

# **Vergleich und Analyse des privaten Modus verschiedener Browser**

## **Computer-Forensik und Vorfallsbehandlung**

Carl Schünemann

Christoph Sell

29.08.2025

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theoretischer Hintergrund</b>	<b>4</b>
2.1	Private Browsing . . . . .	4
2.2	Angreifermodell . . . . .	5
2.3	Private Browsing Artefakte . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Ziel der Arbeit</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Methodik</b>	<b>13</b>
4.1	Preparation Stage . . . . .	13
4.1.1	Konfiguration der Versuchsumgebung . . . . .	13
4.1.2	Browserauswahl . . . . .	14
4.1.3	Browsing Szenario . . . . .	14
4.2	Acquisition Stage . . . . .	14
4.3	Analysis Stage . . . . .	15
4.3.1	Common Locations . . . . .	15
4.3.2	Uncommon Locations . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>20</b>
5.1	Firefox . . . . .	20
5.2	Tor . . . . .	30
5.3	Chrome . . . . .	38
5.4	Brave . . . . .	40
<b>6</b>	<b>Vergleich der Browser</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Fazit</b>	<b>44</b>
	<b>Anhänge</b>	<b>45</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>48</b>
	<b>Literatur</b>	<b>48</b>

# 1 Einleitung

Steigende Beliebtheit private Browsing: [10] ■ Die Verwendung von PB wurde als die beliebteste Form der Online-Privatsphäre weltweit identifiziert. ■ Aufgrund der gestiegenen Sensibilität und Öffentlichkeit für den Schutz der Privatsphäre und die Regulierung des eigenen digitalen Fußabdrucks im Internet werden PB-Technologien wahrscheinlich häufiger auf den Geräten der Nutzer eingesetzt. ■ Auch wenn es schwierig ist, endgültige Nutzungsstatistiken für solche Aktionen zu erstellen, bietet der Konsens über den Online-Datenschutz einen Einblick. Im Jahr 2016 wurde die Verwendung eines PB-Fensters als die weltweit beliebteste Form der Online-Datenschutzmaßnahme identifiziert [1]. Allein in den USA nutzen Berichten zufolge rund 33 % der Nutzer ein PB-Fenster, wobei über 70 % zugeben, ihren Internetverlauf zu löschen [2]. - Eine umfassende Studie von Montasari und Peltola (2015) ergab, dass der Erfolg des privaten Modus bei verschiedenen Browsern sehr unterschiedlich ist

Vermeintliche Privatheit beim Browsen: [17] > Verschlüsselung ■ Datenschutz und Datenverwendung sind Hauptbedenken der Internetnutzer geworden [5]. ■ Fragen wie welche Daten von Unternehmen genutzt werden, mit wem sie geteilt werden und wie wertvoll sie sind, sind heute wichtige Themen. ■ Daher versuchen Benutzer, sich so weit wie möglich zu schützen, insbesondere durch Begrenzung der Datenweitergabe. ■ Lösungen wie Verschlüsselung auf HTTP-Ebene [6] und auf DNS-Ebene [7,8] sind Standard geworden und werden den Großteil des Datenverkehrs in den nächsten Jahren abdecken. ■ Sie können jedoch nur End-to-End-Konversationen verschlüsseln, d.h. IP- und TCP- oder UDP-Informationen sind immer noch verfügbar. > VPNs ■ Eine weitere beliebte Methode zum Schutz der Privatsphäre und zur Vermeidung von Datenverwendung ist die Verwendung von Virtual Private Networks (VPNs). ■ Obwohl VPNs immer beliebter geworden sind und die meisten von ihnen den IP-Verkehr verschlüsseln und tunneln können, kann der Datenverkehr tatsächlich am Endpunkt des VPNs überwacht werden. ■ Dies bedeutet, dass Akteure zwischen dem VPN-Servernetzwerk und dem Website-Server die Daten sehen und nutzen können. ■ Der VPN-Anbieter kann sogar noch weiter gehen, da er auch die Identität des Clients kennt. > Tor und Brave: 1. Die Endpunkte der verschlüsselten Verbindungen, die von Tor und Brave hergestellt werden, nicht vollständig verschlüsselt sind. Daher können einige Informationen, wie z.B. die IP-Adresse des Benutzers, an den letzten Servern in der Kette sichtbar sein. 2. Einige Tor-Ausgangsknoten haben in der Vergangenheit die Aktivität ihrer Benutzer ausspioniert, um Daten zu sammeln und möglicherweise zu verkaufen. 3. Obwohl die Verwendung von Brave und Tor dazu beitragen kann, dass Benutzer online nicht nachverfolgt werden, werden sie nicht vor Verfolgung durch andere Methoden wie Standortverfolgung oder Geräte-Fingerprinting geschützt. 4. Schließlich können auch andere Schwachstellen in der Implementierung oder Konfiguration von Tor oder Brave dazu führen, dass Daten durchsickern und somit die Privatsphäre der Benutzer kompromittiert wird.

Immer mehr Kriminelle im Internet [12]: > Das Internet und seine Nutzer wachsen ständig, aber auch die Anzahl organisierter Verbrechen und illegale Aktivitäten nehmen zu.

“Webbrowser immer beliebter bla bla ...“ [11] > Webbrowser sind heutzutage ein wichtiger Werkzeug für Online-Aktivitäten wie Online-Banking, Online-Shopping und soziale Netzwerke.

Immer mehr Internet-Nutzer:[11] ■ Im Jahr 2019 gab es laut [13] fast 4,5 Milliarden Internetnutzer.

Zunehmende Bestrebungen nach Privatheit erschwert forensische Ermittlungen [15] > Zunehmende Verwendung von verschlüsselten Daten in der Dateispeicherung und Netzwerkkommunikation erschwert Ermittlungen. > Besonders schwierig ist das Tor-Protokoll, das sich auf den Schutz der Privatsphäre des Nutzers konzentriert. > Tor-Browser hinterlässt digitale Artefakte, die von Ermittlern genutzt werden können.

Motivation Portable Browser [7] ■ Die Beliebtheit von tragbaren Webbrowsern nimmt aufgrund ihrer bequemen und kompakten Natur sowie des Vorteils, dass Daten einfach über einen USB-Stick gespeichert und übertragen werden können, zu. ■ Entwickler arbeiten an Webbrowsern, die tragbar sind und zusätzliche Sicherheitsfunktionen wie den privaten Modus-Browsing, eingebaute Werbeblocker usw. bieten. ■ Die erhöhte Wahrscheinlichkeit, tragbare Webbrowser für schädliche Aktivitäten zu nutzen, ist das Ergebnis von Cyberkriminellen, die der Ansicht sind, dass bei der Verwendung von tragbaren Webbrowsern im privaten Modus keine digitalen Fußabdrücke hinterlassen werden. ■ Das Forschungspapier zielt darauf ab, eine vergleichende Studie von vier tragbaren Webbrowsern, nämlich Brave, TOR, Vivaldi und Maxthon, zusammen mit verschiedenen Speichererfassungstools durchzuführen, um die Menge und Qualität der aus dem Speicherauszug wiederhergestellten Daten in zwei verschiedenen Bedingungen zu verstehen, nämlich wenn die Browser-Tabs geöffnet und geschlossen waren, um forensische Ermittler zu unterstützen.

Private Browsing Motivation und Ausnutzen von Kriminellen: [14] ■ Webbrowser werden täglich genutzt, um verschiedene Online-Aktivitäten durchzuführen. ■ Webbrowser speichern eine große Menge an Daten über Benutzeraktivitäten, einschließlich besuchter URLs, Suchbegriffen und Cookies. ■ Private Browsing-Modi wurden entwickelt, um Benutzern das Surfen im Internet zu ermöglichen, ohne Spuren zu hinterlassen. ■ Dies kann von Kriminellen ausgenutzt werden, um ihre Aktivitäten zu verschleiern. ■ Experimente werden auf jeder Browser-Modus durchgeführt, um zu untersuchen, ob sie Spuren auf der Festplatte oder im Arbeitsspeicher hinterlassen.

Motivation Private Browsing mit Portablen Browsern: [16] ■ Das Internet ist ein unverzichtbares Werkzeug für alltägliche Aufgaben. ■ Neben der üblichen Nutzung wünschen sich Benutzer die Möglichkeit, das Internet auf private Weise zu durchsuchen. ■ Dies kann zu einem Problem führen, wenn private Internetsitzungen vor Computerermittlern verborgen bleiben müssen, die Beweise benötigen. ■ Der Schwerpunkt dieser Forschung liegt darauf, verbleibende Artefakte aus privaten und portablen Browsing-Sitzungen zu entdecken. ■ Diese Artefakte müssen mehr als nur Dateifragmente enthalten und ausreichend sein, um eine positive Verbindung zwischen Benutzer und Sitzung herzustellen. ■ In den letzten 20 Jahren ist das Internet für alltägliche Aufgaben, die mit stationären und mobilen Computergeräten verbunden sind, drastisch unverzichtbar geworden. ■ Benutzer wünschen sich neben der üblichen Internetnutzung auch Privatsphäre und die Möglichkeit, das Internet auf private Weise zu durchsuchen. ■ Aus diesem Grund wurden neue Funktionen für das private Browsen entwickelt, die von allen gängigen Webbrowsern unterstützt werden. ■ Unsere Forschung konzentriert sich auf die Entdeckung von Informationen von lokalen Maschinen, da die meisten Computeruntersuchungen auf der Suche und Beschlagnahme von lokalen Speichergeräten beruhen. ■ Artefakte aus privaten und portablen Browsing-Sitzungen wie Benutzernamen, elektronische Kommunikation, Browsing-Verlauf, Bilder und Videos können für einen Computerermittler signifikante Beweise enthalten. ■ Wir

werden auch flüchtige Daten analysieren, die in einer gängigen Incident-Response-Umgebung verfügbar wären.

Schwachstellen in Browsern, durch die Daten "lecken" [21] ■ Private browsing ist seit 2005 eine beliebte Datenschutzfunktion in allen gängigen Browsern. ■ Laut einer Studie (-> TODO: welche?) leiden alle Browser unter einer Vielzahl von Schwachstellen, von denen viele zuvor nicht bekannt waren. ■ Die Probleme werden hauptsächlich durch eine laxere Kontrolle von Berechtigungen, inkonsistente Implementierungen der zugrunde liegenden SQLite-Datenbank, die Vernachlässigung von Cross-Mode-Interferenzen und eine fehlende Beachtung von Timing-Angriffen verursacht. ■ Alle Angriffe wurden experimentell verifiziert und Gegenmaßnahmen vorgeschlagen.

Private Browsing Motivation und Ausnutzen von Kriminellen [19] ■ Fast alle Aspekte des Lebens nutzen bereits das Internet, um auf das Internet zugreifen zu können, wird ein Webbrowser verwendet. ■ Die Einführung des Internets hat das Leben der Menschen in vielen Bereichen verändert, darunter auch im Bereich der Kriminalität, insbesondere in der Verwendung von Webbrowser-Software für Transaktionen und Prozesse im Internet. ■ Webbrowser speichern normalerweise Informationen wie URL-Verlauf, Suchbegriffe, Passwörter und andere Nutzeraktivitäten. ■ Aus Sicherheitsgründen wurden einige Funktionen von Webbrowsern entwickelt, um den privaten Modus zu ermöglichen. ■ Leider wird diese Funktion von einigen skrupellosen Menschen für kriminelle Aktivitäten durch die Anti-Forensik genutzt, um digitale Beweise in kriminellen Fällen zu minimieren oder zu verhindern.

Auswirkung von Darknet und Tor auf Forensiker [18] ■ Personen, die Inhalte aus dem Darknet abrufen möchten, müssen nicht nur in einem regulären Browser Schlüsselwörter eingeben, sondern müssen es anonym über den TOR-Browser zugreifen, um ihre Identität wie IP-Adresse oder physische Lage zu verbergen. ■ Aufgrund dieser Tatsachen ist es für Strafverfolgungsbehörden oder digitale forensische Experten schwierig, den Ursprung des Datenverkehrs, den Standort oder die Eigentümerschaft eines Computers oder einer Person im Darknet zu lokalisieren. ■ Die Auswirkungen des Darknets traten auf, als das Federal Bureau of Investigation (FBI) im Oktober 2013 die Website Silk Road abschaltete, die ein Online-Schwarzmarkt und der erste moderne Darknet-Markt für den Verkauf illegaler Drogen war. ■ Silk Road war nur über das TOR-Netzwerk zugänglich und vom Mainstream-Web verborgen. ■ Da die meisten Darknet-Sites Transaktionen über anonyme digitale Währungen wie Bitcoin durchführen, die auf kryptografischen Prinzipien basieren, ist es für digitale forensische Experten sehr schwierig, solche Transaktionen zu verfolgen, da Benutzer und Dienste anonym sind. ■ Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, digitale forensische Techniken zu diskutieren, um solche Darknet-Verbrechen zu behandeln.

## 2 Theoretischer Hintergrund

Zunächst werden die Begriffe *Privat Browsing*, das *Angreifermodell* sowie die *Artefakte des private Browsers* erläutert.

### 2.1 Private Browsing

Um den Begriff des private Browsing zu definieren, ist es zunächst wichtig, einen Browser und den „normalen“ Modus einzuführen.

Ein Web Browser, kurz *Browser*, ist eine Softwareanwendung zum Abrufen und Durchsuchen von Informationsquellen im Internet oder World Wide Web (WWW) [19]. Izuati und Ab Rahman [11] bezeichnen ihn als eine Software, die es Benutzern ermöglicht, das Internet über den von ihrem Dienstanbieter bereitgestellten Zugang zu nutzen. Sie werden für alltägliche Aktivitäten wie das Anschauen von Videos, das Durchsuchen von Websites, das Posten von Bildern oder Videos in sozialen Medien und das Herunterladen von Dateien genutzt. Die bekanntesten Webbrowser sind dabei Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge und Brave [11].

Beim „normalen“ Browsen speichert der Browser dabei alle Browsing-Aktivitäten wie Caches, Cookies, Suchbegriffe und URL-Verlauf auf dem Computer [11]. Um das zu verhindern wurde eine neue Funktion namens „Private Browsing“ in die Webbrowser mitaufgenommen, welche den Internetnutzern eine größere Kontrolle über ihre Privatsphäre und das Surfen ohne Rückstände von Datenspuren auf dem Computer ermöglicht [20]. Dabei unterscheidet man zwei wesentliche Ziele des privaten Browsers. Erstens sollen besuchte Webseiten keine Spuren auf dem lokalen Computer des Benutzers hinterlassen bzw. diese nach der Browsing-Session zu löschen, wie beispielsweise den Browsing-Verlauf. Zweitens soll die Anonymität des Benutzers vor einer Website gewährleistet werden, indem verhindert wird, dass Aktivitäten von Benutzern im privaten und im öffentlichen Modus verknüpft werden [1, 14]. Das Private-Browsing ist somit abzugrenzen von Anwendungen wie Tor, welche die Verfolgung und Überwachung aus der Ferne verhindern [10].

Der „Privater Browsing-Modus“ wurde erstmals 2005 mit Apple Safari 2.0 eingeführt [20]. Drei Jahre später folgte in Google Chrome der „Incognito-Modus“ und der „InPrivate Browsing Modus“ in Internet Explorer. Im Jahr 2009 führte Mozilla Firefox 3.5 seine Version des privaten Browsing-Modus ein [14]. Die wichtigsten Stakeholder, also Benutzer bzw. Interessensgruppen, des privaten Modus sind forensische Ermittler, Benutzer, Browser-Entwickler und Kriminelle. Forensische Ermittler versuchen dabei, Browsing Artefakte, also Rückstände durchgeführter Browsing-Sessions, mit forensischen Tools und Techniken wiederherzustellen, um damit Kriminelle überführen zu können [14]. Kriminelle versuchen dabei gezielt, ihre Spuren von illegalen Aktivitäten mittels des privaten Modus zu verbergen [12]. Aus Nutzerperspektive ist es die weltweit beliebteste Form der Online-Datenschutzmaßnahme und geht direkt einher mit dem Löschen des Verlaufes [10]. Die Entwickler der Browser haben diesen Modus aufgrund des mangelnden Benutzerdatenschutzes eingeführt und wollen diesen damit garantieren [12].

## 2.2 Angreifermodell

Nachdem Private-Browsing jetzt eingeführt wurde, muss nun betrachtet werden, welche Arten es grundsätzlich gibt, um das Browsing-Szenario aufzuzeichnen bzw. zu rekonstruieren, falls die Durchführung bereits in der Vergangenheit liegt.

Eine Art des Angriffs ist der sogenannte „Local Attacker“. Dieser kann ein forensischer Prüfer, ein Familienmitglied oder Freund sein, welcher physischen Zugriff auf den Computer des Benutzer besitzt und dort beispielsweise versucht, auf den Browserverlauf zuzugreifen. Dies geschieht jedoch explizit, nachdem der Benutzer den privaten Modus verlässt. Erst danach erhält der Angreifer die vollständige Kontrolle über den Computer. Somit ist ein Zugriff auf die Maschine des Benutzers vor dem privaten Surfen ausgeschlossen, was die Sicherheit gegen einen lokalen Angreifer unmöglich macht, beispielsweise durch eine vorherige Installation eines Keyloggers [1].

Eine weitere Art des Angriffs auf das durchgeführte Browsing-Szenario ist der sogenannte „Web Attacker“. Dieser versucht Onlineaktivitäten des Benutzers im privaten Modus zu verfolgen und zu identifizieren. Dabei kann mittels Tracking-Tools oder durch das Sammeln von Informationen über die IP-Adresse des Benutzers versucht werden, diesen zu identifizieren. Dies kann zum Beispiel der ISP sein, welcher den Datenverkehr der Kunden verfolgt, um die Daten für Marketingzwecke zu monetarisieren, sofern sie anonymisiert und mit Zustimmung der Kunden erfolgt [1]. Ein Web-Attacker hat jedoch im Gegensatz zum lokalen Angreifer keinen tatsächlichen physischen Zugriff auf den Computer, von dem das Browsing durchgeführt wurde.

Nachdem bereits des öfteren über ein Browser-Szenario oder über Browsing-Aktivitäten gesprochen wurde, gilt es nun noch zu definieren, welche Überreste, auch Artefakte genannt, bei einem solchen entstehen können.

## 2.3 Private Browsing Artefakte

TODO: Common vs Uncommon Locations hier ansprechen, Live vs. Dead

Residuale Daten > [11] ■ Überraschenderweise besteht der private Browser in Chrome und Firefox aus wenigen residuellen Daten, die jedoch Beweise für Interessen wie Suchbegriffe, E-Mail-IDs und Passwörter liefern können ■ Residuale Daten sind Daten, die von einem Gerät entfernt wurden, aber immer noch aufgespürt werden können. ■ Diese Daten können mithilfe spezieller Tools, meist in Dateiüberresten oder lokalen Ordnern, identifiziert werden. ■ Beispiele für residuale Daten sind Link-Dateien, Log-Dateien, Registry-Dateien, Prefetch-Dateien und Browser-Verlaufsdaten. ■ Digitale Forensik kann solide elektronische Beweise aus solchen Überresten und Artefakten sammeln, um sie in Gerichtsverfahren zu verwenden. Browser Artefakte: > [11] ■ Jeder Browser hat unterschiedliche Artefakte im RAM des Geräts gespeichert ■ Im normalen Browsing-Modus werden die Browsing-History-Details des Benutzers vor und nach dem Löschen des Verlaufs im Speicher gespeichert ■ Benutzeraktivitäten und Daten beim Surfen können in normalen Browser-Modi wie Cookies, Caches, Downloads, Verlauf, anderen sensiblen Daten und temporären Dateien verfolgt und gespeichert werden, was digitalen Forensikern bei der Suche nach Beweisen hilft.

> [12] ■ Browser speichern eine Vielzahl von Nutzerdaten, die von besuchten URLs bis zu Benutzernamen und Passwörtern reichen ■ Das Wissen, dass Browser private Surfdaten preisgeben, ist schon etwas, aber der Standort dieser Artefakte ist von größter Bedeutung

> [20] - Webbrowser sind so konzipiert, dass sie eine Vielzahl von Informationen über die Aktivitäten ihrer Benutzer aufzeichnen und speichern können. Dazu gehören Caching-Dateien, besuchte URLs, Suchbegriffe, Cookies und andere. - Diese Dateien werden auf dem lokalen Computer gespeichert und können von jeder Person, die denselben Computer verwendet, leicht aufgerufen und abgerufen werden. Dies macht es auch für forensische Prüfer relativ einfach, die Internet-Aktivitäten eines Verdächtigen in Fällen zu untersuchen, in denen fragwürdige Websites besucht oder kriminelle Handlungen über das Internet durchgeführt wurden.

> [3] ■ Bestimmte Datentypen aus HTTP-Protokoll-Transaktionen oder skriptgesteuerten Aktionen in HTML-Seiten werden separat im Dateisystem gespeichert und führen zu unterschiedlichen Datenbankeinträgen: Cookies, Web Storage und Indexed Database Storage.

