Beim vorliegenden Dokument handelt es sich um einen Entwurf der gematik in Vorbereitung auf zukünftige normative Festlegungen als Grundlage entsprechender Zulassungs- und Bestätigungsverfahren. Die gematik veröffentlicht diesen Entwurf mit dem Ziel, dass sich Interessierte bereits frühzeitig einen Überblick über die mögliche Weiterentwicklung der Telematikinfrastruktur verschaffen können. Die gematik übernimmt keine Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit dieses Entwurfes und behält sich das Recht vor, ohne vorherige Ankündigung Änderungen oder Ergänzungen vorzunehmen oder von den Regelungen insgesamt bzw. teilweise Abstand zu nehmen.

Elektronische Gesundheitskarte und Telematikinfrastruktur

Spezifikation Schlüsselgenerierungsdienst ePA

Version:	1.~~3~~4.0 CC
Revision:	~~198952~~238186
Stand:	~~02.03~~20.05.2020
Status:	zur Abstimmung freigegeben
Klassifizierung:	öffentlich_Entwurf
Referenzierung:	gemSpec_SGD_ePA

Dokumentinformationen

Änderungen zur Vorversion

Anpassungen des vorliegenden Dokumentes im Vergleich zur Vorversion können Sie der nachfolgenden Tabelle entnehmen.

Dokumentenhistorie

Version	Stand	Kap./Seite	Grund der Änderung, besondere Hinweise	Bearbeitung
0.5.0	15.03.19		initiale Erstellung	gematik
1.0.0	15.05.19		freigegeben	gematik
1.1.0	28.06.19		Einarbeitung P19.1	gematik
1.2.0	02.10.19		Einarbeitung P20.1	gematik
~~1.2.0~~	~~02.10.19~~		~~freigegeben~~	~~gematik~~
1.3.0	02.03.20		Einarbeitung P21.1	gematik
1.~~34~~.0 CC	~~02.03~~20.05.20		~~freigegeben~~Einarbeitung P21.3	gematik

Inhaltsverzeichnis

1 Einordnung des Dokuments

1.1 Zielsetzung

Die vorliegende Spezifikation definiert Anforderungen an den Produkttyp "Schlüsselgenerierungsdienst ePA" (SGD) und beschreibt die Funktionsweise der Schlüsselgenerierung, die die Basis für die Ver- und Entschlüsselung von Akten- und Kontextschlüssel innerhalb eines Clients (ePA-FdV etc.) ist.

1.2 Zielgruppe

Das Dokument richtet sich an Hersteller und Anbieter des Produkts "Schlüsselgenerierungsdienst ePA" und des Produktes "ePA-Aktensystem". Weiterhin unterstützt das Dokument Hersteller von "ePA-Frontends des Versicherten" und Hersteller eines "Fachmodul ePA" bei der Entwicklung, da diese Produkte mit mehreren SGD kommunizieren müssen.

1.3 Geltungsbereich

Dieses Dokument enthält normative Festlegungen zur Telematikinfrastruktur des deutschen Gesundheitswesens. Der Gültigkeitszeitraum der vorliegenden Version und deren Anwendung in Zulassungsverfahren wird durch die gematik GmbH in gesonderten Dokumenten (z. B. Dokumentenlandkarte, Produkttypsteckbrief, Leistungsbeschreibung) festgelegt und bekannt gegeben.

Wichtiger Schutzrechts-/Patentrechtshinweis

Die nachfolgende Spezifikation ist von der gematik allein unter technischen Gesichtspunkten erstellt worden. Im Einzelfall kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Implementierung der Spezifikation in technische Schutzrechte Dritter eingreift. Es ist allein Sache des Anbieters oder Herstellers, durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass von ihm aufgrund der Spezifikation angebotene Produkte und/oder Leistungen nicht gegen Schutzrechte Dritter verstoßen und sich ggf. die erforderlichen Erlaubnisse/Lizenzen von den betroffenen Schutzrechtsinhabern einzuholen. Die gematik GmbH übernimmt insofern keinerlei Gewährleistungen.

1.4 Abgrenzungen

Es ist keine Abgrenzung gegenüber anderen Spezifikationen/Konzepten oder im Kontext derzeit nicht relevanten Themen erforderlich.

1.5 Methodik

Anforderungen als Ausdruck normativer Festlegungen werden durch eine eindeutige ID sowie die dem RFC 2119 [RFC2119] entsprechenden, in Großbuchstaben geschriebenen deutschen Schlüsselworte MUSS, DARF NICHT, SOLL, SOLL NICHT, KANN gekennzeichnet.

Sie werden im Dokument wie folgt dargestellt:
<AFO-ID> - <Titel der Afo>
Text / Beschreibung
[<=]

Dabei umfasst die Anforderung sämtliche zwischen Afo-ID und der Textmarke [<=] angeführten Inhalte.

2 Überblick

Ein Schlüsselgenerierungsdienst (SGD) generiert AES-256-Bit-Schlüssel für eine Entität, die sich mittels

- einer eGK,
- einer alternativen Versichertenidentität,
- einer SMC-B, oder
- einer SMC-KTR

gegenüber dem SGD authentisiert hat. Diese Generierung erfolgt über eine Schlüsselableitung auf Grundlage von geheimen SGD-spezifischen Ableitungsschlüsseln (Masterkeys) und Ableitungsvektoren. Diese Ableitungsvektoren enthalten konstante Merkmale, entweder die KVNR oder die Telematik-ID. Jeweils fließt notwendigerweise solch ein konstantes Merkmal aus der erfolgreichen Authentisierung und dem dabei verwendeten EE-Client-Zertifikat mit in die Ableitung ein. Damit werden nur für Berechtigte (erfolgreich Authentifizierte) diese Schlüssel abgeleitet und die jeweils generierten Schlüssel sind spezifisch – unterschiedliche Ableitungsvektoren erzeugen jeweils unterschiedliche abgeleitete Schlüssel.

Die Sicherung der medizinischen Daten bei der elektronischen Patientenakte [gemSysL_ePA] ist ein Zusammenspiel aus Zugriffskontrolle und Schlüsselmanagement (Verschlüsselung). Aus diesem Hybridmodell folgt: Auch wenn ein Client über mehrere SGD Schlüssel ableiten lassen kann, heißt dies noch nicht, dass für diese Schlüssel überhaupt ein passendes Chiffrat existiert oder dass ein Client auf solch ein Chiffrat Zugriff besitzt.

Die Schlüsselableitung wird in einem SGD innerhalb eines HSM mit einem SGD-spezifischen Firmware-Modul durchgeführt (SGD-HSM genannt). Durch technische Maßnahmen wird ausgeschlossen, dass ein Betreiber eines SGD die Schlüsselableitung selbst durchführen kann oder Zugriff auf die unverschlüsselten versichertenindividuellen Schlüssel erhalten kann. Nur das SGD-HSM kann die geheimen Ableitungsschlüssel verwenden. Es prüft dabei zuvor die erfolgreiche Authentisierung des Anfragenden und verwendet u. a. die darin authentisierten Angaben als Ableitungsvektoren. Es gibt aus der Perspektive eines Client (des ePA-Frontend des Versicherten (ePA-FdV), eines Konnektor-Fachmodul ePA (FM ePA) etc.) immer genau zwei SGD, die ein Client aufgrund der verwendeten SGD-HSM-Zertifikate sicher unterscheiden kann. Der Client fordert eine Schlüsselgenerierung jeweils bei den beiden SGD an und erhält damit zwei unabhängige AES-256-Schlüssel. Nach erfolgreicher Authentifizierung und Autorisierung durch das Aktensystem verwendet der Client diese zwei Schlüssel, um das vom ePA-Aktensystem erhaltene Chiffrat im "Zwiebelschalenprinzip" zu entschlüsseln. So erhält der Client den Akten- und den Kontextschlüssel im Klartext. Diese beiden Schlüssel sind dabei bezüglich der Ver- und Entschlüsselung durch eine gemeinsame Datenstruktur (vgl. Abschnitt 8) fest miteinander verbunden. Die zwei SGD sind technisch, organisatorisch und wirtschaftlich unabhängig voneinander (vgl. Abschnitt 3.1). Ein SGD kommt niemals mit dem Akten- und Kontextschlüssel eines Versicherten in Berührung.

Verliert der Versicherte seine eGK oder sein mobiles Endgerät mit seiner alternativen Versichertenidentität, kann er sich mit seiner neuen Identität (Folge-eGK oder einer anderen alternativen Versichertenidentität) am ePA-Aktensystem authentisieren. Da die Merkmale für die Schlüsselableitung in der Folgeidentität gleich sind (gleichbleibende KVNR) und kodiert ist, welcher Ableitungsschlüssel verwendet worden ist, kann ein Client mittels beider SGD die gleichen Schlüssel erhalten und die Entschlüsselung der

Akten- und Kontextschlüssel wieder vornehmen. Der Verlust einer eGK eines Versicherten führt also nicht zum Verlust der Akte des Versicherten.

Analog ist in einer Folge-SMC-B die Telematik-ID konstant. Somit kann eine Leistungserbringerinstitution (LEI) bereits vergebene Berechtigungen und vorher von einem Versicherten für die LEI erzeugte Chiffrate weiterhin nutzen.

