0,51
	Bayes	0,50	0,32	0,60	0,47	0,39
	SVM	0,44	0,09	0,68	0,43	0,512
Sensitivität	Entscheidungsbaum	0,47	0,35	0,35	0,55	0,32
	Bayes	0,56	0,39	0,30	0,48	0,46
	SVM	0,52	0,35	0,55	0,53	0,42

Abb. 6.9.: Genauigkeit und Sensitivität über alle Signalarten gemittelt für die Probanden 1 bis 4. Zusätzlich wurde nach dem Testzeitraum noch eine Auswertung ohne Benutzerbezug durchgeführt und die Feedbackdaten von 1008 Anrufen global betrachtet. Siehe auch Hinweis auf Seite 168.

Um eine Aussage treffen zu können, wie sich das Lernverhalten während des Testzeitraumes entwickelt hat, wird folgend eine Betrachtung über die Entwicklung der Qualität vollzogen. Im Zeitraum von drei Monaten wird die Präzision in Abhängigkeit der Anzahl der Datensätze für die vier Probanden betrachtet, die sogenannte Lernkurve. Eine graphische Darstellung der Lernkurve ist in Abbildung 6.10 gezeigt. Anhand dieser Kurve ist zu erkennen, dass die Genauigkeit mit der Anzahl der Anrufe je Proband unterschiedlich steigt. Dies ist auf die unterschiedlichen Kontexte der entsprechenden Probanden zurückzuführen. Auch spielt hier die Präzision des Feedbacks durch den Probanden eine wesentliche Rolle. Entscheidet sich der Proband bei ähnlichen Kontexten sehr unterschiedlich, kann der Klassifikator nur ungenügend lernen. Zudem zeigt sich, dass der verwendete Klassifikator Bayes in AWW für den Testzeitraum unterschiedliche Präzisionen bei gleicher Anzahl von Datensätzen und unterschiedlichen Probanden (*Zeitpunkt x*) aufweist. Es bestätigt sich eine Abhängigkeit des Probanden vom Klassifikationsmodell.

Die Ursachen dafür sind unterschiedlich, zum einen ändern sich die Kontexte der Probanden unterschiedlich, d.h. es sind unterschiedlich viele Signalarten bei den jeweiligen Probanden zum *Zeitpunkt x* klassifiziert worden. Diese Abstände werden mit zunehmender Zeit bzw. Anzahl der Datensätze kleiner. Außerdem wird dem Probanden unterstellt, dass das Feedback nicht ohne Fehler abgegeben wird. Es konnten Ausreißer im Feedback nach dem Testzeitraum festgestellt werden.

Es ist auch zu erkennen, dass die Steigung der Lernkurven mit der Anzahl der Datensätze abnimmt. Es ist nicht zu erwarten, dass mit unendlich vielen, trainierten Datensätzen eine Genauigkeit von 100 % erreicht werden kann. Dies ist zudem deutlich in den Präzisionsangaben aus Tabelle 6.9 zu erkennen. Eine weitere Begründung der unterschiedlichen Anstiege ist zudem an den ROC-Kurven im Anhang zu finden. Die Probanden haben unterschiedliche Präferenzen bezüglich ihrer "Standard"-Signalart. Wählt ein Proband überwiegend die gleiche gewünschte Signalart im Feedback aus, fällt auch die entsprechende Lernkurve steiler aus, es kommt zu einem schnellen Anstieg der Präzision.

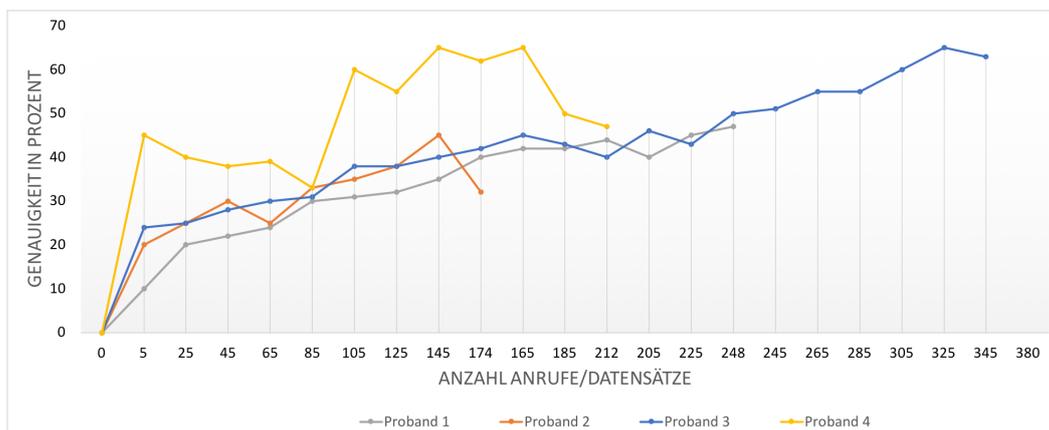


Abb. 6.10.: Lernkurve der Probanden 1 bis 4. Sie zeigt die Genauigkeit der Klassifikation in Prozent über die Anzahl der Anrufe je Proband.

6.2.5. Klassifikationsgenauigkeit bei einem 2-Klassenproblem

Wie bereits im Hinweis auf Seite 6.2.3 beschrieben, sind die Klassifikationsergebnisse unterhalb von 0,5 nicht als schlecht anzusehen. Um dies zu verdeutlichen, wurden die möglichen Klassen auf *Signalisieren* und *Ablehnen* reduziert. Die Signalarten Klingeln, Vibration, Kurzer Ton, Lautlos und Klingeln mit Vibration entsprechen der Klasse *Signalisieren*. Es entsteht somit ein 2-Klassenproblem. In Tabelle 6.2.5 ist deutlich zu

sehen, dass die Genauigkeit der Präsenzbewertung sehr gute Werte aufzeigt. Ein Signalisieren bzw. Ablehnen wird mit einer Wahrscheinlichkeit zwischen 71 % und 83 % richtig erkannt. Alle Werte liegen deutlich über 0,5, die Präzision ist viel höher als bei einem Münzwurfe.

Signalart	Präzision Entscheidungsbaum	Präzision Bayes	Präzision SVM
Ablehnen	0,64	0,71	0,69
Signalisieren	0,80	0,83	0,78

Tab. 6.2.: Präzision bei einem 2-Klassenproblem. Die Signalarten wurden auf 2 Klassen beschränkt, Signalisieren und Ablehnen.

6.2.6. Klassifikationskosten

Die Betrachtung der Kosten, also die Rechenzeit, soll hier kurz aufgezeigt werden. Über den gesamten Testzeitraum wurden die Zeiten zur Klassifikation ermittelt. Wie in Abbildung 6.11 gezeigt wurde die Zeit $t_{Klassifikation}$ ermittelt, die ausschließlich zur Klassifikation benötigt wurde. Um diese Zeit unabhängig von der Rechenleistung zu betrachten, wurden diese Werte vom ursprünglich verwendeten Bayes Klassifikator normiert und zusätzlich als Verhältnis angegeben. Für die Zeit $t_{Klassifikation}$ ist die eigentliche Klassifikation ausschlaggebend. Die Zeit für die lokalen Datenbankabfragen können vernachlässigt werden. Diese betragen jeweils ca. 0.01 Sekunden. Sie unterscheiden sich auch bei größeren Datenmengen nicht.

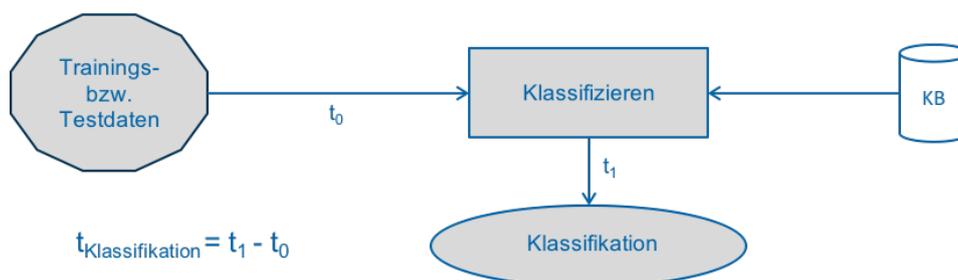


Abb. 6.11.: Ermittlung der Klassifikationszeit. Gemessen wurde die Zeit unmittelbar vor t_0 und nach der Klassifikation t_1 mit anschließender Differenz zwischen t_1 und t_0 .

In der folgenden Tabelle 6.2.6 ist deutlich zu sehen, dass der Klassifikator Entscheidungsbaum am schnellsten arbeitet, jedoch wie in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben am ungenauesten ist. Die Klassifikationszeit beim Klassifikator Bayes betrug im Durchschnitt rund 0,9 Sekunden, die Varianz $Var(t_{Klassifikation})$ bei den reichlich 1000 Messwerten war zudem äußerst gering. Die Zeit $t_{Klassifikation}$ beim Klassifikator SVM war fast immer größer als 2 Sekunden, die Abweichung zum Mittelwert 0,5 Sekunden.

	Entscheidungs- baum	Bayes	SVM
$\bar{t}_{Klassifikation}$	0.13 s	0.90 s	2.01 s
$Var(t_{Klassifikation})$	0.01 s	0.22 s	0.55 s
$normalized(Bayes)$	0.14	1.00	2.23

Tab. 6.3.: Evaluierungszeit bei den Klassifikatoren Entscheidungsbaum, Bayes und SVM.

Die 0,9 Sekunden wurden durch die Angerufenen nicht als störend empfunden. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass der Anruf erst nach dieser Zeit signalisiert wird. Aus diesem Grund lässt sich die objektive Störung nur schwer beschreiben.

Die Latenz aufgrund der Kommunikation zwischen App und Klassifikationsserver wird hier absichtlich nicht betrachtet. Es ist auszugehen, dass in wenigen Jahren Machine Learning lokal auf dem Telefon durchgeführt wird.

6.3. Zusammenfassung

Nach Fertigstellung der Awareness und Evaluation-Anwendung (AWV) wurde diese über einen Testzeitraum von drei Monaten mit insgesamt zehn Probanden getestet. Vier Probanden benutzten ein Android Smartphone mit AWV. Bei eingehenden Anrufen wurde der Kontext ermittelt und für die spätere Evaluierung gespeichert. Über den genannten Zeitraum sind 1008 Anrufe bei den vier Probanden eingegangen und wurden entsprechenden des Kontextes klassifiziert und eine Signalart zur optischen beziehungsweise akustischen Signalisierung ermittelt. Die Probanden wurden in der Funktionsweise von AWV geschult und waren angehalten, jeden Anruf mit Hilfe der Feedbackfunktion zu bewerten, um somit den Klassifikator zu trainieren.

Nach Ende des Testzeitraumes wurde eine abschließende Befragung der Probanden durchgeführt. Die Probanden gaben an, dass die Bedienung der App einfach ist. Es gab aufgrund der wenigen Interaktionsmöglichkeiten keine Probleme, die Bedienung war einfach. Von der Mehrzahl der Probanden wurde der Feedback-Dialog als störend aufgefasst. Erstaunlicherweise störte den Probanden mit den meisten Anrufen der Dialog nicht. Die negative Tendenz ist jedoch feststellbar. Ein möglicher Lösungsansatz wird in der abschließenden Zusammenfassung im Kapitel 7 dargestellt. Auch ließ sich in der Befragung feststellen, dass die Verhandlung zum Erzielen einer besseren Signalart beim Angerufenen nicht auf Akzeptanz der Probanden stieß. Sie selbst gaben an, dass diese Art der neuen Telefonie absolut ungewohnt sei. Die Probanden verzichteten auf diese Funktion beziehungsweise vergaßen diese Möglichkeit. Der Nutzen der AWW-App wurde bei den Probanden erkannt, sie gaben an, dass sie die Anwendung weiter einsetzen würden.

Neben der Befragung wurde nach dem Testzeitraum auch eine Analyse hinsichtlich der Klassifikatoren sowie der Klassifikationsgenauigkeit durchgeführt. Wie in Tabelle 6.3 zu sehen ist, schwankte die Präzision in Abhängigkeit von der Signalart. Die Ursache ist hier auf die Größe der Trainingsdaten zurückzuführen und vermutlich auch eine klare Abgrenzung des Kontexts bei den entsprechenden Signalarten.

Signalart	Präzision Entscheidungsbaum	Präzision Bayes	Präzision SVM
Ablehnen	0,39	0,444	0,440
Klingeln	0,48	0,69	0,40
Vibration	0,55	0,73	0,58
Lautlos	0,50	0,56	0,30
Kurzer Ton	0,30	0,29	0,10
Klingeln mit Vibration	0,65	0,67	0,80

Tab. 6.4.: Gekürzte Darstellung zur Abbildung 6.8. Betrachtet wurde die Präzision der einzelnen Klassifikatoren im Zusammenhang mit der Signalart. Der Klassifikator Bayes hat allgemein betrachtet eine höhere Präzision als die anderen beiden. Alle Werte über 0,17 zeigen auf eine genauere Vorhersage als eine Gleichverteilung mit 6 Teilklassen.

Ähnliche Genauigkeiten konnten bei den anderen drei Probanden festgestellt werden. Es zeigte sich, dass der verwendete Klassifikator Bayes in AWW für den Testzeitraum unterschiedliche Präzisionen bei gleicher Anzahl von Datensätzen und unterschiedlichen

Probanden aufweist. Die Ursachen sind zum einen die Probanden selbst und zum anderen die verschiedenen Kontexte zum jeweiligen Zeitpunkt.

Durch die Änderung der Klassifikatoren nach dem Testzeitraum konnte festgestellt werden, dass der Klassifikator Bayes sehr gute Ergebnisse erzielen konnte, SVM ebenso. Die Abhängigkeit der Trainingsdaten zum Probanden sind aber deutlich zu erkennen, siehe Abbildung 6.9. Beide Klassifikatoren verlieren deutlich an Präzision, wenn die Zugehörigkeit der Trainingsdaten zum Probanden entfernt werden. Dies bestätigt den Ansatz von AWW, keinen festen, vorher gelernten Ansatz zu verwenden, sondern individuelles Training zu ermöglichen.

Ein weiteres Ergebnis der Evaluierung ist, dass ein Maximum an Präzision hier nicht erreicht wurde. Die Probanden waren zwar mit ihren Eindrücken sehr zufrieden, die Auswertung der Klassifikationsergebnisse zeigten aber noch Potential. Der Durchschnitt der Präzision, gewichtet im Hinblick auf die Datensätze je Proband (gewichteter Mittelwert m), liegt bei nur 50 % (Gleichung (6.7) und (6.8)).

$$m = \frac{\sum_i g_i x_i}{\sum_i g_i} = \frac{\sum_{i=1}^4 g_i x_i}{\sum_{i=1}^4 g_i} \quad (6.7)$$

$$m = \frac{248 * 0,50 + 174 * 0,32 + 374 * 0,60 + 212 * 0,47}{1008} = 0,50 \quad (6.8)$$

Der Index i repräsentiert den Probanden, Gewicht g entspricht der Anzahl der Anrufe des Probanden und x ist die Präzision für den Probanden.

7. Zusammenfassung

Der Fokus dieser Arbeit lag auf Präsenzbewertung im Kommunikationsraum der Telefonie. Ziel war es, sich dem natürlichen Kommunikationsraum der verbalen und nonverbalen Kommunikation anzunähern. Obwohl die ständige Präsenz und die damit verbundene ständige Erreichbarkeit per Telefon zunimmt, haben sich bis heute im Kommunikationsraum Telefonie noch keine Verfahren etabliert, um unterschiedliche Dringlichkeiten von Anrufen wiederzugeben. Momentan ist die Signalart ausschließlich davon abhängig, wie der Angerufene sein Mobiltelefon eingestellt hat. Im natürlichen Kommunikationsraum beispielsweise der F2F-Kommunikation erfolgt Kommunikation und Informationsaustausch, z.B. über Wichtigkeiten, auch über die nonverbale Sprache. Der Gesprächspartner erkennt den Kontext des Anderen und entscheidet metakognitiv, ob er die verbale Kommunikation beginnt. Er erkennt, in welcher Situation sich der andere Partner befindet und handelt entsprechend. Im Kommunikationsraum Telefonie funktioniert diese nonverbale Kommunikation nicht. So kann es sein, dass wichtige Anliegen untergehen, weil der Andere sein Telefon lautlos gestellt hat. Teilweise ist es auch so, dass die Hemmschwelle zu hoch ist, weniger wichtige Anliegen telefonisch zu besprechen, weil es ja sein kann, dass der andere Gesprächspartner mit dem Anruf bei wichtigen Tätigkeiten gestört wird. Das Anliegen wird verschoben, obwohl der Andere eventuell Zeit hat. Zwei Probleme, die die Präsenzbewertung lösen kann.

Mit Hilfe von Software und Algorithmen ist es möglich, die Umgebung, den sogenannten Kontext eines Mobilfunknutzers, zu ermitteln. Aus diesem wird die anruferabhängige Präsenz klassifiziert. Anschließend wird sie in eine Erreichbarkeitsklasse umgewandelt. Die verschiedenen Erreichbarkeitsklassen werden auf unterschiedliche Signalarten abgebildet. Dadurch ist es möglich, je nach Anrufer und Umgebung, unterschiedlich auf Anrufe zu reagieren und diese entsprechend zu signalisieren. Die grundlegende Idee dieses Ansatzes ist nicht neu, andere Arbeiten beschränkten sich aber meist auf Desktop-Computer und setzten eine manuelle Eingabe der Präsenzen voraus. Diese Arbeit entwickelte ein Konzept zur Präsenzbewertung in der Mobiltelefonie, anschließend entstand

eine Anwendung, die den Kontext analysiert, Präsenz mit Hilfe von Klassifikatoren bewertet und anschließend die geeignete Signalart zur Anrufvisualisierung festlegt.