Private Browsing Artefakte: > [1] 1. Änderungen, die von einer Website ohne jegliche Benutzerinteraktion initiiert werden. Beispiele hierfür sind das Setzen eines Cookies, das Hinzufügen eines Eintrags zur Verlaufsdatei und das Hinzufügen von Daten zum Browser-Cache. 2. Änderungen, die von einer Website initiiert werden, aber eine Benutzerinteraktion erfordern. Beispiele hierfür sind das Generieren eines Client-Zertifikats oder das Hinzufügen eines Passworts zur Passwortdatenbank. 3. Änderungen, die vom Benutzer initiiert werden. Zum Beispiel das Erstellen eines Bookmarks oder das Herunterladen einer Datei. 4. Nicht benutzerspezifische Zustandsänderungen, wie das Installieren eines Browser-Patches oder das Aktualisieren der Phishing-Blockierungsliste. ■ "geschützte Aktionen- Browser Artefakt, dass beim Verlassen des privaten Surfens gelöscht werden muss

Wie entstehen "Leckagen" von privaten Browsing Artefakten? [10] 1. Ein Fehler im Design und in der Entwicklung des Browsers 2. Das Betriebssystem übernimmt mehr Kontrolle über den Browser als es sollte, was dazu führt, dass Daten von außen abgegriffen werden

Common Locations: > Ort der Browserartefakte ("common locations") ausführlich beschrieben in: [5]

> [11] ■ Die Artefakte von Webbrowsern werden in bestimmten Ordnern im Betriebssystem gespeichert. ■ Die genaue Lage variiert je nach Browser, die Dateiformate bleiben jedoch gleich. ■ Es ist wichtig zu wissen, wo die Dateien gespeichert sind, um sie während des normalen und privaten Browsing-Modus untersuchen zu können. ■ Tabelle 6 zeigt die Standorte der Artefakte von Google Chrome wie Verlauf, Caches und Cookies. ■ Tabelle 7 stellt die häufigsten Standorte von Firefox-Artefakten wie Cookies, Cache, Verlauf und Lesezeichen vor. ■ Alle Änderungen in Firefox, wie Lesezeichen, installierte Erweiterungen und gespeicherte Passwörter, werden im Profilordner gespeichert. ■ Wie in der Tabelle gezeigt, werden Cookies in cookies.sqlite gespeichert, während Cache-Dateien im cache2-Ordner zu finden sind. ■ Alle heruntergeladenen Lesezeichen, Dateien und der Verlauf werden in places.sqlite gespeichert. ■ Mögliche Informationen, die aus der Browser-Forensik extrahiert werden können, sind Browsing-Verlauf, Cache, Cookies, Lesezeichen und Download-Liste.

> [19] ■ Digitale Beweise in einem Webbrowser umfassen mindestens Caches, Verlauf, Cookies, Download-Dateilisten und Sitzungen. ■ Zumindest ein Minimum an digitalen Beweisen aus einem Webbrowser ist sehr wichtig und wird von Ermittlern genutzt, um einen Fall bei Internetnutzung zu analysieren.



Gründe für Browser-Artefakte bei Private Browsing: [10] > Fehler im Design und Entwicklung des Browsers -> führt dazu, dass Daten von innen nach außen durchsickern, d. h. Browser ist schuld > Betriebssystem übernimmt mehr Kontrolle über den Browser als es sollte, was dazu führt, dass Daten von außen abgegriffen werden, d. h. Betriebssystem ist schuld

Definition private Browsing Artefakt: =====  
Strings, die Aktionen des Browsing-Protokolls zugeordnet werden können: Keywords, URLs, HTML-Fragmente, E-Mail-Adressen, Betreffzeilen etc.

Warum Computer-Forensik: [12] ■ Die Untersuchung von digitalen Beweisen ist von großer Bedeutung, um Straftäter zu identifizieren und zur Rechenschaft zu ziehen.

Definition digitale Forensik [11] ■ Digitale Forensik konzentriert sich auf die Wiederherstellung von Speichermedien, um digitale Beweise für Cybercrime-Untersuchungen zu sammeln. ■ Die gewonnenen Beweise müssen jedoch in ihrem Originalzustand erhalten bleiben, um vor Gericht zulässig zu sein. ■ Der Prozess der Erwerbung, Untersuchung, Analyse und Berichterstattung von digitalen Beweisen muss forensisch einwandfrei durchgeführt werden. ■ Daher müssen Ermittlungsteams sich an die Phasen der digitalen Forensik halten, die auf weit verbreiteten Standards basieren. ■ Digitale Forensik-Investigatoren verlassen sich auf die Artefakte, die aus diesen Browser-Records auf dem Gerät zurückbleiben, und verwenden forensische Techniken, um die Artefakte zu erfassen, um Beweismittel zu finden. ■ Die Artefakte werden im Computer-Speicher gespeichert, nachdem alle Browser-Verläufe, Caches und Cookies gelöscht wurden, was es für digitale forensische Gutachter einfach macht, die Daten zu extrahieren.

Definition Browser Forensics > [12] ■ Web-Browser-Forensik sammelt und identifiziert Beweise und Informationen im Zusammenhang mit einem Verbrechen aus wiederhergestellten Browser-Sitzungen - Forensische Analyse des Webbrowsers beinhaltet die Wiederherstellung von Browsing-Artefakten, die Informationen über die Online-Aktivitäten eines Verdächtigen offenbaren. - Browser-Forensik wird für Ermittler immer wichtiger, da Suchverlauf, Download-Aktivität und Seitenaufrufe das Verständnis für das kriminelle Motiv verbessern können.

Ziel digitale Forensik [11] ■ Digitale Forensik hat das Ziel, verwendbare Beweise für Computerkriminalität zu sammeln. ■ Cyberkriminalität wie Hacking, betrügerische Transaktionen und Diebstahl geistigen Eigentums erhöhen den Bedarf an digitaler Forensik, um auf Cyberkriminalität mit einem digitalen Gerät zu reagieren. (2022) A Comparative Analysis of Residual Data

Live-Forensik: unterschiedliche Definitionen in Literatur > Live-Forensik als "moderner Trend" der Computer-Forensik [6] Im Gegensatz zur traditionellen (toten) digitalen Forensik wird bei der Live-Forensik versucht, flüchtige Daten aufzubewahren und Gegenmaßnahmen für verschlüsselte Dateien auf einem Live-System zu ergreifen. > [8]: TODO! > [11] ■ „Live Forensics“ wird auch als „Live System Acquisition“ bezeichnet. ■ Diese Methode wird angewendet, wenn das System in Betrieb ist, um potenzielle Artefakte im flüchtigen Arbeitsspeicher (RAM) zu finden, die als Beweismittel genutzt werden können. ■ Viele Spuren von Computer-Sitzungen und Artefakte sind nur im flüchtigen Speicher zu finden und können nicht von externem Speicher aus ausgelesen werden. ■ Die Daten können jedoch nicht gesammelt werden, da sie verloren gehen, sobald das System gestoppt oder neu gestartet wird. ■ Die RAM-Daten müssen daher mit besonderen Verfahren behandelt werden, um ihre Integrität und Zuverlässigkeit während der Analyse zu gewährleisten. ■ „Live Forensics“ ist nützlich, um auch Ereignisse zu untersuchen, die nur während der Nutzung des Systems aufgetreten sind, und um Daten effizient im flüchtigen Arbeitsspeicher zu speichern. ■ Digitale Forensik kann dazu

genutzt werden, die Gültigkeit von Beweismitteln bei Gerichtsverfahren zu untersuchen. ■ Nach der Identifikation und Sammlung von potenziellen Beweismitteln wird in den meisten Fällen eine exakte Kopie der Daten erstellt, um sie als Backup zu nutzen und Veränderungen zu vermeiden. ■ Es gibt zwei Arten von forensischen Techniken, um Speicherabbilder zu erstellen: „Dead Forensics“ und „Live Forensics“. ■ Bei „Live Forensics“ hingegen wird das System im laufenden Betrieb untersucht, was oft schwieriger ist, aber auch wertvolle Informationen liefern kann. > [19] ■ Forensische Untersuchung eines Systems, während es in Betrieb ist ■ Daten gehen verloren, wenn das System heruntergefahren oder neu gestartet wird ■ Verwendung bei flüchtigem Speicher wie RAM ■ RAM-Erfassung durch RAM-Forensik-Tool ■ Ziel ist es, den normalen Betrieb des Systems nicht zu beeinträchtigen ■ Live Forensics liefert wichtige Informationen für die Analyse ■ Analyse von digitalen Beweisen aus dem RAM mit Memory Analysis Tool. ■ Eine Lösung für dieses Problem ist die Live-Forensik, um Daten aus dem Arbeitsspeicher zu extrahieren, bevor sie gelöscht werden. ■ Diese Forschungsmethode wird verwendet, um Webbrowser im Allgemeinen und insbesondere tragbare Webbrowser zu analysieren.

Beispiele Live-Forensik > [21] ■ Volatiler Speicher (Memory Inspection) kann eine wichtige Informationsquelle für forensische Untersuchungen sein ■ DNS-Caching ist eine Bedrohung für private Browsing: Diese Schwachstelle entsteht, weil das Betriebssystem DNS-Anfragen des Browsers im Cache speichert, unabhängig davon, ob der Browser im privaten Modus ist oder nicht > [12] ■ Registry Snapshots: Um Veränderungen im System-Registry aufgrund der Browserinstallation zu verfolgen, wurde Regshot verwendet, um vor der Installation einen Snapshot der Registry aufzunehmen. - Ein zweiter Snapshot wurde nach der Installation des Browsers aufgenommen und mit dem ersten verglichen. - Regshot generiert einen Bericht über die Ergebnisse, der die neuen Dateien und Ordner zeigt, die dem Registry-Schlüssel hinzugefügt wurden.

Vorteile Live-Forensik > In Literatur bekannt: Die meisten Informationen im RAM > [10] ■ Die meisten Daten können in den RAM-Speichergeräten des Betriebssystems gefunden werden. > [15] ■ Da es wahrscheinlich ist, dass RAM-Aufnahmen Inhalte der Browsing-Session (z.B. durch Caching) aufzeigen, wurde dies in das Projekt aufgenommen, insbesondere da Warren (2017) dies aufgrund von Zeitbeschränkungen nicht tun konnte. > [15] ■ Live Analyse während der Laufzeit einer Anwendung ist besonders vorteilhaft, um zu verstehen, wie das Betriebssystem und die Anwendung interagieren. ■ Live Analyse kann potenziell mehr Informationen zur Browsing-Session liefern, da die Designbemühungen des Tor-Projekts darauf abzielten, Schreibzugriffe auf die Festplatte zu vermeiden.

Herausforderungen von Live-Forensik = Kontaminieren von Beweismitteln [6] Die größten Herausforderungen während des Datenerfassungsprozesses sind: Datenveränderung und Abhängigkeit vom Betriebssystem des verdächtigen Systems; wenn der Erfassungsprozess die Daten verändert, werden die Gerichte die Daten als forensisch untauglich abweisen

Definition Dead Forensik: > [11] ■ Bei „Dead Forensics“ wird der Computer oder das Gerät, das untersucht werden soll, zuerst heruntergefahren, bevor das Speicherabbild erstellt wird. > [10] - Physische Speichererfassung ist nicht übliche Praxis und in den meisten Fällen nicht verfügbar > [8]: TODO! > [12] - Oft einzige Option: Analysen von Festplatten-Images von ausgeschalteten Geräten - Gründe für „einzige Option“: o Verzögerungen bei der Bearbeitung o Personalmangel bei den forensischen Untersuchern - also unrealistisch und unpraktisch, beschlagnahmte Geräte eingeschaltet zu lassen. - Ausschalten eines Geräts reduziert Risiko einer Datenänderung (versehentlich oder absichtlich) - isoliert es vom Netzwerk, um etwaige Versuche, es ferngesteuert zu löschen, zu verhindern, unter anderem. > [11] -> widersprüchlich? ■ System wird heruntergefahren, bevor das Speicherabbild

erstellt wird. ■ Volatile Dateien gehen verloren: versteckte Dateien, ausgetauschte Dateien, Web-Aktivitäten, Artefakte und Log-Dateien ■ Das Ziel ist es, eine genaue Kopie des nichtflüchtigen Speichers zu erstellen, bevor das System heruntergefahren wird, um die Originalität der Beweismittel zu erhalten.

Beispiele Dead Forensik: > Stichwortsuche in Festplatten-Images nach herunterfahren [21] > Timestamps von Dateien [21] > SQLite Datenbanken [21] > Unallocated Space [21] > Registry-Hives auf Festplatte, z.B. NTUSER.DAT [21]

Probleme bei Dead Forensik > [6]: TODO!

Wann Live-, wann Dead Forensik? [11] ■ Die Wahl der Methode hängt von der Art der Untersuchung und der verfügbaren Zeit ab. ■ Das Ziel ist es, eine genaue Kopie des Speichers zu erstellen, um die Integrität der Beweise zu bewahren und das Risiko von Veränderungen zu minimieren.

Definition: Darknet Forensik: [18] ■ Motivation Darknet Forensik: o Terroristen, Kriminelle, extremistische Gruppen und Hassorganisationen nutzen das Darknet, um Cybercrime zu begehen. o Die Verwendung von TOR und Bitcoin auf dem Darknet erschwert die Verfolgung von Straftaten durch digitale Forensik-Experten. o Die vorgeschlagenen forensischen Techniken können digitale Forensik-Experten helfen, mit Cybercrime-Fällen im Zusammenhang mit dem Darknet umzugehen. ■ Darknet-Forensik sind in zwei Kategorien unterteilt: 1. TOR-Browser-Forensik: ■ vier Möglichkeiten zur Extraktion von TOR-Browser Artefakten: RAM-Forensik, Registry-Änderungen, Netzwerk-Forensik und Datenbank 2. Bitcoin-Transaktions-Forensik: Extrahieren von forensischen Artefakten aus Bitcoin-Wallet-Anwendung

### 3 Ziel der Arbeit

Wichtig: White-Box Ansatz gemäß local Attacker in [1] - Das Ziel des Angreifers besteht darin, für eine bestimmte Menge von HTTP-Anfragen, die er wählt, festzustellen, ob der Browser eine dieser Anfragen im privaten Browsing-Modus ausgeführt hat oder nicht. Wenn der lokale Angreifer dieses Ziel nicht erreichen kann, gilt die Implementierung des privaten Browsers als sicher. - Local Attacker weiß, wonach er sucht!

Forensiker müssen Funktionsweise von Private Browsing kennen [10] ■ Die Kenntnis der Erfolgsrate der PB-Technologie unterstützt die Strafverfolgungsbehörden bei digitalen Untersuchungen von Internetinhalten ■ Internetbeweise sind oft entscheidend für Untersuchungen ■ Bestimmung des Umfangs und des Erfolgs von PB-Technologie unterstützt die Strafverfolgungsbehörden bei digitalen Untersuchungen von Internetinhalten ■ Durch die Bestimmung des Umfangs und des Erfolgs von PB-Technologie können sie unnötige Datenverarbeitung und Zeitverschwendung vermeiden, die Untersuchungseffizienz verbessern und sicherstellen, dass keine wichtigen Inhalte übersehen werden. Daher können diese Punkte dazu beitragen, die Effektivität und Effizienz von Untersuchungen zu verbessern, insbesondere in Fällen, in denen Vor-Ort-Triage stattfindet oder in denen eine SHPO angeordnet wurde. Drei Punkte wichtig: ■ Wenn der Verdacht besteht, dass PB stattgefunden hat, hilft es zu wissen, wie erfolgreich die PB-Funktion eines bestimmten Browsers ist, um unnötige Datenverarbeitung (und Zeitverschwendung) zu vermeiden, wenn tatsächlich keine Browserdaten auf einem Gerät vorhanden sind. ■ Die Kenntnis darüber, wo PB möglicherweise Informationen zu Browsing-Sitzungen preisgibt, verbessert die Effizienz von Untersuchungen und verhindert, dass wichtige Inhalte übersehen werden. Dies ist besonders wichtig bei Vor-Ort-Triage, wie sie in einigen Fällen mit einer SHPO angeordnet wird.

Ziel der Arbeit: ===== - Welche Browsing Artefakte werden beim private Browsing auf einem Rechner hinterlassen, welche zeigen, dass eine Browsing Aktion vom Browser durchgeführt wurde? - Das heißt: o Es wird nach Browsing Artefakten gesucht, welche die Zuordnung „Durchgeführte Browsing Aktion“ <-> Browser ermöglichen o Vor, während und nach private Browsing Session nach Browsing Artefakten suchen, welche dem Browser zugeordnet werden können - Negativbeispiel: Suche in Hexdump nach im Browser gesuchtem String nicht als Beweis ausreichend, dass private Browsing Artefakte gefunden wurde. - Kategorisierung nach [16]: > Browsing History > Usernames/Email Accounts > Images

=> Thematisiert in [16]: o It appeared that the overall best way to recover residual data was to obtain the evidence from RAM or working memory, o Kritik: Oft nur String Match in RAM-Hex als Nachweis für PB genannt -> ausreichend? (Evtl. Gegenexperiment mit Editor)

Warum muss String-Artefakt Browser zugeordnet werden können? [11] ■ Die Artefakte, die von den Browsing-Aktivitäten eines Kriminellen zurückgelassen wurden, können mit forensischen Tools extrahiert werden, um die Untersuchung des Ermittlers zu unterstützen. ■ Die erlangten Beweise müssen vor Gericht zugelassen werden, insbesondere digitale Beweise, da sie ohne ordnungsgemäße Verfahren leicht manipuliert werden können. ■ Es gibt bestimmte Merkmale von digitalen Beweisen, die Gerichte

nach folgenden Kriterien akzeptieren: 1. Durchsuchungsbefehle - Beweise, die ohne Genehmigung erlangt wurden, können vor Gericht nicht anerkannt werden. 2. Berichte - Alle Prozesse, Werkzeuge, Methoden, Techniken, spezifischen Zeit- und Datumsangaben sowie die Beweiskette müssen formell dokumentiert werden, um die Authentizität der digitalen Beweise vor Gericht zu demonstrieren und zu unterstützen. 3. Beweisauthentifizierung - Der ursprünglich erhaltene Beweis sollte durch Vergleich der Hash-Werte mit dem Kopiebeweis übereinstimmen. Der erworbene Beweis muss unverändert bleiben, um die Gerichte mit genauen Informationen zu überzeugen. Gerichte akzeptieren Kopien von Beweisen, wenn der ursprüngliche Beweis verloren gegangen oder zerstört wurde, die Kopie jedoch noch intakt ist.