2.1 Grundlage und Kernidee

Notwendige Grundlage der Idee der Schlüsselableitung mittels der SGD ist, dass bei einem Kartenwechsel der eGK oder einem Wechsel der alternativen Versichertenidentität die KVNR eines Versicherten in den Zertifikaten der Folgekarte bzw. bei der Folgeidentität korrekt und konstant bleibt. Die Korrektheit der Kartenherausgabeprozesse ist – wie bei nahezu allen digitalen Prozessen in der TI – notwendige Voraussetzung. Analog bleibt bei einem Kartenwechsel einer SMC-B oder einer SMC-KTR die Telematik-ID konstant.

Es muss sichergestellt sein, dass nur erfolgreich authentifizierte Clients eine Schlüsselableitung durchführen können und dabei notwendigerweise die die Clients identifizierenden (konstanten) Merkmale in die Schlüsselableitung als Ableitungsvektor mit einfließen. Die Authentifizierung durch die SGD-HSMs der beiden SGD erfolgt unabhängig vom Aktensystem.

Ziele für die Schlüsselableitung:

1. Die Akten- und Kontextschlüssel dürfen sich unverschlüsselt nur in Clients (ePA-FdV, FM ePA etc.) befinden (bzw. der Kontextschlüssel ebenfalls in der VAU). Dort liegen die Schlüssel nur temporär während der Verwendung der Akte vor und werden dort anschließend sicher gelöscht.
2. Die Akten- und Kontextschlüssel dürfen nur durch das Zusammenwirken mehrerer unabhängiger Teilnehmer entschlüsselbar sein.
3. Alle Ver- und Entschlüsselungen dürfen nur authentisierte Daten verwenden.
4. Die Akten- und Kontextschlüssel müssen mit versichertenindividuellen Schlüsseln geschützt sein (Schlüsseldiversifizierung).
5. Da ausreichend geprüfte symmetrische Verschlüsselungsverfahren (bspw. Finalisten des öffentlichen Auswahlverfahrens für AES) in ihrer Sicherheitseignung deutlich stabiler über längere Zeiträume sind als asymmetrische Verschlüsselungsverfahren (Eignung der Schlüssellängen, vgl. notwendige Anpassung der Schlüssellängen bspw. bei RSA), soll die Lösung möglichst viel auf symmetrischen Verfahren beruhen.
6. Die Verwendung von symmetrischen Verschlüsselungsverfahren ermöglicht eine eventuell zukünftig notwendige Reaktion auf das Thema Quantencomputer-Resistenz.

Wenn die KVNR bzw. die Telematik-ID in einer Folgekarte oder Folgeidentität immer konstant ist, so kann diese (1) als eindeutiges Identifikationsmerkmal bspw. innerhalb einer Authentifizierung und Autorisierung verwendet werden und (2) als Basis für eine eindeutige Schlüsselableitung. Die Schlüsselableitung berechnet aus einem geheimen Ableitungsschlüssel (Mastersecret) und einer KVNR plus anderen Angaben (vgl. Abschnitte 2.4 ff) deterministisch einen spezifischen AES-256-Schlüssel. Diese Schlüsselableitung wird in einem HSM mit einem speziellen Firmware-Modul durchgeführt, das verhindert, dass der Betreiber des HSMs (vgl. Abschnitt 4- Bestandteile eines SGD) in den Ableitungsprozess Einblick erhält – er kennt den

geheimen Ableitungsschlüssel nicht, und er kann die Authentifizierungs- und Autorisierungsfunktion im HSM nicht beeinflussen. Ein solcher abgeleiteter versicherten- und zugriffsregelindividueller AES-256-Schlüssel wird dem Client über einen beidseitig authentisierten Ende-zu-Ende-verschlüsselten Kanal zwischen SGD-HSM und dem Client zur Verfügung gestellt. Ein Versicherter verwendet solche abgeleiteten versichertenindividuellen AES-256-Schlüssel aus mehreren voneinander unabhängigen SGD. Ein Client (ein ePA-FdV, ein FM ePA etc.) kann die verschiedenen SGD voneinander unterscheiden. Die Erzeugung der abgeleiteten versichertenindividuellen AES-256-Schlüssel kann auf beliebig viele unabhängige SGD verteilt werden. Das Verfahren skaliert linear – es ist technisch leicht möglich, mehrere SGD zu verwenden.

Die Schlüsselableitungsfunktionalität ePA basiert aktuell auf genau zwei SGD pro Aktensystem (vgl. Abschnitt 2.2- Akteure und Komponenten und Abschnitt 3.1- Beziehung zwischen ePA-Aktensystem und SGD) gemäß [gemKPT_Arch_TIP#4.7 Langfristige Verschlüsselung] . Im Folgenden wird derjenige SGD, den ein Anbieter eines Fachanwendungsspezifischen Dienstes (FAD) bereitstellen muss, als "SGD 1" bzw. "SGD FAD" bezeichnet. Derjenige SGD, der von einem von SGD 1 unabhängigen Dritten in der TI-Plattform (TIP) betrieben wird, wird im Folgenden als "SGD 2" bzw. "SGD TIP" bezeichnet. Mittels der beiden erhaltenen AES-256-Schlüssel verschlüsselt ein Client den Akten- und Kontextschlüssel (vgl. Abschnitt "8- Interoperables Austauschformat ") im "Zwiebelschalenprinzip". Das entstandene Chiffrat wird dem ePA-Aktensystem zur Einlagerung übergeben.

Nach einer erfolgreichen Anmeldung am Aktensystem kann ein Versicherter Folgendes tun:

1. Der Versicherte authentisiert sich jeweils bei den verschiedenen, unabhängigen Schlüsselableitungsdiensten (beidseitig authentisierter verschlüsselter Datenkanal zwischen SGD-HSM und Client, vgl. Abschnitt 9).
2. Der Versicherte erhält aufgrund der Konstanz der KVNR und des im Ableitungsvektor benannten geheimen Ableitungsschlüssel jeweils den gleichen abgeleiteten versichertenindividuellen AES-256-Schlüssel wie zuvor.
3. Der Versicherte kann anschließend im Zwiebelschalenprinzip den Akten- und den Kontextschlüssel entschlüsseln.

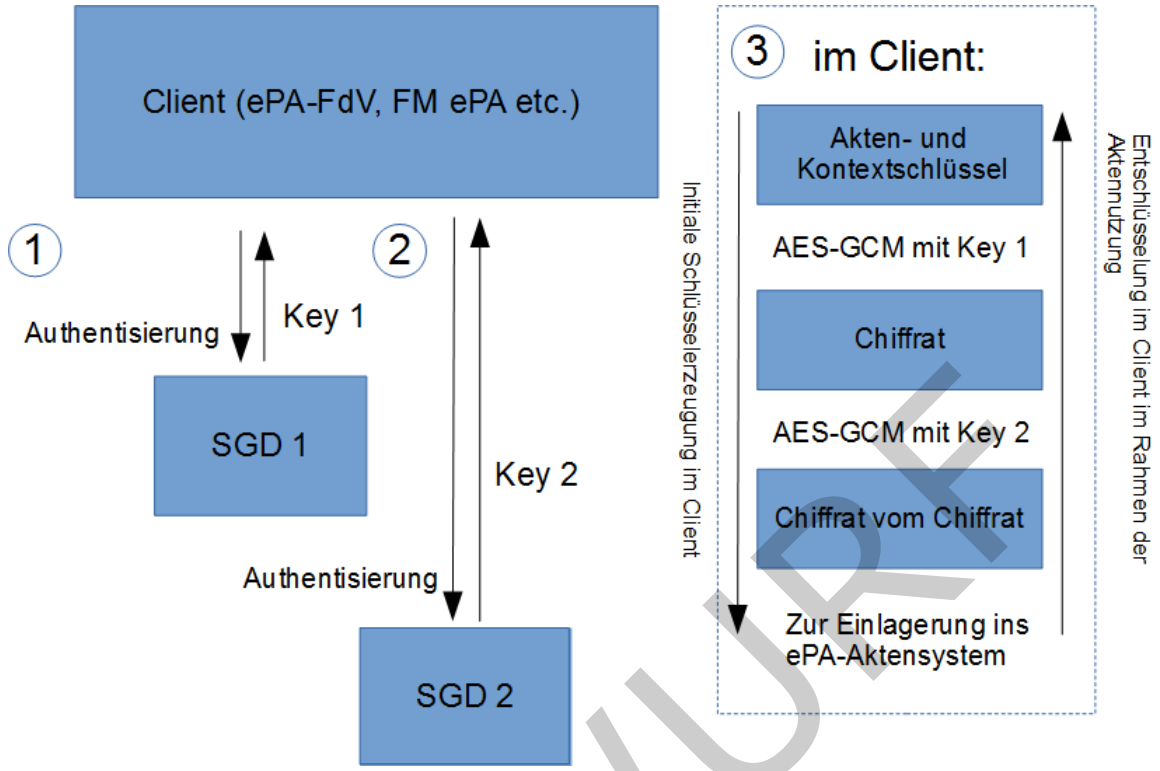


Abbildung 1: Überblick Zwiebelschalenprinzip bei der Ver- und Entschlüsselung

Ein wichtiger Aspekt: Das kryptographische Verfahren für die Generierung der spezifischen Schlüssel in den Schlüsselgenerierungsdiensten ist unabhängig von dem aktuell verwendeten Authentisierungsverfahren. Wenn bei der Authentisierung also zukünftig eine elliptische Kurve mit 512-Bit anstatt aktuell einer elliptischen Kurve mit 256-Bit verwendet werden soll (oder ein Quanten-Computing-resistentes Signatur-Verfahren), so ist dies ist für das grundsätzliche Verfahren nicht entscheidend. Die Schlüsselableitungsfunktionalität ist diesbezüglich unabhängig.

