

# ESSE Einführung in Security – VO 11: Mobile Security

Paul Kalauner, Raphael Kiefmann, Rafael Vrecar, Vanessa Hohenegger,  
Christian Schanes



## Motivation Mobile Security

### Android

Grundlagen & Allgemeines

Apps (Entwicklung, Verbreitung, Aufbau)

Threatmodell

Sicherheitsmodell

### iOS

Grundlagen & Allgemeines

Integritätssicherung

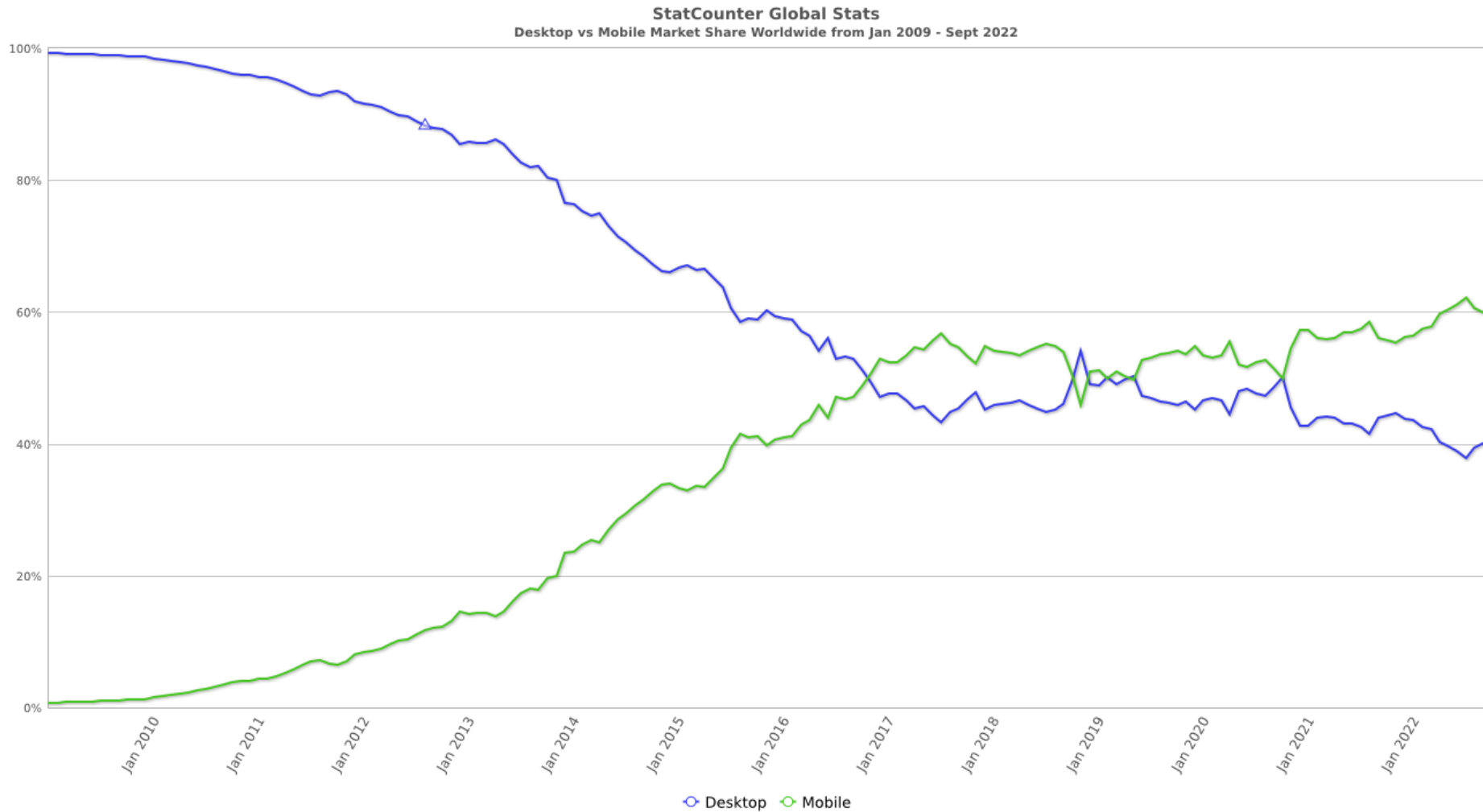
Apps (Entwicklung, Verbreitung, Aufbau)

Datenspeicher

## Ausblick, Literatur & Zusammenfassung

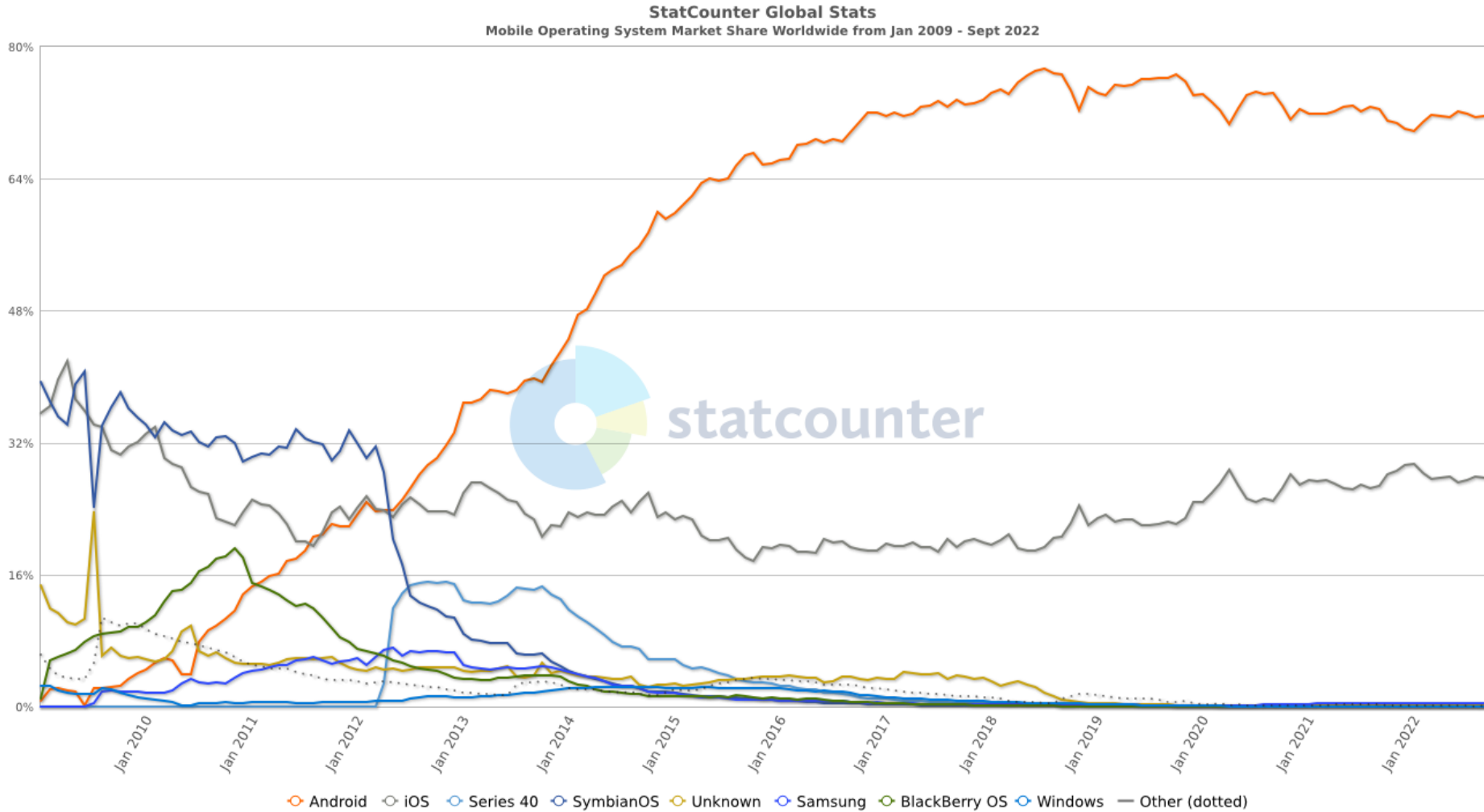
# Motivation Mobile Security

# Desktop vs. mobile Betriebssysteme



(Vergleiche <https://gs.statcounter.com/platform-market-share>)

