TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Faculty of Computer Science Institute of Systems Architecture, Chair of Privacy and Data Security

Bachelor-Arbeit

Thesis title

Student name

Geboren am: 25. Dezember 1999 in Dresden
Matrikelnummer: 4803900
Immatrikulationsjahr: 2018

Betreuer
Supervisor

Betreuender Hochschullehrer
Prof. Dr. Professor

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Fakultät Informatik • Institut für Systemarchitektur • Professur für Datenschutz und Datensicherheit

AUFGABENSTELLUNG FÜR DIE BACHELORARBEIT

Name, Vorname des Studenten: Köllner, Tobias
Immatrikulationsnummer: 4803900
Studiengang: Bachelor Informatik
E-Mail: tobias.koellner@mailbox.tu-dresden.de

Thema: Kontextsensitivität für Netzwerk-Sicherheits-Monitoring

Zielstellung:

Zur Erhöhung der Sicherheit von Netzwerken werden häufig Techniken wie Network security monitoring (NSM) sowie intrusion detection (IDS) verwendet. Inbsesondere die Menge an falsch-positiven Meldungen stellt hierbei eine große Herausforderung dar. Um dieses Problem sowie die generelle Interpretierbarkeit der Beobachtungsdaten zu verbessern können zusätzliche Informationen gesammelt werden, die man als Netzwerkkontext bezeichnen kann.

Der erste Teil der Arbeit soll untersuchen, wie solche Kontextinformationen sowohl während des Betriebs von NSM-Systemen als auch während der Signatur/Modell-Erstellung im Rahmen von IDS gesammelt und verwendet werden können. Ziele hierbei sind, solche Möglichkeiten auf theoretischer Ebene wie auch von open-source Implemntierungen zu sichten und hierbei einen kritischen Kontextbegriff im Vergleich zu etablierten Kontextbegriffen in der Literatur in Bezug auf Netzwerke zu entwickeln.

Aufbauend auf diesen Resultaten kann eine einfache praktische Auswertung verfügbarer Implementierungen mit explizitem Hinblick auf die kontextsensitiven Fähigkeiten durchgeführt werden. Hierfür ist ein Plan für eine minimale Testumgebung sowie das Design von geignetem Netzwerkverkehr erforderlich.

In der Arbeit sollen schwerpunktmäßig folgende Teilaufgaben bearbeitet werden:

- Überblick und Analyse existierender NSM-Ansätze in Bezug auf Kontext- und Umgebungsbewusstsein. Hierbei sollen mindestens folgende Forschungsfragen bearbeitet werden:
  - Lassen sich generelle Kategorien von Kontext im Rahmen von NSM formulieren?
  - Welche Kontextinformation kann während der Regelgenerierung im Unterschied zu generell verfügbaren Regel aus öffentlichen Quellen berücksichtigt werden?
  - Welche Techniken wurden vorgeschlagen, um Kontextinformation während des regulären Betriebs zu sammeln und wie werden diese dann genutzt?
  - Inwifern gibt es Möglichkeiten der Anpassungen an Änderungen der Netzwerkumgebung, etwa der Topologie oder der genutzen Protokolle?
  - Wie stark trägt Kontextinformation zur Reduktion von falsch-Positiven bei?
- Es soll eine Evaluation der Fähigkeit von Kontextnutzung von verfügbaren open-source-Implementierungen (etwa Plugins in Zeek oder Netzdefinitionen in Suricata) durchgeführt werden.

Verantwortlicher Hochschullehrer: Dr. Stefan Köpsell
Institut: Systemarchitektur
Beginn am: 3.6.2022 Einzureichen am: 19.8. 2022

3.6.22, T. Köllner .....
Datum, Unterschrift der/des Studierenden

.....
Unterschrift des betreuenden Hochschullehrers

Kopie: Sekretariat + elektronische Datei

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich das vorliegende Dokument mit dem Titel *Thesis title* selbstständig und ohne unzulässige Hilfe Dritter verfasst habe. Es wurden keine anderen als die in diesem Dokument angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt. Die wörtlichen und sinngemäß übernommenen Zitate habe ich als solche kenntlich gemacht. Während der Anfertigung dieses Dokumentes wurde ich nur von folgenden Personen unterstützt:

Supervisor name

Zusätzliche Personen waren an der geistigen Herstellung des vorliegenden Dokumentes nicht beteiligt. Mir ist bekannt, dass die Nichteinhaltung dieser Erklärung zum nachträglichen Entzug des Hochschulabschlusses führen kann.

Student name

Zusammenfassung

The abstract serves as a summary of the work. It should concisely (around half a page) answer the following questions:

- What is the problem tackled in this thesis?
- Why is this problem relevant?
- What contributions does this thesis contain with regards to the problem?
- Which scientific method(s) was/were used and what were their results?

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Quelltextverzeichnis

1 Einführung

2 Hintergrund

2.1 Kontextbegriff

Kontext ist ein Begriff unter dem sich die meisten Menschen zwar etwas vorstellen, aber ihn nur schwer erläutern oder gar korrekt und vollständig definieren können [8]. Auch herrscht in verschiedenen Fachbereichen, jeder davon mit anderen Sachverhalten und Problemen die die jeweiligen Autoren versuchen zu lösen, eine andere Auffassung darüber welche Ansprüche eine Definition erfüllen muss. Das erschwert eine allumfassende, konkrete Definition zusätzlich [5]. Ziel der Arbeit ist also nicht Kontext abschließend zu definieren, da dies in Anbetracht der vielen verschiedenen Ansätze und dem fehlenden Konsens wie Kontext zu definieren ist [19, 4] schlicht nicht möglich ist bzw. den Rahmen übersteigen würde. Stattdessen wird versucht, mithilfe relevanter Definitionen, die historische Entwicklung des Kontextbegriffs für den Bereich der Informatik im Allgemeinen und der Zugriffskontrolle im Speziellen darzustellen. Dies soll ein Verständnis dafür schaffen auf welchen Grundlagen, Ansätzen und Ideen der Kontextbegriff dieser Arbeit entstanden und aufgebaut ist. Dies ermöglicht dem Leser eine Einordnung davon wie Kontext und Kontextsensitivität verwendet werden und er kann einen Abgleich mit seinem eigenen Verständnis der Begrifflichkeiten durchführen.

2.1.1 Historische Entwicklung

Eine der frühesten Definitionen von Kontext von Schilit et al.[17] bestimmt als 3 Hauptaspekte von Kontext an welchem Ort, mit welchen Personen und in der Nähe welcher Ressourcen man sich befindet.
Des weiteren beinhaltet laut [17] Kontext Attribute wie Beleuchtung, Lautstärke, den Grad der Netzwerkverbindung, Kommunikationskosten, Kommunikationsbandbreite und die soziale Situation.
Nach der Definition von Dey et al. [8] ist "Kontext jede Information die genutzt werden kann um die Situation einer Entität zu charakterisieren. Eine Entität ist eine Person, ein Objekt oder ein Ort mit Relevanz für die Interaktion zwischen Nutzer und Anwendung. Das schließt auch Nutzer und Anwendung selbst mit ein". Sie wird allgemein hin von den meisten anderen Autoren als Quasikonsens akzeptiert [19, 4, 3] oder als Ausgangspunkt für ihre eigene Definition genutzt [21, 12].
Kaltz et al. [20] versteht Kontext als ein Kontextraum also eine Kombination aus Kontextparametern, Elementen einer domänenspezifischen Ontologie und Dienstleistungsbeschreibungen in Form von $C = \{U; P; L; T; D; I; S\}$ definiert. Dabei ist U das Set aus Nutzern und den dazugehörigen Rollen, P die Prozesse und Aufgaben, L der Ort, T der Zeitfaktor, D beschreibt

das Gerät, *I* die verfügbaren Informationen und *S* die verfügbaren Dienstleistungen. Ein spezifischer Kontext ist somit ein Punkt in diesem Raum.
Bazire und Brézillon [5] haben 150 Kontextdefinitionen analysiert und sind dabei zu der Erkenntnis gekommen das Kontext wie eine Begrenzung fungiert welche das Verhalten eines Systems, Nutzers oder Computers in einer bestimmten Tätigkeit beeinflussen. Allerdings herrscht ihrer Ansicht nach kein Konsens darüber ob Kontext extern oder intern, ein Set aus Informationen oder Abläufen, statisch oder dynamisch ist.

Kayes et al.[12] definieren Kontextinformationen in Bezug auf Zugriffskontrollentscheidungen als relevante Informationen über den Zustand einer Entität (Nutzer, Ressource, Ressourcenbesitzer) und deren Umgebung oder die Beziehung zwischen Entitäten.

2.1.2 Zugriffskontrolle

2.2 Kontextkategorisierung

Nachdem ein Überblick über das Kontextverständnis in der gängigen Literatur gegeben und Kontext im Bezug auf Kontextkontrolle definiert wurde folgt eine Kategorisierung von Kontext.

2.2.1 Analyse bereits vorgeschlagener Kategorien

Auch bei der Kategorisierung von Kontext gibt es richtungsweisende Vorschläge Abowd et al.[2] haben einen der führenden Mechanismen zur Definition von Kontexttypen vorgeschlagen. Sie identifizierten Ort, Zeit, Identität, und Aktivität als primäre Kontexttypen. Weiterhin wird sekundärer Kontext als Kontext definiert der durch Nutzung von Primärkontext erschlossen werden kann.