Der geheime Ableitungsschlüssel eines Schlüsselgenerierungsdienstes (SGD) wird regelmäßig neu erzeugt, so dass auch dort eine Schlüsseldiversifizierung vorhanden ist. Alte Ableitungsschlüssel müssen in den SGD weiter vorgehalten werden, solange sie potentiell benötigt werden. In einem späteren Release wird die (regelmäßige) Umschlüsselung einer ePA-Akte spezifikatorisch bearbeitet. Bei den SGD gibt es dafür jetzt schon vorbereitende Maßnahmen (vgl. Abschnitt 2.4, RND-Zufallswert). Bei einem Schlüsselwechsel bei der jeweiligen Akte (Umschlüsselung) muss auch eine neue Einlagerung (Schlüsselableitungsfunktionalität) vorgenommen werden (im Normalfall mittels eines neuen Ableitungsschlüssels). Das sichere Löschen von nicht mehr benötigten Ableitungsschlüsseln (Masterkeys) wird dann in diesem späteren Release ebenfalls spezifikatorisch bearbeitet. Die Ableitungsschlüssel besitzen eindeutige Bezeichner (A_17920-02) und sind unterscheidbar.

2.2 Akteure und Komponenten

Die beteiligten Akteure sind:

354 **Tabelle 1: beteiligte Akteure im Kontext Schlüsselableitungsfunktionalität**

Rolle	Beschreibung
der Versicherte (Kontoinhaber)	Der Versicherte nutzt das von seiner Krankenkasse für ihn bereitgestellte ePA-Aktensystem. Er ist Kontoinhaber. Er verwendet entweder ein ePA-FdV (s. u.) für den Aktenzugriff oder berechtigt eine LEI (bzw. in einem späteren Release einen LE) via ad-hoc-Autorisierung über ein FM ePA (s. u.). Dabei verwendet er entweder eine eGK- basierte AUT-Identität oder eine alternative Versichertenidentität zur Authentisierung jeweils am Aktensystem, am SGD 1 (s. u.) und am SGD 2 (s. u.).
ein Vertreter	Ein Vertreter ist ein Versicherter (besitzt also eine eGK oder einen alternative Versichertenidentität) und wurde vom Versicherten (Kontoinhaber) berechtigt, für diesen Handlungen in Bezug auf die ePA vorzunehmen (bspw. LEI im Namen des Kontoinhabers zu berechtigen).
eine Leistungserbringerinstitution (LEI)	Eine LEI ist von einem Versicherten berechtigt worden, auf dessen Akte zuzugreifen. Nach Anmeldung am Aktensystem und nach der Prüfung der Autorisierung durch das Aktensystem wird an die LEI ein "doppeltes" Chiffrat übergeben, das den Akten- und Kontextschlüssel der Akte des Versicherten enthält. Durch Zugriff auf die beiden SGD (s. u.) inkl. Authentifizierung der LEI erhält diese jeweils einen AES-256-Schlüssel und kann dann im "Zwiebelschalenprinzip" den Akten- und den Kontextschlüssel entschlüsseln.
ein Kostenträger (KTR)	Ein Kostenträger wird durch einen Versicherten (Kontoinhaber oder Vertreter) berechtigt, auf ein Aktenkonto zuzugreifen. Nach Anmeldung am Aktensystem und nach der Prüfung der Autorisierung durch das Aktensystem wird an den Client ein "doppeltes" Chiffrat übergeben, das den Akten- und Kontextschlüssel der Akte des Versicherten enthält. Durch Zugriff auf die beiden SGD (s. u.) inkl. Authentifizierung des KTR erhält diese jeweils einen AES-256-Schlüssel und kann dann im "Zwiebelschalenprinzip" den Akten- und den Kontextschlüssel entschlüsseln.
Anbieter ePA-Aktensystem	Ein Anbieter ePA-Aktensystem bietet ein ePA-Aktensystem im Auftrag einer Krankenversicherung deren Versicherten (Kontoinhaber) an. Der Anbieter verantwortet den sicheren Betrieb und die Verfügbarkeit des von ihm angebotenen ePA-Aktensystems.

Anbieter Schlüsselgenerierungsdienst ePA (SGD)	Ein Anbieter Schlüsselgenerierungsdienst ePA bietet die Nutzung der Schlüsselableitungsfunktionalität an. Für einen Versicherten müssen zwei SGD zur Verfügung stehen: ein SGD, der dem Aktensystem beigestellt ist, und ein SGD außerhalb des Aktensystems. Beide SGD sind technisch, organisatorisch und wirtschaftlich getrennt (Rollenausschluss). Beide SGD sind bis auf die unterschiedlichen jeweils zufällig erzeugten Ableitungsschlüssel technisch identisch, für beide SGD gilt dieselbe Spezifikation. Die beteiligten Komponenten und Dienste sind:

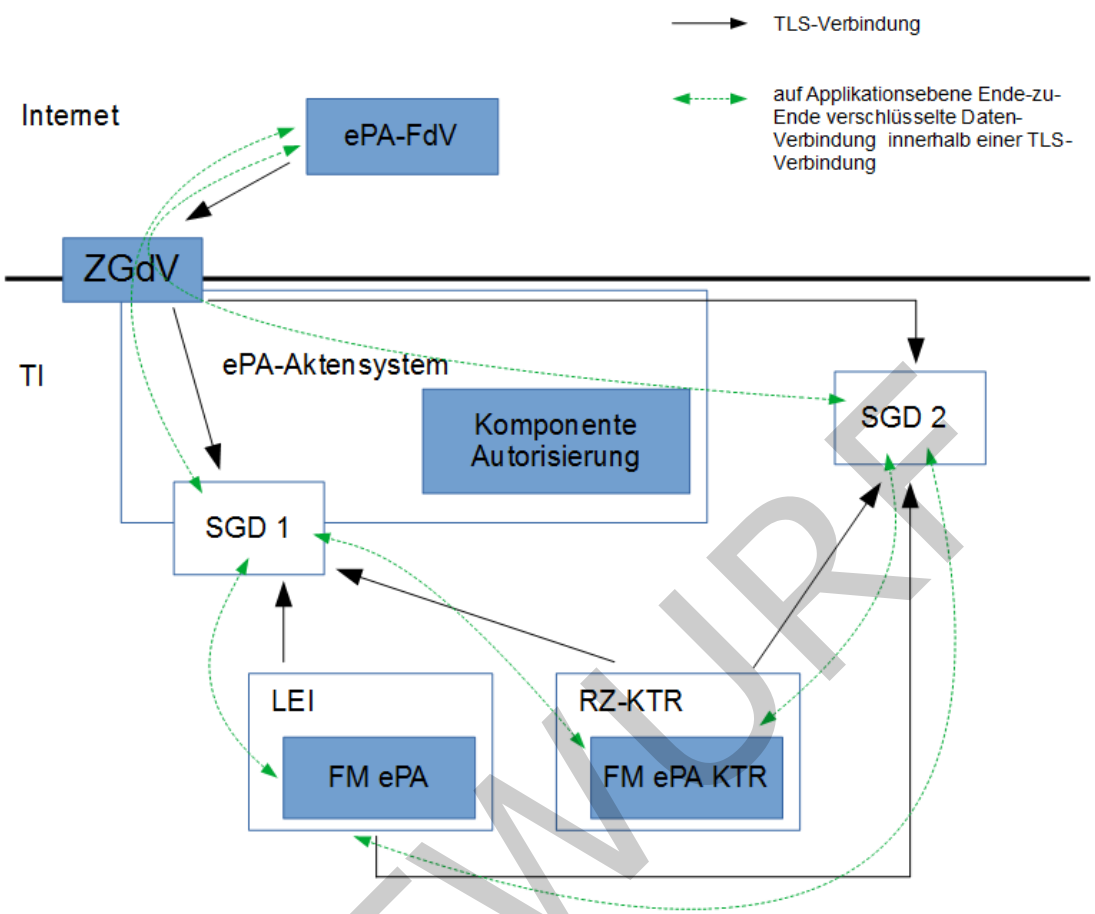
355 **Tabelle 2: beteiligte Komponenten und Dienste im Kontext**
356 **Schlüsselableitungsfunktionalität**

Komponente oder Dienst	Beschreibung
ePA-Frontend des Versicherten (ePA-FdV)	Das ePA-FdV tritt als Client gegenüber den beiden SGD (s. u.) auf. Von diesen beiden erhält es jeweils einen versichertenindividuellen geheimen Schlüssel (AES-256). Mit diesen beiden Schlüsseln werden nach der initialen zufälligen Erzeugung von Akten- und Kontextschlüssel im Client diese in ein interoperables Austauschformat kodiert und anschließend zwei Mal hintereinander verschlüsselt. Das "doppelte" Chiffrat übergibt das ePA-FdV an das ePA-Aktensystem (Komponente Autorisierung) zur Einlagerung.
Fachmodul ePA (FM ePA) im Konnektor einer LEI oder eines LE	Das FM ePA tritt als Client gegenüber den beiden SGD (s. u.) auf.
Fachmodul ePA im KTR-Consumer (FM ePA KTR)	Das FM ePA tritt als Client gegenüber den beiden SGD (s. u.) auf.
ePA-Aktensystem	Das ePA-Aktensystem stellt dem Versicherten eine ePA zur Verfügung.
ePA-Aktensystem, Zugangsgateway des Versicherten (ZGdV)	Das ZGdV nimmt Anfragen von ePA-FdV über seine HTTPS-Schnittstelle an und leitet diese Anfragen für bestimmte Pfadnamen, nämlich /SGD1 und /SGD2, im HTTP-Request jeweils an den SGD 1 oder den SGD 2 weiter. Welchen SGD welcher Anbieter verwendet, wird initial bei der Inbetriebnahme des Aktensystems festgelegt (vgl. Abschnitt 3.1- Beziehung zwischen ePA-Aktensystem und SGD).
ePA-Aktensystem, Komponente Autorisierung	Die "Komponente Autorisierung" bewahrt den "doppelt" verschlüsselten Akten- und Kontextschlüssel (AuthorizationKey-Datenstruktur) auf. Sie übergibt diese