# Marketshare mobiler Betriebssysteme



(Vergleiche <https://gs.statcounter.com/os-market-share>)

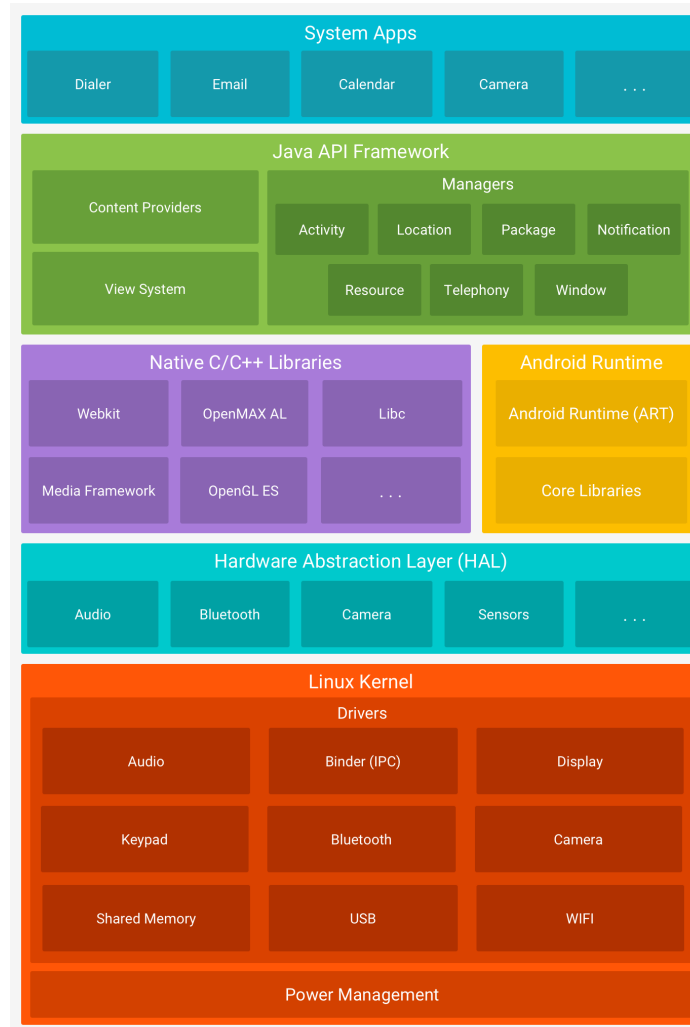
- SMS, E-Mail, Kontakte und Telefonie
- Standort, Kamera und Mikrofon
- Zugangsdaten
- 2FA Tokens
- Datamining (Fitness, persönliches Monitoring)
- *Internet of Things* Steuerung

# Android: Grundlagen & Allgemeines

- basierend auf Linux
- weitere Security-Maßnahmen durch SELinux
- Open Source: <https://source.android.com>
- *aber*: oftmals proprietäre Erweiterungen durch Smartphone(komponenten)-Hersteller



# Schematischer Aufbau von Android



(Vergleiche <https://developer.android.com/guide/platform>)

# Entwicklung von Android und seinen Applikationen 1/2

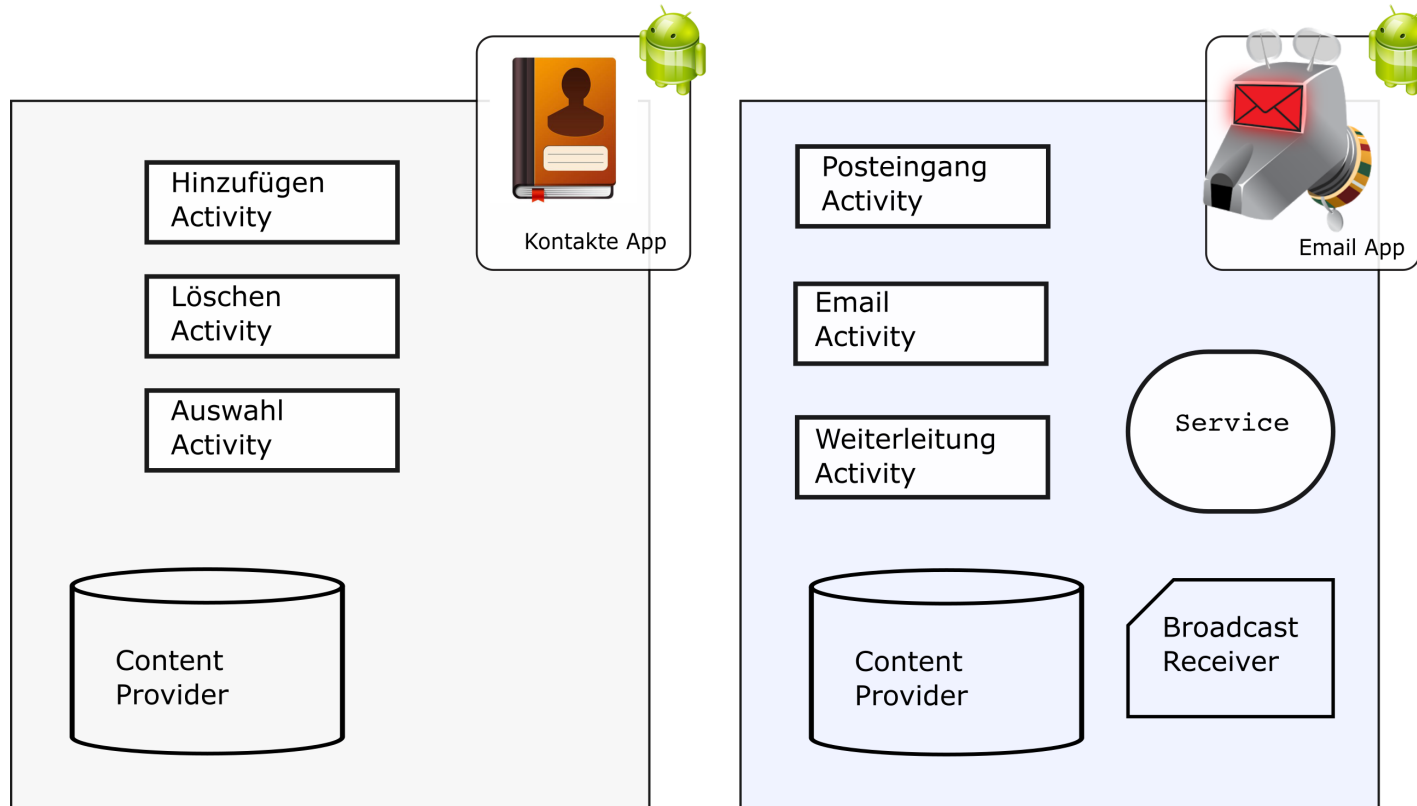
- Verwendung unterschiedlicher Sprachen zur Entwicklung von Android und Android Apps
- IDE: Android Studio – <https://developer.android.com/studio>
- Entwicklung des Android-Systems zumeist in Systemprogrammiersprachen
  - C/C++
  - Rust – <https://play.rust-lang.org>
  - aber auch Java und Kotlin werden verwendet