Schilit et al. [17] kategorisieren Kontext basierend auf 3 Fragen, die genutzt werden können um den Kontext zu bestimmen, in 3 Kategorien:

1. Wo man sich befindet: Enthält alle Informationen die sich auf einen Ort beziehen, beispielsweise GPS-Koordinaten, Namen von Institutionen oder Gebäuden (ein Café, ein Krankenhaus, eine Universität), spezifische Namen (z.B.: Technische Universität Dresden) spezifischen Adressen(z.B.: APB Nöthnitzer Str. 46) oder Nutzerpräferenzen (z.B. das Lieblingsrestaurant eines Nutzers)

2. Mit wem man sich zusammen aufhält: Information über die Personen die um einen herum anwesend sind

3. Welche Ressourcen sich in der Nähe befinden: Informationen darüber welche Ressourcen (Maschinen, technische Geräte, Betriebsmittel) sich im direkten Umfeld eines Nutzers befinden

Henricksen et al.[11] ordnet Kontext basierend auf der betrieblichen Kategorisierungstechnik in 4 verschiedene Kategorien:

1. Messbar: Informationen die aus direkt messbaren Werten bestehen. Diese ändern sich oft oder gar kontinuierlich.

2. Statisch: Informationen die sich während der Lebenszeit eines Systems gleich bleiben.

3. Profiliert: Informationen die sich selten ändern.

4. Abgeleitet: Informationen die unter Verwendung anderer Daten gewonnen wurden.

Van Bunningen et al. [18] ordnen Kategorisierungsversuche in zwei übergeordnete Gruppen: Betrieblich und Konzeptionell.

1. Betriebliche Kategorisierung: Einordnung anhand dessen wie der Kontext akquiriert, modelliert und behandelt wird.

2. Konzeptionelle Kategorisierung: Einordnung anhand der Bedeutung des Kontextes und der konzeptionellen Beziehungen

Chong et al.[6] schlägt Historie als Kontextkategorie vor. Dabei werden der zeitliche Verlauf, der Werte die eine bestimmte Messgröße in der Vergangenheit angenommen hat, als Kontext definiert. Das erlaubt die Festlegung von Standardwerten. Damit ist unter Umständen eine Vorhersage darüber welche Werte die Messgrößen zukünftig annehmen werden möglich.

3 Voraussetzungen und verwandte Arbeiten

Kontextsensitivität Ein System ist kontextsensitiv wenn es Kontext verwendet um dem Nutzer mit für ihn relevanten Informationen und/oder Dienstleistungen zu versorgen. Die Relevanz hängt dabei von der Aufgabe des Nutzers ab [8].

Situation Eine Situation

Umgebung Umgebung ist ein Synonym für Kontext [2].

Netzwerk-Sicherheits-Monitoring

Intrusion Detection Angriffserkennung ist "der Prozess des Überwachung von Ereignissen in einem Computersystem oder Netzwerk, und die Analyse dieser Ereignisse auf Anzeichen eines möglichen Zwischenfalls. Gemeint sind damit Verstöße oder unmittelbare Bedrohungen von Sicherheitsrichtlinien, Akzeptanzrichtlinien oder Standardsicherheitspraktiken"[16].

Intrusion Detection System Auf Grundlage der Definition von Intrusion Detection, ist ein IDS somit Software die den Prozess, einen Eingriff zu erkennen, automatisiert [16].

4 Design

Zuerst wird die Notwendigkeit für eine Taxonomie erläutert. Dann erfolgt die Definition der Taxonomiekategorien. Danach wird festgelegt in welcher Form die Kontextinformationen in den einzelnen Kategorien vorliegen müssen und wie man Informationen aus unterschiedlichen Quellen in einer für sammelt. Zusätzlich wird noch darauf eingegangen welche Anforderungen ein IDS erfüllen sollte, welche davon im speziellen für diese Arbeit relevant sind und welche Schwächen des IDS mithilfe des vorgeschlagenen Designs und Kontextsensitivität gelöst werden.

4.1 Notwendigkeit einer Taxonomie

Die Evaluation verschiedener Kategorisierungsschemata zeigt das keine Kategorisierung allen Ansprüchen gerecht werden kann [15].

4.2 Erstellung einer Taxonomie

Im folgenden möchte ich meinen Versuch einer Kombination der bereits vorgeschlagenen Kategorisierungsschemata erläutern. Dazu lege ich zuerst die Definition der einzelnen Kategorien im Bezug auf kontextsensitive Zugriffskontrolle fest. Die Kategorien müssen dafür, abhängig davon mit welchem Fokus sie der jeweilige Autor konstruiert hat, mehr oder weniger stark angepasst werden.

4.2.1 Konzeptionell

Einordnung anhand der Bedeutung des Kontextes und der begrifflichen Beziehungen.

Primär

Kontextinformationen die gesammelt werden können ohne bereits vorhandene Daten zu verwenden oder zu kombinieren [2].

Sekundär

Kontext der durch das verarbeiten von primärem Kontext erschlossen werden kann. Dies kann durch die Kombination einzelner Datenpunkte einer oder mehrerer Kategorien oder durch Abfragen weiterer Informationen mithilfe der primären Informationen geschehen [2].

4.2.2 Betrieblich

Wie schon in der Analyse bereits vorgeschlagener Kategorien bedeutet die betriebliche Kategorisierung: “Einordnung anhand dessen wie der Kontext akquiriert, modelliert und behandelt wird ”.

Zeit Zu welcher Zeit ein Zugriffsanfrage erfolgt.

Ort Von welchem Ort eine Zugriffsanfrage stammt.

Identität Wer Zugriff auf eine Ressource erfragt.

Aktivität Was in einer Situation passiert bzw. welche Aktion eine Entität ausführt.

Grund Warum etwas getan wird.

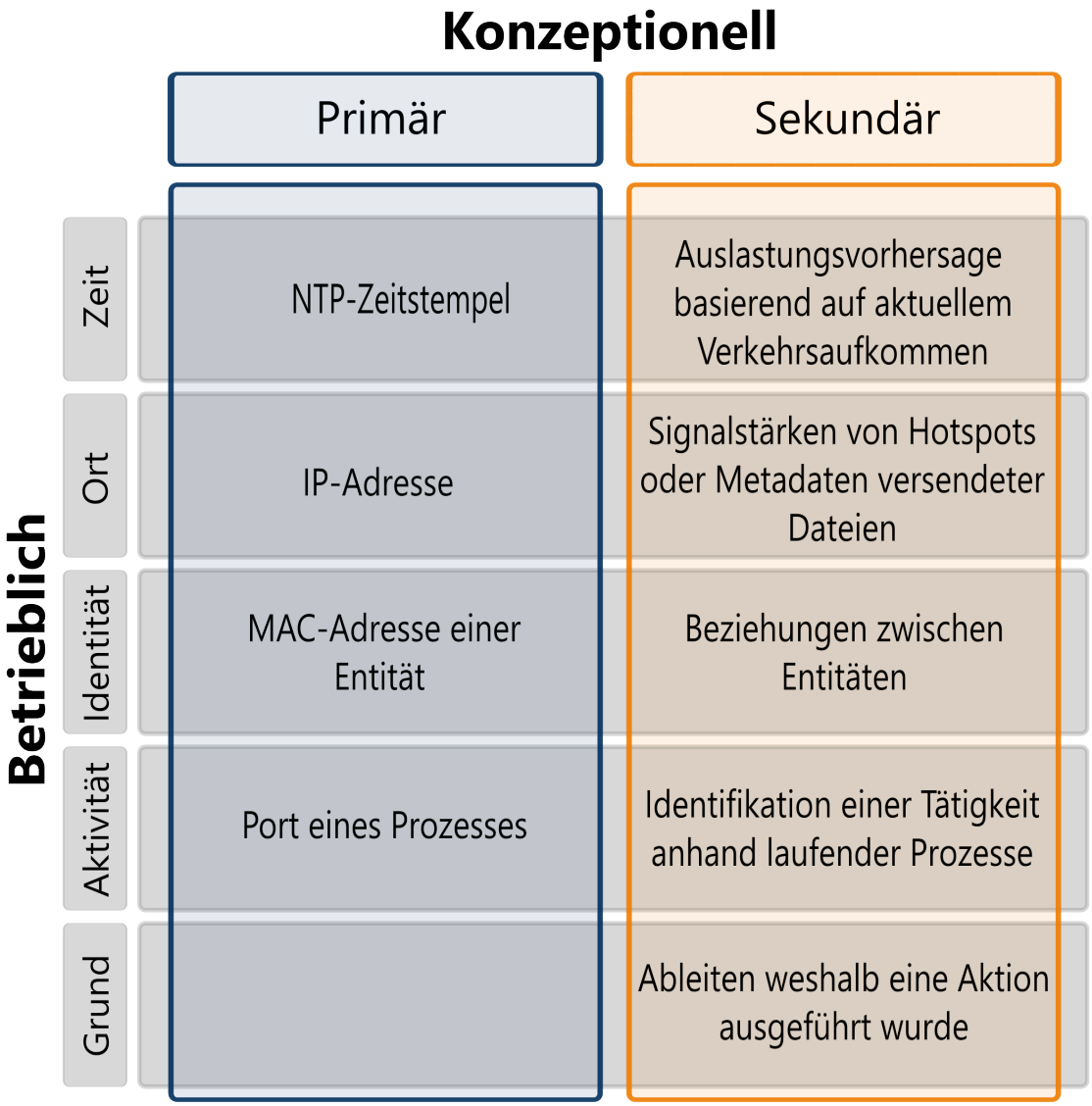


Abbildung 4.1: Nutzerzentrierte Kategorisierung

4.2.3 Historie

Die Historie einer Entität wird in dieser Taxonomie zweigeteilt. Sie besteht aus:

1. Einem aktiven Teil also ihrem Verhalten, beispielsweise früheren Verbindungen bzw. Verbindungsanfragen
2. Einem passiven Teil also dem Zustand der für sie charakteristischen Attribute, beispielsweise einem Nutzernamen oder die Versionsnummer eines bestimmten Programms

Die Existenz einer Historie trifft die implizite Annahme das eine Entität eindeutig und über einen längeren Zeitraum im Netzwerkverkehr identifizierbar ist.