	Datenstruktur nach erfolgreicher Anmeldung eines Client an diesen.
SGD 1 als FAD	Dem ePA-Aktensystem beigestellt gibt es einen SGD. Dieser ist unter dem Pfadnamen /SGD1 über das ZGdV für alle Clients ansprechbar. Der SGD generiert auf Nutzeranfrage verschiedene versichertenindividuelle AES-256-Schlüssel. Durch technische Maßnahmen wird dabei mit hoher Sicherheit ausgeschlossen, dass ein Betreiber eines SGD diese Schlüssel ermitteln kann.
SGD 2 der TIP	Als Teil der zentralen TI ist dieser SGD unter dem Pfadnamen /SGD2 über das ZGdV für alle Clients ansprechbar. Für beide SGD (1 und 2) gilt dieselbe Spezifikation.

357

358 Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die beteiligten Komponenten und Dienste.


TLS-Verbindung
auf Applikationsebene Ende-zu-Ende verschlüsselte Daten-Verbindung innerhalb einer TLS-Verbindung
Internet
ePA-FdV
ZGdV
TI
ePA-Aktensystem
Komponente Autorisierung
SGD 2
SGD 1
LEI
FM ePA
RZ-KTR
FM ePA KTR

359

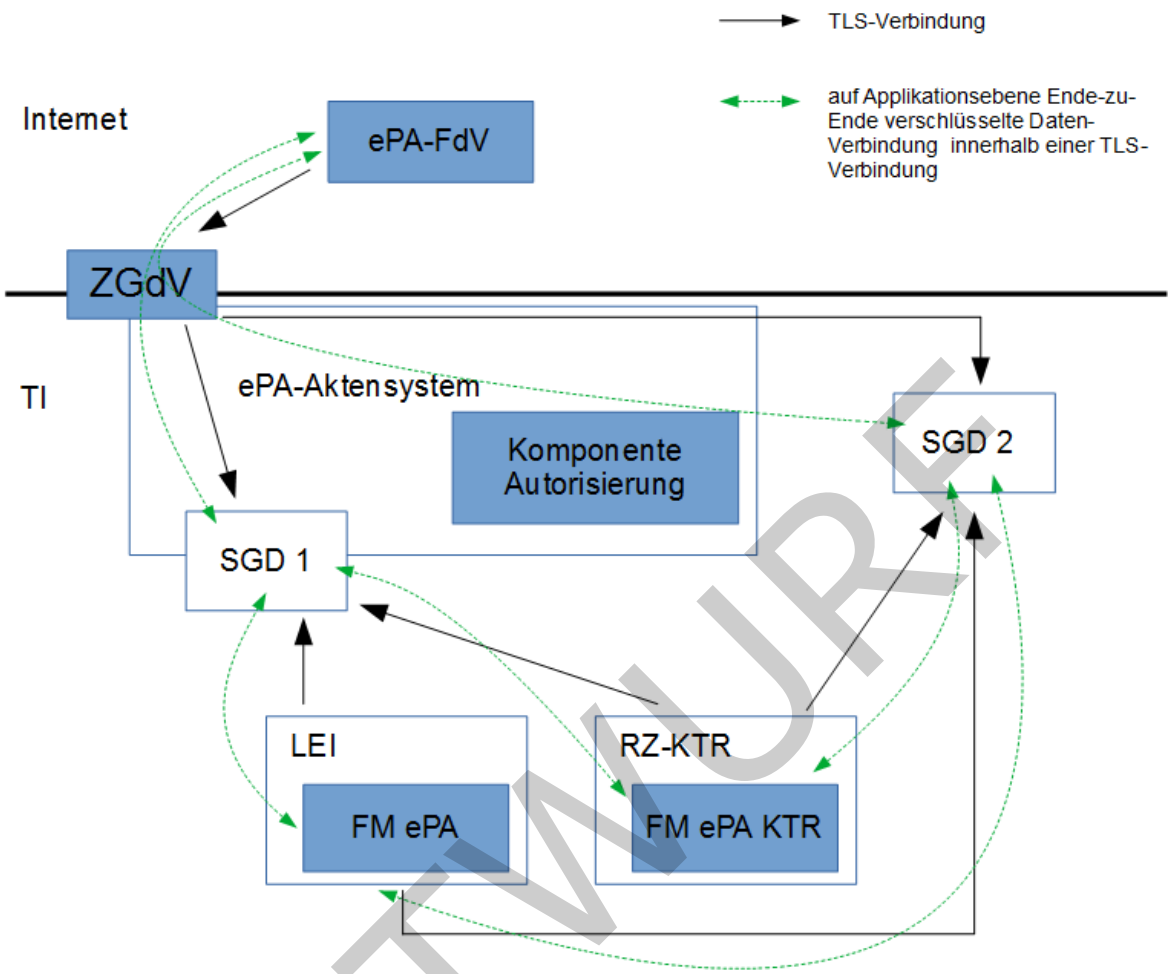


Abbildung 2: beteiligte Komponenten und Dienste im Kontext der Schlüsselableitungsfunktionalität ePA

Ein SGD 1 und ein SGD 2 sind fachlich gesehen baugleich – bis auf die eingesetzten geheimen und privaten Schlüssel (A_17910-01 (S1), (S3), (S4) und (S5)) und ihre Identität (A_17848) unterscheiden sie sich nicht. Insbesondere benötigt ein SGD keine Informationen aus dem ePA-Aktensystem.

2.3 Basisablauf Kommunikation SGD-Client und SGD

Ein Client aus dem Internet (also ein ePA-FdV) erreicht einen SGD über das ZGdV des ePA-Aktensystems (vgl. [gemSpec_Zugangsgateway_Vers#Proxy Schlüsselgenerierungsdienst]). Solch ein Client verwendet die auch für die Kommunikation mit dem Aktensystem verwendete HTTPS-Schnittstelle des ZGdV. Das ZGdV leitet HTTP-Requests mit dem Pfadname /SGD1 an die HTTPS-Schnittstelle des SGD 1 weiter (eigenständige TLS-Verbindung zwischen ZGdV und SGD). Analog tut das ZGdV dies für Requests mit dem Pfadnamen /SGD2 in Bezug auf den SGD 2. Auf Applikationsebene gibt es eine Ende-zu-Ende-Verschlüsselung zwischen den Clients und den SGD-HSMs der SGDs (vgl. Abschnitt 9).

Ein Client aus der TI (FM ePA etc.) spricht die beiden SGD über deren HTTPS-Schnittstellen (A_17889) direkt an. Die IP-Adressen erfahren solche Clients über DNS-Service-Discovery.

Der grundsätzliche Ablauf einer Anfrage (vgl. Abschnitt 2.4 ff) ist in Bezug auf das Kommunikationsmuster bezüglich der beiden SGD immer gleich und wird im Folgenden beschrieben. Zur Vereinfachung der Darstellung ist der Ablauf sequenziell dargestellt. Für eine Performanzsteigerung muss ein Client die Anfragen an die beiden SGD parallelisieren (A_17925), was bis auf Schritt 6 leicht möglich ist. Eine noch detaillierte Erläuterung zu den kryptographischen Grundlagen der Kommunikation befindet sich in Abschnitt "9- Datenkanal zwischen Client und SGD (informativ)".

Schritt 1:

Der Client verwendet die HTTPS-Schnittstelle des ZGdV, oder falls er aus Netzwerksicht Teil der TI ist (FM ePA etc.) die HTTPS-Schnittstelle eines SGD direkt, um den aktuellen öffentlichen ECIES-Schlüssel des SGD 1 zu erhalten (Pfadname der URL ist "/SGD1") (vgl. Schnittstelle "6.4- Operation GetPublicKey "). Das ZGdV leitet den HTTP-Request (HTTPS) an den SGD 1 weiter.

Schritt 2:

Der SGD 1 antwortet mit dem aktuellen authentisierten öffentlichen ECIES-Schlüssel des für den Nutzer (AUT-Zertifikat) avisierten SGD-HSM innerhalb des SGD 1 (vgl. A_17894-01). Dieser Schlüssel ändert sich alle 15 Minuten und ist dann jeweils für 30 Minuten für alle anfragenden Clients verwendbar. Der ECIES-Schlüssel des SGD-HSM ist durch das SGD-HSM signiert (A_17910-01 (S1)).

Schritt 3:

Der Client prüft das Zertifikat, die Signatur und den ECIES-Schlüssel des SGD-HSM von SGD 1 (A_18024). Er prüft dabei u. a., dass die Antwort von einem SGD-1-SGD-HSM kam.

Schritt 4:

Der Client erfragt analog zu Schritt 1 den aktuellen authentisierten öffentlichen ECIES-Schlüssel von SGD 2 (Pfadname der URL ist "/SGD2").

Schritt 5:

Der SGD 2 antwortet analog zu Schritt 2 mit dem signierten ECIES-Schlüssel des für den Nutzer vorgesehenen SGD-HSM innerhalb von SGD 2 (vgl. A_~~17894~~17895-01).