Entwicklung von nativen Apps erfolgte zuerst in Java und dann Kotlin – <https://play.kotlinlang.org>

- mittlerweile existieren verschiedene Frameworks und Bibliotheken, welche die Entwicklung in anderen Programmiersprachen erlauben, z.B. React Native oder Flutter
- oftmals werden auch Shared Objects, die über das Java Native Interface (JNI) verfügbar sind, integriert

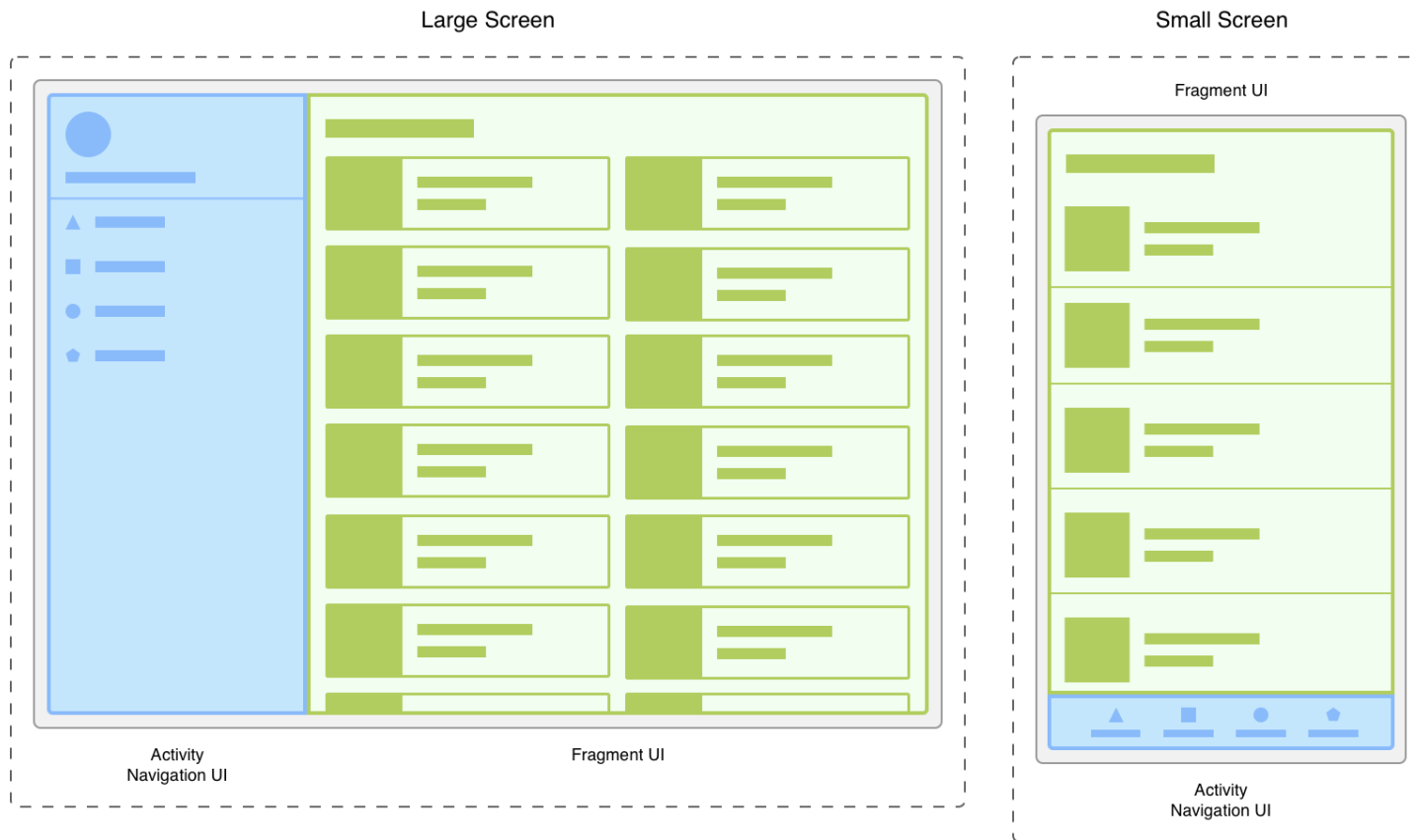
# Android: Apps (Entwicklung, Verbreitung, Aufbau)

# Komponenten-Übersicht



- App besteht aus Komponenten: Activity, Service, BroadcastReceiver, ContentProvider

- „Entry Point“ einer Android-Applikation
- beinhaltet Fragments und Layouts
- muss im Android-Manifest deklariert werden
- heute: meist einzige Activity, mehrere Fragments



- (wiederverwendbarer) Teil der UI
- meist ein Fragment pro „Seite“

(Vergleiche <https://developer.android.com/guide/fragments>)

- für langlebige Hintergrund-Operationen
- Musik-Player, Downloads etc.
- Vordergrund-Services
  - dauerhaft sichtbar für Nutzer:innen (Benachrichtigung)
  - Ausführung auch wenn Nutzer:innen andere App verwendet
- Hintergrund-Services
  - „unsichtbar“ für Nutzer:innen
  - limitierte Funktionalität



- verwaltet Zugriff auf App-Daten
- ermöglicht Zugriff auf Daten anderer Apps
- ermöglicht es, Daten für andere Apps zugänglich zu machen

- ermöglicht Reaktion auf globale Events (z.B. Erhalt einer SMS)
- kann als weiterer „Entry Point“ einer App dienen
- z.B. Öffnen der App wenn Kamerataste gedrückt wurde

# Android Package Format (APK)

- ZIP-Datei
- vollständige, installationsbereite Android-Applikation
- aus installierten Apps extrahierbar
- APKs können von unbekanntem Quellen installiert werden (Sideloadung)
  - USB
    - Android Debug Bridge
    - <https://developer.android.com/studio/command-line/adb>
    - `adb install <path_to_apk>`
  - Datei auf Smartphone (Download etc.)

- `AndroidManifest.xml`: Deklariert App-Name, Komponenten etc.
- `lib/`: Libraries und kompilierter, plattformabhängiger Code
- `res/`: Ressourcen (z.B. Icons, Layouts etc.)
- `assets/`: Assets (z.B. Texturen)
- `classes.dex`: Im DEX-Format kompilierte Klassen

# Dalvik EXecutable Format (DEX)

- beinhaltet Dalvik Byte Code
- konvertierbar in Smali (Human-Readable Representation)
  - smali/baksmali – <https://github.com/JesusFreke/smali>
  - Apktool – <https://ibotpeaches.github.io/Apktool>

Java Code:

```
int x = 42
```

Dalvik Byte Code:

```
13 00 2A 00
```

Smali Repräsentation:

```
const/16 v0, 42
```

# Android Runtime (ART)

- führt DEX Byte Code aus
- seit Android 5 (Ersetzt Dalvik VM)
- Ahead-of-time (AOT) Kompilierung (bei Installation)
- sandboxed (Eine ART Instanz pro App)
- seit Android 7: „Hybrid“-Lösung AOT + JIT

# Android: Threatmodell

- Forensic Attacks
- Network-based Attacks
- Code Execution Attacks
- Web-based Attacks
- Physical Proximity Attacks (USB, NFC)
- ...