Ziele anderer Arbeiten: ===== > [11] - Die Art der extrahierbaren Daten zu untersuchen - den Unterschied zwischen privatem und normalem Surfen zu vergleichen - zu analysieren, welcher Browser die vollständigeren residualen Daten liefert. > [14] ■ ob bestimmte Arten von Browser-Daten gefunden werden konnten (Webseiten, Verlauf, Download-Verlauf, besuchte URLs und Suchbegriffe) > [19] ■ Das Ziel dieser Studie ist es, eine Rahmenbedingung für die Analysephasen des Webbrowsers im privaten Modus und Anti-Forensik vorzuschlagen, um eine effektive und effiziente forensische Untersuchung zu ermöglichen. ■ Die Studie nutzt Live-Forensik, um detailliertere Informationen über den Computer zu erhalten, während er noch in Betrieb ist, und eignet sich daher besser für die schnelle Datenerfassung in Echtzeit. > [21] ■ umfassende Analyse der privaten Browsing-Funktion in den vier beliebtesten Webbrowsers (IE, Firefox, Chrome und Safari) vorgestellt. > [11] - digitalen Forensikern helfen, Artefakte von Geräten zu verfolgen, die Live-Memory-Erfassung verwenden > [15] - Methodik entwerfen, um folgende Fragen zu beantworten: 1. Kann Tor den Benutzer schützen, indem es Beweise für dessen Nutzung aus dem RAM löscht, wenn die Browsing-Sitzung geschlossen wird? 2. Kann die Tor-Nutzung zu vier Schlüsselmomenten erkannt werden: während das Browser-Fenster geöffnet ist, nach Schließen des Browser-Fensters, nach dem Löschen des Installationsverzeichnis/zugehöriger Dateien und nach dem Ausloggen des Benutzers? 3. Können Dateien aus dem Browsing-Protokoll in der Live-Forensik mit Tor 7.5.2 wiederhergestellt werden, der zum Zeitpunkt der Schreibens aktuellsten Version? - Die Experimente wurden im mobilen Modus mit Tor wiederholt, d.h. von einem USB-Stick ausgeführt. (!!!) zu bestätigen, dass die Existenz und Nutzung des Tor-Browsers in Windows 10 nachweisbar ist. (!!!) nachweisen, dass Artefakte des Tor-Browsing-Protokolls auf dem Zielcomputer wiederhergestellt werden können. > [11] > In dieser Studie werden die residualen Daten zwischen Google Chrome und Mozilla Firefox Webbrowsers im normalen und privaten Browsermodus mithilfe eines forensischen Tools analysiert und verglichen. > [14] ■ In dem Projekt wurden die Effektivität der "privaten"Modus von vier weit verbreiteten Webbrowsers analysiert. > [21] ■ Ziel: Bewertung der Sicherheit des privaten Surfens in den Browsern Chrome, Safari, Firefox und IE ■ Die Autoren haben eine umfassende forensische Analyse durchgeführt, die sowohl Live-Memory-Analyse als auch Post-Mortem-Analyse umfasste. > [14] ■ Vier getestet: Firefox, IE, Safari und Chrome

Keine Ziele der Arbeit: ===== - Private Browsing Indicators": Entering/Leaving Private Browsing [16] - Zeigen, dass ein Browser gestartet/geschlossen wurde - Zeigen, dass ein Browser im privaten Modus gestartet wurde - Zeigen, wann ein Browser gestartet/geschlossen wurde - Browser-Erweiterungen: [21] > Browser-Erweiterungen und ihre Auswirkungen auf das private Surfen wurden in einer Studie von Aggarwal et al. Im Jahr 2010 untersucht. -> Siehe Punkt „Add-Ons als Leck“ > Die Chrome-Erweiterung „Incognito Inspector“ kann im privaten Modus genutzt werden, um detaillierte Informationen über die Nutzeraktivitäten zu sammeln und in Echtzeit an einen Remote-Server zu senden. > Firefox-Erweiterungen sind standardmäßig im privaten Modus aktiviert und können genutzt werden, um Nutzeraktivitäten aufzuzeichnen. > Internet Explorer-Erweiterungen sind in der

Regel deaktiviert und erfordern die manuelle Aktivierung im privaten Modus. Die von den Autoren entwickelte Erweiterung funktionierte jedoch nicht, da sie aufgrund eingeschränkter Privilegien nicht auf die BHO-Klasse zugreifen konnte - [1] > Unterschiedliche Handhabung durch Browser: Gefährliche Leckage für private Browsing Artefakte > Entwickler von Add-Ons haben möglicherweise den privaten Browsing-Modus bei der Entwicklung ihrer Software nicht berücksichtigt, und ihr Quellcode wird nicht derselben rigorosen Überprüfung unterzogen wie die Browser selbst. > Gegenmaßnahme: [1] ■ Es wurde eine Firefox-Erweiterung namens ExtensionBlocker entwickelt, um unsichere Erweiterungen im privaten Modus zu blockieren

## 4 Methodik

> Validation Stage (= Kapitel „Vergleich der Browser“)

Warum Methodik? > [1] Aufgrund der Komplexität moderner Browser ist eine systematische Methode erforderlich, um zu testen, ob der private Browsing-Modus ausreichend gegen die Bedrohungsmodelle aus Abschnitt 2 verteidigt. > [11] ■ Die Verfahren für die digitale Forensik für Browser-Forensik müssen angemessen befolgt werden, um dem Ermittler bei der Durchführung der Untersuchung zu helfen. Die Verfahren unterscheiden sich je nachdem, wie die Untersuchung durchgeführt werden soll. > [10] ■ Das Fehlen von Klarheit hat einen signifikanten Einfluss auf forensische Untersuchungen von Strafverfolgungsbehörden und deren Ansätze ■ Eine Kette von Beweisführung muss dokumentiert werden, um die Integrität und Zuverlässigkeit der Daten sicherzustellen. ■ Ein formaler forensischer Bericht wird dann vor Gericht präsentiert.

Bekanntes Computer Forensik Vorgehensmodell: [22]: Generic Model Computer Forensics Investigations (GCFIM) -> Daran orientieren sich alle in der Literatur

Phasen nach [14] ■ Die forensische Analyse erfolgt in zwei Phasen. 1. Zunächst wird die Analyse an sowohl "üblichen als auch ungewöhnlichen Speicherorten auf der Festplatte durchgeführt. 2. In der zweiten Phase wird der physische Arbeitsspeicher (RAM) untersucht.

Phasen nach [11]: ■ Es gibt verschiedene Modelle für digitale Forensik, die sich in ihren Phasen unterscheiden können. ■ Fünf Phasen sind besonders wichtig: Identifikation und Sammlung, Bewahrung, Erwerb, Analyse und Prüfung sowie Dokumentation. ■ In der Identifikations- und Sammelphase werden alle potenziellen Beweismittel identifiziert, gekennzeichnet und gesammelt, um sie in der nächsten Phase zu verwenden. ■ Beweismittel können z.B. Log-Dateien, temporäre Dateien, Netzwerkverbindungen, Browserverlauf und Cache sein. > Phasen: Preparation Phase o Versuchsplanung + Konfiguration der HW/SW + Durchführen des Experiments Acquisition Stage o Abbildung von der Festplatte (Static Forensics) und des RAMs (Live Forensics) Analysephase o Bilder der Speicherabbilder mit einem forensischen Tool untersuchen Validierungsphase o gefundenen Artefakte verglichen und dokumentiert

### 4.1 Preparation Stage

#### 4.1.1 Konfiguration der Versuchsumgebung

##### VM Konfiguration

RAM: - Kaum Angaben in der Literatur: > [19]: 2 GB > [16]: 4 GB - Hier: 6 GB -> Ausblick: Kritik an Literatur, dass RAM-Größe kaum thematisiert wird, obwohl sie Auswirkungen auf Ergebnisse hat -> Siehe Kapitel X (TODO!)

Netzwerkeinstellungen: - TODO

Windows 10 Installation: - TODO

Tools auf VM: - Process Monitor - Regshot

### Konfiguration des Analyse-Rechners

Volatility: Plugins-Liste: (Ähnlich zu [Hariharan] und [4]) - TODO

Autopsy: Evtl. hier Sleuthkit vs Autopsy thematisieren - TODO

Sonstige Tools: WinHex SQLite Viewer etc. - TODO

-> Evtl. am Schluss Tabelle mit allen Tool, Versionen und Plug-Ins

#### 4.1.2 Browserauswahl

> Browserstudie [11] - Die Herstellerangaben unterschiedlicher Browser bzgl. Privatheit untersucht - Firefox 58.02: No Browsing History stored, No Cookies stored, No login Info stored, Tracking Protection Enabled: Disconnect, Download Files not Hidden - Chrome 63.0.3239: No Browsing History stored, No Cookies stored, No login Info stored, Tracking Protection Enabled: No, Download Files not Hidden

> design aim of Tor: [15] - preventing from writing to disk (Perry et al., 2018) - enabling secure deletion of the browser (Sandvik, 2013) (hier nicht relevant)

#### 4.1.3 Browsing Szenario

- Wichtig für White-Box-Ansatz: Browsing Szenario ist bekannt - URL X ... (TODO!)

### 4.2 Acquisition Stage

> Browsing Szenario durchführen > Zeitpunkte von -> Orientieren an: [15] - RAM-Dumps - VM-Snapshots (nur letzter Snapshot ist Post-Mortem Forensik) - Process Monitor Logfiles - Registry Snapshots

- Warum Process Monitor während Browsing? o Während Browsing Szenario Filechanges untersuchen: DaemonFS set to monitor all activity within local hard drive[16]

- Registry: [19] ■ Das Windows-Registrierungsverzeichnis enthält viele Informationen zur Nutzung des Computers, Benutzerkonfigurationen, Anwendungen und Hardwaregeräte ■ Informationen im Registrierungsverzeichnis werden nach Ausführungsreihenfolge, Suchschlüsselwörtern, zuletzt aufgerufenen Ordnern, Anwendungsprotokollen und anderen Kategorien sortiert.



## 4.3 Analysis Stage

> Analysis Stage (= Kapitel „Results“) - Analyse der akquirierten Artefakte der vorherigen Phase: VM-Snapshots, RAM-Dumps, Process Monitor Logfiles und Registry Snapshots mit ggf. zusätzlichen Tools - Oberster Leitsatz dabei: gefundenes Artefakt muss eindeutig Browser zugeordnet werden können: Deshalb einfache Stringsuche in RAM mit WinHex ungenügend -> Hier evtl. negatives Beispiel zu Stringsuche einflechten

### 4.3.1 Common Locations

Whitebox-Analyse: (gezieltes Suchen nach Dateien) [2] Definition: "White-Box"Computer Forensik bezieht sich auf eine forensische Untersuchungsmethode, bei der der forensische Analyst über umfassende Kenntnisse und Zugriff auf das untersuchte System verfügt. Im Kontext der Computerforensik bezieht sich "White-Box"darauf, dass der Analyst über volle Transparenz und Zugriff auf alle Informationen, Ressourcen und Artefakte des Systems verfügt.

Die "White-Box"Forensik kann verschiedene Techniken und Tools umfassen (z.B. Process Monitor, Regshot, Registry Explorer, Dekomprimierungstools), um Daten wiederherzustellen, gelöschte Informationen wiederherzustellen, Metadaten zu analysieren, Netzwerkaktivitäten zu überwachen und weitere forensische Analysen durchzuführen. Der Fokus liegt darauf, das System vollständig zu verstehen und alle relevanten Beweise zu sammeln.

Hier: In Orten gesucht, die 1. Process Monitor ermittelt hat und 2. in der Literatur vorgeschlagen wurden.

Definition: Common Location (= i.d.R. Installationsverzeichnisse der Browser) = „Bekannte Speicherorte“, z.B. bei Firefox - TODO: Quelle > Welche Dateien in Common Locations mit Process Monitor identifiziert > Wie haben sich Dateien verändert in verschiedenen Snapshots? > Was in Dateien gefunden? - Ziel: Befinden sich unter den Dateien, die ein Browser direkt auf die Festplatte schreibt private Browsing Artefakte? - Dateien sind Browserspezifisch, befinden sich in bekannten Pfaden. Beispiele: Datenbank-Dateien, Caches, temporäre Dateien. - String-Suche wäre nicht ausreichend, da Artefakte teilweise komprimiert (siehe .jsonlz4) - Beispiele: > Cache folder, Web history [14]

### Schreiboperationen mit Process Monitor verfolgen

- Process Monitor: WriteFile Operationen von Browser - Vorgehen: (Siehe Aktivitätsdiagramm) o Basis = Process Monitor Logfile 1 und 2 o Processmonitor Filter: Browser-Prozess, Dateioperationen, nur WriteFile o Export als CSV o Datenaufbereitung in Excel o Irrelevante Spalten löschen: Time of Day (zeitl. Kontext nicht wichtig), Process Name (Da in Process Monitor bereits nach Namen gefiltert wurde -> Alle Prozesse haben gleichen Namen), Operation (Da in Process Monitor bereits nach Operation gefiltert wurde -> Alle Prozesse haben gleiche Operation „WriteFile“), Result, Detail o Gleiche Operationen (Duplikate) löschen o Neue Spalte mit Dateiendung -> Weiteres gruppieren, sortieren und analysieren ist browserspezifisch o Wenn Daten aufbereitet wurden: 1. Autopsy: Prüfen, ob Dateien noch in Snapshot Image vorhanden 2. Wenn ja, Dateien mit Autopsy extrahieren 3. Wenn nein, prüfen, ob Datei in RAM gecacht -> Hier beschreiben, wie mit Volatility filelist etc. Dateien

aus RAM wiederhergestellt werden können 4. Prüfen ob Browsing Artefakte in Dateien enthalten sind: Stringsuche nach Aktionen des Browsing-Protokolls

TODO: Allgemein: Nur Dateien untersucht, die gemäß Methodik (Kapitel X) entweder im Snapshot vorhanden sind oder sich über Autopsy Carving PlugIn bzw. RAM wiederherstellen lassen. > Wenn Temp-Dateien nicht mehr vorhanden, wird die nicht-Temp Datei aufgeführt

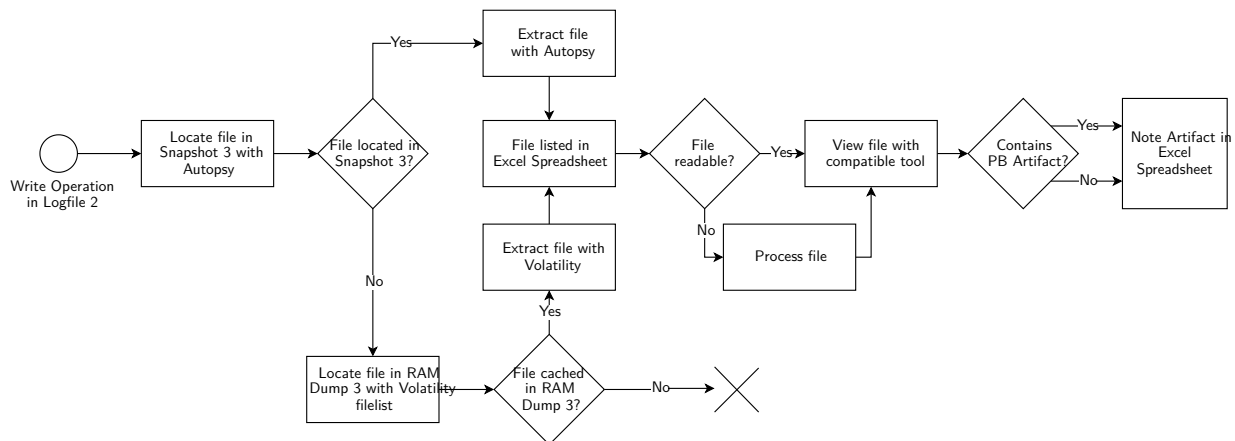


Abbildung 4.1: TODO: Process Monitor Write Operation to Excel Spreadsheet

## SQLite-Datenbanken

- Gesondert betrachtet: Zeitlicher Vergleich von SQLite Datenbanken > Begründung: In Literatur ermittelt, dass SQLite DB von zentraler Bedeutung bei Browser History -> Hier wird i.d.R. Suchverlauf gespeichert > Zählt zu den wichtigsten "Common Locations"> Vorgehen: Siehe Aktivitätsdiagramm TODO: WAL Checkpoint

## Registry

- Registry: > Process Monitor: SetValue Operationen von Browser -> Values der Keys untersucht (je nach Datentyp) -> Sonderfall: REG\_BIN - Kategorien der Keys auflisten Diagramm: z.B. Kreisdiagramm mit Anteil der Kategorien an gesamten Schreiboperationen > Stringsuche in Registry Hives mit Registry Explorer (Siehe Liste) - Suchbegriffe auflisten - Hives (Speicherorte) auflisten > Bhellactivities-ähnliche"Keys untersucht - Arbeit von Bhellactivities-ähnliche"Keys erklären

### 4.3.2 Uncommon Locations

Blackbox-Analyse: [2] (Stringsuchen im gesamten Image mithilfe von Tool) Definition: Auch "trriage-style keyword search"[10] genannt, = Durchsuchung des Beweismaterials ohne Vorwissen über Browserverhalten (d.h. welche Dateien geschrieben wurden) sowie ohne Vorverarbeitung der Dateien (z.B. Entpacken von Dateien). Stattdessen: Untersuchen der Images nur mittels vordefinierter Funktionen

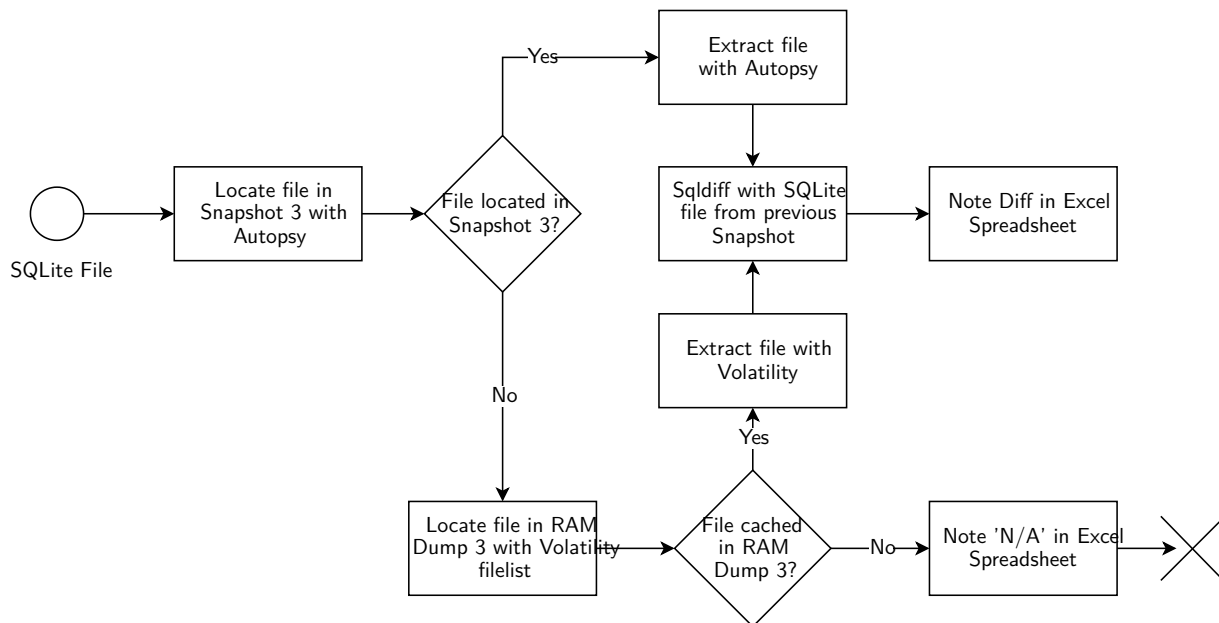


Abbildung 4.2: TODO: Process Monitor Write Operation to Excel Spreadsheet

von Forensik-Tools "Triage", da dies schnelles erstes Mittel von Forensikern, um nach Acquisition Phase Ergebnisse zu erhalten

Hier entscheidend "Uncommon Locations": = „Unbekannte Speicherorte“, nur durch tiefgehende forensische Analyse entdeckt

- TODO: Quelle o Registry o Pagefile.sys o Unallocated Disk Space -> Suche nach „obfs4“ deckt Bridging IP-Adressen auf o Windows-Prefetching o Timestamps o \$MFT o \$Unalloc o \$LogFile o Favicons o etilqs o Manifest.json o slack space
- Beispiele in der Literatur: > “\$MFT”, “\$LogFile”, “Favicons”, “etilqs”, “Manifest.json”, “pagefile.sys.”, “unallocated space” and “slack space” [14]
- Ziel: Untypische Orte, wo private Browsing Artefakte gefunden werden können. Im Unterschied zu Common Locations: Weitergreifendes Konzept, umfasst Dateien, die nicht von Browsern in bekannten Browser-Ordnern gespeichert werden, sondern auch Speicherorte wie RAM, Registry oder Caches des Rechners, wie - In Literatur ermittelt: für private Browsing drei uncommon Locations relevant:
  - o Stichwortsuchen in kompletten Speicherabbildern: Festplatte (Common Location Browser-Pfade ausgenommen) + RAM -> Wichtig: String-Treffer muss Browser zugeordnet werden können -> Negativbeispiele: o [19]: in WinHex: URLs, Passwörter gefunden -> Wie wird URL Browser zugeordnet? Reicht gefundener String in RAM-Hex als Beweis aus? o [13] WinHex: email account can be retrieved, retrieves all URL histories including the directories visited by a user o [14] Firefox: URLs und Keywords als Strings in WinHex gesucht und gefunden o [14] Chrome: URLs und Keywords als Strings in WinHex gesucht und gefunden
- o In Literatur oft verwendet: Stichwortsuchen: > Autopsy Keyword-Suche außerhalb der Common Locations, in allen Partitionen
  - Definition der gesuchten Strings
  - Weiterführend: In Literatur nichts

über verwendete Plugins gefunden. Hier: o Automatische Kategorisierung von Dateien o Timeliner-Plugin (Wenn verwendbar?) > RAM: Yarascan Treffer -> String Kontext ■ Definierte Yarasrules - TODO! ■ HTML-Fragmente: [20] We were also able to find blocks of HTML code that constructs Web sites we visited. ■ Image Carving: > Carved from Memdump [16] > Bildsuche mit: Griffey's DI Analyze Pro with LACE plug-in [10]

- Windows: Prozess-Struktur im RAM: (-> TODO: Wo gefunden?) The EPROCESS data structure contains information about process instances, such as image name and ProcessID, the resources allocated in terms of memory allocations (how much and where), types (private, mapped, shareable, etc.), memory protections (combinations of read, write, execute, and reserved), modules loaded, and pointers to ETHREADs and the process environment block.

Both EPROCESS and ETHREAD are considered opaque objects by Microsoft [28], inhibiting analysis; fortunately, third-party work has been done to understand these structures [29], [30]. Microsoft does provide symbol files<sup>1</sup>, which help communicate the layout of data structures [31]. Indeed, Volatility uses these symbols for its own processing.

Included in EPROCESS, the ETHREAD object is an opaque structure which contains useful information about the stack. We calculated the size of a stack from the difference between its limit and base, both of which are attached to the ETHREAD.

Another member of the EPROCESS structure, the VAD tree, maps out the virtually allocated memory for a process [32]. VAD nodes refer to loaded modules (in the allocations in which they were referenced) and also have unique permission flags per node.