Um die besagte Dringlichkeit eines Anrufes zu integrieren, reicht dieser Ansatz nicht aus. Aus diesem Grund wurde eine Verhandlung (auf Grundlage der assoziierten Magisterarbeit von TAPPERT [104]) hinzugefügt. Um eine Dringlichkeit korrekt zu bestimmen führte er den Begriff der Monetarisierung ein, d.h. je dringlicher ein Anruf ist, desto mehr muss der Anrufer dafür bezahlen. Um den Anforderungen der F2F-Kommunikation zu entsprechen, sollte es die Möglichkeit der Belohnung geben. Empfindet der Angerufene die erhöhte Signalart als gerechtfertigt und bestätigt somit die Dringlichkeit, so kann die Bezahlung für den Anruf rückgängig gemacht werden. Die erwähnte Bezahlung wird in der Anwendung über einen Guthabenservice realisiert. Die Monetarisierung ist für die Präsenzbewertung nicht voraussetzend. Sie unterstützt vielmehr die Angleichung an die F2F-Kommunikation um Dringlichkeiten zu realisieren.

Die Anwendung AWW, engl. **A**wareness and **V**aluation, und weitere notwendige Komponenten und Services entstanden im Rahmen dieser Arbeit. AWW ist eine App für Android Systeme und läuft im Hintergrund. Sie wird erst tätig, wenn ein Anruf festgestellt wird. Abhängig von ein- oder ausgehendem Anruf, agiert AWW als Präsenzbewerter oder Verhandlungssystem für die Dringlichkeit. Die Verhandlung kann dabei im Peer-to-Peer-Modus erfolgen. Im Prototypen gibt es jedoch einen zentralen Service, der die Guthaben verwaltet und für den vorgestellten Prototypen die Klassifikation vornimmt. Mit Hilfe dieses Ansatzes war und ist es möglich, die Klassifikationsparameter während der Laufzeit zentral anzupassen und zu optimieren. Dadurch konnte auch die Präzision der Klassifikationsergebnisse gesteigert werden.

Die Arbeit umfasst nicht nur die reine Realisierung der Präsenzbewertung. Es wurden verschiedene Klassifizierungsmethoden, Algorithmen und Data Mining Werkzeuge untersucht und bewertet. Für die Realisierung des Prototypen wurde das Data Mining Werkzeug RapidMiner ausgewählt. Es ermöglicht unter anderem die Beschreibung der Klassifikationsmethode in XML sowie in einer graphischen Benutzeroberfläche. Unabhängig von AWW konnten dadurch schnell Änderungen und Optimierungen vorgenommen werden.

7.1. Evaluierungsergebnis

Eine Evaluierung der AWW-Anwendung mit zehn Probanden über drei Monate zeigte, dass für den Ansatz der Präsenzbewertung ein **Naiver Bayes-Klassifikator** die besten Ergebnisse liefert. Im Testzeitraum wurden über 1000 Anrufe aufgezeichnet und individuell je Proband bewertet. Die in ähnlicher Form bereits zuvor gezeigte Abbildung 7.1 zeigt, dass eine **Klassifikationspräzision bis zu 73 %** möglich war. Diese ist natürlich von verschiedensten Faktoren wie Kontext, Anruflhistorie sowie Umfang der Trainingsdaten abhängig. Die Evaluierung zeigte, dass bereits nach ca. 100 Anrufen mit Feedback eine mittlere Genauigkeit von 55 % über alle Signalarten erreicht wurde. Dieser Wert verbesserte sich weiter bis er bei 73 % stagnierte. Eine höhere Präzision über alle Probanden und Signalarten konnte auch mit über 1000 Anrufen nicht erreicht werden. Die Ergebnisse sind deutlich besser als eine angenommene Gleichverteilung der Signalart mit einer Wahrscheinlichkeit von $\frac{1}{6}$, ca. 17 %. Wird das Klassenproblem fiktiv auf ein 2-Klassenproblem (Signalisieren, Ablehnen) reduziert, so konnten sogar mit gleichen Parametern eine Genauigkeiten von bis zu 83 % erzielt werden.

	Ablehnen	Klingeln	Vibration	Lautlos	Kurzer Ton	Klingeln mit Vibration	Summe	Präzision Entscheidungsbaum	Präzision Bayes	Präzision SVM
Ablehnen	12	2	2	3	4	4	27	0,39	0,44	0,44
Klingeln	4	43	5	2	3	5	62	0,48	0,69	0,40
Vibration	3	1	35	2	4	3	48	0,55	0,73	0,58
Lautlos	8	2	3	19	1	1	34	0,50	0,56	0,30
Kurzer Ton	0	0	2	5	5	5	17	0,30	0,29	0,10
Klingeln mit Vibration	0	11	5	1	3	40	60	0,65	0,67	0,80

Abb. 7.1.: Konfusionsmatrix des Probanden 1 mit insgesamt 248 Anrufen. Eine Präzision von bis zu 73 % war bei diesem durchschnittlichen Testprobanden möglich.

Eine weitere Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass die Präsenzbewertung lernend und individuell durchgeführt werden muss. Die Auswertung zeigte, dass nur probandenabhängige Trainingsdaten gute bis sehr gute Klassifikationsergebnisse liefern. Der Versuch zeigte, dass die Präzision deutlich abnimmt, wenn die Zugehörigkeit der einzelnen Feedbacks zu den Probanden entfernt und als eine große Trainingsmenge betrachtet wird. Von einer mittleren Genauigkeit von 55 % konnte der Klassifikator Bayes nur noch 39 % erreichen. Hier konnte die Support-Vector-Machine deutlich bessere Ergebnisse erzielen, die Rechenzeit dafür war jedoch hoch und die Klassifikation erst nach vielen Anruf- bzw. Lernzyklen gegeben. Eine Klassifikation während eines Anrufes war dadurch nicht mehr gegeben.

7.2. Künftiger Ansatz: Präsenzbewertung während eines Gespräches

Eine wichtige Aufgabe dieser Arbeit bestand darin, die natürlichen Sozialen Protokolle im Kommunikationsraum Telefonie zu integrieren. Mit nur wenigen Ausnahmen ist dies gelungen. Im Abschnitt 2.2, Kommunikation - Soziale Protokolle im Alltag, wurde das Konzept Koorientierung beschrieben. DUNCAN verweist in seiner Arbeit [26] auf eine ständige Synchronisierung der Kommunikationspartner mit Hilfe von Aufmerksamkeitssignalen, die beispielsweise durch vokale Signale aber auch durch Körperhaltung oder Gesichtsausdrücke übermittelt werden. Nun ist es allerdings nicht möglich, Körperhaltung oder Gesichtsausdrücke vom Gesprächspartner während eines herkömmlichen Telefonates zu sehen. Demnach findet die Synchronisierung nur anhand der vokalen Signale statt, die Sozialen Protokolle sind daher nur eingeschränkt vorhanden.

Minimalbeispiel: Die Büroangestellten A und B telefonieren miteinander. Während des Telefonates kommt Person C in das Büro von A. Die Situation und die Präsenz von A ändert sich unmittelbar. Der Gesprächspartner B bekommt dies aber nicht zwingend mit, A müsste ihn darauf hinweisen.

Ein möglicher Ansatz ist die kontinuierliche Präsenzbewertung während eines Gespräches. Anders als bisher muss dafür die Präsenz nicht nur zur Anrufsignalisierung klassifiziert werden, sondern fortlaufend. Wird eine Möglichkeit gefunden, dem Gesprächspartner die Präsenz während des Telefonates zu kommunizieren, kann auf Situationsveränderungen eingegangen werden. Das abstrahierte Modell aus Kapitel 2 wurde modifiziert und beinhaltet eine kontinuierliche Bewertung der Präsenz, siehe Abbildung 7.2. Der Präsenzbewerter muss zur kontinuierlichen Klassifizierung nur minimal angepasst werden. Die Schwierigkeit liegt vielmehr darin, die Präsenz des Anderen mit geeigneten Mitteln wiederzugeben, da sich das Display des Smartphones während des Gespräches am Ohr befindet und nicht sichtbar, somit nicht nutzbar, ist. Hierfür können eventuell Zusatzgeräte zur Hilfe genommen werden. Vorstellbar sind

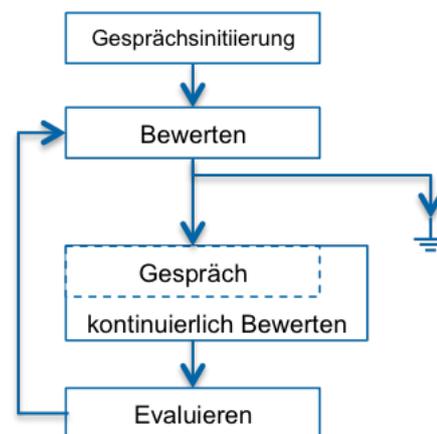


Abb. 7.2.: Kontinuierlicher Präsenzbewerter. Während eines Telefonates wird fortlaufend der Kontext klassifiziert.

sogenannte Smartwatches¹ die zur Visualisierung der Präsenz des Gesprächspartners verwendet werden können. Vorstellbar ist auch, dass Töne die Präsenz des Gegenübers abbilden, eine Art akustische Signalisierung der Präsenz.

Präsenzrestriktionen

Ein Ansatzpunkt für weiterführende Arbeiten können sogenannte Präsenzrestriktionen sein. Im natürlichen Kommunikationsraum werden diese während einer Gesprächsinitiierung erkannt beziehungsweise verbal übermittelt. Diese können zum einen mit kurzen Formulierungen wie z.B. ‚ganz kurz‘, ‚aber schnell‘ oder ‚nur drei Minuten‘ kommuniziert werden und weisen auf eine Restriktion hin. Sie können aber auch gezielt innerhalb eines Dialoges platziert werden indem der Dialog entsprechend gesteuert wird. Ein Beispiel dafür kann im Dialog aus Abschnitt 2.2 Kommunikation - Soziale Protokolle im Alltag (Seite 17) gefunden werden. In dem Dialogbeispiel signalisiert A mit sehr kurzen Antworten auf die Fragen von B, dass sie gerade wenig Zeit hat. Daraufhin beschränkt sich B und verkürzt sein Anliegen.

Restriktionen wie beispielsweise ‚Präsenz gilt für n -Minuten‘ sind im aktuellen Präsenzbewerter nur teilweise enthalten. Die Präsenz ist abhängig vom Kontext. Mögliche Restriktionen können sich aufgrund von Sensoren ergeben, beispielsweise ist die Präsenz bei unmittelbar anstehenden Terminen (Sensor Kalender) niedriger. Eine wirkliche Restriktion existiert noch nicht, es eröffnet somit weiteres Potential.

¹Smartwatch (engl.) steht für intelligente Uhren, die üblicherweise am Handgelenk getragen werden. Die jetzigen Modelle verfügen über Displays, Aktoren und Sensoren. Diese können mit Hilfe des Smartphones gesteuert beziehungsweise ausgelesen werden.

7.3. Futuristisch offene Fragen

Präsenz des Anrufers

Eine weitere Idee um die F2F-Kommunikation realistischer werden zu lassen, ist die Integration der Präsenz des Anrufers. Es ist möglich, dass sich während eines Gespräches die Präsenz auch beim Anrufer ändert. Zum Beispiel kann die zu erwartende Gesprächsdauer beim Anrufer Auswirkungen auf seine Präsenz haben. Die Dringlichkeit beim Anrufer wird geringer, wenn ein Termin ansteht und es bei längeren Gesprächen zu Überschneidungen der beiden Ereignisse kommt. Der Anrufer berücksichtigt das im Unterbewusstsein spätestens dann, wenn er mit einem erneuten Anruf eine bessere Signalart erwartet. Kann hier die Präsenzbewertung beim Anrufer unterstützen?

Präsenzbewertung bei Siri, Alexa und Weitere

Aktuelle Assistenzsysteme, wie gegenwärtig Siri und Alexa, haben keine Wahrnehmung bezüglich der Präsenz. Sie unterbrechen die Benutzer zu jedem beliebigen Zeitpunkt. Eine Präsenzbewertung des Umfeldes findet nicht statt. Was wäre, wenn diese Assistenzsysteme eine Wahrnehmung der Umgebung erhalten würden? Ist dies ein Mehrwert für den Benutzer?

Präsenzbasierte Emojis

Emojis werden in der schriftlichen Kommunikation verwendet, um Gefühle und Stimmungen auszudrücken. Diese werden vom Schreibenden per Hand gesetzt. Können hier präsenzbasierte Emojis bei der Kommunikation helfen? In Chats und Nachrichten werden oft die aktuellen Tätigkeiten und Handlungen beschrieben. Präsenzbasierte Emojis können diese Handlungen anzeigen und die daraus resultierenden Mitteilungen überflüssig machen.

Abbildungsverzeichnis

1.1. Veranschaulichung, dass die Situation des anderen innerhalb des Kommunikationsraums Telefonie nicht eingesehen werden kann. Dabei kann es passieren, dass Personen in ungünstigen Situationen angerufen und diese gestört werden. Nicht immer ist es zeitlich passend.	5
1.2. Neu eingetroffene E-Mails werden anhand von verschiedenen Merkmalen klassifiziert. Die Benachrichtigung des Benutzers erfolgt verzögert anhand seiner Beschäftigung. [45]	6
1.3. In welcher Art und Weise wird die Arbeit fortgeführt? Erstaunlicherweise wird in 51 % aller Unterbrechungen die Arbeit nicht dort fortgeführt, wo sie aufgehört hat.	7
1.4. Das Kreisdiagramm zeigt, wer aus einer Unterbrechung einen Vorteil ziehen kann. In 21 % alle Fälle ergibt sich für den Angerufenen kein Vorteil.	7
2.1. Präsenzbewertung vor einem Gespräch. Je nach Präsenz findet ein Gespräch statt oder nicht.	9
2.2. Die Präsenz eines Kommunikationspartners setzt sich aus der Kommunikationsbereitschaft und dessen Kontext zusammen.	11
2.3. Beispielhafte Darstellung eines Gespräches im Kommunikationsraumes Telefonie.	12
2.4. Aufteilung der Kommunikationsarten in Wort, Mimik und Gestik sowie in nonverbal nach MEHRABIAN ([72] und [71]).	14
2.5. Erfassungsbereich einer Kamera zur Analyse der F2F-Kommunikationen. Erfasst wurde ein privater und zwei öffentliche Bereiche. Die blauen Quadern stellen Hindernisse im Raum dar. [113]	16
2.6. Aufbau des eigenen Experiments mit Erfassungsbereich einer Kamera zur Evaluierung von F2F-Kommunikationen. Erfasst wurde ein Einzelbüro mit zwei Eingangstüren. Bürotische sind blau und Schränke sind grau eingefärbt.	19

2.7. Flussdiagramm zur Visualisierung der Gesprächsinitiierung mit Kontextanalyse zwischen zwei Akteuren. Die eintretende Person führt beim Öffnen der Tür eine Situationsanalyse des Anderen durch. Bei Verfügbarkeit des Anderen findet nach dem Ansprechen das eigentliche Gespräch statt. Sollte dieser jedoch beschäftigt sein, wird das Gespräch auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.	20
2.8. Verteilung der Häufigkeit von Dialogen eines Büromitarbeiters in Bezug auf die räumliche Entfernung zum anderen Akteur. [54]	21
2.9. Verteilung der Erreichbarkeit mit Unterscheidung zwischen physischer und telefonischer Kontaktaufnahme. Von 177 Versuchen den Mitarbeiter zu erreichen führten 144 Kontaktaufnahmen zum Erfolg, bei 33 Versuchen konnte der Gesprächspartner nicht angetroffen werden.	23
2.10. Verteilung der Personenhäufigkeit. Auf der Ordinatenachse sind die Personen anonymisiert durch IDs dargestellt. Die Abszissenachse zeigt die absolute Anzahl der Kontaktaufnahmen für die entsprechende Person. . .	24
2.11. Verteilung der Unterbrechungsgründe. Auf der Ordinatenachse ist der Unterbrechungsgrund angegeben. Die Abszissenachse zeigt die absolute Anzahl der Unterbrechungen für den entsprechenden Grund.	25
2.12. Aufbau eines Präsenzbewerters zur Klassifikation der Präsenz bei einem eintreffenden Anruf. Nach der Anrufsignalisierung erfolgt eine Bewertung des Klassifikationsergebnisses durch den Benutzer. Das gelernte Ergebnis wird in der knowledge base KB22 ² abgelegt.	31
2.13. Vor jedem Gesprächsbeginn steht die Abwägung des Anliegens gegenüber dem Kontext des Anderen. Überwiegt diese der Situation des Gegenüber, beginnt der Versuch zum Gesprächsaufbau.	32
2.14. Präsenzbewertung und Kostenbewertung. Findet der Anrufer die anfallenden Kosten für angemessen, kann ein Gespräch stattfinden.	34
2.15. Falls die per Telefon zu kontaktierende Person Auto fährt, informiert <i>Undistracted Driving</i> den Anrufer vor einem Anruf darüber. Daraufhin können verschiedene Kontaktaufnahmemöglichkeiten ausgewählt werden. [60]	36
2.16. Systemarchitektur der Anwendung <i>Live Addressbook</i> : Per PDA oder Webbrowser können Änderungen im AB vorgenommen werden. Der Click2Dial-Server übernimmt das Verbindungsmanagement im Telefonnetzwerk. [75]	39
2.17. <i>ContextContacts</i> visualisiert verschiedene Kontextinformationen. Hier beispielhaft für die Auswahl eines Adressbucheintrages. [42]	40