Dynamik

Wie beschrieben können sich die Werte, aus denen sich die Historie einer Entität zusammensetzt, je nach dem welchem Teil sie zugeordnet werden, verschieden oft ändern. Statische Messgrößen ändern dabei ihre Werte nie oder nur sehr selten. Dynamische Messgrößen hingegen sehr oft. In diesem Fall wird eine Unterteilung in jährlich, monatlich, wöchentlich, täglich, stündlich, minütlich und sekündlich vorgenommen.

Raten

Die Historie ist weiterhin in 3 verschiedene Bereiche unterteilt. Abhängig davon wo die Änderung auftritt und ob das IDS oder eine Entität die Aktualisierung des Wertes auslöst.

Änderungsrate Gibt an wie oft eine Entität eine Werteänderungen mitteilt.

Abtastrate Wie oft Werte einer Entität vom IDS abgefragt bzw aktualisiert werden.

Abfragerate Wie oft Werte im Netzwerk von einer Entität, die nicht das IDS ist, abgefragt werden.

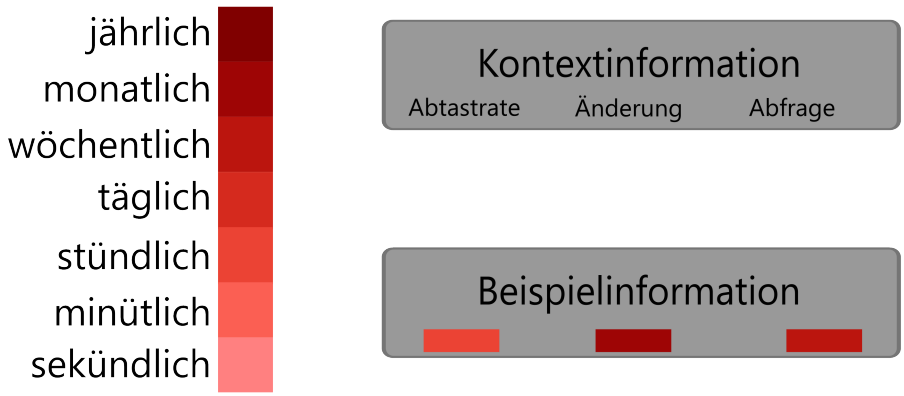


Abbildung 4.2: Historie

4.2.4 Netzwerk

Ein Netzwerk besteht im allgemeinen aus:

1. Entitäten die daran teilnehmen
2. Kommunikation zwischen den Entitäten
3. Annahmen bzw. Normen bezüglich:
   a) des Verhaltens und der Eigenschaften der Entitäten
   b) der Form und dem Inhalt der Kommunikation

In Rahmen der Zugriffskontrolle erfolgt Kommunikation im Netzwerk über spezifische Protokolle zwischen verschiedenen Entitäten die durch bestimmte Attribute charakterisiert werden. Die Normen werden dabei initial festgelegt und im Verlauf der Lebenszeit des Netzwerkes angepasst.

Protokolle

Kategorisierung anhand des verwendeten Kommunikationsprotokolls. Orientiert sich am ISO/OSI-Referenzmodell [7]. Die Zuordnung zu einer bestimmten Schicht und damit Kategorie erfolgt anhand der für die einzelnen Schichten üblichen Protokolle. Das ermöglicht die Identifikation von Entitäten anhand der von ihnen genutzten Protokolle. So kann beispielsweise ein Switch oder Router von einem Nutzer oder einer Anwendung unterschieden werden.

Anwendung Beinhaltet allen Netzwerkverkehr der sich der Sitzungsschicht, Darstellungsschicht oder Anwendungsschicht zuordnen lässt

Transport Pakete die sich der Transportschicht zuordnen lassen.

Vermittlung Netzwerkverkehr der zur Vermittlungsschicht gehört.

Entitäten

Kategorisierung von Kontextinformationen abhängig davon welche Art von Entität sie betreffen. Diese Unterscheidung setzt genauso wie die Historie eindeutig identifizierbare Entitäten voraus.

Gerät Informationen die sich auf ein spezifisches Gerät beziehen

1. Ein Gerät ist beispielsweise einen Router oder das Endgerät eines Nutzers.
2. Informationen können beispielsweise die Liste an installierter Software, die Menge laufender Prozesse oder die Auslastung der Hardwarekomponenten sein.

Nutzer Informationen die sich auf einen Nutzer beziehen.

1. Ein Nutzer im Sinne eines Computersystems und keine physische Person. So kann eine physische Person durchaus mehrere verschiedene logische Nutzerkonten haben.
2. Informationen können zum Beispiel die Zugriffsrechte eines Nutzers sein.

Anwendung Informationen die sich auf eine Anwendung beziehen.

1. Anwendung umfasst jegliche Softwareprozesse die für sich oder in Kombination einen bestimmten Zweck erfüllen.
2. Eine Anwendung erzeugt für sie charakteristischen Netzwerkverkehr, versendet oder empfängt also bestimmte Informationen.

Normen

Einordnung der Kontextinformationen abhängig davon ob sie der für den Anwendungsfall definierten Normen entsprechen.

Erwartet Form der Kommunikation mit verschiedenen Protokollen oder Verhalten von Entitäten entsprechend den im Netzwerk geltenden Vorschriften.

Ungewöhnlich Form der Kommunikation mit verschiedenen Protokollen oder Verhalten von Entitäten die in Kombination mit den im Netzwerk vorherrschenden Bedingungen entweder auffällig oder irrational sind.