The PEB (process environment block) contains data about the number of heaps, which modules have been loaded into memory, and the command-line string that invoked the process [33]. The module list may not match the VAD tree's list exactly, the difference of these two sets indicating images of interest

In Literatur der Web Browser Forensik vorwiegend verwendet: - Autopsy Stichwort Suche nach PB Artefakten + Indizieren der Dateien durch Autopsy-Plugins - Stichwortsuche in RAM mit Volatility Yarascan PlugIn. Vertiefende Untersuchung für jeden Yara-Rule-Treffer \*\*\* Hier werden Artefakte gefunden \*\*\* -> Flussdiagramm

### Analyse mit Autopsy

Bei White-Box Analyse: Autopsy nur zur Dateieextraktion genutzt, hier: als konkretes forensisches Werkzeug Wichtig dabei: - Stichwortsuche -> Screenshot von Suchfunktion -> Suchbegriffe auflisten - Nutzen der Plug-Ins - evtl. "pagefile.sysProblematik ansprechen

### Analyse mit Volatility

Bei White-Box Analyse: RAM nur zur Dateieextraktion genutzt, hier: als konkretes forensisches Werkzeug

Wichtig: Auf Ziel der Arbeit verweisen: gefundenes PB Artefakt muss zwingend Browser zugeordnet werden können -> d.h. gefundener String des Browsing Protocols in Hex des RAM-Dumps reicht

nicht als Beweis für gefundenes PB Artefakt aus. Stattdessen: gefundenes PB Artefakt im RAM muss Browser zugeordnet werden können -> Passendes Werkzeug = Volatility PlugIn "Yarascan" > TODO: Definition Yarascan -> TODO: Auflistung der Yara-Rules -> Vorgehen: Siehe Baumdiagramm

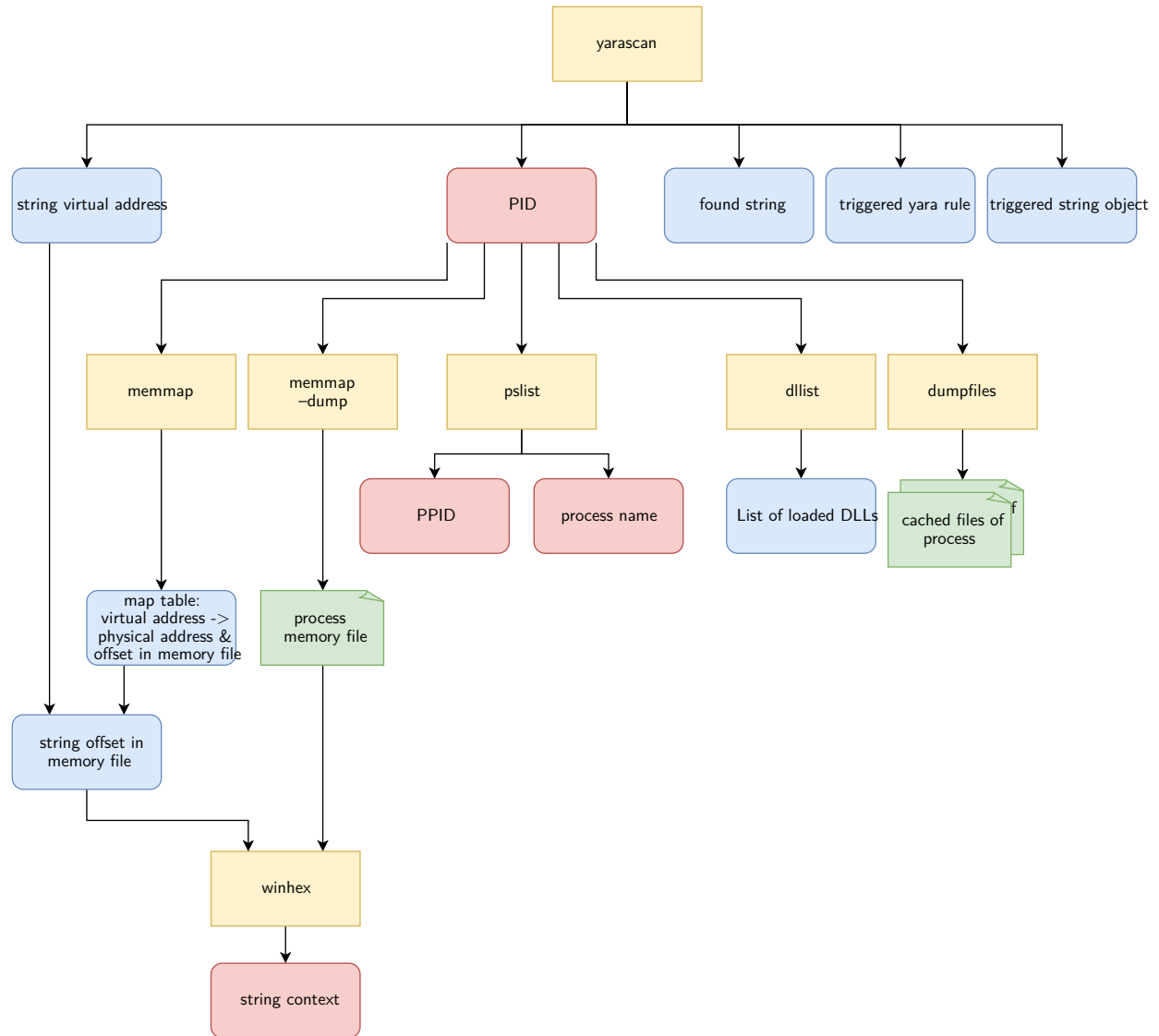


Abbildung 4.3: TODO: Process Monitor Write Operation to Excel Spreadsheet

## 5 Ergebnisse

= LÄNGSTES/AUSFÜHRLICHSTES KAPITEL!!!

Für jedes Unterkapitel gilt: > Erst allgemeines Vorgehen/Methodik definieren > Danach spezifisch für jeden Browser: Unterschied zwischen Snapshot-Zeitpunkten, insb. zwischen Live- und Dead-Forensik

### 5.1 Firefox

#### White-Box Analyse/Common Locations

Schreiboperationen mit Process Monitor verfolgen:

Im Anhang: Tabelle mit allen geschriebenen Dateien (markiert, wenn nicht mehr wiederherstellbar + markiert, wenn Datei "verändert"(siehe oben: temp, WAL))

Aux-Dateien, welche nicht mehr vorhanden waren, aber dafür "richtige"Dateien: - - - - -

Ergebnis: Tabelle mit wiederherstellbaren Dateien: Logfile 1 vs. Logfile 2 + Tool mit dem Datei untersucht wurde - Dateien, die in beiden Logfiles nicht wiederherstellbar

		Logfile 1	Logfile 2
Cache	cache2\entries\037778A55E187E9BED3390289866D09402D6C913	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	cache2\entries\1223A0378B8971FA4CD25EA1731C80B2B1676B42	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	cache2\entries\250EE2BC03AFF526F1A1C3DB212A79DE3EB60D5E	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	jumpListCache\ZKJGVJPzPe7w4w0KwEY0Jw==.lco	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	cache2\index.log	Keine Schreiboperation	Keine PB Artefakte
	cache2\index	Keine Schreiboperation	Keine PB Artefakte
Datareporting	datareporting\glean\events\pageload	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	*datareporting\glean\db\data.safe	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
	*datareporting\archived\2023-05\1683405837882.9102466b-e465-4ecb-810f-74ae90c64c63.new-profile.jsonlz4	Keine Schreiboperation	Keine PB Artefakte
	*datareporting\archived\2023-05\1683405837905.86f4c992-6329-415b-8c29-911a2d4b7f9d.event.jsonlz4	Keine Schreiboperation	Keine PB Artefakte
SQLite	*datareporting\archived\2023-05\1683405837939.abf8b065-41a4-4e94-a044-1cead61e396a.main.jsonlz4	Keine Schreiboperation	Keine PB Artefakte
	storage\permanent\chrome\idb\3870112724rsegmnoittet-es.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	storage\permanent\chrome\idb\1657114595AmcateirvtiSty.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
	places.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
	cookies.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	formhistory.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
	webappsstore.sqlite	Keine Schreiboperation	Keine PB Artefakte
	favicons.sqlite	Keine Schreiboperation	Keine Schreiboperation
	storage.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperation
Sessionstore	*sessionstore-backups\recovery.jsonlz4	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
Sonstige	prefs-1.js	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
Dateien	*xulstore.json	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte

Abbildung 5.1: Tabelle mit wiederherstellbaren Dateien: Logfile 1 vs. Logfile 2

Allgemein: Artefakte in zwei "Common Pfaden (Local) - (Roaming)

Kategorien der Logs: - Cache: > > > Zweck: "Firefox verwendet den Cache, um Webseiten und Ressourcen wie Bilder, Stylesheets, Skripte und andere Dateien temporär auf dem lokalen Computer

zu speichern. Dadurch können wiederholte Anfragen an den Server vermieden und die Ladezeiten verringert werden, da der Browser die Inhalte aus dem Cache abrufen kann, anstatt sie erneut herunterzuladen. Die tatsächlichen Inhalte dieser Datei sind binär und können je nach Art der Ressource variieren, beispielsweise HTML, Bild- oder Audiodateien. Analyse: - Tool: MozillaCacheView - TODO: Screenshot > Zweck: "Die Indexdatei im Cache dient als Datenbank, die Informationen über die gespeicherten Dateien enthält. Sie ermöglicht dem Firefox-Browser, schnell auf die zwischengespeicherten Ressourcen zuzugreifen und diese effizient zu verwalten. Analyse: - Tool: siehe Github und HxD > - Tool: Windows Foto App - Enthält kleines "mIcon

- datareporting: Allgemein: "Dateien im Ordner /datareporting/glean/db sind Teil des Glean-Systems, das von Mozilla (dem Entwickler von Firefox) für die Sammlung von Telemetriedaten verwendet wird. Telemetrie-Daten sind anonyme Informationen über die Nutzung des Browsers, die zur Verbesserung der Software und zur Behebung von Problemen verwendet werden können. > Zweck: "Die "data.safe.bin" Datei enthält verschlüsselte Telemetrie-Daten, um ihre Integrität und Sicherheit zu gewährleisten. Analyse: - Tool: HxD - keine PB Artefakte > Zweck: "Diese Dateien speichern Informationen über das Firefox-Profil, das von Glean verwendet wird, um Telemetriedaten zu sammeln. Analyse: - Mit firefox proprietärem jsonlz4 Algorithmus verschlüsselt - können mit speziellem Tool "dejsonlz4" dekomprimiert werden (Quelle Github) - Dateien enthalten Systeminformationen im Json-Format (Screenshot?)

- Sessionstore-Backup: > Zweck: "Die Datei "recovery.jsonlz4" enthält eine Sicherungskopie der vorherigen Sitzung. Sie wird erstellt, wenn der Firefox-Browser nach einem Absturz oder einem unerwarteten Beenden neu gestartet wird. Analyse: - jsonlz4 Datei in sessionstore-backup lassen sich mit Online-Tool parsen (<https://www.jeffersonscher.com/ffu/scrounger.html>) - Ergebnisse: Tab 1: Willkommen bei Firefox [6.5.2023, 22:25:06, about:welcome; Tab 2: Firefox Datenschutzhinweis — Mozilla [6.5.2023, 22:24:59], - Sind Seiten, die sich automatisch geöffnet haben, nachdem Firefox zum ersten Mal geöffnet wurde - keine PB Artefakte > Zweck: "Die Datei sessionstore.jsonlz4 speichert den aktuellen Zustand der Firefox-Sitzung. Diese Datei wird während der Browsersitzung regelmäßig aktualisiert, um sicherzustellen, dass Änderungen im Zustand der Sitzung erfasst werden. Analyse: - Lässt sich nicht mit Online-Tool aus Logfile 1 parsen - Stattdessen: dejsonlz4, danach Notepad++ mit JSON Plugin - kaum Einträge zu Sitzung, hauptsächlich CSS Daten zu Fenstergröße- und position, insb. keine PB Artefakte - Interessant: image-Eintrag als base64 entdeckt, in PNG umgewandelt (<https://base64.guru/converter/decode/image>), mit Windows Foto-App: "mIcon (Mozilla-Logo)

- Sonstige Dateien: > Zweck: "Die Datei "prefs-1.js" enthält benutzerspezifische Einstellungen und Konfigurationen für den Firefox-Browser. Sie speichert die Präferenzen des Benutzers in Form von JavaScript-Objekten.

In dieser Datei werden verschiedene Arten von Einstellungen gespeichert, darunter:

Allgemeine Einstellungen: Dies umfasst Optionen wie die Standardsuchmaschine, die Startseite, den Zoomfaktor, die Spracheinstellungen und andere globale Einstellungen, die das Verhalten des Browsers beeinflussen.

Datenschutzeinstellungen: Hier werden Präferenzen bezüglich Cookies, Verlauf, Passwortverwaltung, Standortfreigabe und Tracking-Schutz gespeichert. Diese Einstellungen kontrollieren, wie der Browser mit persönlichen Daten und der Privatsphäre umgeht.

Add-On-Einstellungen: Wenn der Benutzer Erweiterungen oder Add-Ons installiert hat, können in dieser Datei die spezifischen Einstellungen und Konfigurationen für jedes Add-On gespeichert werden."

> Zweck: "Die Datei "xulstore.json" speichert benutzerspezifische Anpassungen und Konfigurationen für den Firefox-Browser. Analyse: - Weder JSON-Dateien (Notepad++) noch .tmp Dateien (HxD) enthalten PB Artefakte

- SQLite: (TODO: Abgleich mit Diffs-Exceltabelle, ob wirklich nur in places.sqlite geschrieben wurde) Dateien haben Sonderstellung: - Diese DBs dienen zur Verwaltung und Speicherung sämtlicher Browser Artefakte, insb. der Browser Historie - Aus diesem Grund: Dateien intensiver betrachtet Siehe Kapitel Methodik: > Entwicklung von Dateiinhalten in allen Snapshots (1, 2, 3 und 4) betrachtet > Für jeden Snapshot: - SQLite-Datei extrahiert und mit SQLite-Datei aus vorherigem Snapshot verglichen - Untersuchung der SQLite-Dateien mit SQLite-Viewer (GUI-Tools) - Wenn zu SQLite-Datei WAL-Datei existiert: mit sqlite3 Kommandozeilentool PRAGMA wal\_checkpoint durchgeführt, danach neue SQLite-Datei mit ursprünglicher SQLite-Datei verglichen > Dabei gibt es drei Zustände: - leere Datei - neuer (nicht-leerer) Inhalt - gleichbleibender Inhalt Mit Process Monitor Logfiles festgestellt, dass in folgende SQLite-DBs geschrieben: - places.sqlite "Diese Datenbank enthält Informationen über die Lesezeichen, den Verlauf und die Tags im Firefox-Browser. Sie speichert die URLs der besuchten Websites, die Zeitstempel der Besuche, die Titel der Seiten und andere relevante Daten. cookies.sqlite Speichert Webseiten-Cookies In dieser Datenbank werden die Cookies gespeichert, die von Websites im Firefox-Browser verwendet werden. Cookies sind kleine Textdateien, die von Websites auf dem Computer des Benutzers abgelegt werden und verschiedene Informationen speichern können, z. B. Anmeldeinformationen, Sitzungsdaten oder Präferenzen. storage.sqlite Speicher für Webseiten "Diese Datenbank wird von Firefox verwendet, um verschiedene Arten von Webdaten zu speichern, wie z. B. die IndexedDB-Datenbanken von Websites, Offline-Cache-Daten, Webseiten-Skriptdaten und andere lokale Speicherinformationen. favicons.sqlite Speichert Icons für Lesezeichen "Diese Datenbank speichert die Favicons, also die kleinen Symbole, die in der Adressleiste und bei den Lesezeichen angezeigt werden, um Websites visuell zu identifizieren. Sie enthält die gespeicherten Favicons für die besuchten Websites. webappsstore.sqlite Speicher für Webseiten "Diese Datenbank speichert Informationen über installierte Webanwendungen im Firefox-Browser. Sie enthält Daten wie Berechtigungen, Einstellungen und andere spezifische Informationen für Webanwendungen. formhistory.sqlite In dieser Datenbank werden Informationen aus Webformularen gespeichert, die der Benutzer in Firefox ausfüllt. Sie enthält die eingegebenen Daten wie Name, E-Mail-Adresse, Adresse und andere Formulardaten, um das automatische Ausfüllen von Formularen zu ermöglichen. 1657114595AmcateirvtiSty.sqlite Activity Stream for Firefox is a collection of all the things you do in the browser that you care about displayed in a rich and meaningful way 3870112724rsegmnoittet-es.sqlite "Remote Settings in Firefox sind eine Funktion, die es ermöglicht, Browser-Einstellungen zentral zu verwalten und an die Benutzer zu übertragen, ohne ein vollständiges Browser-Update durchführen zu müssen. SQLite DB ist Datenspeicher dazu

Ergebnisse: > Nach Browser-Installation noch keine SQLite-Datei angelegt (Snapshot 1) > Während Browsing Szenario alle DBs initialisiert, außer "webappsstore.sqlite" (Snapshot 2) - Dabei wurden in places.sqlite die Seiten geschrieben, die sich automatisch nach Browserstart im public Modus geöffnet haben (Datenschutzhinweise zu Firefox) - Restliche Dateien ohne Inhalt, nur Spaltennamen - Nach WAL Checkpoints bleiben Dateien unverändert > Nach Schließen des Browsers (Snapshot 3) - in places.sqlite: Indizes bei eingetragenen Seiten aktualisiert - 1657114595AmcateirvtiSty.sqlite erhielt BLOB Eintrag, in HxD keine Muster erkennbar - webappsstore.sqlite: leer initialisiert, nur



	File	Snapshot 1:	Snapshot 2: After Browsing Scenario, Browser open		Snapshot 3: After Browsing Scenario, Browser closed		Snapshot 3: Browser closed	
		Browser Installation	Vor WAL	Nach WAL	Vor WAL	Nach WAL	Vor WAL	Nach WAL
SQLite	places.sqlite	N/A	Initialisiert, Zeilen: Einträge für autom. geöffnete Seiten	no diff	Indizes bei vorhandenen Seiten aktualisiert	no diff	no diff	no diff
	cookies.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer
	storage.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer
	favicons.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer
	webappsstore.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer
	formhistory.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer
	1657114535AmcateivutiSty.sqlite	N/A	Initialisiert, 1 Zeile: "origin: chrome"	no diff	Einträge (Binärdaten) eingefügt, keine PB Artefakte (HxD)	no diff	no diff	no diff
	3870112724rsqgnnoitiet-es.sqlite	N/A	Initialisiert, 1 Zeile: "origin: chrome"	no diff	no diff	no diff	no diff	no diff
			Leer					
			Unverändert (nicht-leer)					
			Neuer (nicht-leerer) Inhalt					

Abbildung 5.2: Comparison of found PB artifacts between RAM Dumps

Spaltennamen - restliche Dateien unverändert - nach WAL Checkpoints bleiben Dateien unverändert > Nach herunterfahren der VM (Snapshot 4) - Alle Dateien unverändert, auch nach WAL Checkpoint

- Zusammenfassung: in keiner Datei PB Artefakte

Quantitativ: (Diagramme) > Balkendiagramm: Für jede Logfilekategorie: Anzahl Schreiboperationen Logfile 1 vs Logfile 2

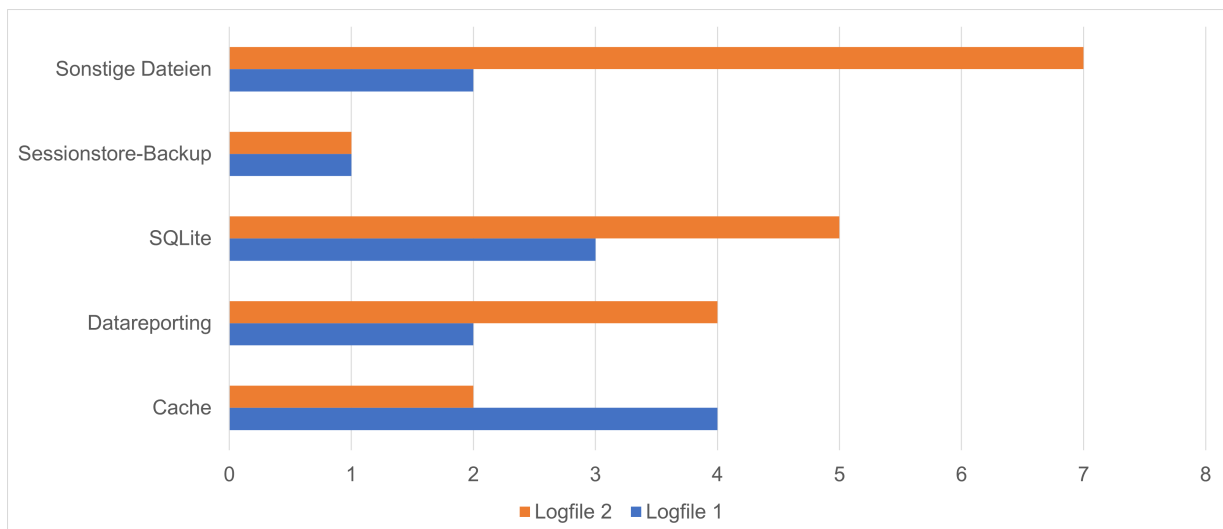


Abbildung 5.3: Comparison of found PB artifacts between RAM Dumps

## Registry

> Process Monitor: SetValue Operationen von Browser TODO: Logfile 1 vs 2? Kategorien Registry Keys: 1) PreXULSkeletonUISettings: > Prefix: Absoluter Installationspfad von Firefox > Skeleton UI Einstellungen von Firefox Definition: > Der "PreXULSkeletonUISettings"Registry Key enthielt Einstellungen für die Benutzeroberfläche (UI) des Firefox-Browsers, insbesondere für das sogenannte SSkeleton UI". Das Skeleton UI ist eine vereinfachte Benutzeroberfläche, die während des Ladens des Browsers angezeigt wird, bevor die vollständige Benutzeroberfläche geladen ist. Es besteht aus grundlegenden Steuerelementen und Elementen, die dem Benutzer die Interaktion ermöglichen, während der Rest der Benutzeroberfläche noch geladen wird. > Der "PreXULSkeletonUISettingsSchlüssel enthielt

Konfigurationsoptionen wie Farben, Positionen und andere Einstellungen für das Skeleton UI. Durch das Bearbeiten dieses Schlüssels konnten Benutzer die Darstellung des Skeleton UI anpassen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass das Ändern der Registrierungseinträge ein fortgeschrittenes Verfahren ist und Fehler zu Problemen mit dem Browser führen kann.