Schritt 6:

Der Client prüft analog zu Schritt 3 das Zertifikat, die Signatur und den ECIES-Schlüssel des SGD-HSM von SGD 2 (A_18024). Er prüft dabei u. a., dass die Antwort von einem SGD-2-SGD-HSM kam.

Schritt 7:

Der Client berechnet die Hashwerte der erhaltenen ECIES-Schlüsselwerte der beiden SGD-HSM aus Schritt 3 und Schritt 6.

Schritt 8:

Der Client erzeugt ein kurzlebiges ECIES-Schlüsselpaar ([gemSpec_Krypt#A_17874]), was der Client später für die Request an SGD 1 und SGD 2 verwenden wird. Der Client führt den öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel zusammen mit den Hashwerten aus Schritt 7 in ein Kodierung gemäß A_17900 auf und signiert diese Kodierung mittels des AUT-Materials der eGK, der SMC-B, der SMC-KTR oder der alternativen Authentisierung.

Schritt 9:

Der Client verwendet die Operation GetAuthenticationToken bei SGD 1 um ein Authentisierungstoken zu erhalten. Dafür erzeugt der Client einen Zufallswert (Challenge) und sendet diesen verschlüsselt an das für ihn vorgesehene SGD-HSM bei SGD 1.

Schritt 10:

Die RVE innerhalb von SGD 1 prüft das AUT-Zertifikat, die Client-Signatur des Client-ECIES-Schlüssels und den Client-ECIES-Schlüssel. Falls alle Prüfungen ein OK liefern, bereitet die RVE den Request auf (OCSP-Responses, Umkodierung für die Innenschnittstelle zum den SGD-HSM etc.) und übergibt die verschlüsselte Nachricht an das SGD-HSM. Das SGD-HSM prüft ebenfalls das AUT-Zertifikat, die Client-Signatur des Client-ECIES-Schlüssels und den Client-ECIES-Schlüssel und erstellt ein Authentisierungstoken. Das SGD-HSM erstellt eine Nachricht, die die Challenge des Client, einen Hashwert (des Client-Schlüssels und des AUT-Zertifikats) und das erzeugte Authentisierungstoken enthält. Diese Nachricht verschlüsselt das SGD-HSM für den Client-ECIES-Schlüssel und übergibt das Chiffrat an die RVE. Diese kodiert die Nachricht um und antwortet dem Client.

Schritt 11:

Der Client entschlüsselt die Nachricht des SGD-HSM von SGD 1. In der entschlüsselten Nachricht prüft, es ob seine Challenge enthalten ist. Falls ja, kann es davon ausgehen, dass die Antwort wirklich vom SGD-HSM stammt. Es prüft den Hashwert (des Client-Schlüssels und des AUT-Zertifikats) und speichert das Authentisierungstoken für die folgende Verwendung innerhalb der Operation KeyDerivation.

Schritt 12:

Der Client erzeugt zufällig eine Request-ID, anschließend eine Nachricht. Diese enthält das Authentisierungstoken, die Request-ID und die je nach Anwendungsfall (vgl. Abschnitt 2.4 ff) unterschiedliche Ableitungsregel. Diese Nachricht verschlüsselt der Client für das SGD-HSM und verwendet die Operation KeyDerivation von SGD 1.

Schritt 13:

Die RVE innerhalb von SGD 1 prüft das AUT-Zertifikat, die Client-Signatur des Client-ECIES-Schlüssels und den Client-ECIES-Schlüssel. (Hinweis: die RVE cacht die Prüfergebnisse (A_17896).) Falls alle Prüfungen ein OK liefern, bereitet die RVE den Request auf (OCSP-Responses, Umkodierung für die Innenschnittstelle zum den SGD-HSM etc.) und übergibt die verschlüsselte Nachricht an das SGD-HSM. Das SGD-HSM entschlüsselt die Nachricht des Client und überprüft, ob das Authentisierungstoken konsistent mit dem Client-ECIES-Schlüssel und dem AUT-Zertifikat des Client ist. Falls ja überprüft es die Ableitungsregel und führt, falls der Client berechtigt ist, die Schlüsselableitung durch. Das Ergebnis verschlüsselt inkl. Authentisierungstoken, Request-ID und Ableitungsvektor das SGD-HSM für den Client. Das Chiffrat übergibt das SGD-HSM an die RVE, die es nach Umkodierung an den Client als Response weiterleitet.

Die Schritte 14 bis 20 (siehe folgende Tabelle) sind analog zu den Schritten 9 bis 13, nur findet die Kommunikation zwischen Client und SGD 2 statt.

Tabelle 3: Tab_Übersicht_der_Kommunikationsschritte_eines_SGD-Clients

Nr.	SDG-Client	SGD 1	SGD 2

1	Operation GetPublicKey bei SGD 1 aufrufen Eingabe: AUT-Zertifikat des Nutzers		
2		Operation GetPublicKey Aktion: Prüfung des AUT-Zertifikats des Nutzers Ausgabe: aktueller signierter öffentlicher ECIES-Schlüssel des für den Nutzer avisierten SGD-HSM innerhalb des SGD 1	
3	Prüfung des Zertifikats, der Signatur und des öffentlichen Schlüssels des SGD-HSM von SGD 1		
4	Operation GetPublicKey bei SGD 2 aufrufen Eingabe: AUT-Zertifikat des Nutzers		
5			Operation GetPublicKey Ausgabe: aktueller signierter öffentlicher ECIES-Schlüssel des für den Nutzer avisierten SGD-HSM innerhalb des SGD 2
6	Prüfung des Zertifikats, der Signatur und des öffentlichen Schlüssels des SGD-HSM von SGD 2		
7	Berechnung der Hashwerte der öffentlichen ECIES-Schlüssel der beiden SGD-HSMs		
8	Erzeugung des Client-ECIES-Schlüsselpaars und Signatur des öffentlichen Schlüssel inkl. der Hashwerte aus Schritt 7 mittels eGK, SMC-B, SMC-		

	KTR oder alternativer Authentisierung.		
9	Operation GetAuthenticationToken bei SGD 1 Eingabe: für SGD-HSM verschlüsselte Challenge (Zufallswert), AUT-Zertifikat, signierte Schlüssel aus Schritt 8		
10		Operation GetAuthenticationToken Aktion: Prüfung des AUT-Zertifikats, Prüfung des Client-Signatur, Prüfung des Client-ECIES-Schlüssels, Entschlüsselung der Nachricht Ausgabe: Für den öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel verschlüsselte Response. Innerhalb der Response befinden sich die Challenge des Clients (Zufallswert), das erzeugte Authentisierungstoken und der Hashwert des öffentlichen Client und des AUT-Zertifikats des Client.	
11	Entschlüsselung der Antwort. Vergleich Challenge (Zufallswert) mit dem Wert aus der Response, Vergleich des Hashwerts mit dem selbst erzeugten Hashwert, Authentisierungstoken für SGD 1 lokal für die folgende Operation KeyDerivation zwischenspeichern		

12	Operation KeyDerivation bei SGD 1 aufrufen Eingabe: für SGD-HSM verschlüsselte Nachricht: Authentisierungstoken, zufällige Request-ID des Client, Ableitungsregel		
13		Operation KeyDerivation Aktion: Prüfung Authentisierungstoken Ergebnis der Schlüsselableitung (vgl. Abschnitt 2.4 ff) inkl. Prüfung der Berechtigung für die angeforderte Schlüsselableitung berechnen Ausgabe: für den öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel verschlüsseltes Ergebnis der Schlüsselableitung	
14	Entschlüsselung der Antwort. Vergleich des Authentisierungstokens und der Request-ID in der Antwort mit den Werten aus dem Request, Auslesen des abgeleiteten AES-256-Schlüsselwerts der vom SGD-HSM für den Client abgeleitet wurde, ggf. Auslesen des Ableitungsvektors		
15	Operation GetAuthenticationToken bei SGD 2 aufrufen, analog zu Schritt 9		
16			Operation GetAuthenticationToken analog zu Schritt 10 bei SGD 1

17	Entschlüsselung der Antwort. Prüfungen analog zu Schritt 11		
18	Operation KeyDerivation bei SGD 2 aufrufen		
19			Operation KeyDerivation analog zu Schritt 13 bei SGD 1
20	Entschlüsselung der Antwort. Prüfungen analog zu Schritt 14		

Der Client verwendet die erhaltenen beiden AES-256-Schlüssel je nach Anwendungsfall entweder für die Ver- oder die Entschlüsselung des Akten- und des Kontextschlüssels unter Verwendung des interoperablen Austauschformats nach Abschnitt 8- Interoperables Austauschformat . Dabei befinden sich die verwendeten Ableitungsvektoren innerhalb der "associated data" (AD), so dass später die ausgeführte Aktion durch einen autorisierten Client reproduzierbar ist.