## Was eine App nicht ermöglichen sollte

- Störung anderer Apps
- Datendiebstahl, Spionage
- unerwartete Kosten verursachen
- Denial of Service (z.B. Notruf)
- auf alle OS-Funktionen (z.B. Mikrofon) zugreifen können
- ...

- Byte Code vergleichsweise einfach dekompilierbar
- Dalvik Byte Code (`classes.dex`) kann in Java Byte Code (JAR-Datei) konvertiert werden
  - ⇒ `dex2jar` – <https://github.com/pxb1988/dex2jar>
- resultierende JAR-Datei kann mit üblichen Java Decompilation Tools analysiert werden
  - ⇒ `jd-gui` – <https://java-decompiler.github.io>
- Shortcut: DEX to Java Decompiler
  - ⇒ `jadx` – <https://github.com/skylot/jadx>

- bekannte App verwenden
- disassemblieren und Payload einfügen
- reassemblieren und in (in)offiziellm Store veröffentlichen
- die *umverpackte* App enthält oft Malware mit verschiedenen Funktionen
  - Diebstahl von Informationen
  - Diebstahl von Zugangsdaten
  - Premium-Rate Anrufe und SMS
  - Spam via SMS und E-Mail
  - Erpressung des Opfers

# Android: Sicherheitsmodell

- Apps laufen in eigener VM isoliert durch OS
- jede App bekommt eigenen Linux User  
a<number>\_a<packagenumber>
- Verzeichnis in /data/user/<username>/<packagename>
- durch Linux-Berechtigungen geschützt
- Mandatory Access Control (SELinux)

- Berechtigungen steuern Zugriff auf Ressourcen
  - Kamera und Mikrofon
  - Kontakte und Telefonie
  - Location Services
  - ...
- explizites Einverständnis
- Einhaltung durch OS gegeben
- feingranularer und widerrufbar ab Android 6

- APKs sind mit selbstsignierten Zertifikaten signiert
- Apps im Play Store können nur mit selbem Zertifikat aktualisiert werden
- allerdings: Code kann während Laufzeit nachgeladen werden
  - via HTTP(S): Man-in-the-Middle möglich
  - vom lokalen Dateisystem: Potenziell von anderen Apps veränderbar
  - malizöse App mit selbem Package-Namen könnte bereits installiert sein

⇒ Signierung liefert keine Information über ausgeführten Code

# Android App Bundle (AAB)

- Verwendung ab August 2021 verpflichtend
- App Bundle wird mit Upload Key signiert und hochgeladen
- Google signiert AAB mit eigenem Key und generiert APK
  - APKs sind zugeschnitten auf verschiedene Geräte (Bildschirmauflösungen, Architekturen, ...)
  - bei Verlust des Upload Keys kann neuer Key generiert werden



- Root/Jailbreak Detection
- Identifier Obfuscation (Proguard)
- String Obfuscation, Class Encryption, Junk Code Insertion, Call Graph Flattening
- Native Code vs. Byte Code Obfuscation

# iOS: Grundlagen & Allgemeines

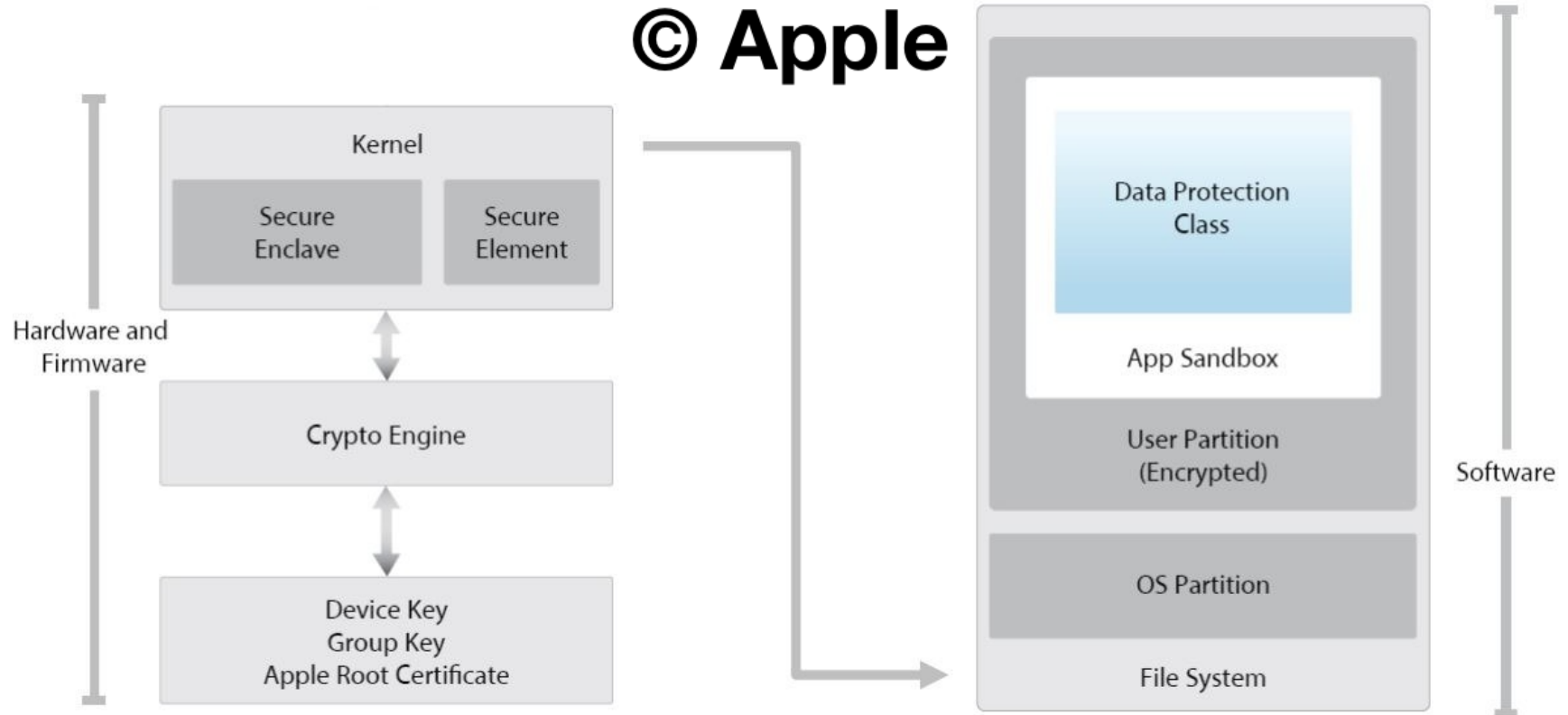
- Apples Software im Allgemeinen „Closed Source“
- ⇒ bzgl. Informationen *abhängig* von ...
  - Apple
  - Researcher:innen, die „Reverse Engineering“ betreiben
- ⇒ Vorlesungseinheit basiert stark auf Apples Dokumentation & Papers von Researcher:innen (Details im Literaturverzeichnis)
- einige der vorgestellten Konzepte auch von anderen Betriebssystemen/Plattformen verwendet
- in dieser Vorlesung angeführte Informationen gelten auch für iPadOS (sofern nicht explizit Gegenteiliges angemerkt)

# Update-Zyklus & Architektur von iOS

- jährlicher Versionssprung („große“ Features, Designänderungen)
- Point-Releases im Verlauf des Jahres (Security, kleinere Features)
- ∅ **Support:** 5-6 Jahre (iPhone 6S bspw. sogar 7),  
ältere Versionen bekommen u.U. ebenfalls noch Sicherheitsupdates
- größtenteils „Closed Source“, nur auf Apple-Geräten unterstützt
- basiert auf macOS (bzw. OS X) – siehe vorangegangene Einheit
- aktuelle Version (Herbst 2023): iOS 17