> Struktur der Keys: > Unterschiedliche UI Einstellungen - - - - - > keine PB Artefakte unter UI Einstellungen  
 2) Business Activity Monitoring > Quelle: > BAM is a mostly undocumented feature that controls the programs executed in the background. DAM is a feature for devices supporting the "Connected Standby" mode (i.e when a device is turned on, but its display will be turned off). As a result, the BAM registry keys will contain data on any devices, while DAM registry keys will only contain data on mobile devices. > The BAM registry key contains multiple subkeys under bam State

UserSettings, with one subkey per user, identified with the user SID. While the key is in the SYSTEM registry hive, program executions can thus still be tied to a specific user using this SID. > Each user-specific key contains a list of executed programs, with their full path and timestamp of last execution. > If a file is deleted, the eventual associated entry in the BAM is deleted as well after the system reboot. Additionally, BAM entries older than 7 days are deleted upon system boot. The BAM thus provides limited information on historic execution of programs > No entries are created in the BAM keys for executables on removable media and/or on network shares. > Key:

Quantitativ: (Diagramme) - Stacked Balkendiagramm jeweils für Logfile 1 und Logfile2: Anteil Kategorie 1 bzw.2 an allen Registry-Schreiboperationen

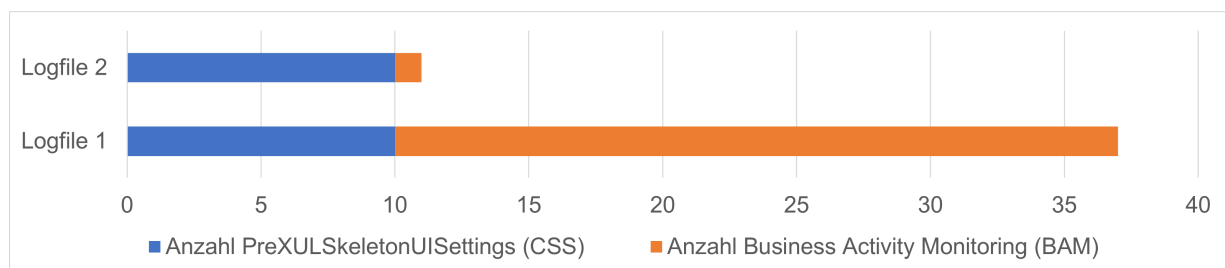


Abbildung 5.4: Comparison of found PB artifacts between RAM Dumps

> Stringsuche in Registry Hives mit Registry Explorer (Siehe Liste) In allen Hives kein Treffer für alle Suchbegriffe

Literatur: > angeblich in Shellactivities Ergebnisse. -> Nicht mehr vorhanden in aktueller Version (Verweis auf E-Mail)

## Black-Box Analyse/Uncommon Locations

### Analyse mit Autopsy

Bei White-Box Analyse/Common Locations: Autopsy nur zur Dateixtraktion genutzt, hier: als konkretes forensisches Werkzeug

Stichwortsuche: - In allen Snapshots keine Treffer (auch innerhalb \$Carved) - TODO: Pagefile gefunden?

Von Autopsy automatisch indexierte Dateien: In allen Fällen: keine Dateien gelöscht, nur über Zeitraum der Snapshots neue dazugekommen - Web Bookmarks: Snapshot 1: > Bing.url (Unter

Source Name	S	C	O	URL	Title	Date Created	Program Name	Domain	Data Source
Bing.url			19	http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=255142	Bing.url	2023-04-25 16:09:28 MESZ	Internet Explorer Analyzer	microsoft.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
places.sqlite			6	https://support.mozilla.org/products/firefox	Hilfe erhalten	2023-05-06 22:25:00 MESZ	Firefox Analyzer	mozilla.org	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
places.sqlite			6	https://support.mozilla.org/kb/customize-firefox-controls-b...	Firefox anpassen	2023-05-06 22:25:00 MESZ	Firefox Analyzer	mozilla.org	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
places.sqlite			6	https://www.mozilla.org/contribute/	Mitmachen	2023-05-06 22:25:00 MESZ	Firefox Analyzer	mozilla.org	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
places.sqlite			6	https://www.mozilla.org/about/	Über uns	2023-05-06 22:25:00 MESZ	Firefox Analyzer	mozilla.org	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
places.sqlite			6	https://www.mozilla.org/firefox/?utm_medium=firefox-des...	Erste Schritte	2023-05-06 22:25:01 MESZ	Firefox Analyzer	mozilla.org	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img

Abbildung 5.5: Autopsy Web Bookmarks

C:/User/Forensik/Favorites/Links) enthält Bing Startseite Snapshot 2: > 5 Einträge in places.sqlite: (Firefox Standardseiten -> Deckt sich mit Beobachtungen aus Process Monitor Analyse, siehe Kapitel X) Snapshot 3: > unverändert zu 2 Snapshot 4: > unverändert zu 3 - Web Cookies: Snapshot 1: > 10

Source Name	S	C	O	URL	Date Accessed	Name	Value	Program Name	Domain	Data Source
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:50:17 MESZ	SUID	M	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	www.bing.com	2023-05-06 19:51:24 MESZ	MUIDB	31708C5FC3CF47068AFAD1CB47D011	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:50:17 MESZ	SRCHD	AF=NOFORM	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:50:17 MESZ	SRCHUID	V=2&GUID=B2C50ADB8B9B4234A9FE14DB81DCB91D8dm...	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:50:17 MESZ	SRCHUISR	DOB=20230506	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:50:20 MESZ	SRCHHPGUSR	SRCHLANG=de&LUT=16834026192238JPMH=dee20405&L...	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:50:19 MESZ	CortanaAppUID	C164AA3A4D7E127DDC66AD915CFD04C	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-06 19:55:22 MESZ	ANON	A=A3B5B679A14D59B0AA027635FFFFFFFFFF	Microsoft Edge Analyzer	bing.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	live.com	2023-05-06 19:50:30 MESZ	MUID	118A534093A9626528C5404997A966B8	Microsoft Edge Analyzer	live.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img
WebCacheV01.dat			15	login.live.com	2023-05-06 19:51:06 MESZ	__Host-MSAALUTHP		Microsoft Edge Analyzer	live.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img

Abbildung 5.6: Autopsy Web Cookies

Einträge in WebCacheV01.dat (= DB des Internet Explorers zum speichern von Browserdaten): Cookies für bing.com und live.com (= outlook) Snapshot 2: > unverändert zu 1 Snapshot 3: > unverändert zu 2 Snapshot 4: > unverändert zu 3 - Web History: Snapshot 1: > 2 Einträge in WebCacheV01.dat:

Source Name	S	C	O	URL	Date Accessed	Referrer URL	Title	Program Name	Domain	Data Source	Username
places.sqlite			6	https://www.mozilla.org/de/privacy/firefox/	2023-05-06 22:25:00 MESZ	https://www.mozilla.org/privacy/firefox/	Firefox Datenschutzhinweis — Mozilla	Firefox Analyzer	mozilla.org	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img	
WebCacheV01.dat			15	https://login.live.com/oauth20_desktop.srf?c=1031	2023-05-06 19:51:06 MESZ			Microsoft Edge Analyzer	live.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img	Forensik
WebCacheV01.dat			15	https://login.live.com/oauth20_authorize.srf?client_...	2023-05-06 19:51:08 MESZ			Microsoft Edge Analyzer	live.com	CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img	Forensik
WebCacheV01.dat				file:///Z:/Logfile_1	2023-05-06 20:29:36 MESZ			Microsoft Edge Analyzer		CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img	Forensik
WebCacheV01.dat				file:///Z:/Logfile_2	2023-05-06 20:44:19 MESZ			Microsoft Edge Analyzer		CFV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img	Forensik

Abbildung 5.7: Autopsy Web History

- 2x live.com (= outlook) Snapshot 2: > 1 Eintrag in places.sqlite: -> Zurückzuführen auf Seite, die sich automatisch geöffnet hat, als Firefox gestartet (bevor privates Fenster geöffnet wurde) > 1 neuer Einträge in WebCacheV01.dat: - file:///Z:/Logfile\_1 (= Process Monitor Logfile, die in shared-Folder geladen wurde) -> Erklärung? Snapshot 3: > 1 neuer Eintrag in WebCacheV01.dat: - file:///Z:/Logfile\_2 (= Process Monitor Logfile, die in shared-Folder geladen wurde) -> Erklärung? Snapshot 4: > unverändert zu 3 - Web Categories: Snapshot 1: > 2x WebCacheV01.dat aufgelistet =>

Source Name	S	C	O	Source Type	Score	Domain	Host	Name	File Path
WebCacheV01.dat			0	File	Unknown	bing.com	bing.com	Search Engine	/img_CPV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img/vol_vol3/Users/Forensik/AppData/Local/Microsoft/Windows/WebCache/WebCacheV01.dat
WebCacheV01.dat			0	File	Unknown	live.com	login.live.com	Web Email	/img_CPV_Firefox_Klon_Snapshot_3.img/vol_vol3/Users/Forensik/AppData/Local/Microsoft/Windows/WebCache/WebCacheV01.dat

Abbildung 5.8: Autopsy Web Categories

Mit HxD untersucht, keine PB Artefakte Snapshot 2: > unverändert zu 2 Snapshot 3: > unverändert zu 3 Snapshot 4: > unverändert zu 4

Zusammenfassung: - keine PB Artefakte - Keine neuen Erkenntnisse vgl. mit intensiver Analyse mittels Process Monitor in Kapitel X - Eintrag von Datenschutzseite in places.sqlite wurde erkannt.

## Analyse mit Volatility

Vorgehen: Siehe "Methodik" Kapitel - Ausgangslage: Volatility Yarascan Treffer - Für jeden Treffer: virtueller Offset des Strings, PID, getriggerte Yararule, getriggerte Yara Component z(= Variablenname des gesuchten Strings), gefundener String - Neue Spalte: "Prozessname" zu jeder PID Prozessnamen - Ergebnisse Aufbereitet nach folgendem Schema: > Für jeden RAM Dump > Für jede Yararule > Für jede Component > Filter: Prozessname = Firefox -> Anzahl zählen > Filter: Prozessname = Alle Prozesse außer Firefox -> Anzahl zählen

HTML Artefakte wurden in keinem RAM Dump gefunden => Nicht aufgeführt

Yararule "Keyword": Analyse: > Ausschließlich in RAM Dump 2 Keyword Artefakte gefunden >

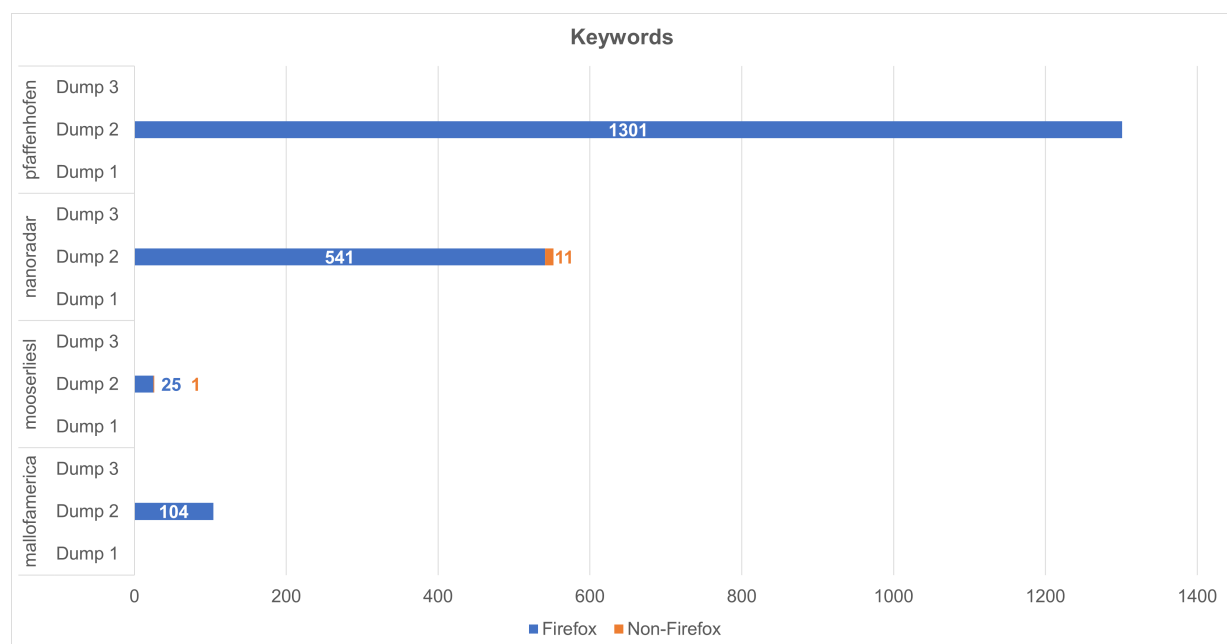


Abbildung 5.9: Keywords

Hauptsächlich in Firefox Prozess > Mit 1301 Artefakten, am häufigsten pfaffenhofen vertreten. Vermutung: Evtl. weil Google Maps viele zusätzliche Artefakte lädt.

Yararule "URL": Analyse: > Wie bei anderen Kategorien: Die meisten Artefakte in RAM Dump 2, in Firefox Prozessen > mooserliesl tritt am wenigsten auf, donaukurier am meisten (vmtl. auf Öffnen von Bild zurückzuführen) > Hier bemerkenswert, dass in RAM Dump 3 Artefakte von allen vier URLs zu finden sind > Bei genauerer Analyse des Process Monitor Logfiles herausgefunden: Artefakte alle in svchost.exe Prozess gefunden > Deshalb RAM Dump erneut mit Volatility windows.svcscan Plugin

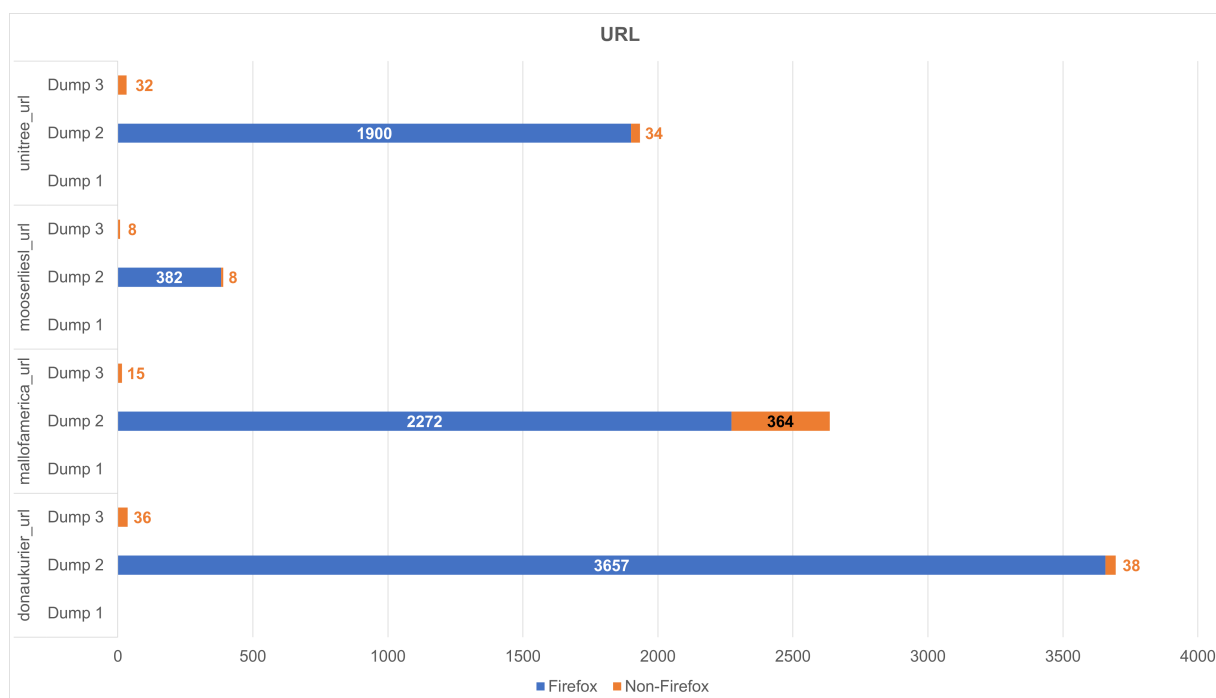


Abbildung 5.10: URL

untersucht: "The svcscan plugin allows the analyst to list out the services running. This plugin gives more detail to the running processes in the event that the analyst requires additional details such as the display name, binary path, or service type.» Ausgabe aller im RAM gefundener Services > Problem: Volatility svcscan liefert keine PID zu laufenden Services > Deshalb: "White-BoxÄnalyse: Snapshot 3 erneut aufgetaut, danach mit Process Explorer PID X (TODO!) von SVChost Prozess gesucht, in dem PB Artefakte gefunden wurden Def. Process Explorer: "Prozess Explorer zeigt Ihnen Informationen darüber an, welche Handles und DLLs-Prozesse geöffnet oder geladen wurden.Process Explorer, from Sysinternals, is a process management program that allows you to see the running processes on your computer and a great deal of information about each process. One of the nice features of Process Explorer is that it also gives you the ability to see what services a particular SVCHOST.EXE process is controlling.» Ergebnis: DNSCache Service mit PID X (TODO!) = DNSCache Service TODO: Screenshot > Ausführung von ipconfig /displaydns liefert gecachte URLs TODO: Screenshot > Nach Löschen des DNSCaches mit ipconfig /flushdns + Schließen aller Process Monitor Instanzen + Beenden des DNSCaches Services + Erneuter RAM-Dump -> Keine PB Artefakte mehr gefunden! Yazarule "Mail": Analyse: > Alle Mail Artefakte gefunden > Ausschließlich in RAM Dump 2 Mail Artefakte gefunden > Am häufigsten Absenderadresse "computerforensikvl@gmail.com" gefunden, als einziges Artefakt auch in anderen Prozessen gefunden. > Bemerkenswert: Passwort wurde 4x als Klartext im RAM gefunden! String Kontext: Offsets: PIDs: 0xb9ce29180c8 7420 0x2859f4ffd4e0 7420 0x24083b41858 8424 0x240840e5b08 8424

Memmap: Pid 7420 virtual physical size offset in file 0xb9ce2918000 0xcb20a000 0x1000 0x11dd4000 -> 0xb9ce29180c8 = 0x11dd40c8 0x2859f4ffd000 0x96812000 0x1000 0x12e23000 Disabled -> 0x2859f4ffd4e0 = 0x12e234e0 Memmap: Pid 8424 virtual physical size offset in file 0x24083b41000 0xc1d52000 0x1000 0x583000 Disabled -> 0x24083b41858 = 0x583858 0x240840e5000 0x2d3fb000