2.18. myTU App mit zentraler Startseite. Auf dieser werden anstehende Ereignisse zu Vorlesungen und der Universität visualisiert.	42
2.19. Schnittmenge der Bedingungen für die Anwesenheit einer Vorlesung in myTU.	43
2.20. Die Feedbackfunktionen (links) zur Vorlesung ermöglichen das Senden von Hinweisen und Fragen an den Dozenten. Die Detailansicht (rechts) zu einer Vorlesung schaltet bei Vorlesungsanwesenheit Feedback und Umfragen frei.	44
2.21. Client-Server-Modell zur Entwicklung eines Prototyps. Die Klassifikation der Sensordaten erfolgt auf einem Server mit Hilfe von RapidMiner. . . .	49
2.22. SANP Sequenzdiagramm mit zwei Counter Offers zur Verhandlung der Signalisierung und Kosten.	52
3.1. Funktionsweise eines Klassifikators mit Lernalgorithmus zur Datenklassifikation. Aus einer vorhandenen Datenmenge kann einerseits mit Hilfe eines Lernalgorithmus gelernt werden und die Ergebnisse in die Knowledge Base (KB) abgelegt werden. Andererseits kann diese verwendet werden, um eine Testmenge zu klassifizieren und eine Vorhersage über eine mögliche Klasse zu treffen.	56
3.2. Entscheidungsbaum als Minimalbeispiel. An diesem Beispiel ist die Trainingsmenge zur Wettervorhersage gezeigt.	60
3.3. Bedingte Wahrscheinlichkeiten nach Bayes in Baumdarstellung.	62
3.4. SVM mit zwei möglichen Vorhersagen und linearer Separierung.	66
3.5. Maximierung des Abstandes der Funktion zu den Messwerten ermöglicht eine optimale Klassifizierung bei neuen Testdaten oder Datenausreißern. .	66
3.6. SVM mit zwei möglichen Vorhersagen und einem Datenausreißer. Eine lineare Separierung ist hier nicht möglich.	67
3.7. Wird eine weitere Dimension hinzugefügt, kann mit Hilfe einer MMH der Datenausreißer in der dritten Ebene aufgenommen werden.	67
3.8. Gegenüberstellung zwischen klassischen Neuronale Netzen und Tiefgreifenden Neuronalen Netzen. Der Unterschied liegt in der Anzahl der versteckten Schichten. Es ist nicht festgelegt, ab welcher Anzahl versteckter Schichten die Bezeichnung Tiefgreifendes Neuronales Netzwerk zu verwenden ist.	68

3.9. Beispiel zur graphischen Oberfläche in RapidMiner. Testdaten werden extrahiert und ein Entscheidungsbaum erzeugt und in einem Lift Chart validiert.	70
4.1. Aufbau eines Hardwarebasierten Sensors mit eigenem A/D-Wandler. [106]	74
4.2. GPS-Funktionsweise mit Hilfe von mehreren Satelliten abstrahiert auf 2 Dimensionen. Bei nur zwei Satelliten entstehen zwei mögliche Standorte (links). Mit einem Satelliten mehr (rechts) ist nur noch ein Standort möglich.	76
4.3. Beschleunigungsvektoren entlang der x-, y- und z-Achse. Die Anordnung und die Bezeichnung der Achsen ist bei iPhone und Android identisch. .	84
4.4. Aufzeichnung über alle drei Beschleunigungsachsen mit einer Aufzeichnungsrate von 20 Hz bei der Bewegung Laufen.	85
4.5. Beschleunigungswerte entlang der z-Achse nach einer Tiefpassfilterung. Anschließend kann eine Klassifizierung nach A.20 erfolgen.	86
4.6. Grundprinzip eines Gyroskops. Ein schnell rotierender Körper (blaue Scheibe) ist aufgrund der Drehimpulserhaltung bestrebt, seine ursprüngliche Rotationsebene beizubehalten.	87
4.7. Aufbau eines Kondensatormikrofons. Die Membran und die Elektrode bilden einen Plattenkondensator mit ändernder Kapazität bei Schwingung durch Schallwellen. Diese Änderung wirkt sich auf die Spannung des Ausgangsignals (re.) aus.	89
4.8. Reflexion von Licht ist das Grundprinzip eines Näherungssensors auf Infrarotbasis.	91
4.9. iOS-Applikation als Minimalbeispiel zum Auslesen von Akkuinformationen.	95
4.10. Gewichtung des anstehenden Termins in Abhängigkeit zur Zeitdifferenz. .	99
4.11. Aufzeichnung des Schlafverlaufes anhand eines eigenen Versuches. Die Abbildung zeigt die Überwachung der Schlafphasen in einer Nacht. Die Daten wurden mit Hilfe der App Sleep Cycle [78] aufgezeichnet. Mit Hilfe der Sensoren kann dadurch ermittelt werden, ob eine Person schläft oder nicht.	104
4.12. Der Zeroconf Protokollstapel umspannt die OSI-Schichten 3 bis 7. Die wichtigsten Aufgaben, Suchen, Bereitstellen und Status-Änderungen, werden mit Hilfe von DNS-SD Resource Records übernommen. Die Steuerung der Geräte erfolgt mit eigenen Protokollen.	106
4.13. Die Lokalisierung in mobilen Endgeräten erfolgt anhand verschiedener eingebauter Sensoren.	108

4.14. Funktionsweise der WLAN-basierten Ortung (engl. Wi-Fi positioning system - WPS). Ein Endgerät sendet für eine Position die empfangenen WLAN und GSM Netze. Diese Daten werden in einer zentralen Datenbank abgelegt. Anschließend kann ein anderes Endgerät z.B. anhand der WLAN-Umgebung die Position aus der Datenbank abfragen.	109
4.15. Die Einteilung der Erde in Erdquadranten NW, NE, SW und SE.	110
5.1. Kommunikationsmodell zur Präsenzbewertung. Die auf einem Mobiltelefon installierte App analysiert den Kontext des Mobiltelefons mit Hilfe von Sensoren. Zur Unterstützung der Präsenzbewertung können kompatible Geräte miteinander kommunizieren und beispielsweise Anrufsignalisierungen direkt aushandeln. Die grau hinterlegte Darstellung ist der unveränderte, konventionelle Teil der Kommunikation.	114
5.2. Abstrahiertes Modell zur Präsenzbewertung bestehend aus Anrufer, Angerufenem sowie der Präsenzbewertung mit Wissensdatenbank KB.	114
5.3. Modell zur Präsenzbewertung mit Kommunikationsprotokollen und -standards. Neben der Komponente der Präsenzbewertung wird ein Verwaltungsdienst (AMController) für Anrufe sowie ein optionaler DNS-Server benötigt. Dieser dient der Kommunikation ohne zentralem Proxyserver.	115
5.4. Das Sequenzdiagramm zeigt den Ablauf eines Anrufes bis zur Anrufsignalisierung. Die vorgestellten Komponenten finden im Prozess von AMV statt.	116
5.5. Präsenzbewertung im Peer-to-Peer-Modus. Neben der Komponente der Präsenzbewertung wird ein DNS-Server benötigt. Dies löst Rufnummern nach dem ENUM-Verfahren in IP-Adressen auf.	118
5.6. Präsenzbewertung im Client-Server-Modus. Ein DNS-Server wird nicht benötigt. Die Vermittlung übernimmt der AMController. Dieser verwaltet zudem das Guthaben der einzelnen Teilnehmer.	119
5.7. Lifecycle eines Services bei Android. Links ist ein Service ohne IPC-Möglichkeit, auf der rechten Seite ein Service mit der Möglichkeit zur Interprozesskommunikation. [4], [27]	120
5.8. Lifecycle einer Activity bei Android. [4]	122
5.9. Klassendiagramm der Klasse <code>Collector</code> aus der Arbeit von SCHUBERT. Die abstrahierte Klasse <code>Collector</code> steht im Zusammenhang mit einer Activity. [97]	123

- 5.10. Klassendiagramm der Klasse `Collector` am Beispiel des Sensors Mikrofon, implementiert in der Klasse `AudioLevel`. Die Abhängigkeit zu `Activities` wurde abgeschafft. Der Kollektor läuft als eigenständiger Service, dem Kollektorservice. 124
- 5.11. li.: Klassendiagramm des zu implementierenden Sensors, abgeleitet von der Klasse `Collector`. re.: Klassendiagramm der Klasse `SensorManager` mit der Funktion `getSensorDataFromAll(...)`. Bei Aufruf dieser Funktion werden die Daten bei allen Sensoren abgefragt und als Rückgabeobjekt zurückgegeben. Der Aufruf erfolgt beispielsweise bei einem eingehenden Anruf. 126
- 5.12. Ausschnittsweise das Kommunikationsmodell aus Abbildung 5.1. Der Kollektorservice stellt z.B. bei eingehenden Anrufen alle Sensordaten zur Verfügung. 126
- 5.13. Die Kommunikation der App erfolgt im erweiterten Signalisierungskanal (grün hinterlegt) mit Hilfe des IP-Protokolls. Zur Namensauflösung wird ein besonderer DNS-Server verwendet, der NAPTR-Records für das E.164 Number Mapping unterstützt. 128
- 5.14. Klassendiagramm der Klasse `OwnConnectionService`. Diese abstrakte Klasse beschreibt die zu implementierenden Methoden für alle Netzwerkverbindungen über TCP/IP. 131
- 5.15. Klassendiagramm der Schnittstelle `ServiceMessage`. Die Klasse `Message` zeigt hier nur die zu implementierenden Methoden bei Ableitungen, sie ist nicht vollständig aufgezeigt. 133
- 5.16. Komponentendiagramm der Anwendung AWV. 134
- 5.17. Use Case Diagramm zur Abgabe eines Feedbacks nach einem eingehenden Anruf. Hier kann der Anwender das Klassifikationsergebnis zum Anruf einsehen und eine Signalart angeben, die für diesen Anruf passend gewesen wäre. 136
- 5.18. Activity zur Bewertung der Präsenzbewertung. Neben dem Anrufer und der entsprechenden Anrufzeit wird die klassifizierte Signalart hervorgehoben. Der Benutzer wählt mit Klick auf den entsprechenden Button die richtige Signalart aus, hier am Beispiel „Page“. 136

- 5.19. Use Case Diagramm für die Verwendung von Angeboten nach einem erfolglosen Anruf. Der Anrufer erhält verschiedene Angebote vom Angerufenen. Je nach eigener Wichtigkeit und Bereitschaft zur Zahlung kann eine höherwertige Signalart gewünscht werden. Ein entsprechender Preis für die ausgewählte Signalart wird dann zwischen den Teilnehmern verhandelt. 137
- 5.20. Activities zur Verhandlung einer besseren Signalart. Ist ein Anruf beim ersten Versuch nicht erfolgreich, kann mit Hilfe einer Verhandlung der Signalart eine Verbesserung erzielt werden. 139
- 5.21. Activity zur Ansicht des lokalen Guthabens. In dieser Activity besteht die Möglichkeit, Guthaben bei einer zentralen Stelle zu speichern, die AWV Bank. Mit Hilfe der Buttons Upload kann Guthaben zentral gespeichert werden. Mit Download kann auf das Endgerät Guthaben heruntergeladen werden. 140
- 5.22. Use Case Diagramm für die Einstellungen der App. Um die Bedienung zu vereinfachen, wurden die Einstellungsmöglichkeiten auf das Wesentliche beschränkt. 140
- 5.23. Activity zur Parametrisierung der AWV App. Um die autonome Arbeitsweise von AWV zu verdeutlichen, wurden die Einstellungsmöglichkeiten bewusst klein gehalten. 141
- 5.24. Dieses Client-Server-Modell zeigte die im Prototyp benötigten zentralen Dienste wie DNS, Klassifikation und Guthabenverwaltung. Diese Einschränkung ermöglichte während der Arbeit eine ständige Modifikation des Klassifikators. Speziell mit RapidMiner konnte ohne großen Aufwand Optimierung betrieben werden. 144
- 5.25. Aktivitätsdiagramm zum Ablauf eines Anrufes, wenn im besten Fall beide Gesprächspartner die Software des Präsenzbewerters einsetzen. Bei Anruf findet eine Präsenzbewertung mit anschließender Anrufsignalisierung beim Angerufenen B statt. Der Anrufer A hat die Möglichkeit mit Hilfe der Änderung der Priorität seines Anrufes, die Anrufsignalisierung bei B zu verändern. 147

- 5.26. Sequenzdiagramm für einen klassischen Ablauf eines Anrufes. Im Sequenzdiagramm ist eine Alternative dargestellt. Sie unterscheidet sich in erfolgreicher Anrufannahme und nicht erfolgreiche Anrufannahme. Ist die Anrufannahme nicht erfolgreich, beginnt eine Verhandlung der Signalart. Ist diese erfolgreich, kann der Anrufer erneut mit der verhandelten Signalart anrufen. 148
- 5.27. Aktivitätsdiagramm zum Ablauf eines Anrufes, wenn der Anrufer keine Software zur Präsenzbewertung einsetzt. Bei einem Anruf findet ausschließlich die Präsenzbewertung mit anschließender Festlegung der Signalart bei B statt. Eine Änderung der Signalart kann durch eine Verhandlung nicht erfolgen, da A keine Verhandlungen durchführen kann. . . 149
- 5.28. Aktivitätsdiagramm zum Ablauf eines Anrufes, wenn nur der Anrufer die Software des Präsenzbewerter einsetzt. Bei einem Anruf kann keine Präsenzbewertung stattfinden. 150
- 5.29. Kommunikationsmodell zur Präsenzbewertung. Die auf einem Mobiltelefon installierte App analysiert den Kontext des Mobiltelefons mit Hilfe von Sensoren. Das Ergebnis einer anschließenden Präsenzbewertung wird zur Entscheidung für die Signalart herangezogen. 152
- 6.1. Separierung der Daten nach dem Holdout-Verfahren mit einem Holdout-Anteil von $\frac{1}{3}$ 157
- 6.2. k-fache Kreuzvalidierung am Beispiel mit $k=4$. Von allen Klassifikationsergebnissen wird der Mittelwert gebildet. 157
- 6.3. Visualisierung der tpr (true positive rate) und fpr (false positive rate) mit Hilfe von ROC-Diagrammen. Links eine Darstellung für vier diskrete Klassifikatoren. Rechts eine Visualisierung der ROC-Kurve für drei kontinuierliche Klassifikatoren. 159
- 6.4. Zur Auswahl des besten Schwellenwertes muss der Normalabstand zwischen $f(fpr) = fpr$ und der ROC-Kurve maximiert werden. An dieser Stelle weist die ROC-Kurve das beste Verhältnis zwischen fpr und tpr auf. 161
- 6.5. Beispiel für Lift Chart. Der Klassifikator steht im Vergleich mit der Funktion $y(x) = x$ 161
- 6.6. Der Lernprozess wird zum Vergleich der Klassifikatoren ausgeblendet. Nun werden nur noch Testdaten ausgewählt und klassifiziert. Anhand des gelernten Feedbacks kann die Genauigkeit ermittelt werden. 166

6.7. ROC-Kurve für den Probanden 1 im Teilklassenproblem “Lautlos”. Die y-Achse entspricht der true-positive-rate, die y-Achse stellt die false-positive-rate dar. Es ist anhand des Bayes Klassifikators gut zu erkennen, dass er deutlich bessere Ergebnisse hervorruft als die anderen beiden Klassifikatoren.	167
6.8. Konfusionsmatrix des Probanden 1 mit insgesamt 248 Anrufen.	167
6.9. Genauigkeit und Sensitivität über alle Signalarten gemittelt für die Probanden 1 bis 4. Zusätzlich wurde nach dem Testzeitraum noch eine Auswertung ohne Benutzerbezug durchgeführt und die Feedbackdaten von 1008 Anrufen global betrachtet. Siehe auch Hinweis auf Seite 168.	169
6.10. Lernkurve der Probanden 1 bis 4. Sie zeigt die Genauigkeit der Klassifikation in Prozent über die Anzahl der Anrufe je Proband.	170
6.11. Ermittlung der Klassifikationszeit. Gemessen wurde die Zeit unmittelbar vor t_0 und nach der Klassifikation t_1 mit anschließender Differenz zwischen t_1 und t_0	171
7.1. Konfusionsmatrix des Probanden 1 mit insgesamt 248 Anrufen. Eine Präzision von bis zu 73 % war bei diesem durchschnittlichen Testprobanden möglich.	177
7.2. Kontinuierlicher Präsenzbewerter. Während eines Telefonates wird fortlaufend der Kontext klassifiziert.	178
A.1. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Springen</i>	213
A.2. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Laufen</i>	214
A.3. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Rennen</i>	214
A.4. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Radfahren</i>	215
A.5. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Ruhen</i>	215
A.6. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Autofahren</i>	216
A.7. Beschleunigungskurven für die Bewegung <i>Autofahren</i> . Im Gegensatz zu den anderen Kurven jedoch mit 1 Minute als Messintervall.	216
A.8. Der SDP-Protokollstapel veranschaulicht die Erkundung von Diensten anderer Geräte. Links befindet sich das lokale Gerät, das die entfernten Dienste (rechts) ermittelt. Der Protokollstapel ist angelehnt an das OSI-Schichtenmodell. [12]	219
A.9. Erkennung eines gesprochenen Textes mit Hilfe eines VAD-Algorithmus von KUKSHAUSEN	220