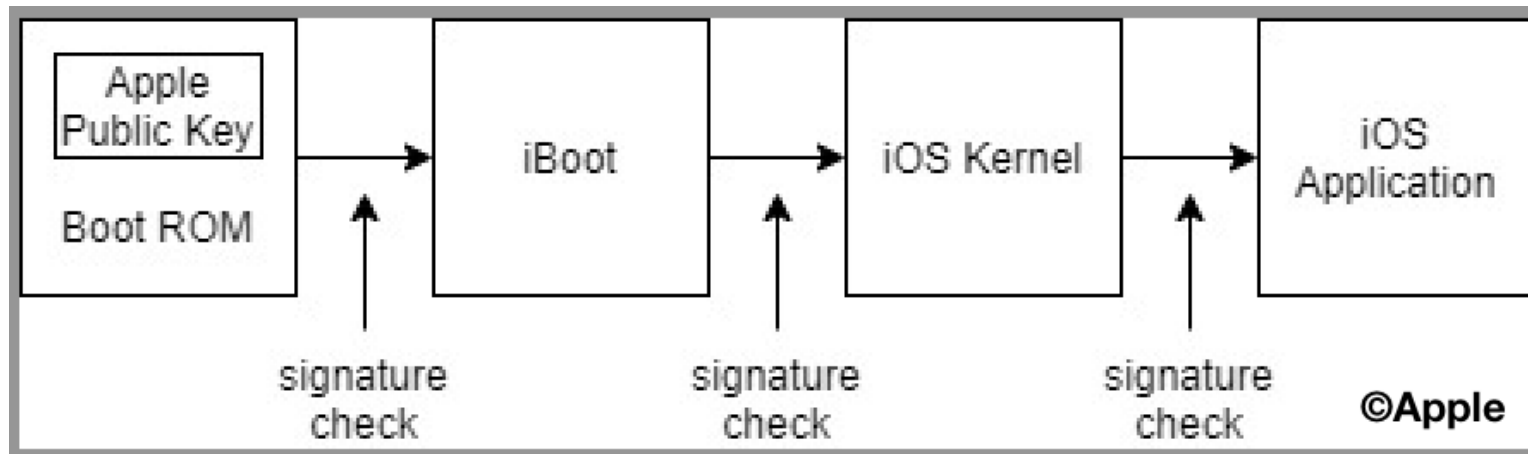


# iOS: Integritätssicherung



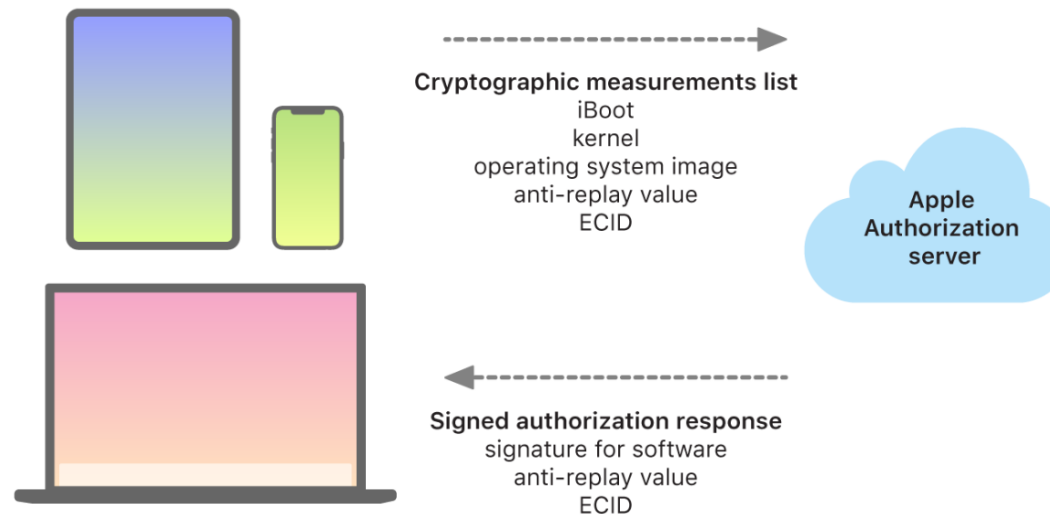
# Secure Boot: Überblick

- jeder Schritt enthält **Integritätscheck**  
(kryptographisch signiert von Apple)
- „Chain of Trust“ (Kette des Vertrauens)
- **Ziel:** Lowest Level Software soll nicht modifiziert werden



# Sichere Software Updates

- Signatur-Prozess verhindert, dass ältere Versionen installiert werden (Apple signiert alte OS-Versionen nicht mehr)
- Update über Finder/iTunes: volle OS-Kopie wird geladen, over-the-air Update: nur benötigte Komponenten werden geladen
- Data Volume ist während Updates unmounted
- Updates werden durch Exclusive Chip ID (ECID) personalisiert



How Apple devices interact with the Apple Authorization server.

© Apple



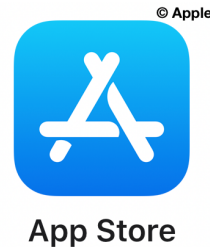
# iOS: Apps (Entwicklung, Verbreitung, Aufbau)

# iOS Apps – Entwicklung

- **iOS Software Development Kit (SDK)**: enthält Ressourcen, Technologien & Werkzeuge für iOS-App-Entwicklung – kostenlos
- iOS Apps können *nur auf macOS* entwickelt werden
- **Xcode**: kostenloser Projekt- & Schnittstellen-Builder
- seit 2015 empfiehlt Apple Verwendung von **Swift**, davor **Objective-C**



- **Apple App Store:** digitale Plattform für Verbreitung von iOS Apps
- App Store stellt Anforderungen an Apps (z.B. Sicherheit, Datenschutz) ⇒ Prüfung vor Veröffentlichung
- **Apple Developer Program:** Entwickler:innen müssen sich registrieren, um iOS Apps im App Store anbieten zu dürfen
- Apps müssen durch Entwickler:innen signiert sein, damit im App Store veröffentlicht werden können ⇒ *Zertifikatvalidierung* (über Apple Developer Program)
- Apple Developer *Enterprise* Program (für Unternehmen)  
⇒ **Provisioning Profile:** ermöglicht Ausführung interner Apps auf Geräten von Mitarbeitenden



- stellt sicher, dass alle Apps von bekannten & genehmigten Quellen stammen & nicht manipuliert wurden
- gesamter ausführbarer Code muss mit von Apple ausgegebenem Zertifikat signiert sein
  - ab Werk vorhandene Apps (z.B. Mail, Safari)
    - ⇒ von Apple signiert
  - Apps von Dritten
    - ⇒ von Entwickler:in signiert
- „Chain of Trust“-Konzept auf Apps ⇒ verhindert, dass Apps Dritter nicht signierten Code ausführen

- jede App Dritter läuft in eigener Sandbox
- Apps können keine von anderen Apps gespeicherten Informationen abrufen oder verändern
- ermöglicht Trennung von anderen Apps & OS
- Systemdateien & Ressourcen werden von den User:innen-Apps abgeschirmt
- Apps Dritter sowie meiste Systemdateien & Ressourcen von iOS als nicht privilegierte:r User:in „mobile“ ausgeführt
- gesamte Betriebssystempartition  $\Rightarrow$  nur Lesezugriff