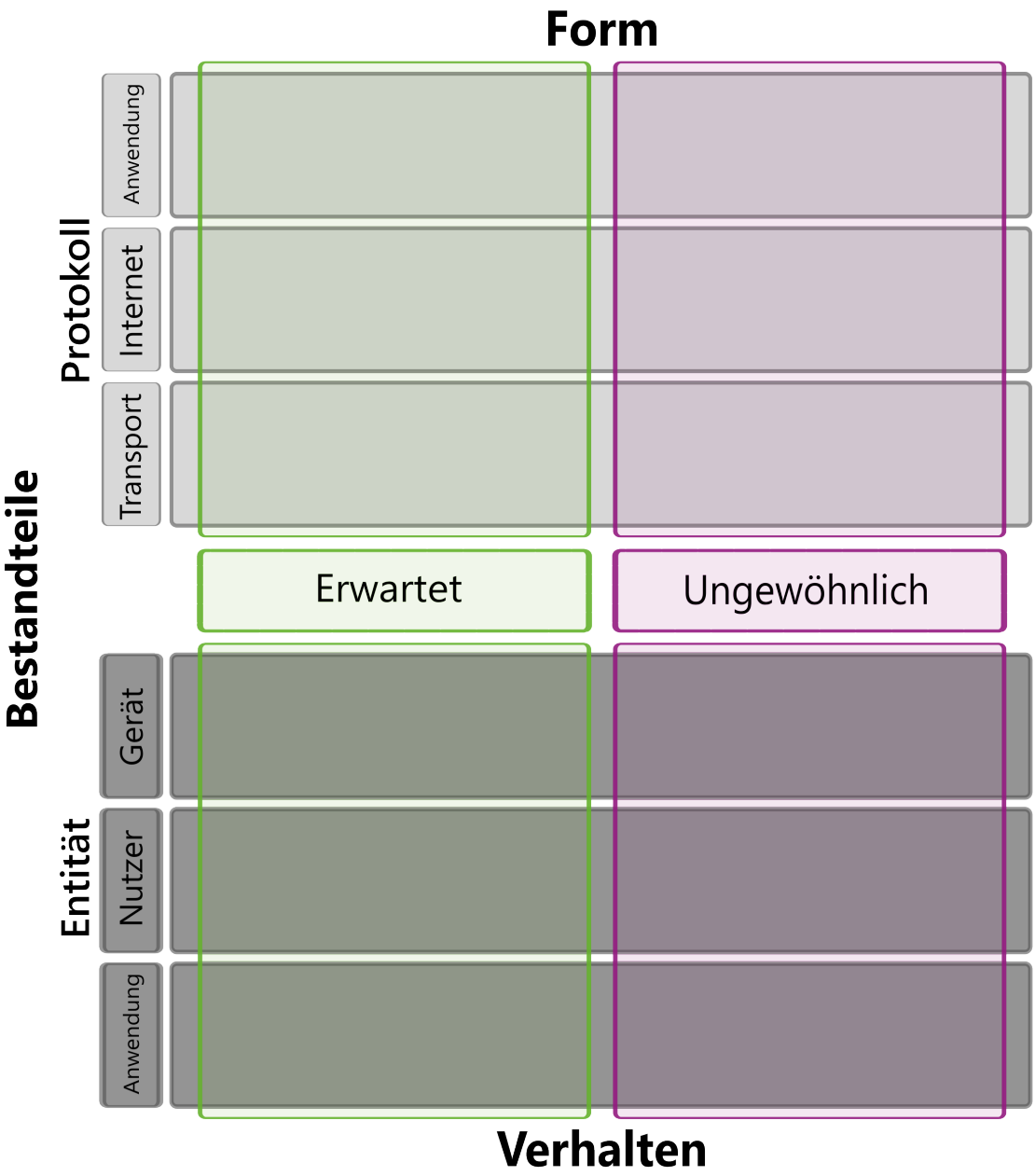


Abbildung 4.3: Kategorisierung von Kontextinformationen als Netzwerkbestandteile

4.3 Form des Kontextes

Nachdem die einzelnen Kategorien definiert wurden muss festgelegt werden in welcher Form die Kontextinformationen vorliegen sollen bzw. gebracht werden müssen. Dies ist hauptsächlich davon abhängig wie die Informationen in das IDS eingelesen werden.

4.3.1 Historie

Die Historie einer Entität muss genug Informationen enthalten, um damit neue Entscheidungen in der Gegenwart oder Zukunft zu treffen und sie eindeutig zu identifizieren. Die Identifikation erfolgt anhand der Headerinformationen der einzelnen Kommunikationsschichten. In der Historie gespeichert werden entweder die gesamte Payload eines Pakets oder zumindest ein ausreichend aussagekräftiges Subset. Die Regelmäßigkeit mit der die Historie aktualisiert bzw. erweitert wird ist vom jeweiligen Gegebenheiten und Anforderungen abhängig. Nach Ansicht des Autors sollte ein Subset mindestens folgende Daten beinhalten, um eine ausreichende Rekonstruktion des Kenntnisstandes, mit dem die Zugriffsentscheidungen ursprünglich getroffen wurden, zu ermöglichen und damit aussagekräftig zu sein:

1. Zur Identifikation einer Entität und der Zuordnung ihrer Verbindung:
   a) MAC-Adresse
   b) IP-Adresse
   c) Port
2. Zur Rekonstruktion der ursprünglichen Zugriffsentscheidungen die die Entität betreffen:
   a) MAC-Adresse des Ziels
   b) IP-Adresse des Ziels, gesetzte Flags, TTL, Protokoll
   c) Port des Ziels, protokollspezifische Informationen

4.4 Kontextgewinnung

. Dabei sollte man bedenken an welcher Stelle und wie oft man Informationen abruft oder automatisch aktualisiert. [15]

Es folgt eine Übersicht einiger Beispiele für Möglichkeiten Kontextinformationen zu gewinnen. - osquery - network (open ports) | Nessus - devices in network | Configuration Management Database (CMDB), nmap - cve reference - yes/no - protocol header

4.5 Umwandlung der Taxonomie in IDS-Signaturen

Um die im Abschnitt Kontexttaxonomie festgelegten Kategorien in für ein IDS nutzbare Form zu bringen gilt es gewisse Dinge zu beachten:
Die Kontextsensitivität eines Computers unterscheidet sich drastisch von der eines Menschen. Rechensysteme sind sehr gut darin Daten zu erfassen und zu sammeln, aber Menschen sind immer-noch nötig um verschiedene Kontexte zu erkennen und zu entscheiden welches Handeln in einer bestimmten Situation angemessen ist [8]. Der limitierende Faktor des Potenzials eines kontextsensitiven Systems ist das Maß an Kontext das ein Entwickler vorhersehen und kodieren kann. Es ist aber weder beim Design noch später bei der Implementierung unmöglich alle Zusammenhänge vorherzusehen. Dementsprechend schwer

wird ist es ein in sich geschlossenes und allumfassendes Regelset festzulegen [15]. Nach Greenberg et al. [10] gibt 3 non-triviale Hauptaspekte die man beim Entwerfen eines kontextsensitiven Systems beachten sollte:

1. Spezifizieren aller möglichen Kontextzustände
2. Wissen welche Informationen einen konkreten Kontextzustand akkurat festlegen.
3. Welche Aktion im jeweiligen Zustand ausgeführt werden sollen.

Tabelle 4.1: Placeholder

Eigenschaft	IDS Typ	Beschreibung
Plattform	Host	Überwacht Aktivitäten auf dem System auf dem es eingesetzt wird um lokale Angriffe zu erkennen.
	Netzwerk	Überwacht Aktivitäten im Netzwerk um Angriffe, die über eine Netzwerkverbindung ausgeführt werden zu erkennen.
	Hybrid	Kombiniert host- und netzwerk-basierte Intrusion Detection Systeme.
Angriffserkennung	Signatur	Überwacht System- und/oder Netzwerkaktivitäten anhand einer Reihe von Signaturen bekannter Angriffe auswertet. Daher ist es nicht in der Lage, Zero-Day-Angriffe zu erkennen, d. h. Angriffe, die Schwachstellen ausnutzen, die vor der Ausführung der Angriffe nicht öffentlich bekannt sind.
	Anomalie	Verwendet ein Basisprofil regulärer Netz- und/oder Systemaktivitäten als Referenz, um zwischen regulären und auffälligen Aktivitäten zu unterscheiden, wobei letztere als Angriffe behandelt werden. Wird typischerweise durch die Überwachung regulärer Aktivitäten trainiert, um ein Basisaktivitätsprofil zu erstellen.
	Hybrid	Verwendet sowohl signatur-basierte als auch anomalie-basierte Angriffserkennungsmethoden.
Struktur	Zentral	Kann nur an einem einzigen Standort eingesetzt werden.
	Verteilt	Besteht aus mehreren Teilsystemen für die an verschiedenen Standorten eingesetzt werden können und miteinander kommunizieren, um für die Erkennung von Angriffen relevante Daten, z. B. Angriffswarnungen, auszutauschen. Kann koordinierte Angriffe auf mehrere Standorte in einer bestimmten zeitlichen Abfolge erkennen.

4.5.1 Entscheidung für ein IDS

IDSs können anhand der überwachten Plattform, der verwendeten Erkennungsmethode und der Struktur in der sie eingesetzt werden kategorisiert werden. [14].

4.5.2 Verbesserung der Schwächen

Der Hauptnachteil eines signatur-basierten IDS ausschließlich Angriffe zu erkennen die vordefinierten Verhaltensmustern entsprechen. Der Hauptnachteil eines anomalie-basierten IDS ist die Notwendigkeit die Baseline, mitunter sehr oft zu aktualisieren. Um diese Nachteile auszugleichen bietet es sich an die bereits vorhandenen, gesammelten und aufbereiteten Kontextinformationen zu verwenden. Dies ermöglicht die schon vorhanden Signaturen so zu verbessern das sie eine größere Menge von Ereignissen abdecken oder bereits definierte Ereignisse genauer zu spezifizieren und so weniger (falsche) Meldungen zu generieren ohne dabei das Verhalten des Netzwerkverkehrs dauerhaft neu bewerten zu müssen.

4.6 Anspruch an das IDS

Um die Performance des konkret gewählten IDS verbessern zu können, muss man festlegen welche Kriterien die Leistung beeinflussen bzw. bestimmen und wie man diese gewichtet. Mell et al.[13] nennen in ihrer Übersicht verschiedene Charakteristiken zur quantitativen Bestimmung der Erkennungsgenauigkeit eines IDS und erläutern zusätzlich die Wechselwirkungen zwischen einzelnen Kriterien, die beim Vergleich verschiedener IDS-Lösungen beachtet werden sollten.

Abdeckung

Gibt an welche Typen von Angriffen ein IDS unter idealen Bedingungen erkennen kann.

Wahrscheinlichkeit falscher Alarme

Gibt die Wahrscheinlichkeit das durch ein IDS ausgelöste Alarme durch gutartigen bzw. nicht-schädlichen Netzwerkverkehr verursacht wurden an.

$$Rate\ an\ falsch - Positiven\ Meldungen = \frac{Anzahl\ falscher\ Alarme}{Anzahl\ aller\ Alarme}$$

Wahrscheinlichkeit einer Erkennung

Gibt die Rate der durch das IDS korrekt erkannten Angriffe an.

$$Erkennungswarscheinlichkeit = \frac{Anzahl\ korrekt\ erkannter\ Angriffe}{Anzahl\ aller\ Angriffe}$$

Resistenz

Ein signatur-basiertes IDS bzw. der menschliche Administrator hinter dem System weisen Probleme auf die nicht direkt beim Umgang mit verarbeitetem Netzwerkverkehr, sondern schon bei der bewussten, unbewussten, oder erzwungenen Entscheidung welcher Netzwerkverkehr überhaupt in Frage kommt, entstehen:

1. Ein zu große Menge an zu verarbeitendem Netzwerkverkehr die die Verarbeitungskapazität eines IDS übersteigt kann dazu führen das Netzwerkpakete verworfen und Angriffe nicht erkannt werden
2. Pakete die zwar nicht bösartig sind aber so konstruiert das sie möglichst viele IDS Signaturen auslösen, überfordern den Administrator oder stören eventuell sogar die Verarbeitung von Paketen generell.
3. Ein Angreifer könnte eine Vielzahl "harmlosereräber trotzdem noch als schädlich zu deklarierende Pakete senden um einen größeren Angriff im Netzwerkverkehr zu verschleiern.
4. Pakete die möglicherweise vorhandene Fehler im IDS selbst ausnutzen.