Tabellenverzeichnis

2.1. Verteilung der Anzahl der Akteure aus der Studie von WIBERG [113]. Erwartungsgemäß finden überwiegend (80 %) Dialoge statt.	17
2.2. Sensoren zur Präsenzbewertung von Computernutzern nach LORENZ [65].	47
2.3. Vergleichende Erkennungsraten von Sprache zweier Algorithmen aus [55].	48
3.1. Konfusionsmatrix eines binären Problems der Klassen (+) und (-). . . .	58
4.1. Übersicht der verschiedenen WLAN-Normen des IEEE 802.11 Standards. Die Reichweiten beziehen sich auf WLAN innerhalb/außerhalb von Ge- bäuden.	81
4.2. Aufbau des Informationselements SSID nach 802.11. Diese kann bis zu 32 Byte lang sein.	82
4.3. Ableitbare Informationen zum Sensor WLAN.	82
4.4. Sensorinformationen für die Präsenzbewertung mit Hilfe des Bluetooth- Adapters	84
4.5. Beschleunigungswerte des Accelerometer in x-, y- und z-Richtung. Mit Hilfe dieser lassen sich beispielsweise Bewegungen des Benutzers erkennen und mögliche Rückschlüsse zur Präsenz ziehen, siehe auch Anhang A.2. .	86
4.6. Gyroskop als Sensor der Rotationsbewegung um die eigene Achse. Ein Gyroskop stellt eine Rotationsänderung im Raum fest.	88
4.7. Kompass als Sensor zur Ermittlung der Himmelsrichtung.	89
4.8. Mikrofon als Sensor zur Präsenzbewertung mit Hilfe der Umgebungslaut- stärke sowie der Erkennung, ob in der Umgebung gesprochen wird.	90
4.9. Der Näherungssensor ermöglicht das Erkennen von Objekten. Während eines Telefonats wird das Display ausgeschaltet, wenn der Benutzer das Telefon an das Ohr hält. Eine direkte Abhängigkeit zur Präsenz ist vorerst nicht erkennbar.	92

4.10. Der Sensorwert Helligkeit ermöglicht die Interpretation der Lichtverhältnisse und dient standardmäßig zur Einstellung der Displayhelligkeit. Er kann zur Erkennung von Nacht- und Ruhephasen verwendet werden. . . .	92
4.11. Der Sensorwert Temperatur erlaubt die Messung der Temperatur. Das Auslesen des Sensorwertes ist nur auf Android Telefonen möglich.	93
4.12. Integrierte Luftdrucksensoren erlauben die Berechnung der aktuellen Höhe und können zur Messung von relativen Veränderungen verwendet werden.	94
4.13. Mögliche Sensorinformationen, die aus dem Akkumulator des Smartphones entnommen werden können.	95
4.14. Mögliche Sensorinformationen von Smart Watches und Healthkits.	96
4.15. Werte aus dem Sensor Uhrzeit und Datum mit Reduzierung der Genauigkeit.	97
4.16. Interpretierte Werte aus dem Sensor Kalender zur Klassifizierung.	99
4.17. Interpretierte Werte aus dem Sensor Adressbuch zur Klassifizierung. . . .	101
4.18. Interpretierte Werte aus der Telefonhistorie.	102
4.19. Interpretierte Werte aus dem Sensor Schlafzyklus.	105
4.20. Netzwerkumgebung als Sensor zur Präsenzbewertung. Ziel ist die Wiedererkennung von Umgebungen innerhalb von Gebäuden ohne GPS-Empfang.	107
4.21. Werte aus dem Sensor Lokalisierung. Vorberechnungen müssen an lon und lat durchgeführt werden. Aus diesen resultieren π und q	112
5.1. Übersicht aller Signalarten mit Erläuterung. Die Signalart ist nach der Priorität von <i>gering</i> (in der Tabelle oben) bis <i>hoch</i> (in der Tabelle unten) sortiert.	142
5.2. Anwendungsmatrix der Präsenzbewertersoftware bei Anrufer (A) und Angerufenem (B). Je nach Zustand findet keine Präsenzunterstützung, nur Präsenzbewertung mit Anrufsignalisierung oder Präsenzbewertung mit Anrufsignalisierung und Verhandlung statt.	146
6.1. Informationen über die Probanden hinsichtlich ihres Alters, der Anzahl erfasster Anrufe im dreimonatigen Zeitraum. Die Probanden 1 bis 4 setzten die AWV Software ein. Die Probanden 5 bis 10 dienten zur Erhöhung der Anzahl der Anrufe bei den Probanden 1 bis 4.	163
6.2. Präzision bei einem 2-Klassenproblem. Die Signalarten wurden auf 2 Klassen beschränkt, Signalisieren und Ablehnen.	171
6.3. Evaluierungszeit bei den Klassifikatoren Entscheidungsbaum, Bayes und SVM.	172

6.4. Gekürzte Darstellung zur Abbildung 6.8. Betrachtet wurde die Präzision der einzelnen Klassifikatoren im Zusammenhang mit der Signalart. Der Klassifikator Bayes hat allgemein betrachtet eine höhere Präzision als die anderen beiden. Alle Werte über 0,17 zeigen auf eine genauere Vorhersage als eine Gleichverteilung mit 6 Teilklassen.	173
A.1. Sensorinformation: Sensor WLAN	207
A.2. Sensorinformationen: Sensor Bluetooth	207
A.3. Sensorinformation: Sensor GPS	207
A.4. Sensorinformation: Sensor Gyroskop	208
A.5. Sensorinformation: Sensor Kompass	208
A.6. Sensorinformation: Sensor Mikrofon	208
A.7. Sensorinformation: Sensor Näherung	208
A.8. Sensorinformation: Sensor Helligkeit	209
A.9. Sensorinformation: Sensor Temperatur	209
A.10.Sensorinformation: Sensor Luftdruck	209
A.11.Sensorinformation: Sensor Akku	209
A.12.Sensorinformation: Sensor Smartwatches	209
A.13.Sensorinformation: Sensor Uhrzeit und Datum	210
A.14.Sensorinformation: Sensor Kalender	210
A.15.Sensorinformation: Sensor Adressbuch	210
A.16.Sensorinformation: Sensor Telefonhistorie	211
A.17.Sensorinformation: Sensor Schlafzyklus	211
A.18.Sensorinformation: Sensor Netzwerkumgebung	211
A.19.Sensorinformation: Sensor Lokalisierung	211
A.20.Eigenschaften verschiedener Tätigkeitsprofile und deren Abhängigkeiten nach LORENZ. [64]	212
A.21.Auszüge von Information Elements im WLAN.	217
A.22.Datengrundlage für den Klassifikator Entscheidungsbaum für Abbildung 3.2 auf 60.	218
A.23.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (1).	222
A.24.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (2)	223
A.25.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (3)	224
A.26.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (4)	225
A.27.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (5)	226
A.28.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (6)	227

A.29.Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (7) 228

Literatur

- [1] Alain Andrieux Karl Czajkowski, Asit Dan. *Web services agreement specification (WS-Agreement)*. Techn. Ber. 128. Open Grid Forum, 2007.
- [2] Albers, A., Klapper, D., Konradt, U., Walter, A. und Wolf, J. *Methodik der empirischen Forschung*. Bd. 3. Springer, 2009.
- [3] Anderson, Ben und Alty, James L. „Everyday Theories, Cognitive Anthropology and User-centred System Design.“ In: *BCS HCI*. Hrsg. von Kirby, Mark A. R., Dix, Alan J. und Finlay, Janet. Cambridge University Press, 29. Okt. 2002, S. 121–135. ISBN: 0-521-56729-7.
- [4] *Android Developer Guide*. URL: <https://developer.android.com> (besucht am 30.05.2019).
- [5] Armenise, M. N., Ciminelli, C., Dell’Olio, F. und Passaro, V. M. N. *Advances in Gyroscope Technologies*. Springer, 2010. DOI: DOI10.1007/978-3-642-15494-2.
- [6] Bai, Yin, Xu, Bin, Ma, Yuanchao, Sun, Guodong und Zhao, Yu. „Will You Have a Good Sleep Tonight?: Sleep Quality Prediction with Mobile Phone“. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Body Area Networks*. BodyNets ’12. Oslo, Norway: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics und Telecommunications Engineering), 2012, S. 124–130. ISBN: 978-1-936968-60-2. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2442691.2442720>.
- [7] „Begriff der Präsenz“. In: *Meyers Lexikon* (2019).
- [8] Berthold, Michael R., Cebron, Nicolas, Dill, Fabian, Gabriel, Thomas R., Kötter, Tobias, Meinel, Thorsten, Ohl, Peter, Thiel, Kilian u. a. „KNIME - the Konstanz Information Miner: Version 2.0 and Beyond“. In: *SIGKDD Explor. Newsl.* 11. 1 (Nov. 2009), S. 26–31. ISSN: 1931-0145. DOI: 10.1145/1656274.1656280. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1656274.1656280>.
- [9] Birdwhistell, Ray L. *The Kinesics Report*. Bd. 2 no. 3. 1980, S. 1–16.

- [10] Bosch. *Bosch BMP280 - Digital Pressure Sensor Datasheet*. 0 273 300 354. 2014.
- [11] Bosch. *Bosch BMP280 Product Description and Technical Data*. URL: https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bmp280 (besucht am 30.05.2019).
- [12] Bourk, Terry, Howes, Tim und Seymor, Burch. *Discovery Whitepaper - Service Discovery Applications*. Techn. Ber. Bluetooth Special Interest Group, 2008.
- [13] Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A. und Stone, C. J. *Classification and Regression Trees*. Hrsg. von no. Belmont, CA: Wadsworth International Group, 1984.
- [14] Breiman, Leo und Spector, Philip. „Submodel Selection and Evaluation in Regression. The X-Random Case“. In: *International Statistical Review* 60. 3 (1992).
- [15] Brown, Barry A.T. und Perry, Mark. *Why don't telephones have off switches? Understanding the use of everyday technologies*. Appears in *Interacting with Computers*.
- [16] Brown, P.J., Bovey, J.D. und Chen, Xian. „Context-aware applications: from the laboratory to the marketplace“. In: *Personal Communications, IEEE [see also IEEE Wireless Communications]* 4. 5 (1997), S. 58–64. ISSN: 1070-9916.
- [17] Bührig, Kristin und Sager, Sven F. *Nonverbale Kommunikation im Gespräch*. Bd. 70. Osnabrück: Red. Obst, 2005. ISBN: 3924110700.
- [18] Campbell, Andrew T., Eisenman, Shane B., Lane, Nicholas D., Miluzzo, Emiliano, Peterson, Ronald A., Lu, Hong, Zheng, Xiao, Musolesi, Mirco u. a. „The Rise of People-Centric Sensing“. In: *IEEE Internet Computing* 12. 4 (2008), S. 12–21. ISSN: 1089-7801. DOI: <http://doi.ieeeecomputersociety.org/10.1109/MIC.2008.90>.
- [19] Cutrell, Edward, Czerwinski, Mary und Horvitz, Eric. „Notification, Disruption, and Memory: Effects of Messaging Interruptions on Memory and Performance“. In: 2001 (2001), S. 263–269. DOI: 10.1.1.26.418.
- [20] Darwin, C. R. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. 1878. ISBN: 9780195158069. URL: <http://books.google.ca/books?id=TFRtLZSHMcYC>.
- [21] Deiser, Oliver. *Einführung in die Mengenlehre: Die Mengenlehre Georg Cantors und ihre Axiomatisierung durch Ernst Zermelo*. Bd. 3. Springer, 2010.

- [22] Dey, Anind Kumar. „Providing Architectural Support for Building Context-aware Applications“. AAI9994400. Diss. Atlanta, GA, USA, 2000. ISBN: 0-493-01246-X.
- [23] Dietmayer, Klaus C.J. „Magnetic Sensors Based on the AMR-Effect“. In: *Technisches Messen Plattform für Methoden, Systeme und Anwendungen der Messtechnik* 6 (2009). DOI: 10.1524/2001.68.6.269.
- [24] Dimitoglou, George, Duzyol, Okan und Owusu, Lawrence. „Formal Verification of a Simple Automated Negotiation Protocol“. In: *Software Engineering Research and Practice '06*. 2006, S. 650–656.
- [25] Dourish, Paul und Bellotti, Victoria. „Awareness and Coordination in Shared Workspaces“. In: *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-supported Cooperative Work*. CSCW '92. Toronto, Ontario, Canada: ACM, 1992, S. 107–114. ISBN: 0-89791-542-9. DOI: 10.1145/143457.143468. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/143457.143468>.
- [26] Duncan, S.D. „Interaction units during speaking turns in dyadic, face-to-face conversations.“ In: *Organization of Behavior in Face-to-Face Interaction* (1975), S. 199–213.
- [27] Dutson, Phil. *Android Development Patterns: Best Practices for Professional Developers (Developer's Library)*. Addison Wesley, 2016.
- [28] Faltstrom, Patrik und Mealling, Michael. *The E.164 to Uniform Resource Identifiers (URI) Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Application (ENUM)*. Internet RFC 3761. 2004.
- [29] Fawcett, Tom und Fawcett, Tom". „ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers“. In: (2004). DOI: 10.1.1.10.9777.
- [30] Fieldsend, Jonathan E. und Everson, Richard M. „Visualisation of multi-class ROC surfaces“. In: *ROCML* (2005).
- [31] Froitzheim, Konrad. *Multimedia-Kommunikation - Dienste, Protokolle und Technik für Telekommunikation und Computernetze*. dpunkt, 1997, S. I–XIV, 1–364. ISBN: 978-3-920993-61-4.
- [32] Gamma, Erich, Helm, Richard, Johnson, Ralph und Vlissides, John. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-oriented Software*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1995. ISBN: 0-201-63361-2.
- [33] Gartner. *Gartner Technology Research - Worldwide Mobile Communication Devices*. 2011.

- [34] GmbH, Statista. *Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2010 bis 2018 (in Millionen)*. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/> (besucht am 30.05.2019).
- [35] Gommlich, F. „Doktorandenseminar Institut für Informatik, TU Bergakademie Freiberg“. 2014.
- [36] Gommlich, Frank und Heyne, Georg. „Persönliche Lernumgebung - Architektur für Smartphones“. In: *GI-Edition Lecture Notes in Informatics*. Hrsg. von Horbach, Matthias. Bd. P-220. Gesellschaft für Informatik, 2013, S. 279–292.
- [37] Gommlich, Frank, Heyne, Georg, Linowsky, Thomas und Froitzheim, Konrad. „- Mobile Learning mit myTU - Awarenessbasierte persönliche Lernumgebung“. In: *Informatik 2014, Delfi*. 2014.
- [38] Government, U.S. *GPS Accuracy*. URL: <http://www.gps.gov/support/website/> (besucht am 30.05.2019).
- [39] Grummt, R. und Bröhl, M. *Evaluation myTU-App*. Apr. 2014. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:105-qucosa-144183>.
- [40] Hall, Mark, Frank, Eibe, Holmes, Geoffrey, Pfahringer, Bernhard, Reutemann, Peter und Witten, Ian H. „The WEKA Data Mining Software: An Update“. In: *SIGKDD Explor. Newsl.* 11. 1 (Nov. 2009), S. 10–18. ISSN: 1931-0145. DOI: 10.1145/1656274.1656278. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1656274.1656278>.
- [41] Han, Jiawei, Kamber, Micheline und Pei, Jian. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3rd. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. ISBN: 0123814790, 9780123814791.
- [42] Helsinki, University of. *ContextContacts Projektwebseite*. Department of Computer Science. 2014. URL: <http://www.cs.helsinki.fi/group/context/>.
- [43] Heydon, Robin und Hunn, Nick. *Bluetooth Low Energy Technology*. online.
- [44] Heyne, Georg, Froitzheim, Konrad und Gommlich, Frank. „myTU - Neue Ideen und Konzepte“. In: *eled* 10. 1 (2014). ISSN: 1860-7470. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0009-5-39172>.
- [45] Horvitz, Eric, Jacobs, Andy und Hovel, David. „Attention-Sensitive Alerting“. In: (1998), S. 305–313. DOI: 10.1.1.27.7661.