# iOS App Store Package (IPA)

- **iOS App Store Package (\*ipa-Datei):** ZIP-Archiv, enthält Ressourcen, kompilierten Anwendungscode & Metadaten
- wird mit Entwickler:innenzertifikat signiert & im App Store veröffentlicht
- enthält Ordner „Payload“, der Anwendungsdaten enthält
- **„Application.app“-Datei:** enthält App-Binärdatei, Bundle-Ressourcen, Embedded.mobileprovision, \_CodeSignature
- Embedded.mobileprovision ermöglicht Entwickler:innen, iOS-Anwendung ohne Xcode neu zu signieren
- \_CodeSignature ermöglicht Überprüfung der Integrität
- ausführbare Datei im Bundle ist im „Mach-O-Objektdateiformat“

- = eindeutige Kennung für eine App
  - *Beispiel:* App Store: `com.apple.AppStore`
  - werden benötigt, um z.B. Capabilities zuzuweisen

```
[ % frida-ps -Uai
PID Name Identifier
-----
5572 Ada net.medx.Ada.production
5616 Einstellungen com.apple.Preferences
5629 Filza com.tigissoftware.Filza
5263 Kamera com.apple.camera
5815 WhatsApp net.whatsapp.WhatsApp
- Aktien com.apple.stocks
- App Store com.apple.AppStore
- Bücher com.apple.iBooks
- Cydia com.saurik.Cydia
- Dateien com.apple.DocumentsApp
- Erinnerungen com.apple.reminders
- FaceTime com.apple.facetime
- Fotos com.apple.mobileslideshow
- Health com.apple.Health
- Home com.apple.Home
- Kalender com.apple.mobilecal
- Karten com.apple.Maps
- Kompass com.apple.compass
- Kontakte com.apple.MobileAddressBook
- Kurzbefehle com.apple.shortcuts
- Mail com.apple.mobilemail
- Maßband com.apple.measure
- Musik com.apple.Music
- Nachrichten com.apple.MobileSMS
- Notizen com.apple.mobilenotes
```

## Bundle:

- enthält Verzeichnis für jede auf Gerät installierte App
- *Pfad*: `/private/var/containers/Bundle/Application/<UUID>`
- jedes App-Verzeichnis enthält Ordner `<App-Name>.app`, in dem Ressourcen, `Info.plist` & Binär-Dateien enthalten

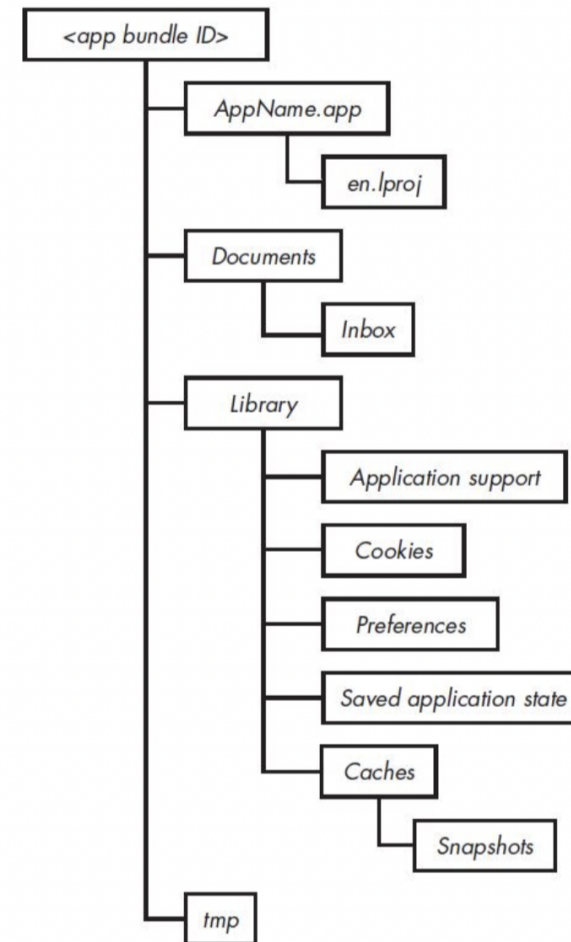
## Shared:

- für App-Gruppen: Apps eines Entwickler:innenaccounts können Inhalte, Schlüsselbundobjekte, Einstellungen gemeinsam verwenden
- *Pfad*:  
`/var/mobile/Containers/Shared/AppGroup/<App-Group-Identifizier>`
- enthält Anwendungen zur gemeinsamen Nutzung von Daten



# iOS App-Verzeichnisse: „Data“

- speichert App-Laufzeitdaten
- *Pfad:*  
`/var/mobile/Containers/  
Data/Application/  
<UUID>`
- enthält für jede installierte App Ordner mit Bundle-ID als Namen
- enthält Daten wie Einstellungen, Caches & Cookies



(Vergleiche David Thiel. iOS Application Security: The Definitive Guide for Hackers and Developers. San Francisco: No Starch Press, 2016.)

# Eigenschaftslisten-Dateien (.plist)

- **Property List (plist)-Dateien** dienen zur Speicherung von Anwendungskonfigurationsdaten
- können binäres oder XML-Format haben
- = Wörterbuch, das hierarchische Schlüssel-Wert-Paare speichert
- können im Klartext abgerufen werden  $\Rightarrow$  sensible Informationen (z.B. Anmeldedaten) sollten nicht darin gespeichert werden

- muss immer im IPA vorhanden sein
- im Stammverzeichnis der App gespeichert
- beinhaltet Informationen wie z.B. Bundle-ID oder unterstützte iOS-Versionen
- beinhaltet Nutzungsbeschreibungstexte („purpose string“) für geschützte Ressourcen (z.B. Fotos, Standort)
  - in Eingabeaufforderung verwendet, wenn Erlaubnis erfragt
  - kein String vorhanden  $\Rightarrow$  Versuch schlägt fehl, App kann abstürzen
  - mehr als 20 geschützte Ressourcen, z.B. Kamera, Mikrofon, Dateien, Ordner, Netzwerk, NFC, Standort