Korrelation zwischen Einzelereignissen

Demonstriert wie gut ein IDS eine Korrelation zwischen einzelnen Ereignissen, möglicherweise verschiedenen Ursprungs herzustellen. Die Ereignisse können dabei aus Routern, Firewalls, Anwendungen, dem IDS selbst oder einer großen Bandbreite anderer Quellen stammen.

Unbekannte Angriffe vorhersehen

Gibt an wie gut ein IDS einen Angriff erkennt der so noch nicht aufgetreten ist. Signaturbasierte IDS sind allgemein, mit wenigen Ausnahmen, nicht in der Lage solch einen Angriff zu erkennen. Normalerweise erhöht die Fähigkeit eines Systems einen noch unbekannten Angriff zu erkennen, im Vergleich zu Systemen die dies nicht versuchen, zusätzlich die Rate an falsch-positiven Meldungen.

Identifizieren von Angriffen

Wie gut ein IDS einem Angriff den es erkennt, einen Namen oder eine Kategorie, beispielsweise ein CVE-Nummer, zuordnen kann.

Beurteilung eines Angriffs

Indikator dafür ob ein IDS den Erfolg und die Auswirkungen eines Angriffes korrekt beurteilen kann. In aktuellen Netzwerkumgebungen schlagen viele Angriffs(-vesuche) fehl. Die meisten IDS unterscheiden allerdings nicht zwischen erfolgreichen und fehlgeschlagenen Angriffen. Für den selben Angriff können manche IDS die Anzeichen dafür ob ein Angriff erfolgreich war erkennen, andere lediglich das ein Angriff stattgefunden hat, allerdings ohne feststellen zu können ob er erfolgreich war. Die Fähigkeit, den Grad zu dem ein Angriff auf das überwachte System erfolgreich war zu beurteilen ist essenziell. Eine Vorfilterung der Meldungen durch das IDS vereinfacht die Arbeit des Netzwerkadministrators bzw. Analysten stark, da so eine Analyse des Angriffsszenarios und der Korrelation einzelner Angriffe vereinfacht wird. Diese Fähigkeit bei einem gegebenen IDS messen zu können setzt das Wissen, darüber welche Angriffe erfolgreich sind und welche nicht, voraus.

4.6.1 Einordnung der Kriterien

Die Wahrscheinlichkeit einen Angriff zu erkennen variiert mit der Rate an falsch-positiven Meldungen. Bei der Konfiguration eines IDS kann entweder die Falsch-positiv-Rate oder die Erkennungsrate optimiert werden.

4.6.2 Auswahl der Kriterien

Diese Arbeit beschäftigt sich ausschließlich mit sicherheitsrelevanten Leistungsmetriken. Dabei soll hauptsächlich der Einfluss von Kontextsensitivität auf die Abdeckung, die Erkennungswahrscheinlichkeit und die Rate falsch-positiver Alarme betrachtet werden. Zusätzlich wird beleuchtet ob zusätzlicher Kontext die Interpretierbarkeit von Meldungen durch einen menschlichen Nutzer und das Identifizieren von Angriffen verbessert.

5 Implementierung

Der im Kapitel Design dargelegte Aufbau eines Netzwerkes findet sich auch in der Implementation wieder. Scapy, Wireshark und Zeek kümmern sich dabei mit um Kommunikation, zeek-agent um die Entitäten und der Autor um die Annahmen und daraus resultierenden Normen.

5.1 Erläuterung der wichtigsten Komponenten

Eine kurze Vorstellung der wichtigsten Komponenten der Implementierung insofern sie im Rahmen der einzelnen Schritte des Versuchsaufbaus

5.1.1 Netzwerk

Das Netzwerk besteht aus einem gleichbleibenden Endgerät das als Ziel bzw. Endpunkt für den simulierten Netzwerkverkehr dient und verschiedenen anderen Teilnehmern bzw Angreifern. Die genauen Informationen der einzelnen Entitäten sind im jeweiligen Szenario genauer spezifiziert.

5.1.2 Zeek

Ein passives, quelloffenes Analysewerkzeug für Netzwerkverkehr das via eigener Skriptsprache unter anderem folgendes ermöglicht:

1. Implementierung beliebiger Analyseaufgaben
2. Interpretation von Netzwerkverkehr
3. Erstellung von Protokollen auf der Grundlage dieses Verkehrs

Zeek ist dabei weder rein signatur-basiert wie Suricata noch ausschließlich als Protokollanalysator im Sinne von Wireshark zu verstehen. Vielmehr handelt es sich bei Zeek um eine Mischung die eine kompakte, aber dennoch detailgetreue Darstellung von Netzwerkprotokollen ermöglicht. Dies erlaubt ein besseres Verständnis des Netzwerkverkehrs und der Netzwerknutzung [1].

5.1.3 Zeek-Agent

Zeek-Agent ist ein Endpunkt-Agent der Informationen, für zentrales Monitoring an Zeek sendet. Abfragen kann man verschiedene Aktivitäten eines Hostsystems, darunter zum Beispiel aktuell laufende Prozesse, offene Sockets oder den Inhalt bestimmter Dateien. Diese erscheinen in Zeek, genauso wie Netzwerkaktivität, als Ereignisse und können so in Skripten verwendet werden [9].

5.2 Versuchsaufbau

Der Ablauf für alle Anwendungsfälle ist grundsätzlich sehr ähnlich:

1. Erzeugung
2. Mitschnitt
3. Analyse
   a) Einlesen von Netzwerkverkehr
   b) Einbindung des zusätzlichen Kontextes
   c) Logging

5.2.1 Erzeugung

Der Netzwerkverkehr wurde mittels Scapy erzeugt. Das ermöglicht den für die verschiedenen Szenarien benötigten Netzwerkverkehr zu erzeugen und die einzelnen Schichten eines Pakets an den jeweiligen Anwendungsfalls anzupassen. In ist dieser Prozess ausschnittsweise dargestellt. Eine Übersicht über alle dafür verwendeten Skripte findet sich im Anhang.

Quelltext 5.1: Konfiguration und Versendung eines Pakets

```
6  def send_packet(ip_address_src,ip_address_dst):
7      source_server = ip_address_src
8      target_server = ip_address_dst
9      layer_2 = Ether()
10     layer_3 = IP(src=source_server, dst=target_server)
11     layer_4 = TCP(sport=80,dport=43468)
12     tcp_pkt = layer_2 / layer_3 / layer_4
13     sendp(tcp_pkt)
```

5.2.2 Mitschnitt

Der Mitschitt der von Scapy versendeten Pakets erfolgt mit Wireshark. Die mitgeschnittenen Pakets werden im als pcap-Dateien gespeichert um das einlesen in Zeek zu ermöglichen.

5.2.3 Logging

In Zeek erfolgt das Schreiben in Logs immer nach dem selben Prinzip:

1. Vor dem Ausführen eines Skriptes wird ein Log und die darin zu speichernden Informationen festgelegt
2. Nutzer-definierter Log wird initialisiert

3. Log-Eintrag für den Log wird definiert
4. Log-Eintrag wird der Verbindung als Information hinzugefügt
5. Eintrag wird in den Log geschrieben

Quelltext 5.2: Generierung einer Log-Datei mit Verbindungsinformationen

```
module ExampleModule;
export {
   # Create an ID for our new stream. By convention, this is
   # called "LOG".
   redef enum Log::ID += { LOG };

   # Define the record type that will contain the data to log.
   type Info: record {
      timestamp: time  &log;
      id: connection_id &log;
      notice: string  &log;
   };
}

redef record connection += {
   # By convention, the name of this new field is the lowercase name
   # of the module.
   examplelog: Info &optional;
};
event zeek_init(){
  Log::create_stream(ExampleModule::LOG, [$columns=Info, $path="examplemodule"]);
  local record: ExampleLog::Info = [$ts=current_time(), $id=c$id,
      $notice="Example Notice"];
   # Store a copy of the data in the connection record so other
   # event handlers can access it.
   c$examplelog = record;
   Log::write(ExampleModule::LOG, rec);
}
```

5.3 Skripte

Der Kern der Implementierung sind Zeek Skripte. Hier werden die gesammelten Kontextinformationen verwendet. Nachfolgend werden für einige ausgewählte Kategorien Anwendungsfälle vorgestellt.

5.3.1 Geografische Koordinaten und Ortszeit

Das Volumen von durch Menschen verursachten Netzwerkverkehr ist meist tageszeitabhängig. So wird in der Regel nachts weniger kommuniziert als am Tag. Deshalb erscheint es sinnvoll den Grenzwert für erzeugtes Verkehrsaufkommen, ab dem ein Sender als potenziell böswillig eingestuft wird, je nach Uhrzeit anzupassen.