- [46] iBeacons, Poland kontakt.io. 2019. URL: <http://kontakt.io>.
- [47] IEEE. *Bluetooth - Wireless medium access control and physical layer specifications for wireless personal area networks*. Techn. Ber. 802.15.1. 2002.
- [48] IEEE. *IEEE 802.11 Standard*. Norm. IEEE, 2012–2013. URL: <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>.
- [49] ifixit.com. *Teardown iPhone 4 - Microphone*. URL: <https://www.ifixit.com/Teardown/iPhone+4+Microphone+Teardown/3473> (besucht am 30.05.2019).
- [50] Isaacs, Ellen, Walendowski, Alan, Whittaker, Steve, Schiano, Diane J. und Kamm, Candace. „The Character, Functions, and Styles of Instant Messaging in the Workplace“. In: *Proceedings of the 2002 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*. CSCW '02. New Orleans, Louisiana, USA: ACM, 2002, S. 11–20. ISBN: 1-58113-560-2. DOI: 10.1145/587078.587081. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/587078.587081>.
- [51] ITU. „E.164 : The international public telecommunication numbering plan“. In: (Juni 2011). URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-E.164/en>.
- [52] Knapp, Mark L., Hall, Judith A. und Horgan, Terrence G. *Nonverbal Communication in Human Interaction*. 0008. Aufl. Clifton Park, NY: Cengage Learning, 2013. ISBN: 1133311598.
- [53] Kraftfahrt-Bundesamt. *KBA Jahresbericht 2013/14*. online. 2015. URL: http://www.kba.de/DE/Presse/Jahresberichte/jahresberichte_node.html.
- [54] Kraut, R.E., Fish, R.S., Root, R.W. und Chalfonte, B.L. „Informal communication in organizations: Form, function, and technology“. In: *Human Reactions to Technology: The Claremont Symposium on Applied Social Psychology* (1990).
- [55] Kukshausen, Sergej. „Entwicklung einer mobilen Anwendung zur Voice Activity Detection“. Bakkalaureatsarbeit. TU Bergakademie Freiberg, 2014.
- [56] Kwapisz, Jennifer R., Weiss, Gary M. und Moore, Samuel A. „Activity Recognition Using Cell Phone Accelerometers“. In: *SIGKDD Explor. Newsl.* 12. 2 (März 2011), S. 74–82. ISSN: 1931-0145. DOI: 10.1145/1964897.1964918. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1964897.1964918>.

- [57] Lachenbruch, Peter A. und Mickey, M. Ray. „Estimation of Error Rates in Discriminant Analysis“. In: *Technometrics* 10. 1 (1968), S. 1–11. DOI: 10.1080/00401706.1968.10490530. eprint: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00401706.1968.10490530>. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00401706.1968.10490530>.
- [58] Lane, Nicholas D., Lane, Nicholas D., Miluzzo, Emiliano, Lu, Hong, Peebles, Daniel, Choudhury, Tanzeem und Campbell, Andrew T." „A Survey of Mobile Phone Sensing“. In: *IEEE Communications Magazine* (2010). DOI: 10.1.1.186.9844.
- [59] Lanig, Stefan, Lemcke, Manuel und Mayer, Philipp. *Evaluation von Data Mining Werkzeugen*. ger. Techn. Ber. Holzgartenstr. 16, 70174 Stuttgart: Universitätsbibliothek der Universität Stuttgart, 2010. URL: <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2010/5525>.
- [60] Lindqvist, Janne und Gruteser, Marco. *Undistracted Driving Projektwebseite*. The State University of New Jersey. 2014.
- [61] Lindqvist, Janne und Hong, Jason. „Undistracted Driving: A Mobile Phone That Doesn't Distract“. In: *Proceedings of the 12th Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. HotMobile '11. Phoenix, Arizona: ACM, 2011, S. 70–75. ISBN: 978-1-4503-0649-2. DOI: 10.1145/2184489.2184504. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2184489.2184504>.
- [62] LitePoint. *IEEE 802.11ac: What Does it Mean for Test?* Techn. Ber. 2013.
- [63] Littlejohn, S.W. und Foss, K.A. *Encyclopedia of Communication Theory*. Encyclopedia of Communication Theory. SAGE Publications, 2009, S. 690–694. ISBN: 9781412959377. URL: <http://books.google.de/books?id=S8Kf0NOXALIC>.
- [64] Lorenz, Adrian. „Ein Experiment zur lernenden Präsenzbewertung“. Magisterarb. TU Bergakademie Freiberg, 2012.
- [65] Lorenz, Adrian. „Eine Modellanwendung zur Präsenzbewertung von Computernutzern“. Magisterarb. TU Bergakademie Freiberg, 2010.
- [66] Lorenz, Adrian und Grems, Stefan. „Evaluation von Machine Learning Toolkits“. In: *TU Bergakademie Freiberg* (2012).
- [67] M. Mealling, R. Daniel. *The Naming Authority Pointer (NAPTR) DNS Resource Record*. Internet RFC 2915. 2000.

- [68] Ma, Yuanchao, Xu, Bin, Bai, Yin, Sun, Guodong und Zhu, Run. „Daily Mood Assessment Based on Mobile Phone Sensing“. In: *Proceedings of the 2012 Ninth International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*. BSN '12. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2012, S. 142–147. ISBN: 978-0-7695-4698-8. DOI: 10.1109/BSN.2012.3. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/BSN.2012.3>.
- [69] Mansfeld, Werner. *Satelittenortung und Navigation*. Bd. 3. Vieweg+Teubner, 2009.
- [70] Mcfarlane, Daniel C. „Coordinating the Interruption of People in Human-Computer Interaction“. In: *Human-Computer Interaction — INTERACT'99*. Hrsg. von Sasse, Angela und Johnson, Chris. IOS Press, IFIP TC.13, 1999, S. 195–303.
- [71] Mehrabian, A. und Ferris, S. R. „Inference of attitudes from nonverbal communication in two channels.“ In: *Journal of consulting psychology* 31. 3 (Juni 1967), S. 248–252. ISSN: 0095-8891. URL: <http://view.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6046577>.
- [72] Mehrabian, A. und Wiener, M. „Decoding of communications.“ In: *Journal of personality and social psychology* 6. 1 (Mai 1967), S. 109–114. ISSN: 0022-3514. URL: <http://view.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6032751>.
- [73] Meißner, Jens. „Entwicklung einer Android-App zur Voice Activity Detection“. Magisterarb. TU Bergakademie Freiberg, 2013.
- [74] Mierswa, Ingo, Wurst, Michael, Klinkenberg, Ralf, Scholz, Martin und Euler, Timm. „YALE: Rapid Prototyping for Complex Data Mining Tasks“. In: *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. KDD '06. Philadelphia, PA, USA: ACM, 2006, S. 935–940. ISBN: 1-59593-339-5. DOI: 10.1145/1150402.1150531. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1150402.1150531>.
- [75] Milewski, Allen E. und Smith, Thomas M. „Providing Presence Cues to Telephone Users“. In: *Proceedings of the 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*. CSCW '00. Philadelphia, Pennsylvania, USA: ACM, 2000, S. 89–96. ISBN: 1-58113-222-0. DOI: 10.1145/358916.358978. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/358916.358978>.
- [76] Min, Jun-Ki, Doryab, Afsaneh, Wiese, Jason, Amini, Shahriyar, Zimmerman, John und Hong, Jason I. „Toss 'N' Turn: Smartphone As Sleep and Sleep Quality Detector“. In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in*

- Computing Systems*. CHI '14. Toronto, Ontario, Canada: ACM, 2014, S. 477–486. ISBN: 978-1-4503-2473-1. DOI: 10.1145/2556288.2557220. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2556288.2557220>.
- [77] Nakamoto, Satoshi. *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. URL: <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (besucht am 30.05.2019).
- [78] Northcube. *Sleep Cycle App*. URL: <https://www.sleepcycle.com> (besucht am 30.05.2019).
- [79] O’Conaill, Brid und Frohlich, David. „Timespace in the workplace: dealing with interruptions.“ In: (1995), S. 262–263. DOI: 10.1145/223355.223665.
- [80] Oulasvirta, Antti, Raento, Mika und Tiitta, Sauli. „ContextContacts: Re-designing SmartPhone’s Contact Book to Support Mobile Awareness and Collaboration“. In: *Proceedings of the 7th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices & Services*. MobileHCI '05. Salzburg, Austria: ACM, 2005, S. 167–174. ISBN: 1-59593-089-2. DOI: 10.1145/1085777.1085805. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1085777.1085805>.
- [81] Pedersen, Elin Rønby. „Calls.Calm: Enabling Caller and Callee to Collaborate“. In: *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. CHI EA '01. Seattle, Washington: ACM, 2001, S. 235–236. ISBN: 1-58113-340-5. DOI: 10.1145/634067.634207. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/634067.634207>.
- [82] Pering, Celine. „Taming of the Ring: Context Specific Social Mediation for Communication Devices“. In: *CHI '02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. CHI EA '02. Minneapolis, Minnesota, USA: ACM, 2002, S. 712–713. ISBN: 1-58113-454-1. DOI: 10.1145/506443.506560. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/506443.506560>.
- [83] Philips. *Philips HUE*. URL: <https://meethue.com> (besucht am 30.05.2019).
- [84] Piatetsky-Shapiro, G. *SIGKDD Winner 20015*. URL: <https://www.kdnuggets.com/news/2005/n13/2i.html> (besucht am 30.05.2019).
- [85] Raento, Mika, Oulasvirta, Antti, Petit, Renaud und Toivonen, Hannu. „Context-Phone: A Prototyping Platform for Context-Aware Mobile Applications“. In: *IEEE Pervasive Computing* 4. 2 (Apr. 2005), S. 51–59. ISSN: 1536-1268. DOI: 10.1109/MPRV.2005.29. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2005.29>.

- [86] Rech, Jörg. *Wireless LANs: 802.11-WLAN-Technologie und praktische Umsetzung im Detail*. Bd. 4. Heise Zeitschriften Verlag, 2012.
- [87] Rosenberg, J. *SIP: Session Initiation Protocol*. Internet RFC 3261. 2002.
- [88] ROXIMITY Beacons Technology Denver, USA. 2019. URL: <https://www.verve.com/>.
- [89] Ryan, N. S., Pascoe, J. und Morse, D. R. „Enhanced Reality Fieldwork: the Context-aware Archaeological Assistant“. In: *Computer Applications in Archaeology 1997*. Hrsg. von Gaffney, V., Leusen, M. van und Exxon, S. British Archaeological Reports. Oxford: Tempus Reparatum, 1998, S. 182–196. URL: <http://www.cs.kent.ac.uk/pubs/1998/616>.
- [90] S. Bradner L. Conroy, K. Fujiwara. *The E.164 to Uniform Resource Identifiers (URI) Dynamic Delegation Discovery System (DDDS) Application (ENUM)*. Internet RFC 6116. 2011.
- [91] Scherer, Klaus R. und Wallbott, Harald G. *Nonverbale Kommunikation*. BELTZ Studienbuch, 1979.
- [92] Schiessle, Edmund. *Sensortechnik und Meßwertaufnahme*. Bd. 1. Vogel, 1992.
- [93] Schilit, Bill und Theimer, Marvin. „Disseminating active map information to mobile hosts“. In: *IEEE Network* 8 (1994), S. 22–32.
- [94] Schiller, Apple Phil. „Unveil the New iPhone 5“. In: 6. Apple, 2012.
- [95] Schmidt, Albrecht, Beigl, Michael und Gellersen, Hans-Werner. „There is more to context than location“. In: *Computers Graphics* 23 (1999), S. 893–901.
- [96] Schmidt, Albrecht, Takaluoma, Antti und Mäntyjärvi, Jani. „Context-Aware Telephony Over WAP“. In: *Personal Ubiquitous Comput.* 4. 4 (Jan. 2000), S. 225–229. ISSN: 1617-4909. DOI: 10.1007/s007790070008. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s007790070008>.
- [97] Schubert, Christian. „Ein Experiment zur lernenden Präsenzbewertung auf Android Betriebssystemen“. Magisterarb. TU Bergakademie Freiberg, 2014.
- [98] Sensortec, Bosch. *Bosch BMP280 - Digital, barometric pressure sensor*. BST-BMP280-FL000-00.

- [99] Spackman, Kent A. „Signal Detection Theory: Valuable Tools for Evaluating Inductive Learning“. In: *Proceedings of the Sixth International Workshop on Machine Learning*. Ithaca, New York, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1989, S. 160–163. ISBN: 1-55860-036-1. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=102118.102172>.
- [100] *Specification of the Bluetooth System Band 1*. Techn. Ber. Core. Bluetooth Special Interest Group, 2003.
- [101] Standardization, International Organization for und Commission, International Electrotechnical. *Information technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: The Basic Model*. Norm. ISO/IEC, 1994.
- [102] Steckel, Joel H. und Vanhonacker, Wilfried R. „Cross-Validating Regression Models in Marketing Research“. In: *Marketing Science* 12. 4 (1993), S. 415–427. URL: <http://EconPapers.repec.org/RePEc:inm:ormksc:v:12:y:1993:i:4:p:415-427>.
- [103] Steinberg, Daniel und Cheshire, Stuart. *Zero Configuration Networking: The Definitive Guide*. Bd. 1. OReilly, 2006.
- [104] Tappert, Gregor. „Ein währungsbasiertes Modell zur Rufbewertung im Telefondienst“. Magisterarb. TU Bergakademie Freiberg, 2012.
- [105] Technologies, Turning. *Turning Technologies Response Clicker System*. URL: <https://www.turningtechnologies.com/clickers/> (besucht am 30.05.2019).
- [106] Tränkler, Hans-Rolf und Obermeier, Ernst. *Sensortechnik - Handbuch für Praxis und Wissenschaft*. Bd. 1. Springer-Verlag, 1998.
- [107] Treumer, Jonas. „Ein präsenzbasierendes Modell zur Monetarisierung der mobilen telefonischen Erreichbarkeit“. Magisterarb. TU Bergakademie Freiberg, 2014.
- [108] Union, International Telecommunication. *ICT Facts and Figures 2014*. (Besucht am 30.05.2019).
- [109] Šušmáková, Kristína und Krakovská, Anna. „Discrimination Ability of Individual Measures Used in Sleep Stages Classification“. In: *Artif. Intell. Med.* 44. 3 (Nov. 2008), S. 261–277. ISSN: 0933-3657. DOI: 10.1016/j.artmed.2008.07.005. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2008.07.005>.
- [110] Vuk, Miha und Curk, Tomaz. „ROC Curve, Lift Chart and Calibration Plot“. In: *Metodoloki zvezki* 3. 1 (2006), S. 89–108.

- [111] Weiss, Gary M., Weiss, Gary M. und Lockhart, Jeffrey W. „The Impact of Personalization on Smartphone-Based Activity Recognition“. In: *AAAI Technical Report* (2012). DOI: 10.1.1.295.4754.
- [112] Westphal, Christopher und Blaxton, Teresa. *Data Mining Solutions: Methods and Tools for Solving Real-world Problems*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1998. ISBN: 0-471-25384-7.
- [113] Wiberg, Mikael und Whittaker, Steve. „Managing Availability: Supporting Lightweight Negotiations to Handle Interruptions“. In: *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 12. 4 (Dez. 2005), S. 356–387. ISSN: 1073-0516. DOI: 10.1145/1121112.1121114. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1121112.1121114>.
- [114] Wiberg, Mikael, Wiberg, Mikael und Ljungberg, Fredrik. „Exploring the Vision of Anytime, Anywhere in the Context of Mobile Work“. In: *IN KNOWLEDGE MANAGEMENT AND VIRTUAL* (1999), S. 157–169. DOI: 10.1.1.26.9820.
- [115] Witten, Ian H. und Frank, Eibe. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Second Edition (Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems)*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2005. ISBN: 0120884070.
- [116] Witten, Ian H., Frank, Eibe und Hall, Mark A. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. 3rd. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2011. ISBN: 0123748569, 9780123748560.
- [117] Y. Wang X. Jia, H. K. Lee. „An indoor wireless positioning system based on wireless local area network infrastructure“. In: *SatNav* (2003).
- [118] Yang, Jie, Sidhom, Simon, Chandrasekaran, Gayathri, Vu, Tam, Liu, Hongbo, Cekan, Nicolae, Chen, Yingying, Gruteser, Marco u. a. „Detecting Driver Phone Use Leveraging Car Speakers“. In: *Proceedings of the 17th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*. MobiCom '11. Las Vegas, Nevada, USA: ACM, 2011, S. 97–108. ISBN: 978-1-4503-0492-4. DOI: 10.1145/2030613.2030625. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/2030613.2030625>.

A. Anhang

A.1. Übersicht der Sensorinformationen

Sensorwert	Bedeutung
SSID	Name des WLAN
BSSID	Kennung des Netzwerkes, üblicherweise die Hardwareadresse des WLAN-Adapters
MAC	Hardwareadresse des WLAN-Adapters

Tab. A.1.: Sensorinformation: Sensor WLAN

Sensorwert	Bedeutung
Geräteadressen	Liste von Bluetoothgeräten in der Umgebung
Dienste	Liste von angebotenen Diensten in der Umgebung

Tab. A.2.: Sensorinformationen: Sensor Bluetooth

Sensorwert	Bedeutung
Beschleunigung X	Aktueller Beschleunigungswert in x-Richtung
Beschleunigung Y	Aktueller Beschleunigungswert in y-Richtung
Beschleunigung Z	Aktueller Beschleunigungswert in z-Richtung

Tab. A.3.: Sensorinformation: Sensor GPS

Sensorwert	Bedeutung
Rotationsänderung	Findet eine Rotation um die eigene Achse statt. Diese Sensorinformation besitzt nur eine untergeordnete Wichtigkeit.