2.4 Initiale Schlüsselableitung für den Kontoinhaber

Ein Versicherter (Kontoinhaber) eröffnet ein Konto und der verwendete Client (entweder das ePA-FdV oder das FM ePA) erzeugt den Akten- und Kontextschlüssel. Anschließend durchläuft der Client die Schritte 1 bis 20 aus Abschnitt 2.3- Basisablauf Kommunikation SGD-Client und SGD . Als Nachricht (verschlüsselte "EncryptedMessage" in A_17898, Tab_KeyDerivation-Request) an die beiden SGD sendet der Client dabei jeweils eine Nachricht der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> KeyDerivation r1:<KVNR>
```

und erhält jeweils eine Antwort der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> OK-KeyDerivation <AES-256-Bit-Schlüssel-in-Hexform> r1:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Die beiden nun erhaltenen AES-256-Schlüssel verwendet der Client zur zweifachen Verschlüsselung des von ihm erzeugten Akten- und Kontextschlüssel im "Zwiebelschalenprinzip" unter Verwendung des interoperablen Austauschformats nach Abschnitt 8- Interoperables Austauschformat . Dabei verwendet der Client jeweils die beiden von den SGD erhaltenen Teilzeichenketten der Form "`r1:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>`" als "associated data" (AD) bei der Kodierung. Dieses entsprechend erzeugte und kodierte Chiffrat schickt der Client an die "Komponente Autorisierung" zur Einlagerung im Aktensystem.

Bei einer Umschlüsselung des Akten- und Kontextschlüssels bei einem späteren ePA-Release (vgl. Ende von Abschnitt 2.1- Grundlage und Kernidee) wird aufgrund des Einflusses der jeweils vom SGD gewählten RND-Daten ein anderer Schlüssel generiert.

Damit ist ein SGD nach aktueller Spezifikation schon jetzt auf diese Umschlüsselungsfunktionalität in Bezug auf die Client-Schnittstelle vorbereitet.

Hinweis: in den folgenden Sequenzdiagrammen wird auf die Aufführung des Authentisierungstokens und der Request-ID in der Nachricht (Message) an die SGD verzichtet.

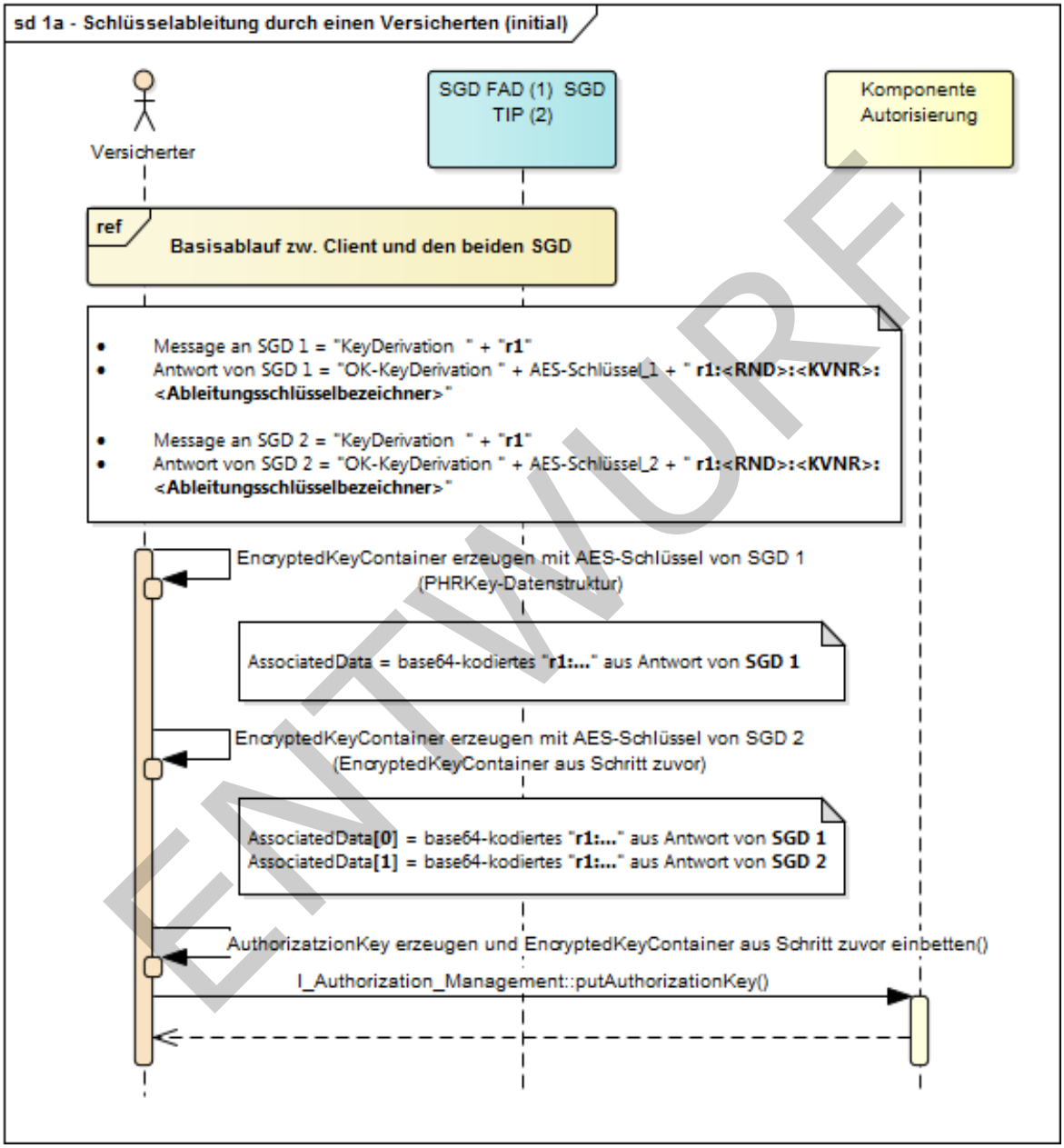


Abbildung 3: Initiale Schlüsselableitung für den Kontoinhaber

2.5 Schlüsselableitung durch den Kontoinhaber

Der Versicherte (Kontoinhaber) meldet sich beim Aktensystem an und erhält nach erfolgreicher Authentifizierung und Autorisierung die "AuthorizationKey"-Datenstruktur vom Aktensystem. Darin befindet sich das zweifach verschlüsselte Chiffrat aus

Abschnitt 2.4. Dort kann der Client aus den AD, durch Leerzeichen getrennt, jeweils den Ableitungsvektor für den SGD 1 und für den SGD 2 auslesen. Diese haben jeweils folgende Form:

```
r1:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Der Client sendet eine Nachricht der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-
ID> KeyDerivation r1:<256-Bit-RND-in-
Hexform>:<KVNR>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

einmal an den SGD 1 und einmal an den SGD 2, jeweils mit den SGD-spezifischen Ableitungsvektoren. Nach A_17925 müssen die Abfragen zur Generierung der beiden Schlüssel durch den Client parallelisiert werden. Das SGD-HSM prüft die Authentizität der Nachricht und verwendet u. a. die KVNR des Versicherten bei der Schlüsselableitung (versichertenindividuelle Schlüsselableitung). Der Client erhält die beiden gleichen AES-256-Schlüssel, die er wie zuvor in Abschnitt 2.4 erhalten hat. Die Antwort der SGD ist dabei analog zu Abschnitt 2.4 der folgenden

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> OK-
KeyDerivation <AES-256-Bit-Schlüssel-in-Hexform> r1:<256-Bit-RND-in-
Hexform>:<KVNR>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Nachdem beide Schlüssel (je einer aus SGD 1 und aus SGD 2) vorliegen, entschlüsselt der Client (vgl. [gemSpec_Krypt#A_17872]) das zweifach verschlüsselte Chiffrat im "Zwiebelschalenprinzip" mittels AES-GCM. Dabei prüft es die Authentizität der Chiffrats und der AD (Authenticated Encryption with Associated Data (AEAD)) bzw. damit auch die Authentizität des erhaltenen Klartextes.

Im Nicht-Fehlerfall liegen danach der Akten- und Kontext-Schlüssel in der Kodierung nach A_17930 vor.

Dieses Vorgehen funktioniert unabhängig davon, ob der Versicherte seine eGK (oder alternative Versichertenidentität) wie bei der Aktenkontoeröffnung oder eine Folgekarte (oder "Folge"-Identität) verwendet.