# Info.plist: Beispiel (XML)

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <!DOCTYPE plist PUBLIC "-//Apple//DTD PLIST 1.0//EN" "http://www.apple.com/DTDs/
   PropertyList-1.0.dtd">
3 <plist version="1.0">
4 <dict>
5   <key>NSLocationWhenInUseUsageDescription</key>
6   <string>Your location is used to help you find health services near you.</string>
7   <key>CFBundleDevelopmentRegion</key>
8   <string>en</string>
9   <key>CFBundleURLTypes</key>
10  <array>
11    <dict>
12      <key>CFBundleURLSchemes</key>
13      <array>
14        <string>adahealth</string>
15        <string>ada</string>
16      </array>
17      <key>CFBundleURLName</key>
18      <string>com.ada.app</string>
19    </dict>
20  </array>
21
22  <!-- [...] -->
23 </dict>
24 </plist>
```

## Keychain (Schlüsselbund)

- kann verwendet werden, um sensible Daten (z.B. Passwörter, Anmeldedaten, Zertifikate) zu speichern
- als **SQLite-Datenbank** implementiert, im Dateisystem gespeichert
- Schlüsselbundobjekte werden verschlüsselt
- auf Datenbank kann nur über die API zugegriffen werden
- ein Schlüsselbund für alle Apps unter iOS – außerhalb der App-Sandbox gespeichert

## Lokale Datenspeicher: SQLite

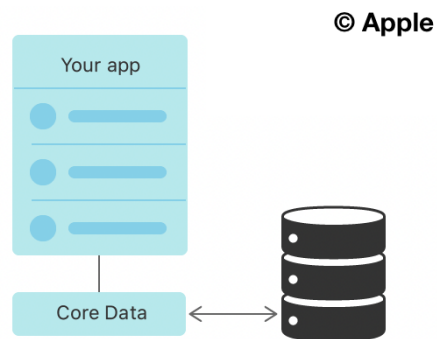
- Datei-basierte Datenbank (.db, .sqlite)
- SQLite-Engine benötigt keinen Server
- kann in Swift mit Hilfe eines Wrappers verwendet werden
- „Light-Version“ komplexer relationaler Datenbankmanagementsysteme wie MySQL  
⇒ weniger leistungsfähig
- verwendet „write-ahead log“ (WAL), um Änderungen in Datenbank zu erfassen

## Lokale Datenspeicher: Core Data

- = Framework, häufig verwendet zur lokalen Speicherung von Daten
- kann Daten für Offline-Nutzung (permanent) speichern, temporär zwischenspeichern & Undo-Funktionalität in App bereitstellen
- Daten als Entity-Attribut-Modell dargestellt  $\Rightarrow$  z.B. in SQLite & XML serialisierbar
- verwaltet Objekt-Instanzen zur Laufzeit
- High-Level-Abstraktionsdarstellung ermöglicht direkte Kommunikation mit SQLite-Datenbanken
- schneller und einfacher Ansatz, um auch große Daten zu speichern, ohne direkt eine Datenbank zu verwalten

Üblicherweise zu finden in:

- `Library/Application Support/[name].sqlite`
- `Documents/[name].sqlite`



(Vergleiche <https://developer.apple.com/documentation/coredata>, abgerufen: 24. November 2023)

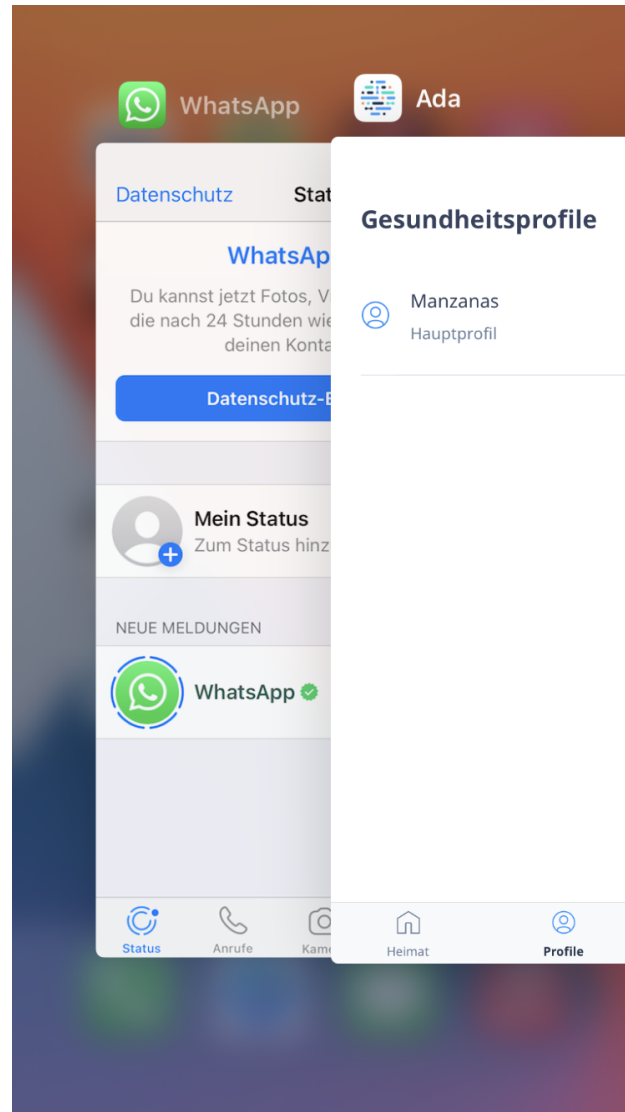


- On-disk Cache für NSURLRequest<sup>1</sup>:
  - kann Passwörter, sensitive Informationen (z.B. Kreditkarte) etc. beinhalten
- automatisch generierte Screenshots durch iOS:
  - wenn App in den Hintergrund geht, macht iOS Screenshot vom App-Fenster
  - kann sensible Informationen zeigen
  - können von Entwickler:in aber deaktiviert werden

---

<sup>1</sup><https://developer.apple.com/documentation/foundation/nsurlrequest>,  
abgerufen: 24. November 2023

# Automatisch generierte Screenshots: Beispiel



# Lokaler Datenspeicher: URL Cache & Snapshots auslesen

- Library/Caches/[Bundle ID]/Cache.db
- größere Dateien unter Library/Caches/[Bundle ID]/fsCachedData
  - *receiver\_data* Spalte in Cache.db  $\Rightarrow$  *isDataOnFS* = 1
  - wenn *isDataOnFS* = 0, dann Daten in Zeile in Cache.db
- **Snapshots** unter Library/SplashBoard/Snapshots/

## Lokaler Datenspeicher: User Defaults

- speichert Daten als Schlüssel-Wert-Paare
- Standardobjekt muss Eigenschaftslisten-Typ sein
- Lese- & Schreibvorgänge haben Auswirkungen auf Anwendungsleistung  
⇒ sollte nicht zum Speichern großer Daten verwendet werden
- in binärer Eigenschaftslisten-Datei im Einstellungsordner (`/Library/Preferences/...plist`) gespeichert
- nicht verschlüsselt, nicht durch Data Protection geschützt  
⇒ nicht empfehlenswert für sensiblen Daten & Anmeldedaten
- kann für Speichern von Einstellungsdaten verwendet werden

# User Defaults: Beispiel (geöffnet in Xcode)

net.medx.Ada.production.plist

net.medx.Ada.production.plist > No Selection

Key	Type	Value
√ Root	Dictionary	(14 items)
com.facebook.sdk:lastATEPing1762502554034645	Date	2022-03-30T04:57:11Z
adj_adservices_tracked	Boolean	1
com.facebook.sdk:FBSDKAppEventsConfiguration	Data	<62706C6973743030D4010203040506070A582476657273696F6E592461726368697665725
> com.facebook.sdk:FBSDKSKAdNetworkConversionConfigur...	Dictionary	(1 item)
com.facebook.appevents.UserDataStore.internalUserData	String	{"r1":"30f8e84349581357f6b9ff744b44e482027380da3f24ec333c678abb97940c30"}
adj_skad_register_call_time	Date	2022-03-28T15:50:16Z
com.facebook.sdk:FBSDKAppEventsConfigurationTimestamp	Date	2022-03-30T06:15:07Z
com.facebook.sdk:FBSDKSettingsInstallTimestamp	Date	2022-03-28T15:50:16Z
deviceUID	String	B216C0D1-90CE-43E4-8622-8419F24286EF
com.facebook.sdk:serverConfiguration1762502554034645	Data	<62706C6973743030D40001000200030004000500060007000A582476657273696F6E59246
com.facebook.sdk:GateKeepers1762502554034645	Data	<62706C6973743030D4010203040506070A582476657273696F6E592461726368697665725
com.facebook.sdk:FBSDKSKAdNetworkReporter	Data	<62706C6973743030D4010203040506070A582476657273696F6E592461726368697665725
adj_install_tracked	Boolean	1
com.braze.disabled	Boolean	1

# Ausblick, Literatur & Zusammenfassung

Es gibt noch viele weitere Themen, die heute keinen Platz gefunden haben ...

- Apple Pay
- Verbundene Devices
- Apple Security Research Devices
- Developer (Kits) Security
- Device Management (innerhalb von Organisationen)
- ...

⇒ LVAs (Mobile Security), Bachelor-, Diplom- & Projektarbeiten bei der ESSE! :)

- Android basiert auf Linux, iOS auf macOS (bzw. OS X)
  - open vs. closed
- beide OS stellen Sandboxing und Berechtigungs-Mechanismen zur Verfügung
- APKs enthalten vollständige Android Applikationen, iOS Apps im ipa-Format
- Android: üblicherweise Java/Kotlin, iOS: Swift (früher: Objective-C)
- Byte Code vs. Machine Code
- zwei (relativ) restriktive App-Stores, wobei bei Android Sideloadung viel einfacher (abwarten: 2024 – Apple vs. EU)



## Literaturverzeichnis 1/11

- Android Runtime (ART) and Dalvik: <https://source.android.com/devices/tech/dalvik>, abgerufen: 24. November 2023
- App Manifest Overview: <https://developer.android.com/guide/topics/manifest/manifest-intro>, abgerufen: 24. November 2023