Tab. A.4.: Sensorinformation: Sensor Gyroskop

Sensorwert	Bedeutung
Himmelsrichtung	Bestimmung der Himmelsrichtung. An Orten wo keine weiteren Sensorinformationen zur Verfügung stehen, können evtl. Gewohnheiten wiedererkannt werden.

Tab. A.5.: Sensorinformation: Sensor Kompass

Sensorwert	Bedeutung
Lautstärke	Aktuelle Lautstärke in der Umgebung
Ø-Lautstärke	Durchschnittslautstärke über eine bestimmte Zeit
Sprache	Findet in der Umgebung ein Gespräch statt

Tab. A.6.: Sensorinformation: Sensor Mikrofon

Sensorwert	Bedeutung
Näherung	Erkennt, ob sich unmittelbar ein Objekt vor dem Telefon befindet

Tab. A.7.: Sensorinformation: Sensor Näherung

Sensorwert	Bedeutung
Helligkeit	Helligkeitswert am Telefon

Tab. A.8.: Sensorinformation: Sensor Helligkeit

Sensorwert	Bedeutung
Temperatur	Temperatur der Umgebung, nur träge Anpassung

Tab. A.9.: Sensorinformation: Sensor Temperatur

Sensorwert	Bedeutung
Druck	Luftdruck der Umgebung

Tab. A.10.: Sensorinformation: Sensor Luftdruck

Sensorwert	Bedeutung
Level	Ladestand des Akkus, üblicherweise in Prozent.
Status	Ladevorgang, zum Beispiel mit Stromnetz verbunden
Ladezeit	Zeit, wie lange das Telefon schon mit Stromnetz verbunden ist

Tab. A.11.: Sensorinformation: Sensor Akku

Sensorwert	Bedeutung
Puls	Mögliche Interpretation der Tätigkeit
Temperatur	Erkennung der Umgebung
Helligkeitssensor	Erkennung der Umgebung sowie Bewegungen

Tab. A.12.: Sensorinformation: Sensor Smartwatches

Sensorwert	Bedeutung
Uhrzeit (Stunde)	Erkennung der Tageszeit mit Arbeitsphase (Arbeit, Freizeit, Nacht)
Datum (Wochentag)	Abbildung des Wochentages zur Unterstützung der Erkennung der Arbeitsphase

Tab. A.13.: Sensorinformation: Sensor Uhrzeit und Datum

Sensorwert	Bedeutung
Termin t	Ist zum aktuellen Zeitpunkt gerade ein Ereignis im Kalender eingetragen
Teilnehmer	Namen der Teilnehmer zum Termin t
Kalender (Termin)	Aktuelle ID des Kalenders in dem der Termin t eingetragen ist
Verfügbar	Ist der Benutzer zum Zeitpunkt des Termins t verfügbar
Frei Bis	Zeit bis zum nächsten Eintrag im Kalender
Kalender (Frei Bis)	Aktuelle ID des Kalenders für anstehenden Termin

Tab. A.14.: Sensorinformation: Sensor Kalender

Sensorwert	Bedeutung
Rufnummer	Rufnummer des Anrufers
AnruferID	Identifikation des Anrufers anhand des Adressbuches
Gruppe(n)	In welche(r) Gruppe(n) befindet sich der Anrufer. Ist die Rufnummer unbekannt, so fällt der Anrufer in die Gruppe ‚Unbekannt‘. Wird die Rufnummer unterdrückt, wird der Anruf der Gruppe ‚Unterdrückt‘ zugeordnet.

Tab. A.15.: Sensorinformation: Sensor Adressbuch

Sensorwert	Bedeutung
Rufnummer/AnruferID	Rufnummer des Anrufers/AnruferID
Dauer	Dauer des geführten Telefonats
Timestamp	Zeit des Telefonats
Richtung	Anruf ausgehend oder eingehend

Tab. A.16.: Sensorinformation: Sensor Telefonhistorie

Sensorwert	Bedeutung
Phase	Aktuelle Phase des Schlafes
Phasenposition	Position innerhalb der Phase Dauer
Dauer der aktuellen Phase	
Ø-Dauer	Durchschnittsdauer der aktuellen Phase

Tab. A.17.: Sensorinformation: Sensor Schlafzyklus

Sensorwert	Bedeutung
Gerätenamen	Liste von Gerätenamen in der vorhandenen Netzwerkumgebung. Eindeutige Footprints sollen zur Wiedererkennung führen.

Tab. A.18.: Sensorinformation: Sensor Netzwerkumgebung

Sensorwert	Bedeutung
lat	Geographische Breite
lon	Geographische Breite
pi	Identifizierung eines Ortes mit bestimmter Auflösung
q	Erdquadrant aus der Menge Q

Tab. A.19.: Sensorinformation: Sensor Lokalisierung

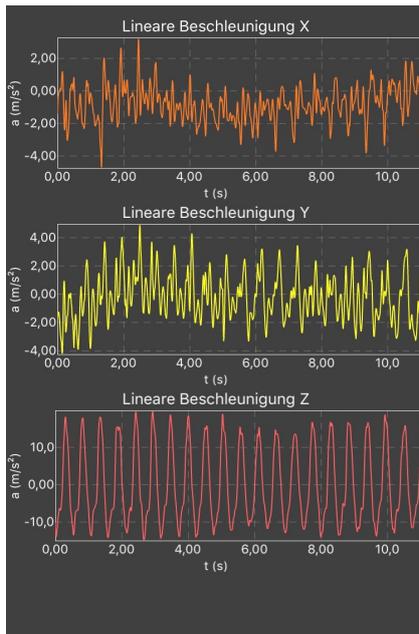
A.2. Überlegungen zu Tätigkeiten und deren Geschwindigkeiten

Tätigkeit des Benutzers	Geschwindigkeit	Beschleunigungsdaten
Springen	0	ja
Laufen	(0;6]	ja
Rennen	(6;15]	ja
Radfahren	(15;30]	ja
Autofahren	>30	ja
Ruhen	0	nein
Sonstiges	>0	ja u. nein

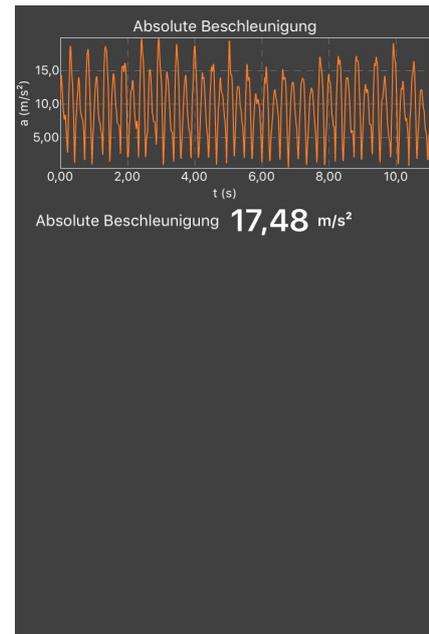
Tab. A.20.: Eigenschaften verschiedener Tätigkeitsprofile und deren Abhängigkeiten nach LORENZ. [64]

A.3. Beschleunigungskurven für unterschiedliche Bewegungen

In den folgenden Abbildungen sind für die verschiedenen Tätigkeiten aus Anhang A.2 die Beschleunigungskurven dargestellt. Es lassen sich Tätigkeiten des Benutzers feststellen, wenn neben der Beschleunigung gleichzeitig die Geschwindigkeit bei einer Klassifizierung berücksichtigt wird.

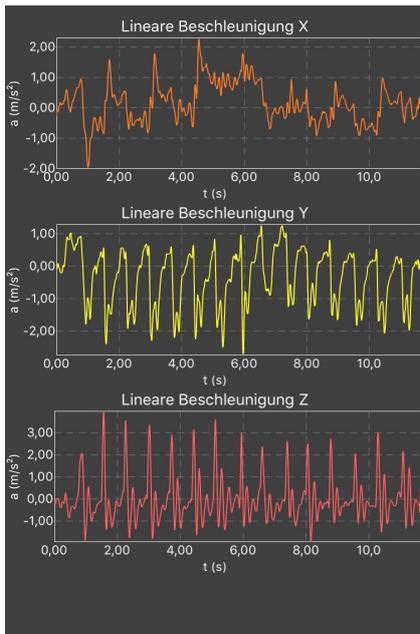


(a) Lineare Beschleunigung

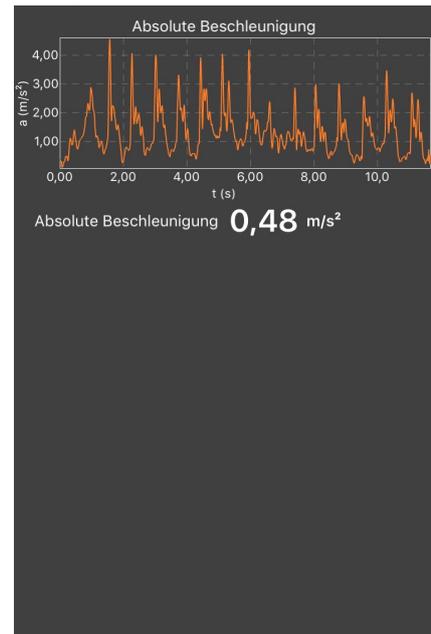


(b) Absolute Beschleunigung

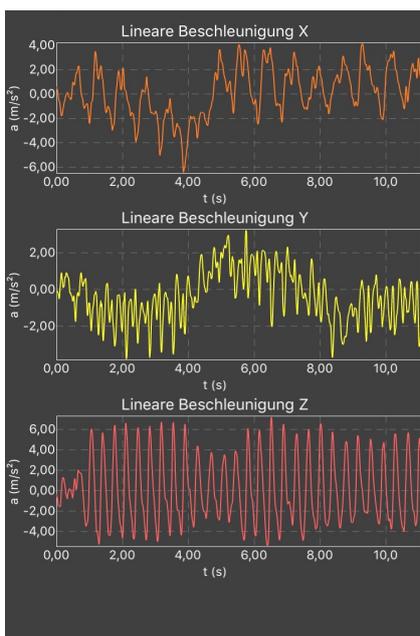
Abb. A.1.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Springen*.



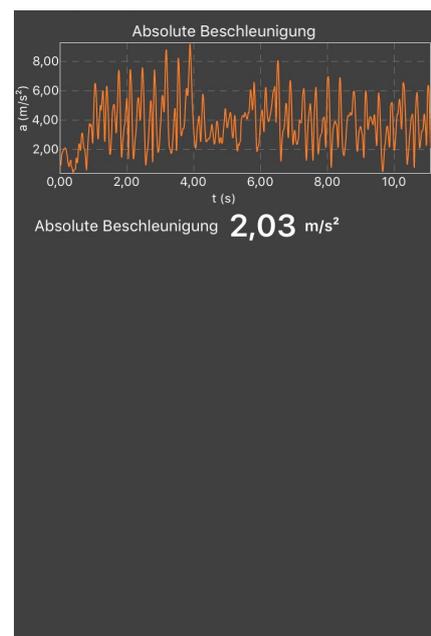
(a) Lineare Beschleunigung



(b) Absolute Beschleunigung

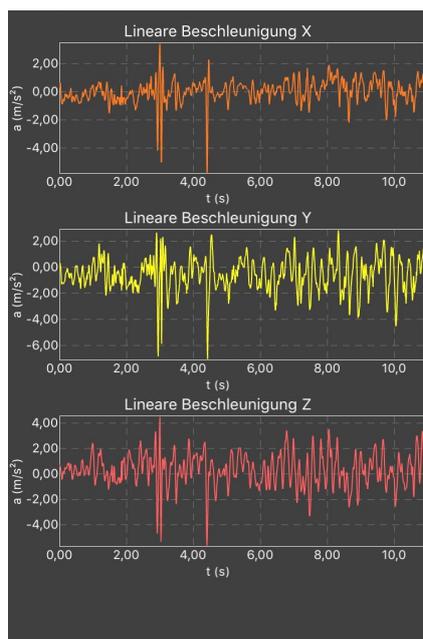
Abb. A.2.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Laufen*.

(a) Lineare Beschleunigung

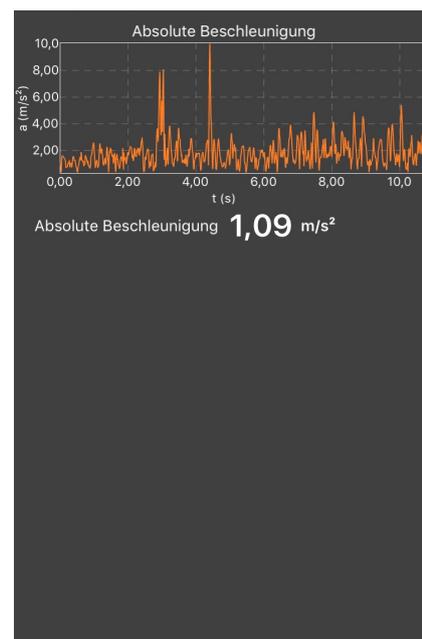


(b) Absolute Beschleunigung

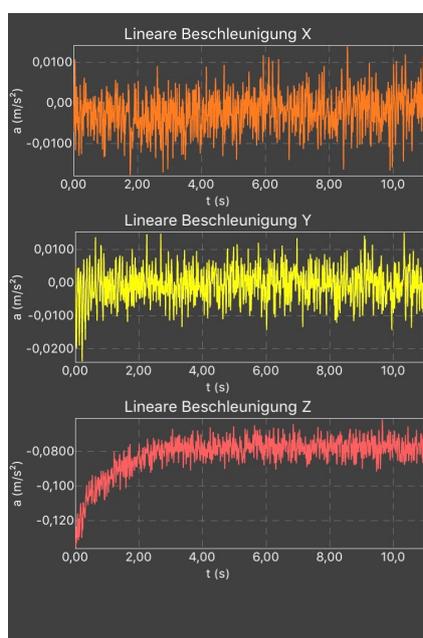
Abb. A.3.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Rennen*.



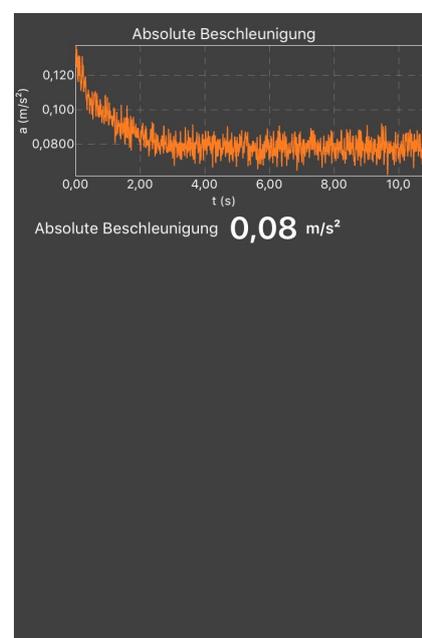
(a) Lineare Beschleunigung



(b) Absolute Beschleunigung

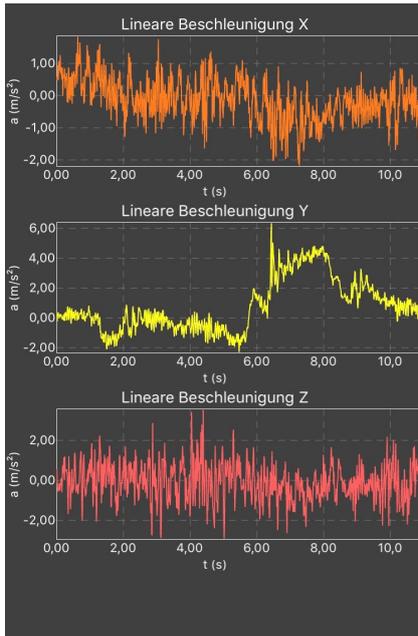
Abb. A.4.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Radfahren*.

(a) Lineare Beschleunigung

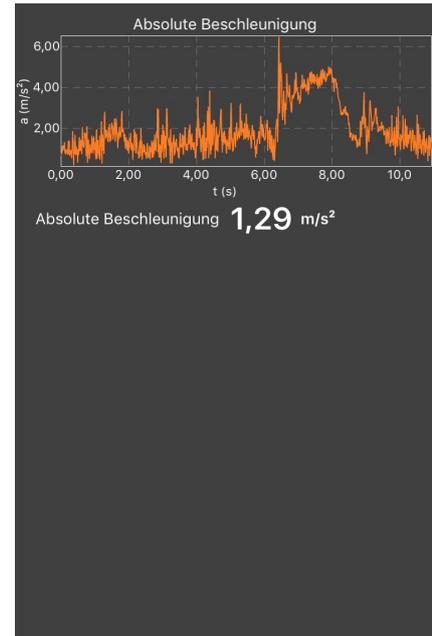


(b) Absolute Beschleunigung

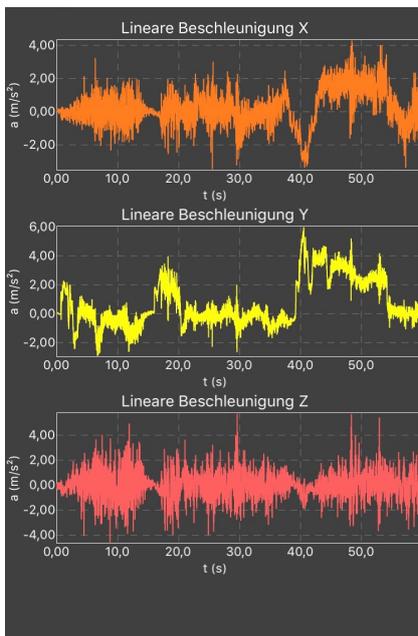
Abb. A.5.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Ruhen*.