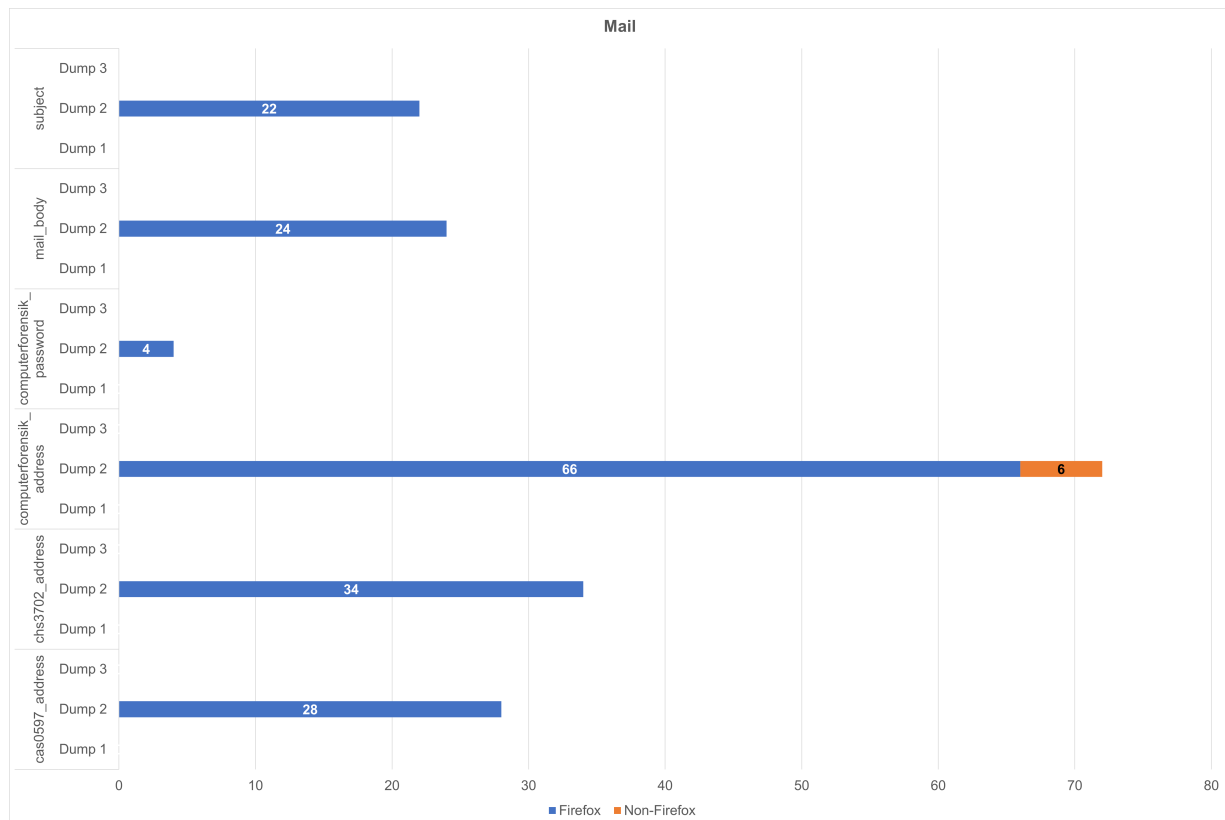


Abbildung 5.11: Mail

```

11DD4040 58 02 00 00 08 00 00 00 67 6D 70 41 64 64 6F 6E X.....gmpAddon
11DD4050 4B 4B 4B 4B 4B 4B 4B 4B DC F9 0E 50 4B 4B 4B 4B KKKKKKKKÜ.PKKKK
11DD4060 58 02 00 00 0D 00 00 00 67 6D 70 44 6F 77 6E 6C X.....gmpDownl
11DD4070 6F 61 64 65 72 4B 4B 4B 50 C3 FB EA 4B 4B 4B 4B oaderKKKPÄüèKKKK
11DD4080 58 02 00 00 0D 00 00 00 47 4D 50 44 6F 77 6E 6C X.....GMPDownl
11DD4090 6F 61 64 65 72 4B 4B 4B D0 6F AE 8A 4B 4B 4B 4B oaderKKKDoöŠKKKK
11DD40A0 58 02 00 00 0D 00 00 00 5F 69 73 45 4D 45 45 6E X....._isEMEEEn
11DD40B0 61 62 6C 65 64 4B 4B 4B 8F 4F 0E 73 4B 4B 4B 4B abledKKK.O.sKKKK
11DD40C0 58 02 00 00 0C 00 00 00 56 6F 72 6C 65 73 75 6E X.....Vorlesun
11DD40D0 67 32 33 21 4B 4B 4B 4B F8 35 7D 48 4B 4B 4B 4B g23!KKKKø5}HKKKK
11DD40E0 58 02 00 00 0F 00 00 00 5F 69 73 41 64 64 6F 6E X....._isAddon
11DD40F0 45 6E 61 62 6C 65 64 4B 42 1D 99 C2 4B 4B 4B 4B EnabledKB.™ÄKKKK
11DD4100 58 02 00 00 0F 00 00 00 6D 61 69 6C 2E 67 6F 6F X.....mail.goo
11DD4110 67 6C 65 2E 63 6F 6D 4B 44 47 D9 2D 4B 4B 4B 4B gle.comKDGÜ-KKKK
11DD4120 58 02 00 00 10 00 00 00 5F 75 70 64 61 74 65 4C X....._updateL
11DD4130 61 73 74 43 68 65 63 6B 43 1F 7D 4B 4B 4B 4B 4B astCheckC.)KKKKK
11DD4140 58 02 00 00 10 00 00 00 73 65 63 6F 6E 64 73 53 X.....secondsS

```

Abbildung 5.12: Password in memory page of PID 7420 at offset 0xb9ce29180c8

0x1000 0x96b000 Disabled -> 0x240840e5b08 = 0x96bb08 > In PID 8424: 2 Bytes pro Character, bspw. Unicode

Yararule "Image": Analyse: > Hex-Wert von Donaukurier Bild wurde im 2. RAM Dump in 3 Firefox Prozessen gefunden

Zusammenfassung = Stacked Bar Chart:

```

12E23470 00 00 00 00 00 00 00 00 10 02 00 00 34 00 00 00 .....4...
12E23480 00 C8 CC E5 29 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .Eiä) .....
12E23490 10 02 00 00 27 00 00 00 40 D3 CC E5 29 02 00 00 ....'...@Öiä)...
12E234A0 00 00 00 00 00 00 00 00 10 02 00 00 2A 00 00 00 .....*...
12E234B0 70 D3 CC E5 29 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 pÖiä) .....
12E234C0 00 02 00 00 45 00 00 00 A0 47 7C 1A 55 23 00 00 ....E... G|.U#..
12E234D0 F8 DE FF F4 59 28 00 00 50 02 00 00 0C 00 00 00 øËÿÖY(..P.....
12E234E0 56 6F 72 6C 65 73 75 6E 67 32 33 21 A2 1D FB FF Vorlesung23!c.üÿ
12E234F0 50 02 00 00 0A 00 00 00 69 64 65 6E 74 69 66 69 P.....identifi
12E23500 65 72 F0 B8 FA 7F 00 00 50 02 00 00 06 00 00 00 erö,ü...P.....
12E23510 50 61 73 73 77 64 F9 FF 18 96 73 E5 29 02 00 00 Passwdüÿ.-sä)...
12E23520 50 02 00 00 0E 00 00 00 73 65 73 73 69 6F 6E 72 P.....sessionr
12E23530 65 73 74 6F 72 65 00 00 10 02 00 00 2E 00 00 00 estore.....
12E23540 80 D2 CC E5 29 02 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 €Öiä) .....
12E23550 10 02 00 00 1F 00 00 00 00 B8 CC E5 29 02 00 00 .....iä)...

```

Abbildung 5.13: Password in memory page of PID 7420 at offset 0x2859f4ffd4e0

```

005837F0 02 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 .....
00583800 C0 9E EA FF 40 02 00 00 0E 00 00 00 00 00 00 00 Äzëÿ@.....
00583810 02 00 00 00 00 00 00 00 00 E5 E5 E5 E5 E5 E5 .....ääääääää
00583820 02 00 00 00 00 00 00 00 01 00 00 00 00 00 00 00 .....
00583830 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00583840 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
00583850 02 00 00 00 1A 00 00 00 56 00 6F 00 72 00 6C 00 .....V.o.r.l.
00583860 65 00 73 00 75 00 6E 00 67 00 32 00 33 00 21 00 e.s.u.n.g.2.3.!
00583870 00 00 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 ..ääääääääääääää
00583880 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
00583890 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
005838A0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
005838B0 08 00 00 00 D7 16 71 67 01 00 00 00 00 00 00 00 ....*.qg.....
005838C0 6F 00 6E 00 44 00 51 00 30 00 4B 00 55 00 62 00 o.n.D.Q.O.K.U.b.

```

Abbildung 5.14: Password in memory page of PID 8424 at offset 0x24083b41858

```

0096BA80 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BA90 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BAA0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BAB0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BAC0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BAD0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BAE0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BAF0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BB00 01 00 00 00 38 00 00 00 56 00 6F 00 72 00 6C 00 ....8...V.o.r.l.
0096BB10 65 00 73 00 75 00 6E 00 67 00 32 00 33 00 21 00 e.s.u.n.g.2.3.!
0096BB20 00 00 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 ..ääääääääääääää
0096BB30 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BB40 00 C8 93 B8 FA 7F 00 00 28 C8 93 B8 FA 7F 00 00 .È",ü... (È",ü...
0096BB50 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
0096BB60 04 00 00 00 00 00 00 00 80 9B 47 88 40 02 00 00 .....€>G^@...
0096BB70 2C 41 7B B8 FA 7F 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 ,A(,ü.....
0096BB80 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BB90 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää
0096BBA0 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 E5 äääääääääääääää

```

Abbildung 5.15: Password in memory page of PID 8424 at offset 0x240840e5b08

TODO: Kreisdiagramme/Balkendiagramme mit Gesamtzahl an (Non-)Firefox Yarascan-Treffer erst im Vergleich mit Tor

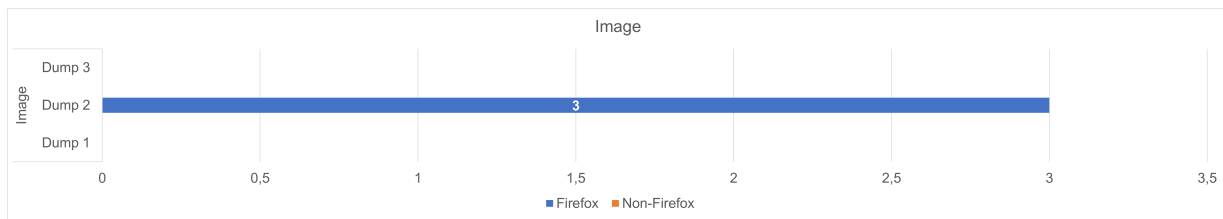


Abbildung 5.16: Image

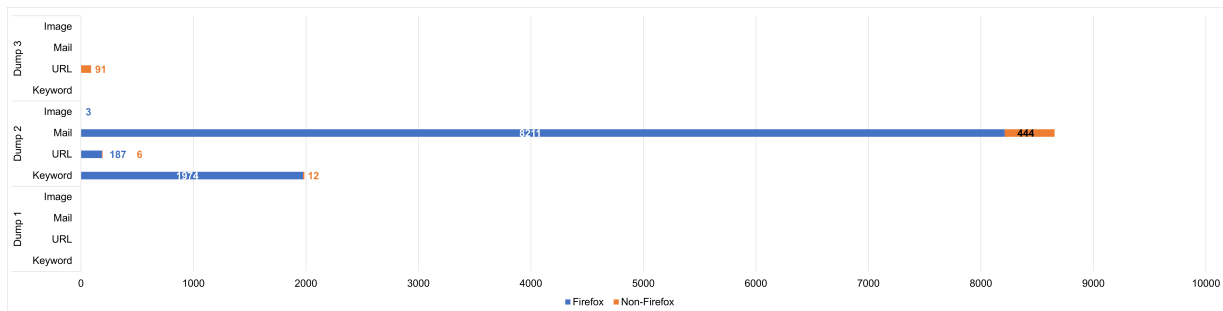


Abbildung 5.17: Summary

## 5.2 Tor

### White-Box Analyse/Common Locations

Schreiboperationen mit Process Monitor verfolgen:

Im Anhang: Tabelle mit allen geschriebenen Dateien (markiert, wenn nicht mehr wiederherstellbar + markiert, wenn Datei "verändert"(siehe oben: temp, WAL))

Aux-Dateien, welche nicht mehr vorhanden waren, aber dafür "richtige"Dateien:

Ergebnis: Tabelle mit wiederherstellbaren Dateien: Logfile 1 vs. Logfile 2 + Tool mit dem Datei untersucht wurde - Dateien, die in beiden Logfiles nicht wiederherstellbar

Allgemein: Tor hat nur einen "Common Pfad - Dateien tauchen in zwei unterschiedlichen Ordnern auf:

- -

- Alle Schreiboperationen von Prozess "firefox.exe"durchgeführt, nicht "tor.exe"

=> Keine der Dateien enthält PB Artefakte, trotzdem nachfolgende genauere Betrachtung der wichtigsten Dateien im Zusammenhang des Tor Browsers

Kategorien der Logs: - Cache: > Zweck: "Die Datei startupCache.8.littleist eine interne Datei, die von Firefox und dem Tor Browser erstellt wird, um den Startvorgang des Browsers zu beschleunigen. Sie enthält im Wesentlichen eine Zwischenspeicherung von Daten, die beim Starten des Browsers benötigt werden.

Diese Datei enthält Informationen über bereits geladene Browser-Komponenten wie JavaScript-Code, CSS-Dateien, Bilder und andere Ressourcen. Indem der Browser diese Informationen zwischenspeichert,



Kategorie	Datei	Logfile 1	Logfile 2	Logfile 3
Cache	CacheProfile.defaultStartupCacheStartupCache.8.little	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
Datareporting	datareportinggleandbdata.safe.bin	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte
	datareportingstate.json	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
SQLite	storagepermanentchrometids3870112724rsegmnottet-es.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	storagepermanentchrometids1657114535AmcaterivtSty.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	places.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
	cookies.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	storage.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	navicons.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte
	webappsstore.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	normhistory.sqlite	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	addonStartup.json.gz	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	AlternateServices.txt	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
Sonstige Dateien	broadcast-listeners.json	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	textextensions.json	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	extensionsstaged(73a6fe31-595d-460b-a320-fcc08843232).xpi	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	onion-aliases.json	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	prefs-1.js	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte	Keine PB Artefakte
	security_state\data.safe.bin	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	settings\data.safe.bin	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	SiteSecurityServiceState.txt	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	SiteSecurityServiceState-1.txt	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen
	profile.defaultwuystore.json	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte
	profile.defaultcert_override.txt	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen
	profile.defaultenumerated_devices.txt	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte	Keine Schreiboperationen
	profile.defaultsessioncheckpoints.json.tmp	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte
	storagedefaultmoz-extension+++3041a34e-916a-4fca-8ea0-531966d7a1f1\userContextId=4234367235\metadata-v2	Keine Schreiboperationen	Keine Schreiboperationen	Keine PB Artefakte
	Caches			
	Profile Default			

Abbildung 5.18: Tabelle mit wiederherstellbaren Dateien: Logfile 1 vs. Logfile 2

kann er sie beim erneuten Starten des Browsers wiederverwenden, anstatt sie erneut herunterladen und verarbeiten zu müssen. Dadurch wird die Startzeit des Browsers verkürzt und die allgemeine Leistung verbessert. Analyse: - Tool: HxD - kein PB Artefakte

- datareporting: > Zweck: "Die Datei state.json im Ordner /datareporting enthält Informationen über den Zustand und die Konfiguration des Firefox- oder Tor Browsers. Diese Datei kann Daten über die Verwendung des Browsers, wie z.B. installierte Add-Ons, zuletzt besuchte Websites, Browser-Einstellungen und andere Informationen enthalten. Sie wird verwendet, um dem Browser bei Bedarf den Zustand und die Einstellungen wiederherzustellen. Analyse: - Tool Notepad++ mit JSON Plugin - keine PB Artefakte

- Sonstige Dateien: > Zweck: enthält onion URLs, HTTP Alternative Services is a mechanism that allows servers to tell clients that the service they are accessing is available at another network location or over another protocol. This mapping can be stored in a file in the profile folder. This allows websites that do not support HTTPS to communicate in a secure way via port 443 (Opportunistic Encryption).» Zweck: Ist "NoScriptExtension. Wenn in Firefox geöffnet, kann installiert werden-> TODO: Screenshot, wenn in Firefox per "drag-and-drop"gezogen > Zweck: Enthält SecureDrop Adressen: z.B. sueddeutsche.securedrop.tor.onion (z.B. > Zweck: The file containing the updated security data > Entielt früher private Browsing Artefakte (<https://gitlab.torproject.org/tpo/applications/tor-browser/-/issues/18589>), jetzt aber keine private Browsing Artefakte => Keine der Dateien enthält PB Artefakte

- SQLite: Aus Process Monitor Logfiles erkennbar: Tor verwaltet und beschreibt die exakt gleichen SQLite Datenbanken wie Firefox.

Hier ebenfalls gesondert betrachtet: Fokus auf die Entwicklung von Dateinhalt in allen Snapshots (1, 2, 3-1, 3 und 4) betrachtet

Ergebnisse: > Nach Browser-Installation noch keine SQLite-Datei angelegt (Snapshot 1) > Während Browsing Szenario alle DBs Initialisiert, außer "webappsstore.sqlite"(Snapshot 2) - Dabei wurden in places.sqlite automatisch .onion URLs geschrieben, die zu Tor Standardseiten führen, wie "The Tor

File	Snapshot 1: Browser installation	Snapshot 2: After Browsing Scenario, Browser open		(For only) Snapshot 3-1: After Identity reset		Snapshot 3: After Browsing Scenario, Browser closed		Snapshot 4: VM Shutdown	
		Vor WAL	Nach WAL	Tor (Diff)	Nach WAL	Tor	Nach WAL	Vor WAL	Nach WAL
places.sqlite	N/A	Initialisiert, Zitate, Online URLs für Tor Standardseite, wie "The Tor Blog" oder "Tor Browser Manual" und Spenden-Seite ( <a href="http://revwp4ub3jdzr3yqgm3tq4f6b0b2d2dsgzsgz5de-unitedonline">http://revwp4ub3jdzr3yqgm3tq4f6b0b2d2dsgzsgz5de-unitedonline</a> )	no diff	Indizes bei vorhandenen Seiten aktualisiert	no diff	Indizes bei vorhandenen Seiten aktualisiert	no diff	no diff	no diff
cookies.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer	leer	leer
storags.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer	leer	leer
favicons.sqlite	N/A	Initialisiert, Einträge mit Prefix "Fake-favicon-uri" (URLs für Tor Standardseite, wie "The Tor Blog" oder "Tor Browser Manual" und Spenden-Seite ( <a href="http://revwp4ub3jdzr3yqgm3tq4f6b0b2d2dsgzsgz5de-unitedonline">http://revwp4ub3jdzr3yqgm3tq4f6b0b2d2dsgzsgz5de-unitedonline</a> ))	no diff	no diff	no diff	in allen drei Tabellen Indizes aktualisiert	no diff	no diff	no diff
		Initialisiert, 1 Zeile: "origins: chrome"	no diff	no diff	no diff	gleich bleibend	no diff	no diff	no diff
webappstor.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer	leer	leer
formhistory.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer	leer	leer
955114595Amcsh9m9t8ty.sqlite	N/A	Leer initialisiert (Nur Spaltennamen)	leer	leer	leer	leer	leer	leer	leer
3570112724rsgmeo9t9ez.sqlite	N/A	Initialisiert, 1 Zeile: "origins: chrome"	no diff	no diff	no diff	gleich bleibend	no diff	no diff	no diff
		Leer							
		Unverändert							
		Index (Indexbrowser) blank							

Abbildung 5.19: Comparison of found PB artifacts between RAM Dumps

Blogöder "Tor Browser Manual" bzw. die Tor Spenden-Seite, obwohl keine dieser Seiten aufgerufen wurde  
 TODO: Screenshot von URLs? - in Favicons.sqlite wurden die exakt gleichen Einträge geschrieben, mit dem Präfix "Fake-favicon-uri". Ein tatsächliches Icon wurde nicht in die DB geschrieben - remote settings Datenbank enthielt den gleichen Eintrag wie es bereits bei Firefox der Fall war. Keine PB Artefakte - Restliche Dateien ohne Inhalt, nur Spaltennamen - Nach WAL Checkpoints bleiben Dateien unverändert  
 > Nach Zurücksetzen der Browser-Identität (Snapshot 3-1) - in places.sqlite: Indizes bei eingetragenen Seiten aktualisiert - restliche Dateien unverändert  
 > Nach Schließen des Browsers (Snapshot 3) - in places.sqlite sowie favicons.sqlite: Indizes bei eingetragenen Seiten aktualisiert - restliche Dateien unverändert - nach WAL Checkpoints bleiben Dateien unverändert  
 > Nach herunterfahren der VM (Snapshot 4) - Alle Dateien unverändert, auch nach WAL Checkpoint

- Zusammenfassung: in keiner Datei PB Artefakte

Quantitativ: (Diagramme) > Balkendiagramm: Für jede Logfilekategorie: Anzahl Schreiboperationen Logfile 1 vs Logfile 2

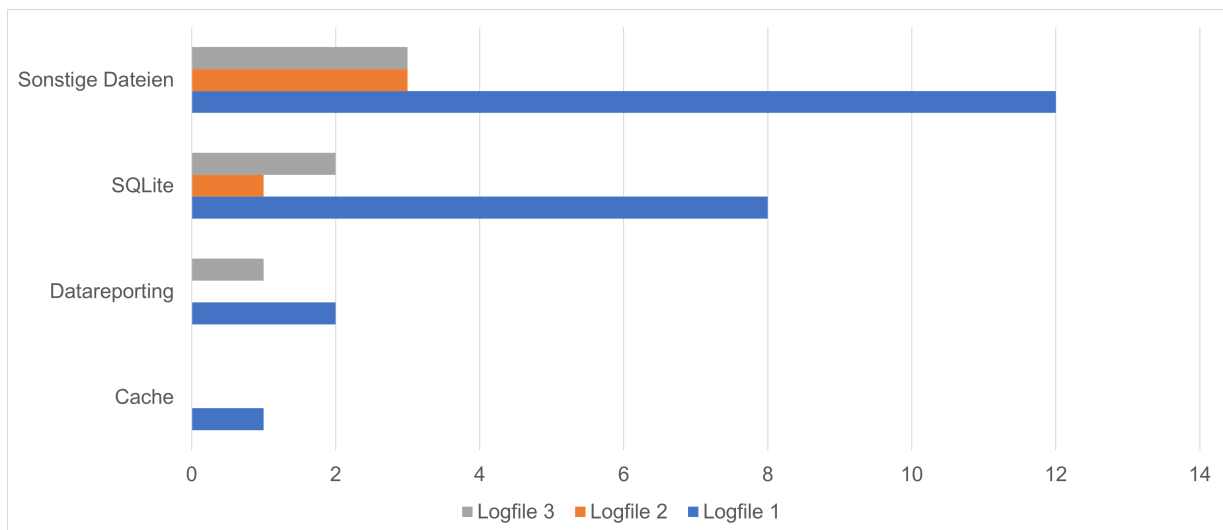


Abbildung 5.20: Comparison of found PB artifacts between RAM Dumps

## Registry

> Process Monitor: SetValue Operationen von Browser Kategorien Registry Keys: Analog zu Firefox  
 1) PreXULSkeletonUISettings: > Prefix: Absoluter Installationspfad von Firefox > Skeleton UI Einstellungen von Firefox Definition: > Der "PreXULSkeletonUISettings"Registry Key enthielt Einstellungen für die Benutzeroberfläche (UI) des Firefox-Browsers, insbesondere für das sogenannte SSkeleton UI". Das Skeleton UI ist eine vereinfachte Benutzeroberfläche, die während des Ladens des Browsers angezeigt wird, bevor die vollständige Benutzeroberfläche geladen ist. Es besteht aus grundlegenden Steuerelementen und Elementen, die dem Benutzer die Interaktion ermöglichen, während der Rest der Benutzeroberfläche noch geladen wird. > Der "PreXULSkeletonUISettingsSchlüssel enthielt Konfigurationsoptionen wie Farben, Positionen und andere Einstellungen für das Skeleton UI. Durch das Bearbeiten dieses Schlüssels konnten Benutzer die Darstellung des Skeleton UI anpassen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass das Ändern der Registrierungseinträge ein fortgeschrittenes Verfahren ist und Fehler zu Problemen mit dem Browser führen kann.