Zeile 34 Zuordnung einer IP-Adresse zu einem geographischen Ort.

Zeile 38 - 45 Ermittlung der Uhrzeit am Ursprung der Anfrage mithilfe der lokalen Uhrzeit in Kombination mit dem aus dem Abstand ermittelten Zeitunterschied.

Zeile 48 Anpassung des Grenzwertes

Quelltext 5.3: Geolocation und Setzen des Grenzwertes

```
33 function geolocation(c: connection):double{
34   local origin_longitude = lookup_location(c$id$orig_h)$longitude;
35   return origin_longitude;
36 }
37
38 function time_at_geolocation(longitude: double): int{
40   local time_difference = (longitude - home_longitude)*240;
41   local double_time_difference = time_to_double(network_time()) +
       time_difference;
45   return useable_time_at_origin;
46 }
47
48 function set_threshold(c_time: int): double{
49   if(c_time< opening_time || c_time > closing_time )
50     threshold = threshold-night_time_decrease;
51   else
52     threshold = threshold+day_time_increase;
53   return threshold;
54 }
```

5.3.2 Offene Ports

Wenn eine Verbindung oder der Versuch eine Verbindung zu etablieren, mit einem bestimmten Port des Systems als Ziel beobachtet wird ohne das ein Prozess gibt der diesem Port mittels zugeordnet werden kann, wird die Verbindung bzw. der Verbindungsversuch im dazugehörigen Log vermerkt.

1. Das Skript erfagt bei den zeek-agents in regelmäßigen Abständen die auf Hostsystemen laufenden Prozesse und deren verwendete Ports
2. Das Skript vergleicht den Zielport jeder eingehenden Verbindung mit der Liste von Hostports
3. Abhängig vom Ergebnis wird eine Meldung in den Log geschrieben

```
1  @load site/packages/zeek-agent-v2
2  @load site/packages/zeek-agent-v2/framework/main
3  @load site/packages/zeek-agent-v2/table
4  @load site/zeek-agent-v2
5  @load site/zeek-agent-v2/framework
6  @load site/zeek-agent-v2/table
7
8
9  module Querytest;
10
11 export {
12    # Create an ID for our new stream. By convention, this is
13    # called "LOG".
14    redef enum Log::ID += { LOG };
15
16    # Define the record type that will contain the data to log.
17    type Info: record {
18       ts: time    &log;
```

```
19          id: conn_id &log;
20          notice : string &log;
21      };
22  }
23
24  redef record connection += {
25      # By convention, the name of this new field is the lowercase name
26      # of the module.
27      querytest: Info &optional;
28  };
29
30  type Columns: record {
31      name: string &optional &log; ##< short name
32      is_admin: bool &optional &log; ##< 1 if user has adminstrative privileges
33      process: string &optional &log; ##< name of process holding socket
34      protocol: count &optional &log; ##< transport protocol
35      local_addr: addr &optional &log; ##< local IP address
36      local_port: count &optional &log; ##< local port number
37      remote_addr: addr &optional &log; ##< remote IP address
38      remote_port: count &optional &log; ##< remote port number
39  };
40
41
42  global local_ports : table[int] of string ={
43          [80] = "http",
44          [22] = "ssh",
45          [25552] = "application_1",
46      };
47  global allowed_ports : table[int] of string = {
48          [42124] = "application_2",
49          [42125] = "application_3"
50      };
51
52  function check_outgoing_connection(c:connection){
53      local _port = port_to_count(c$id$orig_p);
54      if(_port !in local_ports){
55          local rec: Querytest::Info = [$ts=current_time(), $id=c$id, $notice="No
                Application running on this port"];
56          # Store a copy of the data in the connection record so other
57          # event handlers can access it.
58          c$querytest = rec;
59          Log::write(Querytest::LOG, rec);
60      }else{
61          local rec_2: Querytest::Info = [$ts=current_time(), $id=c$id,
                $notice="Working"];
62          # Store a copy of the data in the connection record so other
63          # event handlers can access it.
64          c$querytest = rec_2;
65          Log::write(Querytest::LOG, rec_2);
66
67      }
68  }
69
70  event users_result(ctx: ZeekAgent::Context, data: Columns){
71      #print data;
72      local new_entry : count;
73      local connection_port = data$remote_port;
74      new_entry = connection_port;
```

```
75      local_ports[new_entry] = data$name;
76  }
77
78  event zeek_init(){
79    Log::create_stream(Querytest::LOG, [$columns=Info, $path="querytest"]);
80      local str_stmt_join = "SELECT users.name, users.is_admin, sockets.process,
            sockets.protocol, sockets.local_addr, sockets.local_port,
            sockets.remote_addr, sockets.remote_port FROM users JOIN processes ON
            users.uid=processes.uid JOIN sockets ON sockets.pid=processes.pid";
81      local query_event = users_result;
82      local _schedule = 10 secs;
83      local test_query_join =
            ZeekAgent::query([$sql_stmt=str_stmt_join,$event_=query_event,$schedule_=_schedule]);
84  }
85
86  event connection_state_remove(c: connection){
87      check_outgoing_connection(c);
88  }
89
90  event zeek_done(){
91      print "Done";
92  }
```