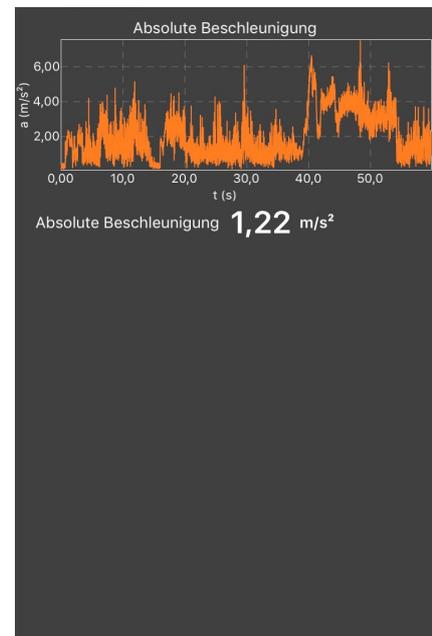
(a) Lineare Beschleunigung



(b) Absolute Beschleunigung

Abb. A.6.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Autofahren*.

(a) Lineare Beschleunigung



(b) Absolute Beschleunigung

Abb. A.7.: Beschleunigungskurven für die Bewegung *Autofahren*. Im Gegensatz zu den anderen Kurven jedoch mit 1 Minute als Messintervall.

A.4. Liste der WLAN Information Elements

Element	ID	Length [octets]	Extensible
SSID	0	2 to 34	
Supported rates	1	3 to 10	
FH Parameter Set	2	7	
DSSS Parameter Set	3	3	
CF Parameter Set	4	8	
TIM	5	6 to 256	
IBSS Parameter Set	6	4	
Country	7	8 to 256	
Hopping Pattern Parameters	8	4	
Hopping Pattern Table	9	6 to 256	
Request	10	2 to 256	
BSS Load	11	7	
EDCA Parameter Set	12	20	
TSPEC	13	57	
TCLAS	14	2 to 257	
Schedule	15	16	
Challenge text	16	3 to 255	
Power Constraint	32	3	
Power Capability	33	4	
TPC Request	34	2	
TPC Report	35	4	
Mobility Domain (MDE)	54	5	
Antenna	64	3	Yes
Location Parameters	82	2 to 257	Sublements
SSID List	84	2 to 257	
Time Zone	98	3 to 257	Yes
Link Identifier	101	20	Yes
Emergency Alert Identifier	112	10	

Tab. A.21.: Auszüge von Information Elements im WLAN.

A.5. Datengrundlage für den Entscheidungsbaum

Der folgenden Werte dienen als Grundlage für den Entscheidungsbaum im Abschnitt 3.2.1 auf Seite 60. Sie dienen der Vorhersage des Wetters anhand von verschiedenen Umweltkriterien.

Nummer	Play	Temperatur	Feuchtigkeit	Wind	Ausblick
1	nein	29,4	85	falsch	sonnig
2	nein	26,7	90	wahr	sonnig
3	ja	28,3	78	falsch	bedeckt
4	ja	21,1	96	falsch	Regen
5	nein	20,0	80	falsch	Regen
6	nein	18,3	70	wahr	Regen
7	ja	17,8	65	wahr	bedeckt
8	nein	22,2	95	falsch	sonnig
9	ja	20,6	70	falsch	sonnig
10	ja	23,9	80	falsch	Regen
11	ja	23,9	70	wahr	sonnig
12	ja	22,2	90	wahr	bedeckt
13	ja	27,2	75	falsch	bedeckt
14	nein	21,7	80	wahr	Regen

Tab. A.22.: Datengrundlage für den Klassifikator Entscheidungsbaum für Abbildung 3.2 auf 60.

A.6. Bluetooth SDP-Protokollstapel

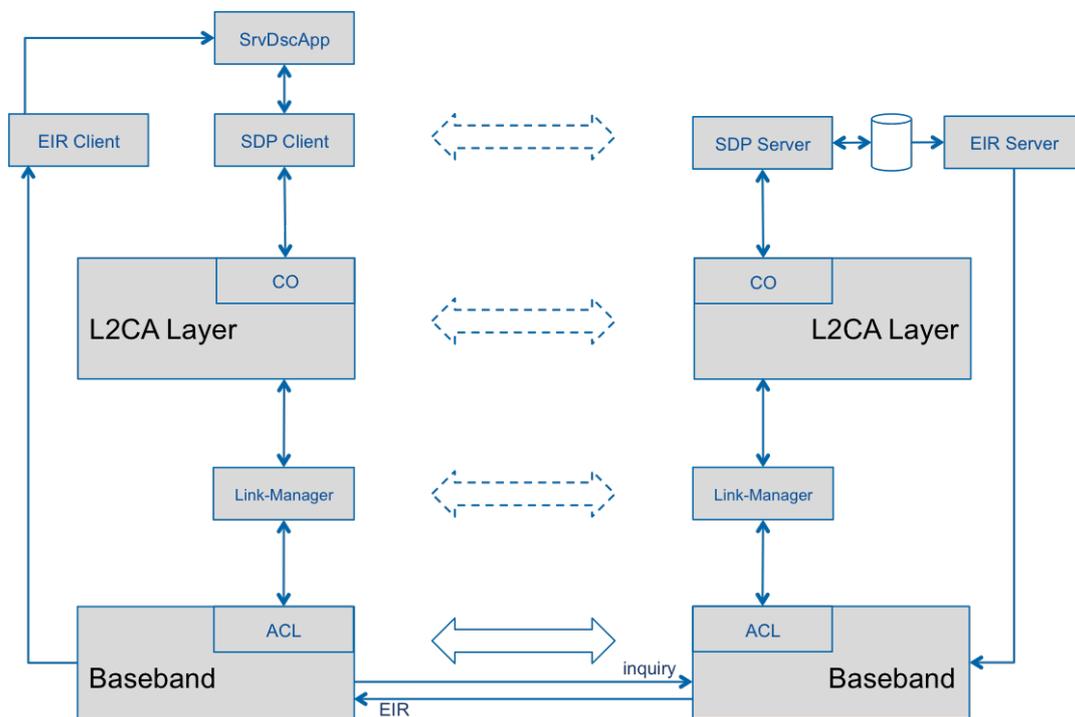


Abb. A.8.: Der SDP-Protokollstapel veranschaulicht die Erkundung von Diensten anderer Geräte. Links befindet sich das lokale Gerät, das die entfernten Dienste (rechts) ermittelt. Der Protokollstapel ist angelehnt an das OSI-Schichtenmodell. [12]

Das **S**ervice **D**iscovery **P**rotokoll dient zur Ermittlung von Diensten anderer Bluetooth-Geräten. Die Anwendung SrvDscApp (Service Discovery Application) auf dem lokalen Gerät veranlasst in der darunterliegenden Schicht mit dem SDP-Client das Auffinden (*inquiry*) anderer Geräte. Das SDP-Protokoll verwendet das verbindungsorientierte L2CA¹-Protokoll des L2CA-Layers. Falls auffindbare Bluetooth-Geräte in Reichweite sind antworten diese entsprechend auf die *inquiry* Anfrage. Seit der Bluetooth-Version 2.1 steht dafür das EIR-Protokoll zur Verfügung. EIR² ist eine erweiterte Antwort auf die Anfrage des SDP-Clients. Anschließend stellt das lokale Gerät mit einem oder mehreren Geräten eine Verbindung her (*paging*), um mit Hilfe von SDP nach speziellen Diensten zu fragen oder eine Liste aller angebotenen Dienste zu erhalten. [12], [100]

¹L2CA: L2CA steht für Logical Link Control and Adaption und dient dem herstellen und verwalten von logischen Verbindungen.

²EIR: EIR steht für extended inquiry response (engl.)

A.7. VAD-Detektierungen nach Kukshausen

Die folgende Abbildung A.9 zeigt die Erkennung des gesprochenen Textes „This is Peter, this is Johnny, Kenny and Josh. We just wanted to take a minute to thank you.“ mit Hilfe der VAD-Anwendung von KUKSHAUSEN [55].

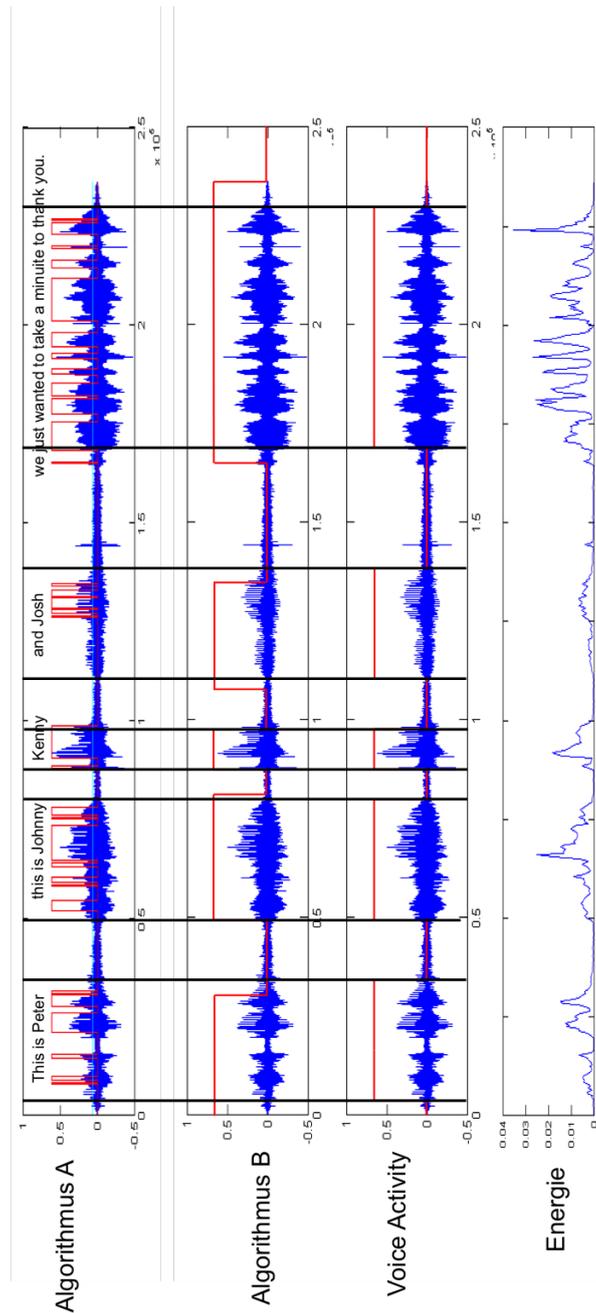


Abb. A.9.: Erkennung eines gesprochenen Textes mit Hilfe eines VAD-Algorithmus von KUKSHAUSEN

A.8. Auswertung der Videoevaluierung

Die folgenden sieben Tabellen sind aus der Sichtung des Videomaterials für das Fallbeispiel Großraumbüro entstanden. Eine Zusammenfassung und Erklärung zu den Erkenntnissen ist in dem Abschnitt 2.2.2 zu finden. Die verwendete Abkürzung T in den folgenden Tabellen steht für telefonisch, die Abkürzung P für physisch. Die letzten beiden Spalten geben an, ob der Mitarbeiter im Büro per telefonisch oder physisch erreicht wurde.

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T er-reicht	#P & er-reicht
05.05.14	11:27	0:10	T	0	ja				?			1	0
05.05.14	11:55	0:05	P	2	ja	x	klopft an, Ja, schaut hinein, grüsst und redet los	zu	Diverses	nein	ja	0	1
05.05.14	13:12	0:10	P	1024	ja	x	klopft an, kein JA, kommt herein, schaut sich um und redet los	zu	HIWI	nein	ja	0	1
05.05.14	13:25	0:15	P	1	ja	x	klopft an, wartet auf JA, öffentl. Tür, schaut und redet dann los	zu	Projekt	nein	ja	0	1
05.05.14	14:05	0:05	T	1048576	ja	x	schaue auf das Telefon wer anruft, greife zum Hörer und blicke zurück auf den Bildschirm		Projekt	nein	ja	1	0
05.05.14	14:10	0:05	T	16777216	ja	x	schaue auf das Telefon, schreibe meinen Satz fertig, und gehe anschließend ans Telefon		Dissertation	nein	nein	1	0
05.05.14	14:50	0:10	P	4	ja	x	klopft, JA, öffnet die Tür	zu	Diverses	nein	ja	0	1
05.05.14	15:10	0:05	T	16777216	nein				Dissertation	ja	ja	0	0
05.05.14	17:12	0:20	P	4	ja				Small Talk	nein	ja	0	1
06.05.14	09:55	0:02	T	16777216	ja					ja	ja	1	0
06.05.14	10:02	0:02	T	0	ja				Privat	nein	ja	1	0
06.05.14	10:07	0:02	T	524288	ja				Privat	nein	ja	1	0
06.05.14	11:48	0:02	T	0	ja				Privat	nein	ja	1	0
06.05.14	11:55	0:02	T	512	ja				Mittag	nein	ja	1	0
06.05.14	12:29	0:05	P	2	ja	x	anklopft und eintretend, grüsst und schaut	zu	Projekt	nein	ja	0	1
06.05.14	12:48	0:02	T	16777216	ja				Termin	nein	ja	1	0
06.05.14	15:13	0:02	T	2	ja				Projekt	nein	ja	1	0
06.05.14	15:14	0:02	T	1	ja				Projekt	nein	ja	1	0
06.05.14	15:54	0:02	T	16777216	ja				Termin	nein	ja	1	0
06.05.14	15:56	0:10	T	0	ja				Privat	nein	ja	1	0
06.05.14	16:00	0:10	P	4	nein					nein	nein	0	0
07.05.14	09:53	0:05	T	4096	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Small Talk	nein	ja	1	0
07.05.14	10:02	0:01	T	1048576	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Projekt	nein	ja	1	0
07.05.14	12:40		P		nein	x	klopft an und versucht zu öffnen	zu		nein		0	0
07.05.14	15:50	0:30	P	2	ja	x	klopft an, JA, kommt herein und schaut, beginnt dann Gespräch	zu	Projekt	nein	ja	0	1
07.05.14	12:56	0:02	P	4	nein	x	4 klopft an, begruesse ihn und sieht aber intensives arbeiten, verschwindet wieder	zu		ja	nein	0	0
08.05.14	09:08	0:00	P	16	nein		klopft, schaut herein und geht wieder	angelehnt			nein	0	0
08.05.14	10:06		T	2	nein						nein	0	0
08.05.14	13:49		T	512	nein						nein	0	0
08.05.14	13:55		P	14	nein			zu	Gebracht		nein	0	0
08.05.14	15:00	0:30	P	4	ja			zu	Dissertation	nein	ja	0	1
08.05.14	15:30	0:30	P	4194304	ja		kam mit mir direkt rein	zu	Studentische Anliegen	nein	ja	0	1
08.05.14	15:55		P	2	ja	x	klopft an, hört und sieht mich schon im Gespräch, verlässt den Raum wieder	angelehnt		ja	nein	0	1

Tab. A.23.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (1).