> Struktur der Keys: > Unterschiedliche UI Einstellungen - - - - - > keine PB Artefakte unter UI Einstellungen 2) Business Activity Monitoring > Quelle: > BAM is a mostly undocumented feature that controls the programs executed in the background. DAM is a feature for devices supporting the "Connected Standby"mode (i.e when a device is turned on, but its display will be turned off). As a result, the BAM registry keys will contain data on any devices, while DAM registry keys will only contain data on mobile devices. > The BAM registry key contains multiple subkeys under bam State

UserSettings, with one subkey per user, identified with the user SID. While the key is in the SYSTEM registry hive, program executions can thus still be tied to a specific user using this SID. > Each user-specific key contains a list of executed programs, with their full path and timestamp of last execution. > If a file is deleted, the eventual associated entry in the BAM is deleted as well after the system reboot. Additionally, BAM entries older than 7 days are deleted upon system boot. The BAM thus provides limited information on historic execution of programs > No entries are created in the BAM keys for executables on removable media and/or on network shares. > Key:

Quantitativ: (Diagramme) - Stacked Balkendiagramm jeweils für Logfile 1 und Logfile2: Anteil Kategorie 1 bzw.2 an allen Registry-Schreiboperationen

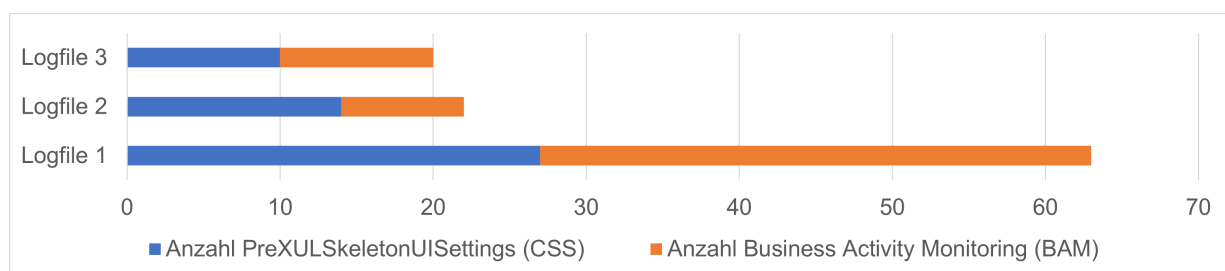


Abbildung 5.21: Comparison of found PB artifacts between RAM Dumps

> Stringsuche in Registry Hives mit Registry Explorer (Siehe Liste) In allen Hives kein Treffer für alle Suchbegriffe

Literatur: > Wie bei Firefox: Shellactivities Key existiert nicht mehr -> Nicht mehr vorhanden in aktueller Version (Verweis auf E-Mail)

## Black-Box Analyse/Uncommon Locations

## Analyse mit Autopsy

Bei White-Box Analyse/Common Locations: Autopsy nur zur Dateiextraktion genutzt, hier: als konkretes forensisches Werkzeug

Stichwortsuche: - In allen Snapshots keine Treffer (auch innerhalb \$Carved) - TODO: Pagefile gefunden?

Von Autopsy automatisch indexierte Dateien: In allen Fällen: keine Dateien gelöscht, nur über Zeitraum der Snapshots neue dazugekommen - Web Bookmarks: Snapshot 1: > Bing.url (Unter

Source Name	S	C	O	URL	Title	▼ Date Created	Program Name	Domain
 Bing.url			19	http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=255142	Bing.url	2023-04-25 16:09:28 MESZ	Internet Explorer Analyzer	microsoft.com

Abbildung 5.22: Autopsy Web Bookmarks

C:/User/Forensik/Favorites/Links) enthält Bing Startseite Snapshot 2: > unverändert zu 1 Snapshot 3-1: > unverändert zu 2 Snapshot 3-2: > unverändert zu 3-1 Snapshot 4: > unverändert zu 3-2 - Web Cookies: Snapshot 1: > 9 Einträge in WebCacheV01.dat (= DB des Internet Explorers zum speichern

Source Name	S	C	O	URL	📅 Date Accessed	Name	Value	Program Name	Domain
🔍 WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-07 13:56:11 MESZ	SUID	A	Microsoft Edge Analyzer	bing.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-07 13:47:01 MESZ	ANON	A=D8530A977A1F5DAD20B78D8CFFFFFFF	Microsoft Edge Analyzer	bing.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	login.live.com	2023-05-07 12:26:40 MESZ	__Host-M5AAUTHP		Microsoft Edge Analyzer	live.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	live.com	2023-05-07 12:25:56 MESZ	MUID	0EDC58E500A76CE1B0F4BEF0A4768D6	Microsoft Edge Analyzer	live.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	www.bing.com	2023-05-07 12:25:44 MESZ	MUID8	31708C5FC3CF47068AFADC1CB47D0111	Microsoft Edge Analyzer	bing.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-07 12:25:44 MESZ	SRCHD	AF=NOFORM	Microsoft Edge Analyzer	bing.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-07 12:25:44 MESZ	SRCHUID	V=28&GUID=62F5FD78E9D94446BAFDF9DEC8188103&dm...	Microsoft Edge Analyzer	bing.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-07 12:25:44 MESZ	SRCHUSR	DOB=20230507	Microsoft Edge Analyzer	bing.com
🔍 WebCacheV01.dat			15	bing.com	2023-05-07 12:25:44 MESZ	SRCHPGUSR	SRCHLANG=de	Microsoft Edge Analyzer	bing.com

Abbildung 5.23: Autopsy Web Cookies

von Browserdaten): Cookies für bing.com und live.com (= outlook) Snapshot 2: > unverändert zu 1  
Snapshot 3-1: > unverändert zu 2 Snapshot 3-2: > unverändert zu 3-1 Snapshot 4: > unverändert zu  
3-2 - Web History: Snapshot 1: > 2 Einträge in WebCacheV01.dat: - 2x live.com (= outlook) Snapshot

Source Name	S	C	O	URL	Date Accessed	Program Name	Domain	Username
WebCacheV01.dat				file:///Z:/logfile2-2	2023-05-07 14:28:06 MESZ	Microsoft Edge Analyzer		Forensik
WebCacheV01.dat				file:///Z:/logfile2-1	2023-05-07 14:17:05 MESZ	Microsoft Edge Analyzer		Forensik
WebCacheV01.dat				file:///Z:/logfile1	2023-05-07 13:55:54 MESZ	Microsoft Edge Analyzer		Forensik
WebCacheV01.dat			15	https://login.live.com/oauth20_authorize.srf?client_id=000...	2023-05-07 12:26:43 MESZ	Microsoft Edge Analyzer	live.com	Forensik
WebCacheV01.dat			15	https://login.live.com/oauth20_desktop.srf?lc=1031	2023-05-07 12:26:40 MESZ	Microsoft Edge Analyzer	live.com	Forensik

Abbildung 5.24: Autopsy Web History

2: > 1 neuer Einträge in WebCacheV01.dat: - file:///Z:/Logfile\_1 (= Process Monitor Logfile, die in

shared-Folder geladen wurde) -> Erklärung? Snapshot 3-1: > 1 neuer Eintrag in WebCacheV01.dat: - file:///Z:/Logfile\_2-1 (= Process Monitor Logfile, die in shared-Folder geladen wurde) -> Erklärung? Snapshot 3-2: > 1 neuer Eintrag in WebCacheV01.dat: - file:///Z:/Logfile\_2-2 (= Process Monitor Logfile, die in shared-Folder geladen wurde) -> Erklärung? Snapshot 4: > unverändert zu 3-2 - Web Categories: Snapshot 1: > 2x WebCacheV01.dat aufgelistet => Mit HxD untersucht, keine

Source Name	△ S	C	O	Source Type	Score	Conclusion	Configuration	Justification	Domain	Host	Name
WebCacheV01.dat			0	File	Unknown				bing.com	bing.com	Search Engine
WebCacheV01.dat			0	File	Unknown				live.com	login.live.com	Web Email

Abbildung 5.25: Autopsy Web Categories

PB Artefakte Snapshot 2: > unverändert zu 2 Snapshot 3-1: > unverändert zu 3 Snapshot 3-2: > unverändert zu 3-1 Snapshot 4: > unverändert zu 3-2

Zusammenfassung: - keine PB Artefakte - Keine neuen Erkenntnisse vgl. mit intensiver Analyse mittels Process Monitor in Kapitel X - .onion URL Einträge in places.sql nicht erkannt

## Analyse mit Volatility

Vorgehen: Siehe "Methodik" Kapitel - Ausgangslage: Volatility Yarascan Treffer - Für jeden Treffer: virtueller Offset des Strings, PID, getriggerte Yararule, getriggerte Yara Component z(= Variablenname des gesuchten Strings), gefundener String - Neue Spalte: "Prozessname" zu jeder PID Prozessnamen - Ergebnisse Aufbereitet nach folgendem Schema: > Für jeden RAM Dump > Für jede Yararule > Für jede Component > Filter: Prozessname = Firefox -> Anzahl zählen > Filter: Prozessname = Alle Prozesse außer Firefox -> Anzahl zählen

Wie bei Firefox: HTML Artefakte wurden in keinem RAM Dump gefunden => Nicht aufgeführt

Yararule "Keyword": Analyse: > Ausschließlich in RAM Dump 2 und RAM Dump 3-1 Keyword Artefakte gefunden > In RAM Dump 3-1 bei jedem Keyword deutlich weniger Artefakte als in RAM Dump 2 => Identitäts-Reset reduziert Keyword Artefakte deutlich > Hauptsächlich in Firefox Prozess, kein Artefakt in Tor.exe Prozess > Mit 4833 Artefakten in RAM Dump 2 am häufigsten "pfaffenhofen" vertreten. Vermutung: Evtl. weil Google Maps viele zusätzliche Artefakte lädt. > Nach Schließen von Tor Browser: keine Keyword Artefakte mehr in RAM

Yararule "URL": Analyse: > Wie bei Yararule "Keyword": Ausschließlich in RAM Dump 2 und RAM Dump 3-1 Keyword Artefakte gefunden > In RAM Dump 3-1 bei jedem Keyword deutlich weniger Artefakte als in RAM Dump 2 => Identitäts-Reset reduziert URL Artefakte deutlich > Hauptsächlich in Firefox Prozess, danach am häufigsten Tor.exe Prozess und am wenigsten Artefakte in anderen Prozessen > Bemerkenswert: "mallofamerica.com" ist mit 26.505 mal in RAM Dump 2 am häufigsten als Artefakt gefunden worden. Vergleich: "mooserliesl.de" wurde nur 508 mal in RAM Dump 2 gefunden > Nach Schließen von Tor Browser: keine URL Artefakte mehr in RAM

> TODO: DNSCache?

Yararule "Mail": Analyse: > Alle Mail Artefakte gefunden > Artefakte ausschließlich in Firefox Prozess gefunden > Artefakte fast ausschließlich in RAM Dump 2 Mail gefunden > Nur die Absenderadresse

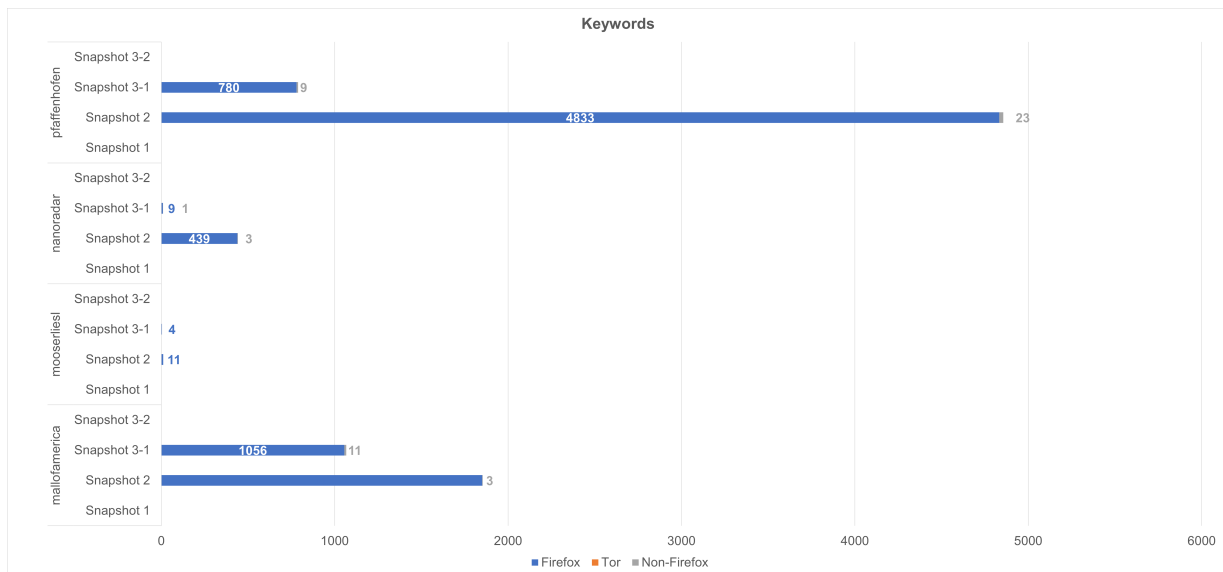


Abbildung 5.26: Keywords

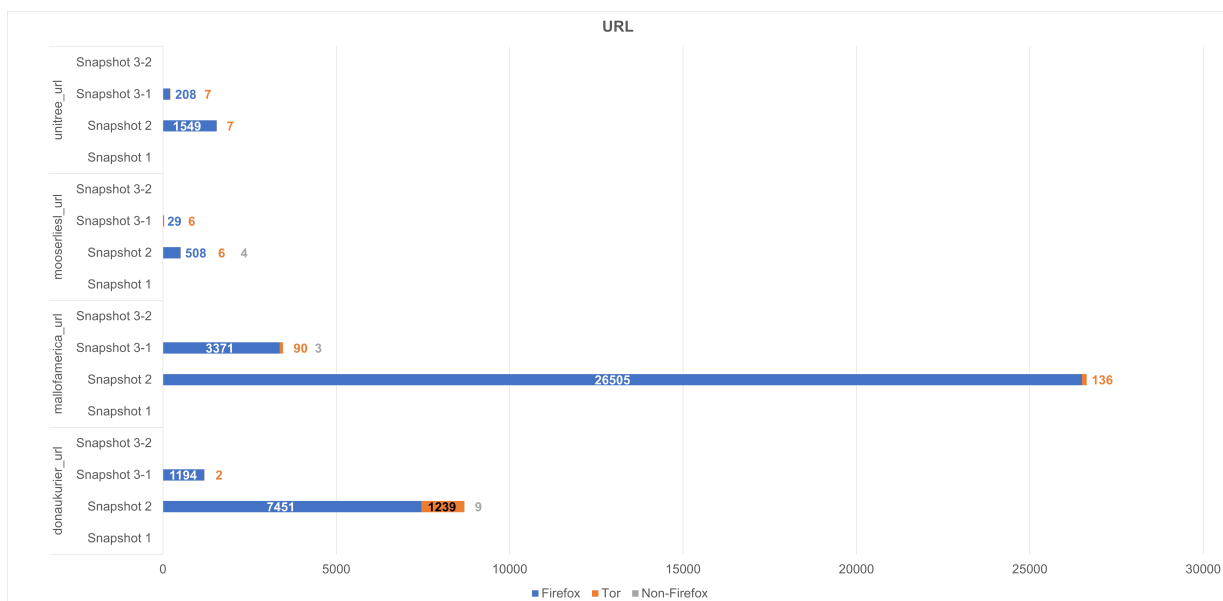


Abbildung 5.27: URL

"computerforensikvl@gmail.com" wurde nach Identitäts-Reset in RAM Dump 3-1 gefunden > Absenderadresse ist häufigstes Mail Artefakt > Bemerkenswert: Passwort wurde 2x als Klartext im RAM gefunden! String Kontext: Offsets: PIDs: 0xb9ce29180c8 7420 0x2859f4ffd4e0 7420 0x24083b41858 8424 0x240840e5b08 8424

Yararule Image": Analyse: > Hex-Wert von Donaukurier Bild wurde ein einziges mal im 2. RAM Dump in einem Firefox Prozess gefunden