5.3.3 DNS-Auflösung

5.3.4 Rechte eines Nutzers

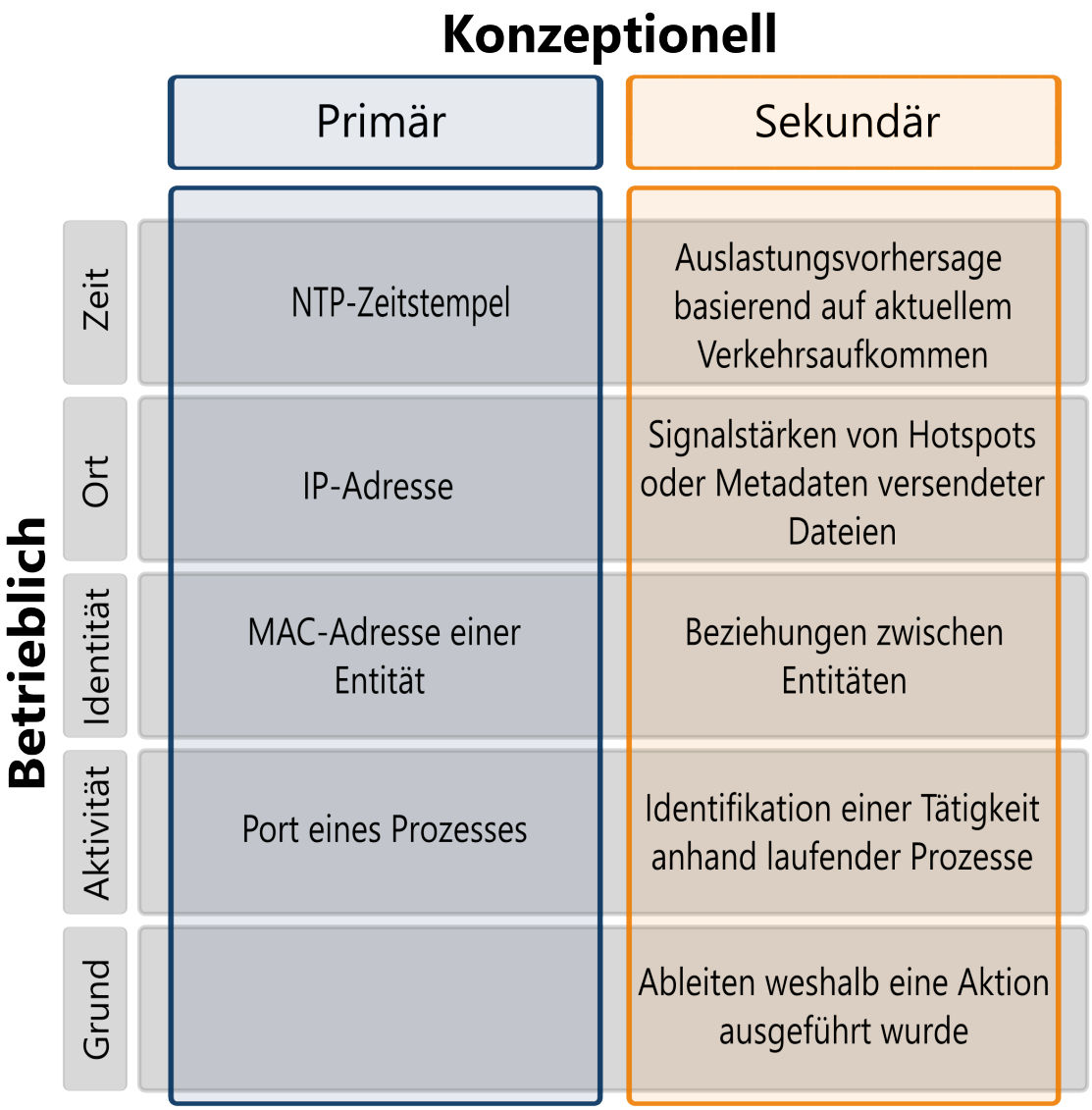
5.3.5

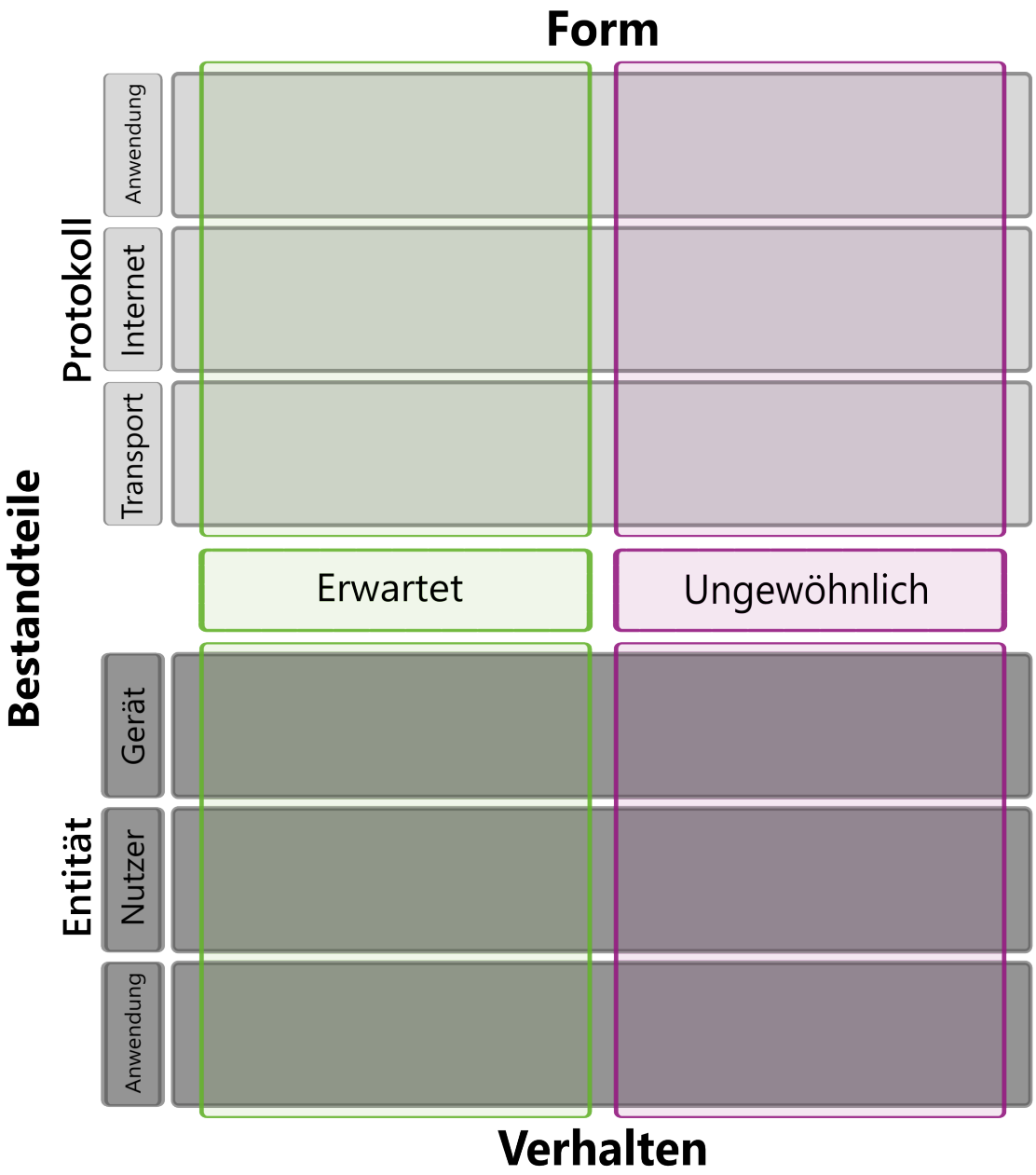
6 Evaluation

6.1 Vergleich der Kontextkategorien

6.1.1 Verfügbarkeit der Informationen

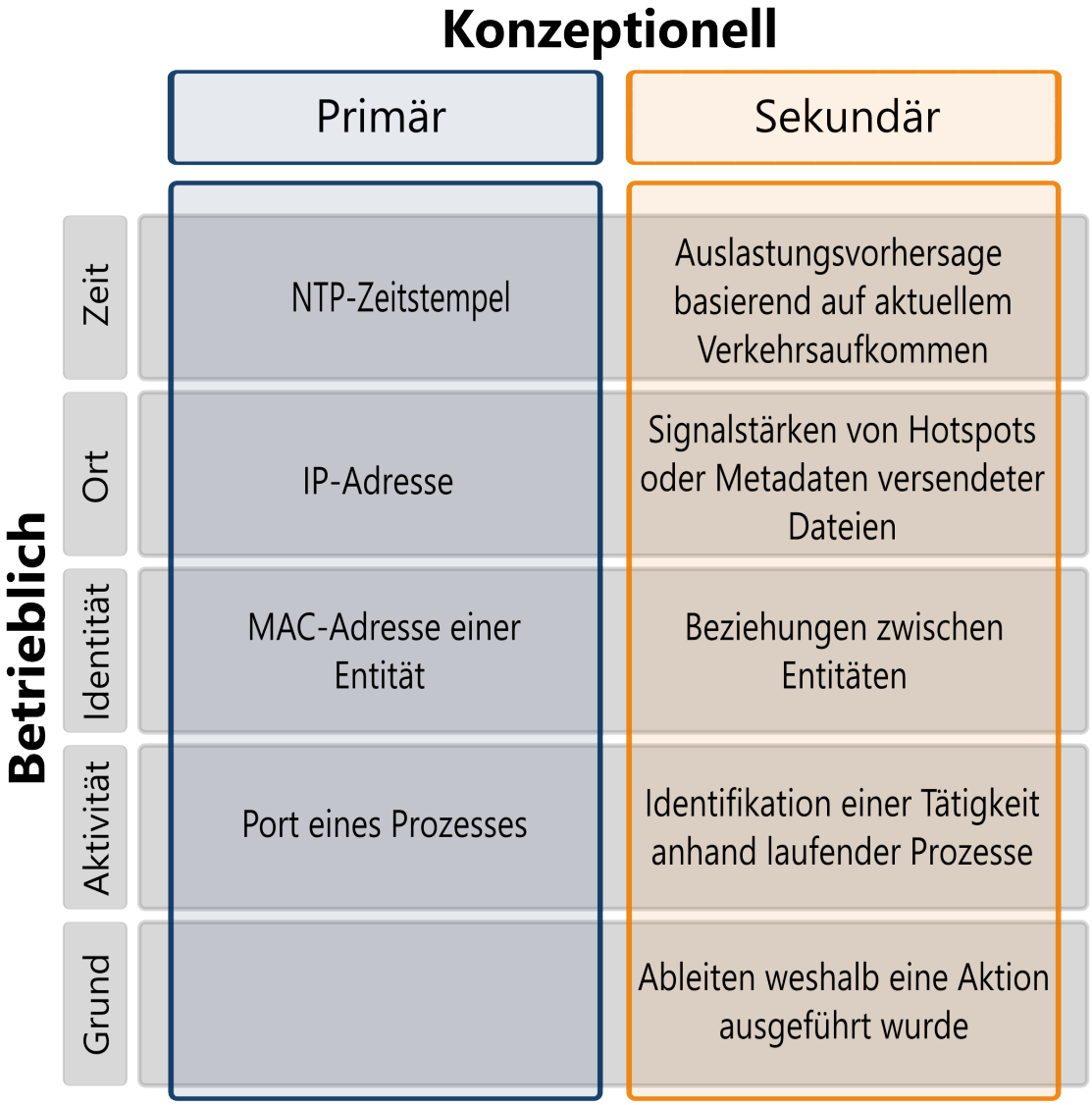
Die Informationen die ich in den definierten Kategorien als gegeben vorausgesetzt habe sind in der Praxis unterschiedlich schwer zu akquirieren. Offensichtlich ist es um ein Vielfaches einfacher korrekt die aktuelle Uhrzeit zu ermitteln als den Grund dafür das ein Nutzer eine Aktion ausführt zu bestimmen. Die nachfolgende Grafik dient dazu den meiner Einschätzung nach benötigten Aufwand zur Beschaffung einer Information zu veranschaulichen.