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T & er-reicht	#P & er-reicht
12.05.14	10:30	0:20	P	2	ja	x	klopft an, wartet auf Ja, ich begruesse ihn und es geht los	zu	Diverses	nein	ja	0	1
12.05.14	11:08	0:05	T	512	ja	x	ich am überlegen, blick auf das Telefon, abgenommen und begrüsst		Mittag	nein	ja	1	0
12.05.14	11:31	0:05	T	16384	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Mittag	nein	ja	1	0
12.05.14	11:39	0:05	T	512	ja	x!	bin beschäftigt, lasse es erstmal klingeln, ohne hinzuhören. Paar sekunden später erst rangegangen		Mittag	nein	ja	1	0
12.05.14	13:54	0:07	P	16	ja	x	es klopft, ich schau hin und sage JA, 16 fängt an zu reden	zu	Diverses	nein	ja	0	1
12.05.14	14:10	0:10	P	2	ja	ja	2 kommt mit mir ins Zimmer	angelehnt	Projekt	nein	ja	0	1
12.05.14	15:00	0:15	P	2048	ja	x	klopft an, wartet auf Ja, schaut herein und fragt ob er stören darf, Gespräch beginnt	angelehnt	Frage	nein	ja	0	1
12.05.14	16:13	0:30	P	4	ja	x	öffnet Tür, klopft ansehend an, begruesse ihn und Gespräch beginnt	zu	Diverses	nein	ja	0	1
13.05.14	09:04	0:05	T	1677216	ja	ja			Studentische Anliegen	nein	nein	1	0
13.05.14	10:48	0:05	P	4194304	ja	x	anklopfend, tritt ein und fragt wegen Arbeit	zu	Studentische Anliegen	nein	nein	0	1
13.05.14	10:53		T	16384	ja				Mittag	ja	nein	1	0
13.05.14	11:57		T	512	ja				Mittag	nein	ja	1	0
13.05.14	12:36	0:05	T	2	ja				Projekt	nein	ja	1	0
13.05.14	12:48	0:05	T	1048576	ja				Projekt	nein	ja	1	0
13.05.14	13:40	0:02	T	1048576	nein	x	klingelt, blick auf Tele, während des abhebens blick auf computer		Projekt	nein	nein	0	0
13.05.14	13:42	0:10	P	4	ja	x!	4 klopft an, hört dass ich telefoniere und wartet ab. Ich wende mich zu ihm, und spreche ihn aktiv an. Würge 1048576 ab	zu	Diverses	ja	ja	0	1
13.05.14	13:47		T	1048576	nein	x	Während meines Gespräches mit 4 klingelt Telefon, ich schaue darauf um zu wissen wer, ignoriere Anruf		Diverses	ja	nein	0	0
13.05.14	13:48	0:15	T	1048576	ja	x	Anruf erwartet, hebe direkt ab und Gespräch beginnt		Projekt	nein	ja	1	0
13.05.14	14:30	0:15	P	8192	ja	x	es klopft, tür öffnet sich, gruesse ihn direkt und frage wie es ihm geht	zu	Problem	nein	ja	0	1
13.05.14	14:37		T	2	nein	x	Telefonat bewusst ignoriert		Problem	nein	nein	0	0
13.05.14	15:28	1:15	P	4194304	ja	x	es klopft, tür öffnet sich, gruesse ihn und bitte ihn herein	zu	Studentische Anliegen	nein	ja	0	1
13.05.14	16:42	0:05	T	1048576	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Projekt	nein	ja	1	0

Tab. A.24.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (2)

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T er-reicht	#P & er-reicht
13.05.14	16:55	0:05	T	512	ja				Termin		ja	1	0
14.05.14	08:46	0:05	P	1048576	ja	x	anklopfend, kurz wartend, eintretend	zu	Projekt	nein	ja	0	1
14.05.14	10:19	0:45	P	1024	ja		kommt mir gleichzeitig herein	zu	Projekt	nein	ja	0	1
14.05.14	11:36	0:05	T	512	ja	x	klingselt, blick auf Teile, während des abhebens blick auf Laptop		Mittag	nein		1	0
14.05.14	11:42	0:05	T	2	ja	x	Telefonat bewusst vermeiden, verzögerte Annahme			ja	nein	1	0
14.05.14	11:43	0:10	T	2	ja				Projekt	nein	nein	1	0
14.05.14	12:33	0:10	T	2	ja				Projekt	nein	nein	1	0
14.05.14	13:07	0:05	T	2	ja				Projekt	nein	nein	1	0
14.05.14	13:40	0:05	P	256	ja	x	klopfen angedeutet, tritt ein mit kurzen Blick, fängt sofort an mit Sprechen	offen	Gebracht	nein		0	1
14.05.14	16:05	0:10	P	4	ja				Diverses	nein	ja	0	1
14.05.14	16:33	0:05	T	512	ja				Termin	nein	ja	1	0
14.05.14	16:40	0:05	T	524288	ja				Privat	nein	ja	1	0
15.05.14	09:35	0:05	T	4096	ja	x	bin intensiv am arbeiten, Telefon klingelt, ich schaue wer anruft, dann zurück auf den Bildschirm um Position zu merken		Frage	n	ja	1	0
15.05.14	10:53	0:15	P	136	ja	x!	Anklopfend, wartet auf Antwort, Ja, treten ein, schaut sich um, redet los	zu	Frage	nein	ja	0	1
15.05.14	10:58		P	4194304	ja	x!	klopft an und öffnet Tür, sieht das bereits jmd. da ist und fragt ob er warten soll	zu		ja	nein	0	1
15.05.14	11:19	0:10	P	4194304	ja	x	anklopfend und eintretend, grüsst und schaut	zu	Frage	nein	ja	0	1
15.05.14	11:33		T	512	nein					ja	nein	0	0
15.05.14	11:39		T	512	nein					ja	nein	0	0
15.05.14	11:54		T	512	nein				Mittag	nein	ja	0	0
15.05.14	12:26	0:05	P	1	ja	x	tritt direkt ohne zu klopfen ein	zu	Gebracht	nein	ja	0	1
15.05.14	12:28	0:35	P	6	ja	x	kommt rein, und es geht los, abgesprochen vorher	offen	Meeting	nein	ja	0	1
15.05.14	13:03	2:20	P	4	ja	x	Klopft, alle schauen an, das Gespräch geht los	zu	Meeting	ja	ja	0	1
15.05.14	15:19		T	4096	nein					ja	nein	0	0
15.05.14	15:31		T	4096	nein					ja	nein	0	0
15.05.14	15:33	0:35	P	4	ja	x	kam mir hinterher	offen	Meeting	nein	ja	0	1
15.05.14	15:35	0:05	T	4096	ja	x	war im Gespräch und ging direkt ans Telefon als ich die Person sah		Rückfrage	ja	ja	1	0
15.05.14	15:53	0:05	P	8388603	ja	x!!	Student sah, dass ich mit 4 beschäftigt bin, klopfte zögernd an, wir schauten hin und begrüßung begann	offen	Gebracht	ja	ja	0	1
15.05.14	16:54	0:05	T	524288	ja	x	war am Mobiltelefon, es klingelte, schaute auf Bildschirm um Punkt/Position festzuhalten		Privat	nein	ja	1	0
16.05.14	08:06		T	524288	nein						nein	0	0

Tab. A.25.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (3)

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T & er-reicht	#P & er-reicht
16.05.14	08:13		T		nein							0	0
16.05.14	09:44	0:05	P	131072 2	ja	x	anklopfend und eintretend, grüsst und schaut	zu	Geholt	nein	ja	0	1
16.05.14	09:46	0:05	P	2	ja	x	direkt eintretend	angelehnt	Gebracht	nein	ja	0	1
16.05.14	10:42		T	524288	nein	x	Erneuter Anruf, da Vormittags nicht erreicht				nein	0	0
16.05.14	11:37	0:05	P	2	ja	x!	anklopfend und eintretend, schaut auffallend herein	zu	Mittag	nein	ja	0	1
16.05.14	13:07	0:05	P	16384	ja	x	anklopfend und eintretend, grüsst und schaut	zu	Gebracht	nein	ja	0	1
16.05.14	13:11	0:05	P	2	ja	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort	zu	Gebracht	nein	ja	0	1
16.05.14	13:37	0:05	P	1	ja	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort	zu	Projekt	nein	ja	0	1
16.05.14	14:12	0:05	P	16	ja		anklopfend und eintretend, grüsst und schaut	zu	Gebracht	nein	ja	0	1
19.05.14	09:16	0:05	T	0	ja	x!	Anklopfend, wartet auf Antwort, ja, tritt ein, schaut sich um, redet los	zu	Frage	nein	ja	1	0
19.05.14	10:29	0:05	P	2	ja		anklopfend und eintretend, grüsst und schaut	zu	Projekt	nein	ja	0	1
19.05.14	10:50	0:10	P	2	ja	x	klopf an, schaut, tritt ein	zu	Projekt	nein	ja	0	1
19.05.14	11:25		T	256	ja		ich arbeite gerade intensiv, schaue auf das Telefon		Mittag	nein	nein	1	0
19.05.14	11:43		T	256	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft, gehe direkt ran		Mittag	nein	nein	1	0
19.05.14	11:48		T	0	ja				Privat	nein	ja	1	0
19.05.14	11:51	0:05	T	512	ja	x	ich schreibe fertig, schaue dann auf das Display und gehe ran		Mittag	nein	ja	1	0
19.05.14	12:55	0:05	P	128	ja	x	anklopfend und eintretend, grüsst und schaut	angelehnt	Gebracht	nein	ja	0	1
19.05.14	14:28	0:10	P	4	ja	x	klopf an, verzögerter eintritt, grüßt	zu	Neuigkeiten?	nein	ja	0	1
19.05.14	14:51	0:20	P	132	ja	x	4 ruft bei offener Tür mich zum Meeting hinzu	offen	Projekt	nein	ja	0	1
19.05.14	14:52		T	256	nein							0	0
19.05.14	15:20		P	2097156	nein	x!	klopf an, öffnet verzögert, schaut in den Raum und sieht keinen, verlässt den Raum wieder	zu				0	0
19.05.14	16:31		P	1048576	ja							0	1
20.05.14	08:20	0:20	P	256	ja	(x)	kam mit mir direkt rein	offen	Hardware	nein	ja	0	1
20.05.14	08:28		T	131072	ja	x	Gespräch mit Bühr; schaute auf Display, klingeln lassen			ja	nein	1	0
20.05.14	08:51	0:05	P	2	ja	x	starkes klopfen, JA, abgewartet, kurzer Blick zur Ty	zu	Small Talk	nein	ja	0	1
20.05.14	09:20	0:10	T	262144	ja							1	0
20.05.14	09:38	0:05	T	262144	ja							1	0
20.05.14	09:46	0:05	P	1	ja	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort	zu	Gebracht	nein	ja	0	1
20.05.14	10:06	0:05	P	2	ja	x	nicht geklopft; hatte ich angerufen, er sollte mal vorbeischaauen	angelehnt	Projekt	nein	ja	0	1

Tab. A.26.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (4)

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T er-reicht	#P & er-reicht
20.05.14	10:09	0:05	P	2	ja	x	kurz klopfend, Gespräch umgehend beginnend, erwartende Haltung von mir	offen	Projekt	nein	ja	0	1
20.05.14	10:20	0:05	T	0	ja		war gerade am telefonieren	offen	Privat	nein	ja	1	0
20.05.14	10:21	0:30	T	256	ja					ja		0	1
20.05.14	10:24	0:05	T	0	ja					ja		1	0
20.05.14	10:25	0:05	P	4096	ja	x!	schauf herein, sieht das ich telefoniere, gibt Handzeichen das er es verstanden hat und wartet	offen		ja	ja	0	1
20.05.14	11:39	0:05	T	0	ja				Privat			1	0
20.05.14	11:40		T	512	nein					ja	nein	0	0
20.05.14	11:40		T	512	ja				Termin		ja	1	0
20.05.14	13:22	0:05	P	2	ja	x	Proband kam ohne klopfen bei mir ins Zimmer, wartete allerdings Reaktion von mir ab	offen	Small Talk	ja	ja	0	1
20.05.14	13:25	0:05	P	4	ja	x	anklopfend und eintretend, redet direkt los, unterbricht mich	zu	Diverses	ja	ja	0	1
21.05.14	08:37	0:10	T	132072	ja				Termin	nein	ja	1	0
21.05.14	08:51	0:05	T	2	ja				Rückruf	nein	ja	1	0
21.05.14	09:01	0:05	T	4096	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Small Talk	nein	ja	1	0
21.05.14	09:05	0:05	T	2	ja				Projekt	nein	ja	1	0
21.05.14	11:59	0:05	T	512	ja				Termin	nein	ja	1	0
21.05.14	13:50	1:30	P	4	ja	x	anklopfend, öffnet, kommt mit anliegen	zu	Diverses	nein	ja	0	1
21.05.14	14:06		P	2	nein	x!	klopft, schaut rein da keine antwort, sieht keinen, geht wieder	angelehnt	Diverses	ja	ja	0	0
21.05.14	14:00		P	2	nein			angelehnt		ja		0	0
21.05.14	15:10	0:10	P	1	ja	x	klopft, ich sag hallo, er legt los mit seinem Anliegen	angelehnt	Projekt	nein	ja	0	1
21.05.14	15:16	0:10	P	262144	ja	x!	klopft, wartet darauf dass ich sage, komm rein, da Oli noch da, wartet auf mein fertiges Gespräch	angelehnt		ja		0	1
21.05.14	15:24	0:05	P	4096	ja	x	David sitzt hinter der Tür und bekommt Ende des Gespräches mit, kommt mit Anliegen zu mir	angelehnt	angelehnt	ja	nein	0	1
21.05.14	15:30	0:00	T	4096	ja							1	0
21.05.14	15:35	0:20	P	2	ja	x!	klopft an, schlusst ins Zimmer u. wartet auf meine Reaktion, kommt anschließend herein	zu	Projekt	nein	ja	0	1
21.05.14	16:08		T	2	nein							0	0
21.05.14	16:15		T	0	ja				Privat			1	0
21.05.14	16:26		T	524288	nein							0	0
22.05.14	11:17	0:05	T	16384	ja	x	Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Mittag	nein	nein	1	0
22.05.14	11:31		T	16384	nein							0	0
22.05.14	13:16	0:05	P	65536	ja	x	Anklopfend, wartet auf Antwort, keine kommt, tritt ein, schaut ob ich rede	zu	Kopieren	nein	ja	0	1

Tab. A.27.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (5)

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T & erreicht	#P & erreicht
22.05.14	13:26	0:30	P	4	ja	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort, nimmt sich Schreiben	zu	Diverses	nein	ja	0	1
22.05.14	14:44	0:10	P	2	ja	x	trifft ein ohne Klopfen, redet Umgehend mit Anliegen los, da ich vorher ihn bestellt habe	offen	Hardware	nein	ja	0	1
22.05.14	14:47		T	32768	nein							0	0
22.05.14	15:22	0:15	P	4	ja	x	anklopfend und eintretend, redet direkt los, unterbricht mich	zu	Logistik	nein	ja	0	1
22.05.14	15:53	0:05	P	4	ja	x	anklopfend, öffnend, kommt mit anliegen	zu	Abgeholt	nein	ja	0	1
22.05.14	16:07	0:05	P	4	ja	x	direktes eintreten ohne klopfen, da ich ihn gerufen habe, setzt sich direkt hin	zu	Logistik	nein	ja	0	1
23.05.14	10:55	0:05	P	8192	ja			zu	Prüfung	x	x	0	1
23.05.14	11:06	0:05	T	2	ja			offen	Mittag		ja	1	0
23.05.14	11:39	0:10	P	2	ja	x		offen	Abgabe	nein	ja	0	1
23.05.14	12:04	0:05	P	2	ja	x		offen	Prüfung	nein	ja	0	1
23.05.14	12:38	0:10	P	8192	ja	x	tritt ein ohne Klopfen, umschauend	offen	Prüfung	nein	ja	0	1
23.05.14	13:22	0:05	P	4096	ja	p	tritt ein ohne Klopfen, umschauend	offen	Abgeholt	nein	ja	0	1
26.05.14	09:46	0:05	P	1	j	x	Anklopfend, wartet auf Antwort, keine kommt, tritt ein, schaut ob ich rede	zu	Projekt	nein	ja	0	1
26.05.14	10:28	0:05	T	256	ja		Blick auf Display um zu schauen, wer anruft		Frage	nein	ja	1	0
26.05.14	11:28	0:05	P	2	ja	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort	zu		nein	ja	0	1
26.05.14	11:44	0:05	T	512	ja				Mittag	nein	ja	1	0
26.05.14	12:27	0:05	T	32	ja				Logistik	nein	ja	1	0
26.05.14	12:30	1:00	P	1024	ja	x!	klopft an, sieht das ich telefoniere ich winke ihm herein, tritt ein und wartet	angelehnt	Projekt	ja	ja	0	1
26.05.14	13:26	0:00	P	2048	j	x!	Klopft an, ich sag JA, schaut herein und fragt ob er stören kann, muss warten	zu	Frage	ja		0	1
26.05.14	13:33	0:10	P	2048	j	x!	öffnet und klopft gleichzeitig, schaut sich um	angelehnt	Frage	nein	ja	0	1
26.05.14	13:54	0:10	P	1	j		kam mit mir direkt rein		Projekt	nein	ja	0	1
26.05.14	14:15	0:05	P	16	j	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort, wartet nicht ab, sondern redet los	zu	Abgabe	nein	ja	0	1
26.05.14	14:26	0:15	T	32	j				Logistik	nein	ja	1	0
26.05.14	14:27		T	64	n					ja	nein	0	0
26.05.14	14:33		T	16	n					ja	nein	0	0
26.05.14	14:55	0:05	P	128	j	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort, grüßend	angelehnt	Frage	nein	ja	0	1
26.05.14	15:25		T		n							0	0
26.05.14	15:36	0:20	P	4	j	x	direkt öffnend, nicht abwartend, grüßend	zu	Diverses	nein	ja	0	1

Tab. A.28.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (6)

Datum	Zeit	Dauer	Art	Person ID	Erreicht	Soziale Protokolle	Besonderheiten Kontaktaufnahme	Tür	Thema	Konflikt	Anliegen erledigt	#T & er- reicht	#P & er- reicht
27.05.14	15:52	0:10	P	8	j		kam mit mir direkt rein		Frage zur Klausur	nein	ja	0	1
27.05.14	17:53		T		n						nein	0	0
27.05.14	18:31		T		n						nein	0	0
27.05.14	18:43	0:05	T	16	j				Hwi Vertrag	nein	ja	1	0
27.05.14	19:01	0:20	P	4	j	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort, grüßend	zu	Small Talk	nein		0	1
27.05.14	19:32	0:05	P	16	j	x	Anklopfend, direkt eintretend ohne Antwort	zu	Abgabe		ja	0	1
27.05.14	00:00	0:05	P	1	j	x	Anklopfend, wartet auf Antwort, tritt ein, direktes Anliegen	zu	Abgabe	nein	ja	0	1

Tab. A.29.: Aufbereitete Ereignisse zur Videoevaluierung (7)