- Dalvik Executable format: <https://source.android.com/devices/tech/dalvik/dex-format>, abgerufen: 24. November 2023
- Content provider basics: <https://developer.android.com/guide/topics/providers/content-provider-basics>, abgerufen: 24. November 2023
- Broadcasts overview: <https://developer.android.com/guide/components/broadcasts>, abgerufen: 24. November 2023

- Elenkov (2014): Android Security Internals
- Drake, et al. (2014): Android Hacker's Handbook
- Chell (2015): The Mobile Application Hacker's Handbook

## Literaturverzeichnis 3/11

- Apple Keynotes: <https://podcasts.apple.com/us/podcast/apple-events-video/id275834665/>, abgerufen: 24. November 2023
- Secure Enclave: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/sec59b0b31ff/web>, abgerufen: 24. November 2023
- Find My: <https://support.apple.com/en-us/HT204756>, abgerufen: 24. November 2023
- Private Relay: <https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2021/10096>, abgerufen: 24. November 2023
- Safari Privacy: <https://www.apple.com/privacy/>, abgerufen: 24. November 2023

## Literaturverzeichnis 4/11

- Systemsicherheit: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/sec114e4db04/1/web/1>, abgerufen: 24. November 2023
- Sicherheit bei Apps: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/sec35dd877d0/1/web/1>, abgerufen: 24. November 2023
- Hardwaresicherheit – Überblick: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/secf020d1074/1/web/1>, abgerufen: 24. November 2023
- Verschlüsselung & Datensicherheit – Überblick: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/sece3bee0835/1/web/1>, abgerufen: 24. November 2023
- iCloud Sicherheit: <https://support.apple.com/en-us/HT202303>, abgerufen: 24. November 2023

- Apple Dokumentation & Support: <https://support.apple.com/>, abgerufen: 24. November 2023
- Apple Platform Security (May 2021): [https://manuals.info.apple.com/MANUALS/1000/MA1902/en\\_US/apple-platform-security-guide.pdf](https://manuals.info.apple.com/MANUALS/1000/MA1902/en_US/apple-platform-security-guide.pdf), abgerufen: 24. November 2023
- Korak, T., & Hoefler, M. (2014, September). On the effects of clock and power supply tampering on two microcontroller platforms. In 2014 Workshop on Fault Diagnosis and Tolerance in Cryptography (pp. 8-17). IEEE.: [https://online.tugraz.at/tug\\_online/voe\\_main2.getvolltext?pCurrPk=79126](https://online.tugraz.at/tug_online/voe_main2.getvolltext?pCurrPk=79126), abgerufen: 24. November 2023

- Data Protection: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/secf6276da8a/web>, abgerufen: 24. November 2023
- Sealed Key Protection (SKP): <https://support.apple.com/de-at/guide/security/secf5549a4f5/web>, abgerufen: 24. November 2023
- Keychain: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/secb0694df1a/web>, abgerufen: 24. November 2023
- Erweiterungen: <https://support.apple.com/de-de/guide/security/secabd3504cd/web>, abgerufen: 24. November 2023
- App-Gruppen: <https://support.apple.com/de-de/guide/security/sec1a976c067/web>, abgerufen: 24. November 2023

- Sandboxing: <https://support.apple.com/de-de/guide/security/sec15bfe098e/web>, abgerufen: 24. November 2023
- Übersicht: <https://support.apple.com/de-de/guide/security/secf49cad4db/web>, abgerufen: 24. November 2023
- Datensicherheit bei Apple-Geräten: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/sece8608431d/1/web/1>, abgerufen: 24. November 2023
- Datensicherheitsklassen: <https://support.apple.com/de-at/guide/security/secb010e978a/web>, abgerufen: 24. November 2023

- Apple. Protected Resources. 2021. [https://developer.apple.com/documentation/bundleresources/information\\_property\\_list/protected\\_resources](https://developer.apple.com/documentation/bundleresources/information_property_list/protected_resources), abgerufen: 24. November 2023
- Apple. Core Data. 2021. <https://developer.apple.com/documentation/coredata>, abgerufen: 24. November 2023
- Apple. NSUserDefaults. 2021. <https://developer.apple.com/documentation/foundation/nsuserdefaults>, abgerufen: 24. November 2023



- Ahd Radwan and Samer Zein. „Model-Based Approach for Supporting Quick Caching at iOS Platform“. In: International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering 9 (Sept. 2020), pp. 4285–4294. doi: 10.30534/ijatcse/2020/17942020.
- Madalina Angelica Marin et al. „Proactive Secure Coding for iOS Applications“. In: 2019 18th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet). Galati, Romania: IEEE, 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/ROEDUNET.2019.8909672.
- Vijay Kumar Velu. Mobile Application Penetration Testing. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2016. isbn: 978-1-78588-337-8.
- David Thiel. IOS Application Security: The Definitive Guide for Hackers and Developers. San Francisco: No Starch Press, 2016.

- Apple. Item Attribute Keys and Values. 2021. [https://developer.apple.com/documentation/security/keychain\\_services/keychain\\_items/item\\_attribute\\_keys\\_and\\_values](https://developer.apple.com/documentation/security/keychain_services/keychain_items/item_attribute_keys_and_values), abgerufen: 24. November 2023
- Apple. Keychain data protection. Feb. 18, 2021. <https://support.apple.com/guide/security/keychain-data-protection-secb0694df1a/1/web/1>, abgerufen: 24. November 2023
- Apple. Keychain Services. 2021. [https://developer.apple.com/documentation/security/keychain\\_services](https://developer.apple.com/documentation/security/keychain_services), abgerufen: 24. November 2023

- OWASP. Data Storage on iOS. 2019. <https://mobile-security.gitbook.io/mobile-security-testing-guide/ios-testing-guide/0x06d-testing-data-storage>, abgerufen: 24. November 2023
- Apple. Bundle IDs. 2021. [https://developer.apple.com/documentation/appstoreconnectapi/bundle\\_ids](https://developer.apple.com/documentation/appstoreconnectapi/bundle_ids), abgerufen: 24. November 2023
- Apple. Protecting the User's Privacy. 2021. [https://developer.apple.com/documentation/uikit/protecting\\_the\\_user\\_s\\_privacy](https://developer.apple.com/documentation/uikit/protecting_the_user_s_privacy), abgerufen: 24. November 2023

**Vielen Dank!**

<https://security.inso.tuwien.ac.at/einfuehrung-in-security-2023w/>