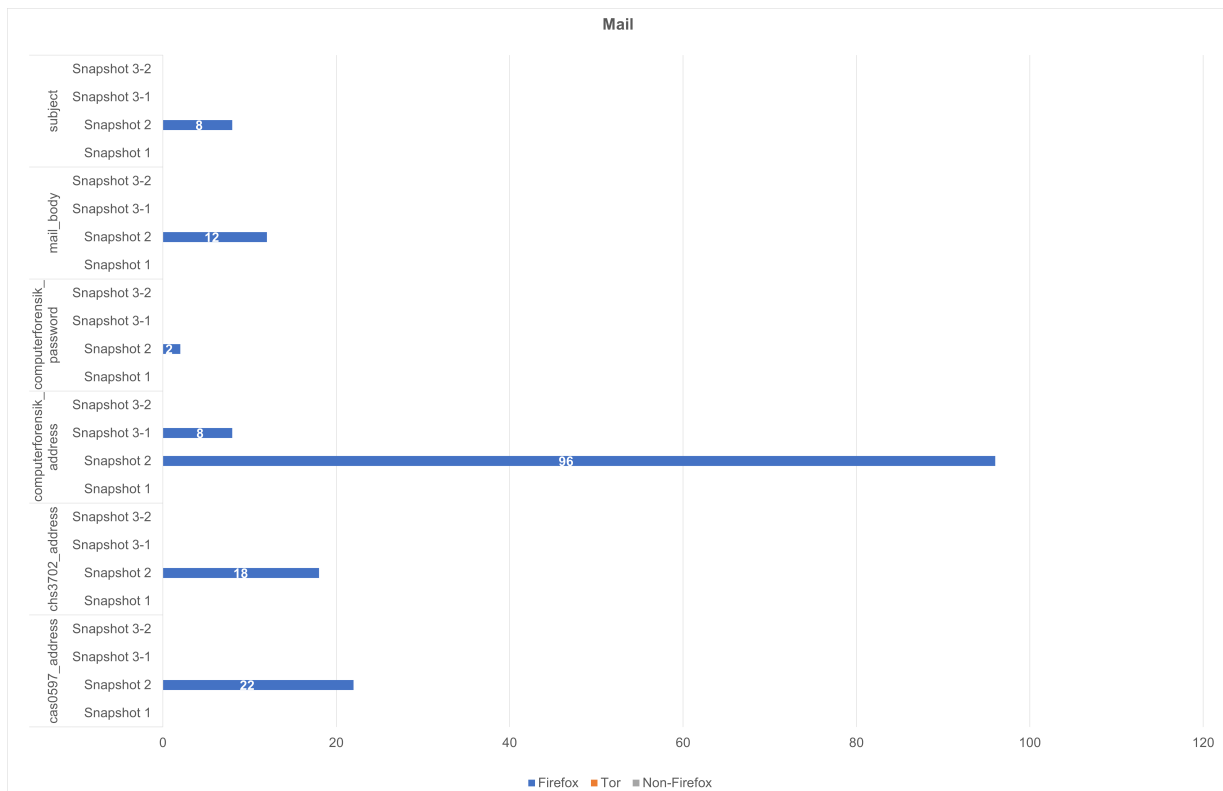


Abbildung 5.28: Mail

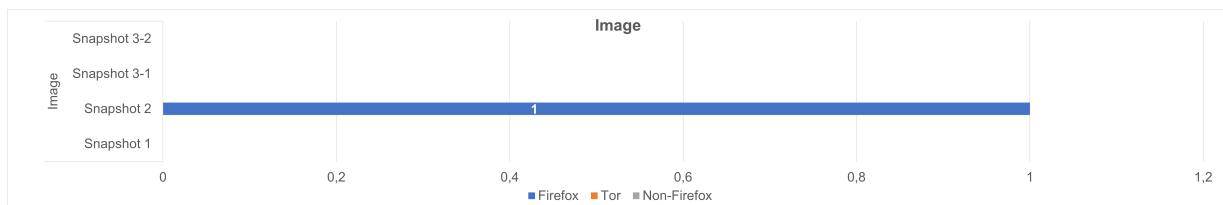


Abbildung 5.29: Image

Zusammenfassung = Stacked Bar Chart: - PB Artefakte ausschließlich in RAM Dump 2 und 3-1 gefunden - Nach Identitäts-Reset deutlich weniger Artefakte vorhanden - Am meisten URL-Artefakte gefunden, wobei mallofamerica.com dominant - HTML Artefakte wurden in keinem RAM Dump gefunden

TODO: Kreisdiagramme/Balkendiagramme mit Gesamtzahl an (Non-)Firefox Yarascan-Treffer erst im Vergleich mit Tor

## Uncommon Locations

Literatur:

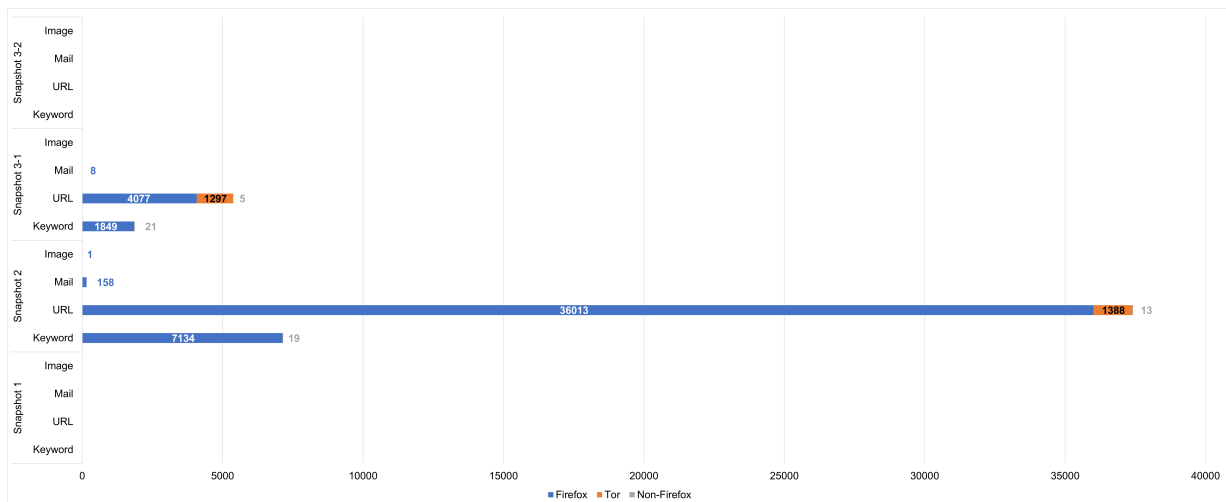


Abbildung 5.30: Summary

## 5.3 Chrome

Anschließend folgt die Analyse des Webbrowsers Chrome. Die Ergebnisse werden dabei wie in den beiden vorherigen Kapitel präsentiert.

### Common Locations

Zuerst werden die Common Locations nach Artefakten des privaten Browsing-Szenarios untersucht. Dabei wird wieder zwischen Datei-Schreiboperationen aus den Process Monitor Logfiles und den SQLite-Datenbanken unterschieden, wie im Kapitel [link] erläutert. Es konnten jedoch keine Artefakte darin gefunden werden.

Eine weitergehende Analyse der Dateien sowie den Datenbanken ist im [link Anhang] detailliert aufgeführt.

### Uncommon Locations

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Uncommon Location Analyse des Chrome Browsers dargelegt. Dafür werden die beiden Forensik-Programme Autopsy und Volatility verwendet.

### Analyse mit Autopsy

Auch in Autopsy konnten keine Artefakte der durchgeführten Browsing-Session gefunden werden, weder durch die Substringsuche, noch durch die Analyse der von Autopsy kategorisierten Dateien. Eine weitergehende Analyse einiger kategorisierter Dateien ist in [link Anhang] zu sehen.



## Analyse mit Volatility

Nachdem bis jetzt noch keine Artefakte gefunden werden konnten, folgen nun die Analyseergebnisse des Hauptspeichers (RAM) mittels des Forensik-Tools Volatility. Im RAM konnten schließlich Artefakte gefunden werden. Diese wurden mittels des Volatility Plugins Yarascan identifiziert werden, wobei die Yara-Regeln aus [link Kapitel] verwendet wurden. Zusätzlich zu den erkannten Strings spielt auch noch die PID eine entscheidende Rolle, da damit der Treffer entweder dem Browser oder einem anderen Prozess eindeutig zuordnet werden kann. Die Ergebnisse dieser String-Suche werden nachfolgend dargelegt.

**Yara-Regel „HTML“** Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Analyse der beiden vorherigen Browser, konnte ein HTML-Fragment bei Chrome im Arbeitsspeicher gefunden werden.

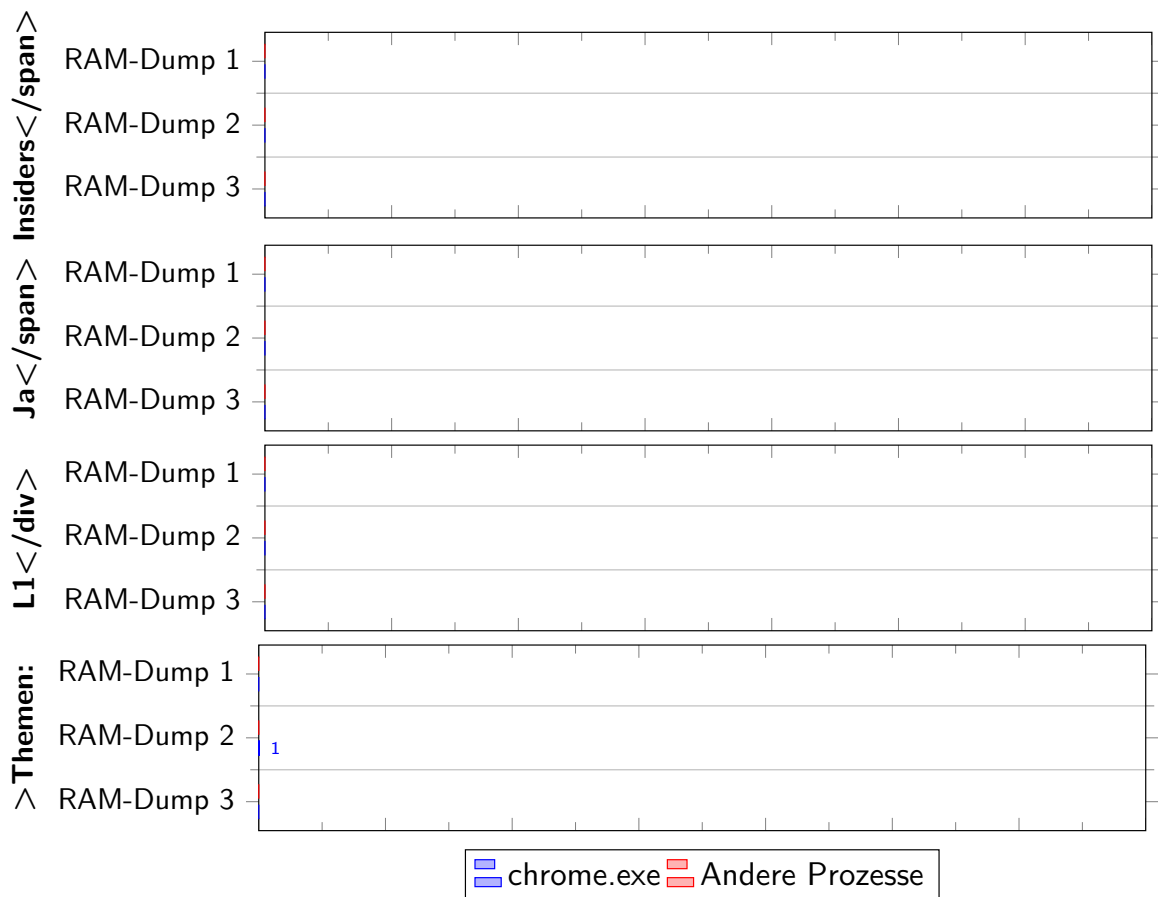


Tabelle 5.1: Anzahl gefundener HTML-Fragmente im Chrome RAM

## 5.4 Brave

Analyse aller Schreiboperationen mittels des ProcessMonitors:

2 Logs aufgezeichnet gemäß [link], Analyse in getrennten Kapiteln

### Process Monitor Log 1

Unterschieden in bekannte Browser-Pfade (Browser-Pfad) und andere Pfade (außerhalb des typischen Browser-Pfades)

Bekannt:

Glob gegliedert in Dateiendungen, mit möglichen Erklärungen:

=> Zusammenfassung in Tabelle

Unbekannter Pfad:

- tmp files, nicht mehr auffindbar

- 

Alle Schreiboperationen mit aufnehmen in Anhang evtl.

### Process Monitor Log 2

Hier Erklärungen zu 2. mit Tabelle rein

### Databases

Welche Datenbanken sind wann vorhanden? Was verändert sich über die Zeit? Textuell + Tabellarisch zeigen!

### Registry

#### Process Monitor

Zuerst die im Process Monitor aufgeze

#### Hives-Extraction inklusive Analyse

Dann Auslesen der bereits in [link] dargestellten Hives + Einlesen in Registry Explorer. Liefert bei allen 3 betrachteten Snapshots keine Ergebnisse

## **Black-Box Analyse/Uncommon Locations**

### **Analyse mit Autopsy**

### **Analyse mit Volatility**

Jeweils schöne Tabellen hierzu:

Keywords

URL

Mail

HTTP inkl. Screenshots hier (Verweis nach oben)

Image + Summary Tabellen hier am Ende no!

## 6 Vergleich der Browser

- Zusammenfassung: Vergleich Tor v. Firefox und Brave v. Chrome

Firefox vs Tor: > Gestacktes Balkendiagramm zu veränderten SQLite DBs => Erst bei Vergleich mit Tor!

- Firefox v. Chrome (SStandardbrowser") - Tor v. Brave (SSichere Browser") - Zum Schluss: Eine große Tabelle"mit den wichtigsten Kategorien?

## 7 Diskussion

> Artefakte im DNS Cache: [21] ■ DNS-Caching ist eine Bedrohung für private Browsing ■ Diese Schwachstelle entsteht, weil das Betriebssystem DNS-Anfragen des Browsers im Cache speichert, unabhängig davon, ob der Browser im privaten Modus ist oder nicht ■ Mehrere Jahre nach der Meldung dieser Schwachstelle besteht sie immer noch in allen Browsern fort ■ Es wurden einige Erweiterungen von Drittanbietern entwickelt, um dieses Problem zu beheben, aber keine davon wurde von den Browserherstellern übernommen.

> Viele RAM-Artefakte - Firefox [15] ■ Darcie et al. (2014) fanden Beweise für das Web-Browsing in Form von JPEG- und HTML-Dateien in Live-Forensik, aber eine statische Forensik war erfolglos. ■ Eine vorherige Live-Forensik-Analyse des Firefox-Browsers zeigte, dass Artefakte aus einer privaten Browsing-Sitzung aus dem Speicher wiederhergestellt werden konnten. (Findlay and Leimich, 2014).

> IE hinterlässt viele Spuren im Gegensatz zu Ergebnissen: [13] o hidden folders are usually stored at C:/Users/User/AppData o evidence searches are conducted extensively in the C: partition o bookmarks remain and can be viewed o downloads remain in the downloads folder until the user manually deletes them o CacheView trace entire URL and browsing histories including the temporary files CacheView enables to find the image's URL and from specific website

> Urteil über die Privatheit von Tor nach [15] The design aim of preventing Tor from writing to disk (Perry et al., 2018) is not achieved in this version. ■ Configuration files, downloaded files, and browserrelated data are recoverable from the file system. ■ Significant data-leakage from the browsing session occurred: HTTP header information, titles of web pages and an instance of a URL were found in registry files, system files, and unallocated space. ■ The data-leakage contained the German word for 'search' in reference to a Google search. This hints at the locale of the Tor server used to exit the network (exit relay). The Tor Project's design aim of enabling secure deletion of the browser (Sandvik, 2013) is not achieved in this version. ■ References to: the installation directory, Firefox SQLite files, bridging IPs/ports, default bookmarks, Tor-related DLLs and Tor product information were all recovered after the browser was deleted. ■ In a scenario where the operating system paged memory, an instance

Weiterführende Arbeiten: > Cross-mode interference [9]: o the Chrome://memory page displays all the opened tabs in the browser regardless if they are in the usual or private mode -> Nicht mehr aktuell -> Stattdessen: Chrome Task-manager (Ctrl + Esc), Funktioniert auch bei Firefox > Unser Scope: Process Monitor nach Prozessnamen gefiltert - Weiterführend: Nach Pathnamen filtern: "Common Locations"

> Für wen wird Browser entwickelt > Warum und für wen wird Private Browsing analysiert? > Ist das Auffinden privater Browsing Artefakte Schuld von Browser Entwicklern? (Oder Schuld des Betriebssystems, wie in (TODO!) erwähnt)

## 8 Fazit

Einleitend werden Struktur, Motivation und die abgeleiteten Forschungsfragen diskutiert.

# Anhänge

All File Operations Firefox

LOGFILE 1:				
	Dateistatus	Verwendetes Tool zur Analyse	Enthaltenes Artefakte	
Cache	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
Datei:reporting	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	HxD	Keine PB Artefakte	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	sql33 Kommandozeile	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
SQLite	Dane vorhanden	sql33 Kommandozeile	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	sql33 Kommandozeile	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Dane nicht wiederherstellbar	dejeont4 - Nonpad++	Keine PB Artefakte	
Sessionstore	Dane vorhanden	HxD	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	Nonpad++	Keine PB Artefakte	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
LOGFILE 2:				
	Dateistatus	Verwendetes Tool zur Analyse	Enthaltenes Artefakte	
Cache	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	Modul:acheView	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	HxD	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	N/A	N/A	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	N/A	N/A	
Datei:reporting	Dane vorhanden	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	sql33 Kommandozeile	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	sql33 Kommandozeile	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
SQLite	Dane vorhanden	sql33 Kommandozeile	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	dejeont4 - Nonpad++	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	HxD	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	Nonpad++	Keine PB Artefakte	
Sessionstore	Dane vorhanden	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	SQL:as Viewer	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	dejeont4 - Nonpad++	Keine PB Artefakte	
	Dane vorhanden	HxD	Keine PB Artefakte	
	Nicht-Hilfsdatei verwendet	Nonpad++	Keine PB Artefakte	
Sonstige Dateien	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	
	Dane nicht wiederherstellbar	N/A	N/A	

Abbildung .1: All File Operations Firefox: Logfile 1 vs. Logfile 2



# All File Operations Tor

[illegible]

Abbildung .2: All File Operations Firefox: Logfile 1 vs. Logfile 2 vs. Logfile 3

# Literatur

- [1] Gaurav Aggarwal u. a. "An Analysis of Private Browsing Modes in Modern Browsers." In: *USENIX security symposium*. 2010, S. 79–94.
- [2] Gabriele Bonetti u. a. "Black-box forensic and antifoensic characteristics of solid-state drives". In: *Journal of Computer Virology and Hacking Techniques* 10 (2014), S. 255–271.
- [3] Howard Chivers. "Private browsing: A window of forensic opportunity". In: *Digital Investigation* 11.1 (2014), S. 20–29.
- [4] Divya Dayalamurthy. "Forensic memory dump analysis and recovery of the artefacts of using tor bundle browser–the need". In: (2013).
- [5] Hasan Fayyad-Kazan u. a. "Forensic analysis of private browsing mechanisms: Tracing internet activities". In: (2021).
- [6] Ms Pooja Gupta. "Capturing Ephemeral Evidence Using Live Forensics". In: *IOSR J. Electron. Commun. Eng* (2013), S. 109–113.
- [7] Meenu Hariharan, Akash Thakar und Parvesh Sharma. "Forensic Analysis of Private Mode Browsing Artifacts in Portable Web Browsers Using Memory Forensics". In: *2022 International Conference on Computing, Communication, Security and Intelligent Systems (IC3SIS)*. IEEE. 2022, S. 1–5.
- [8] Nihad A Hassan. *Digital forensics basics: A practical guide using Windows OS*. Apress, 2019.
- [9] Ashley Hedberg. *The privacy of private browsing*. Techn. Ber. Technical Report, Tufts University, MA, USA, 2013.
- [10] Graeme Horsman u. a. "A forensic examination of web browser privacy-modes". In: *Forensic Science International: Reports* 1 (2019), S. 100036.
- [11] Aina Izzati und Nurul Hidayah Ab Rahman. "A Comparative Analysis of Residual Data Between Private Browsing and Normal Browsing Using Live Memory Acquisition". In: *Applied Information Technology And Computer Science* 3.2 (2022), S. 68–83.
- [12] Ahmed Redha Mahlous und Houssam Mahlous. "Private Browsing Forensic Analysis: A Case Study of Privacy Preservation in the Brave Browser". In: *International Journal of Intelligent Engineering Systems* 13.06 (2020), S. 294–306.
- [13] Raihana Md Saidi u. a. "Analysis of Private Browsing Activities". In: *Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences (RCSTSS 2016) Theoretical and Applied Sciences*. Springer. 2018, S. 217–228.
- [14] Reza Montasari und Pekka Peltola. "Computer forensic analysis of private browsing modes". In: *Global Security, Safety and Sustainability: Tomorrow's Challenges of Cyber Security: 10th International Conference, ICGS3 2015, London, UK, September 15-17, 2015. Proceedings 10*. Springer. 2015, S. 96–109.

- 
- [15] Matt Muir, Petra Leimich und William J Buchanan.  
"A forensic audit of the tor browser bundle". In: *Digital Investigation* 29 (2019), S. 118–128.
- [16] Donny Jacob Ohana und Narasimha Shashidhar.  
"Do private and portable web browsers leave incriminating evidence? a forensic analysis of residual artifacts from private and portable web browsing sessions".  
In: *2013 IEEE Security and Privacy Workshops*. IEEE. 2013, S. 135–142.
- [17] Daniel Perdices u. a.  
"Web browsing privacy in the deep learning era: Beyond VPNs and encryption".  
In: *Computer Networks* 220 (2023), S. 109471.
- [18] Digvijaysinh Rathod. "Darknet forensics". In: *future* 11 (2017), S. 12.
- [19] Tri Rochmadi, Imam Riadi und Yudi Prayudi.  
"Live forensics for anti-forensics analysis on private portable web browser".  
In: *Int. J. Comput. Appl* 164.8 (2017), S. 31–37.
- [20] Huwida Said u. a. "Forensic analysis of private browsing artifacts".  
In: *2011 International Conference on Innovations in Information Technology*. IEEE. 2011, S. 197–202.
- [21] Kiavash Satvat u. a. "On the privacy of private browsing—a forensic approach".  
In: *Data Privacy Management and Autonomous Spontaneous Security: 8th International Workshop, DPM 2013, and 6th International Workshop, SETOP 2013, Egham, UK, September 12-13, 2013, Revised Selected Papers*. Springer. 2014, S. 380–389.
- [22] Yunus Yusoff, Roslan Ismail und Zainuddin Hassan.  
"Common phases of computer forensics investigation models".  
In: *International Journal of Computer Science & Information Technology* 3.3 (2011), S. 17–31.