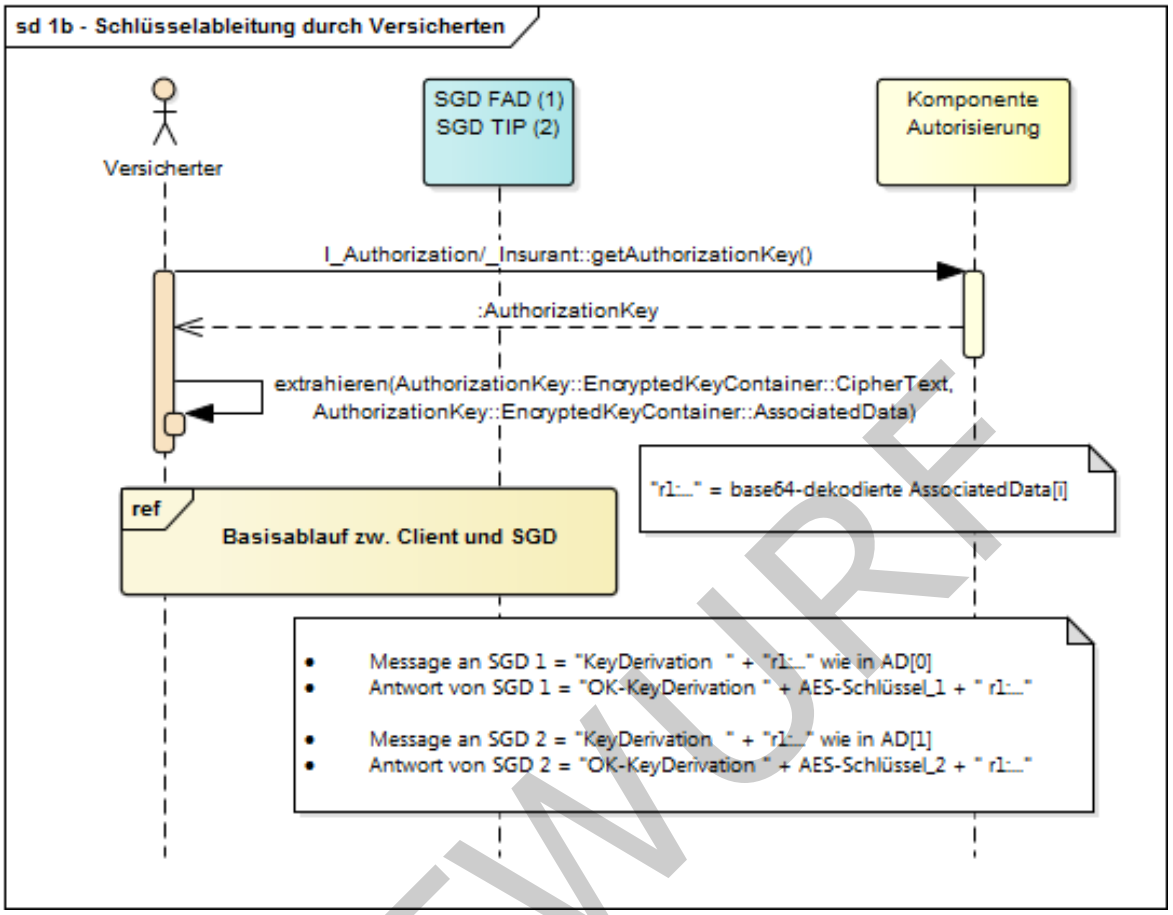


Abbildung 4: Schlüsselableitung durch den Kontoinhaber

2.6 Schlüsselableitung für einen Berechtigungsempfänger

Für das Berechtigen eines Vertreters, einer LEI oder eines KTR durch den Kontoinhaber muss der Client des Kontoinhabers den Akten- und Kontextschlüssel für einen Berechtigungsempfänger verschlüsselten im Aktensystem hinterlegen. Hierfür liegen der Akten- und Kontextschlüssel temporär im Client des Kontoinhabers im Klartext vor. Der Client fragt jeweils SGD 1 und SDG 2 für eine für diesen Anwendungsfall spezifische Schlüsselableitung (r2) an.

Der Client sendet jeweils eine Nachricht der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-
ID> KeyDerivation r2:<KVNR-Vertreter oder Telematik-ID>
```

an beide SGD und erhält jeweils eine Antwort der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> OK-
KeyDerivation <AES-256-Bit-Schlüssel-in-Hexform> r2:<256-Bit-RND-in-
Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter oder Telematik-
ID>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Mit beiden erhaltenen Schlüsseln verschlüsselt der Client den Akten- und Kontextschlüssel und kodiert nach A_17930 das zweifach verschlüsselte Chiffrat. Dabei werden die Ableitungsinformationen ebenfalls authentitäts- und integritätsgeschützt

(AEAD). Die vom Client erzeugte Datenstruktur wird im Aktensystem für den Berechtigungsempfänger hinterlegt.

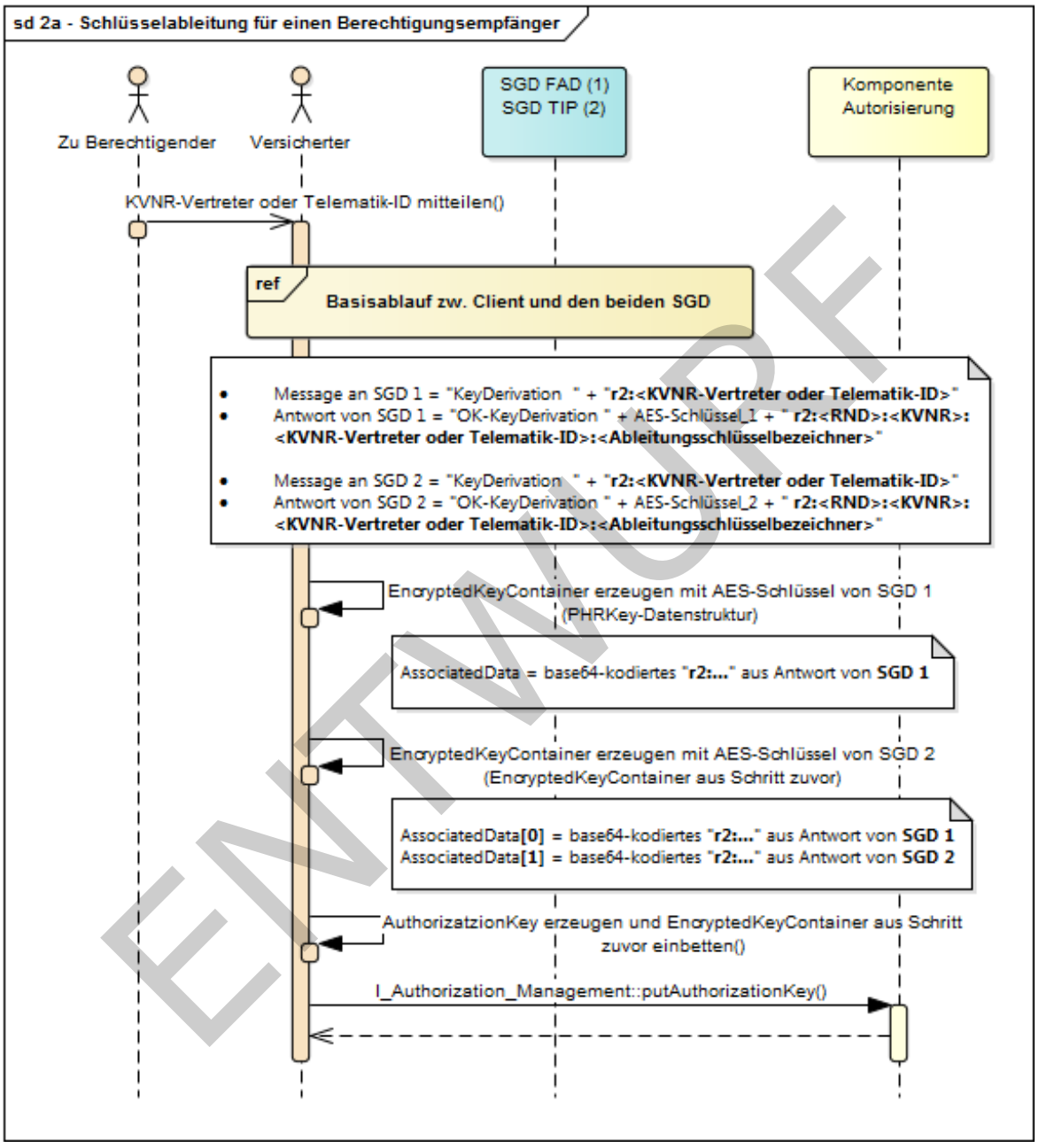


Abbildung 5: Schlüsselableitung für einen Berechtigungsempfänger

2.7 Schlüsselableitung durch einen Berechtigten

Ein Vertreter, eine LEI bzw. ein KTR meldet sich am Aktensystem an und erhält die AuthorizationKeys-Datenstruktur. Dort befindet sich das zuvor vom Versicherten hinterlegte zweifach verschlüsselte Chiffrat mit dem verschlüsselten Akten- und Kontextschlüssel. In den AD sind die Ableitungsinformationen enthaltenen, die ein Client

für die Anfragen an die beiden SGD benötigt. Der Client sendet jeweils an die SGD eine Nachricht der folgenden Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-
ID> KeyDerivation r2:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR-
Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter oder Telematik-
ID>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

und erhält jeweils eine Antwort der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> OK-
KeyDerivation <AES-256-Bit-Schlüssel-in-Hexform> r2:<256-Bit-RND-in-
Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter oder Telematik-
ID>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Das SGD-HSM prüft, ob im vierten Feld der Ableitungsinformationen "`<KVNR-Vertreter oder Telematik-ID>`" zu den authentischen Angaben passt, die im Zertifikat der Anfrage stehen (plus Signaturprüfung, Sperrstatus u. v. m.). Bei erfolgreicher Prüfung führt das SGD-HSM die Ableitung durch und übergibt dem Client die generierten Schlüssel über den verschlüsselten und beidseitig authentisierten Datenkanal zwischen Client und SGD-HSM.

Der Client kann nun das zweifach verschlüsselte Chiffrat entschlüsseln und ihm stehen der Akten- und der Kontextschlüssel zur Verfügung.

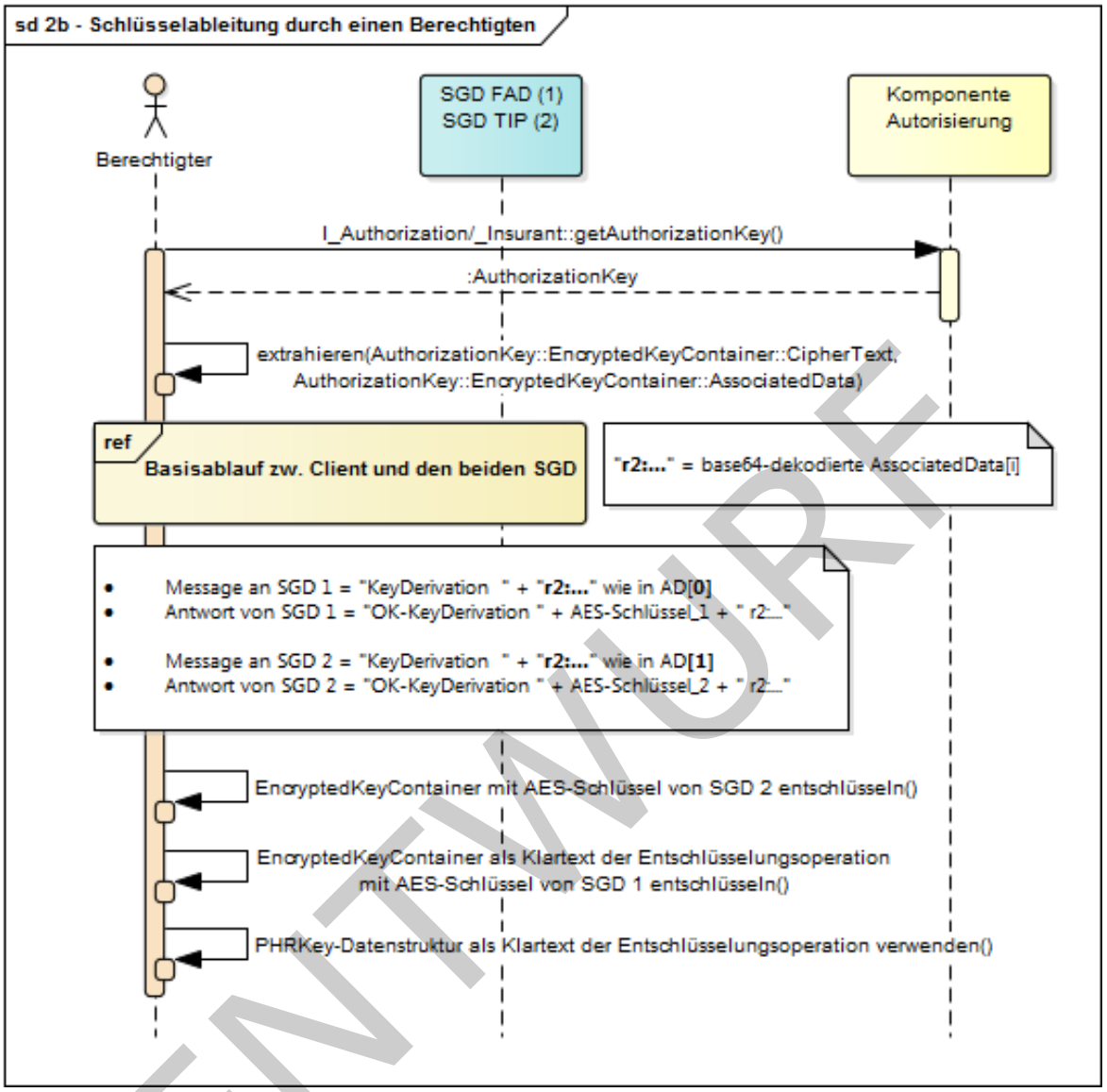


Abbildung 6: Schlüsselableitung durch einen Berechtigten

2.8 Schlüsselableitung für einen Berechtigungsempfänger durch einen Vertreter

Der Vertreter ist am Aktensystem angemeldet und möchte im Rahmen seiner Vertretungstätigkeit im Aktensystem eine LEI oder einen KTR berechtigen. Dafür muss der Client des Vertreters den Akten- und den Kontextschlüssel der Akte des Kontoinhabers für den Berechtigungsempfänger verschlüsselt hinterlegen.

Der Client sendet jeweils die Nachricht

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-
ID> KeyDerivation r3:<Telematik-ID>:<KVNR-Kontoinhaber>
```