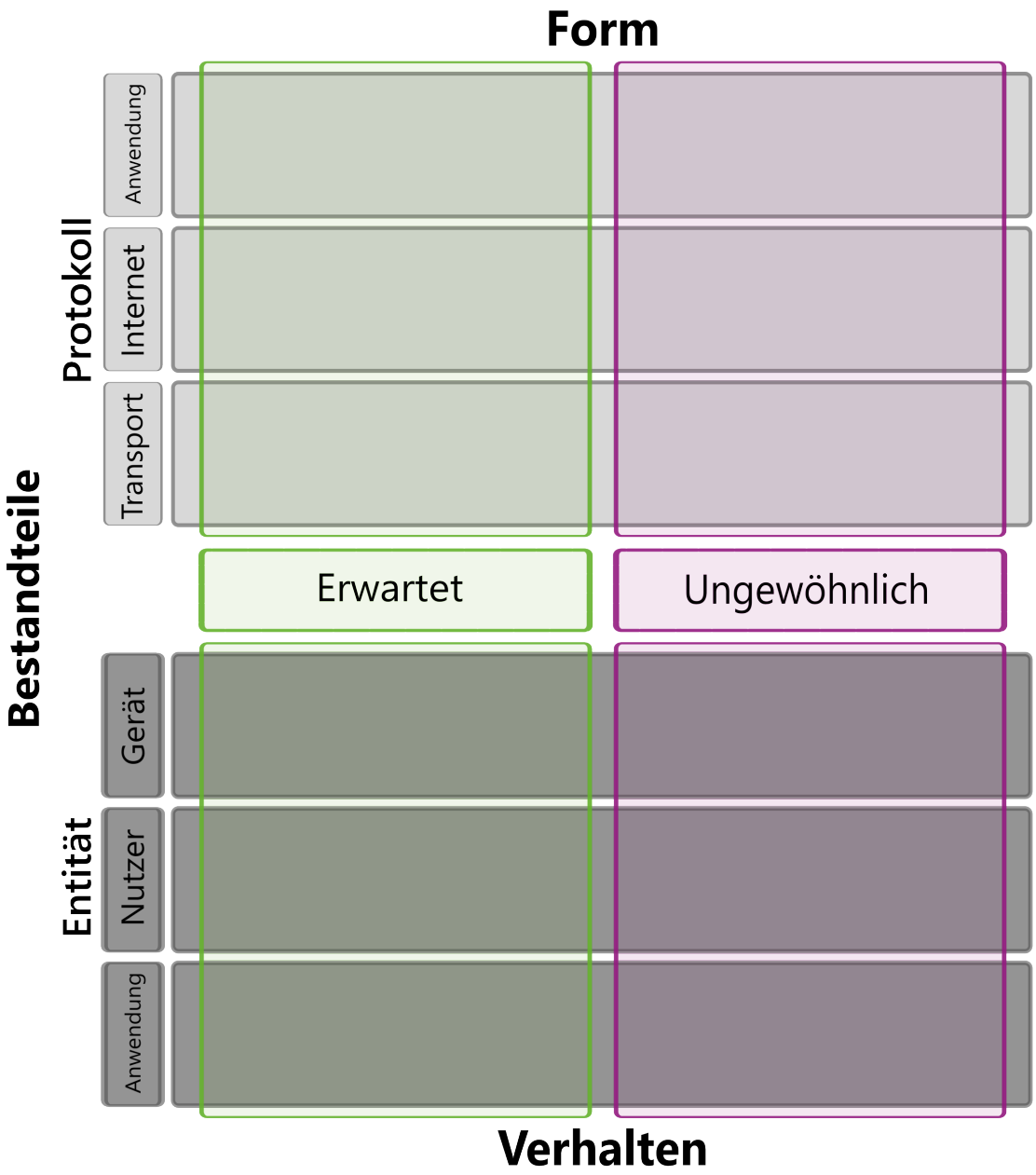

Konzeptionell
Primär
Sekundär
Betrieblich
Zeit
NTP-Zeitstempel
Auslastungsvorhersage basierend auf aktuellem Verkehrsaufkommen
Ort
IP-Adresse
Signalstärken von Hotspots oder Metadaten versendeter Dateien
Identität
MAC-Adresse einer Entität
Beziehungen zwischen Entitäten
Aktivität
Port eines Prozesses
Identifikation einer Tätigkeit anhand laufender Prozesse
Grund
Ableiten weshalb eine Aktion ausgeführt wurde


Form
Bestandteile
Protokoll
Anwendung
Internet
Transport
Erwartet
Ungewöhnlich
Entität
Gerät
Nutzer
Anwendung
Verhalten

6.1.2 Qualität der Informationen

Auch die Qualität der Informationen schwankt in der Praxis. Genauigkeit und Korrektheit der Informationen sind teils unterschiedlich. Auch die Vertrauenswürdigkeit und Aktualität der Akquirierungspunkte ist verschieden.




Form
Bestandteile
Protokoll
Anwendung
Internet
Transport
Erwartet
Ungewöhnlich
Entität
Gerät
Nutzer
Anwendung
Verhalten

6.2 Leistungsverbesserung

7 Konklusion/Schlussfolgerung

7.1 Dateilose Prozesse

Die vorgestellte Implementation bezieht im besten Fall lediglich Prozesse die in ihrem Lebenszyklus auf die Festplatte schreiben mit ein und versucht dies zu Netzwerkverkehr zuzuordnen. Prozesse die nur im Arbeitsspeicher existieren werden nicht betrachtet sind aber ein zunehmendes Problem.

Literatur

[1] *About Zeek — Book of Zeek (git/master)*. URL: https://docs.zeek.org/en/master/about.html (besucht am 21. 09. 2022).

[2] Gregory D. Abowd u. a. "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness". In: *Handheld and Ubiquitous Computing*. Hrsg. von Hans-W. Gellersen. Bearb. von Gerhard Goos, Juris Hartmanis und Jan van Leeuwen. Bd. 1707. Series Title: Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1999, S. 304–307. ISBN: 978-3-540-66550-2 978-3-540-48157-7. DOI: 10.1007/3-540-48157-5_29.

[3] Jose Aguilar, Marxjhony Jerez und Taniana Rodríguez. "CAMeOnto: Context awareness meta ontology modeling". en. In: *Applied Computing and Informatics* 14.2 (Juli 2018), S. 202–213. ISSN: 22108327. DOI: 10.1016/j.aci.2017.08.001.

[4] Unai Alegre, Juan Carlos Augusto und Tony Clark. "Engineering context-aware systems and applications: A survey". en. In: *Journal of Systems and Software* 117 (Juli 2016), S. 55–83. ISSN: 01641212. DOI: 10.1016/j.jss.2016.02.010.

[5] Mary Bazire und Patrick Brézillon. *Understanding Context Before Using It*. en. Hrsg. von David Hutchison u. a. Bd. 3554. Series Title: Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005, S. 29–40. ISBN: 978-3-540-26924-3 978-3-540-31890-3. DOI: 10.1007/11508373_3.

[6] Suan Khai Chong u. a. "Context-Aware Sensors and Data Muling". In: (2007), S. 15.

[7] John D Day und Hubert Zimmermann. "The OSI reference model". In: *Proceedings of the IEEE* 71.12 (1983), S. 1334–1340.

[8] Anind K Dey. "Understanding and Using Context". In: (2001), S. 4.

[9] *GitHub - zeek/zeek-agent-v2: Open source endpoint agent providing host information to Zeek. [v2]*. URL: https://github.com/zeek/zeek-agent-v2 (besucht am 21. 09. 2022).

[10] Saul Greenberg. "Context as a dynamic construct". In: *Human–Computer Interaction* 16.2-4 (2001), S. 257–268.

[11] Karen Henricksen. "A framework for context-aware pervasive computing applications". In: (2003).

[12] A S M Kayes, Jun Han und Alan Colman. "ICAF: A Context-Aware Framework for Access Control". en. In: (2012), S. 8.

[13] Peter Mell u. a. "An overview of issues in testing intrusion detection systems". In: (2003).

[14] Aleksandar Milenkoski u. a. “Evaluating Computer Intrusion Detection Systems: A Survey of Common Practices”. en. In: *ACM Computing Surveys* 48.1 (Sep. 2015), S. 1–41. ISSN: 0360-0300, 1557-7341. DOI: 10.1145/2808691. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1145/2808691 (besucht am 27. 05. 2022).

[15] Charith Perera u. a. “Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey”. In: *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 16.1 (2014), S. 414–454. ISSN: 1553-877X. DOI: 10.1109/SURV.2013.042313.00197.

[16] Karen Scarfone, Peter Mell u. a. “Guide to intrusion detection and prevention systems (idps)”. In: *NIST special publication* 800.2007 (2007), S. 94.

[17] Bill N Schilit, Norman Adams und Roy Want. “Context-Aware Computing Applications”. In: (1994), S. 7.

[18] Arthur H Van Bunningen, Ling Feng und Peter MG Apers. “Context for ubiquitous data management”. In: *International Workshop on Ubiquitous Data Management*. IEEE. 2005, S. 17–24.

[19] Wei Liu, Xue Li und Daoli Huang. “A survey on context awareness”. In: *2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS)*. 2011 International Conference on Computer Science and Service System (CSSS). Nanjing, China: IEEE, Juni 2011, S. 144–147. ISBN: 978-1-4244-9762-1. DOI: 10.1109/CSSS.2011.5972040.

[20] J. Wolfgang Kaltz, Jürgen Ziegler und Steffen Lohmann. “Context-aware Web Engineering: Modeling and Applications”. In: *Revue d’intelligence artificielle* 19.3 (1. Juni 2005), S. 439–458. ISSN: 0992499X. DOI: 10.3166/ria.19.439-458.

[21] Andreas Zimmermann, Andreas Lorenz und Reinhard Oppermann. “An Operational Definition of Context”. In: *Modeling and Using Context*. Hrsg. von Boicho Kokinov u. a. Bd. 4635. Series Title: Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, S. 558–571. ISBN: 978-3-540-74254-8. DOI: 10.1007/978-3-540-74255-5_42.