und erhält jeweils eine Antwort der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> OK-
KeyDerivation <AES-256-Bit-Schlüssel-in-Hexform> r3:<256-Bit-RND-in-
Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter>:<Telematik-
ID>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Mit den beiden von den SGD erhaltenen Schlüsseln verschlüsselt der Client den Akten- und Kontextschlüssel und bildet eine Datenstruktur gemäß A_17930. Diese wird für den Berechtigungsempfänger im Aktensystem hinterlegt.

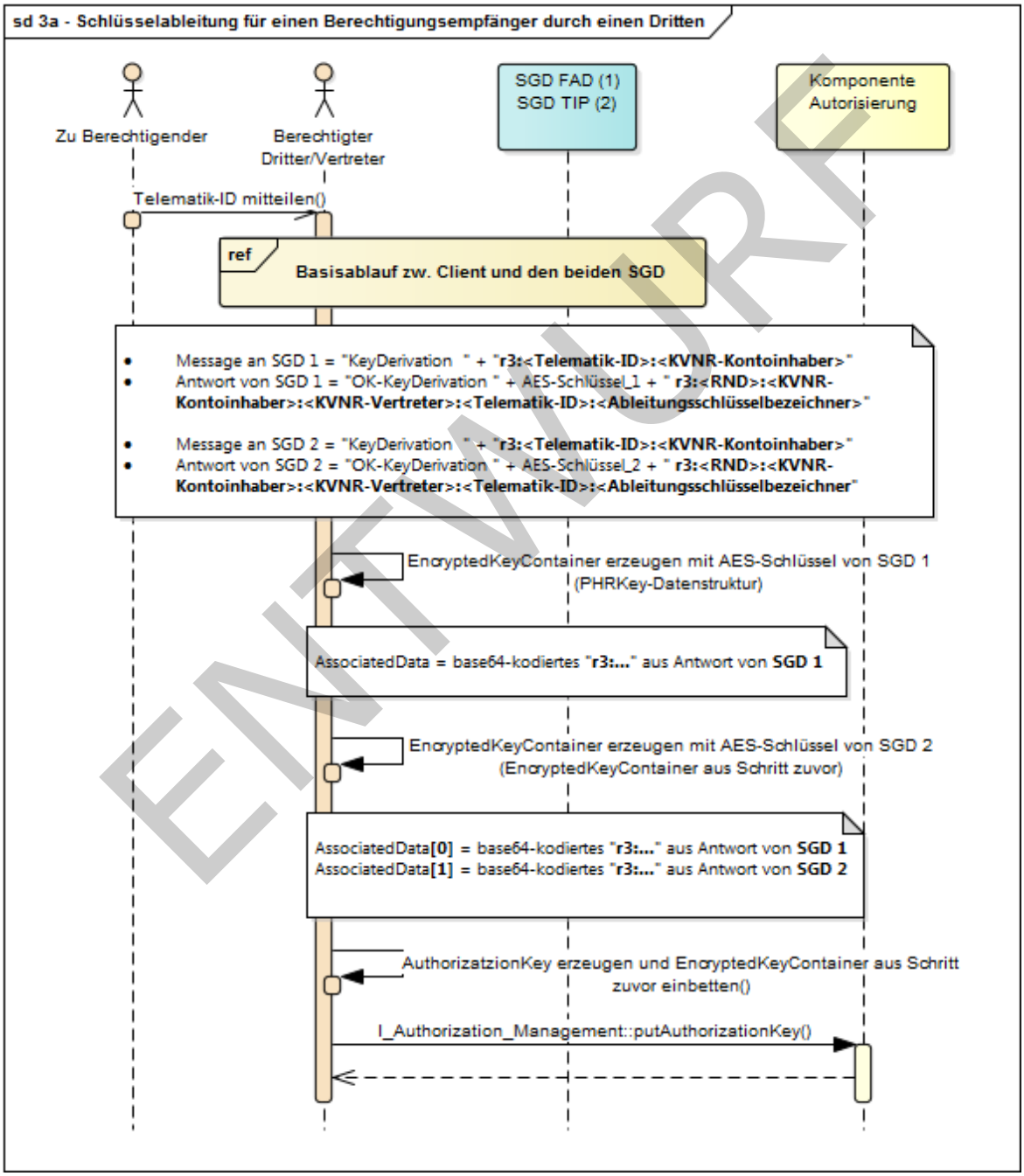


Abbildung 7: Schlüsselableitung für einen Berechtigungsempfänger durch einen Vertreter

2.9 Schlüsselableitung für einen durch einen Vertreter berechtigten Berechtigten

Analog zu Abschnitt 2.7 verwendet der Client der LEI die AuthorizationKeys-Datenstruktur und die darin befindlichen AD. Der Client verwendet die Ableitungsvektoren aus den AD (diese werden mit "r3:" beginnen). Mit diesen beiden Ableitungsvektoren fragt der Client parallel jeweils SGD 1 und SGD 2 an, jeweils mit einer Nachricht der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> KeyDerivation r3:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter>:<Telematik-ID>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

und erhält jeweils eine Antwort der Form

```
AT<256-Bit-Authentisierungstokenwert-in-Hexform> <Request-ID> OK-KeyDerivation <AES-256-Bit-Schlüssel-in-Hexform> r3:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter>:<Telematik-ID>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>
```

Dabei prüft das SGD-HSM innerhalb eines SGD zuvor, ob das Datenfeld "`<Telematik-ID>`" in den Ableitungsinformationen zu den authentischen Angaben passt, die im Zertifikat der Anfrage stehen (plus Signaturprüfung, Sperrstatus u. v. m.). Bei erfolgreicher Prüfung führt das SGD-HSM die Ableitung durch und übergibt dem Client die generierten Schlüssel über den verschlüsselten und beidseitig authentisierten Datenkanal.

Der Client kann nun das zweifach verschlüsselte Chiffrat entschlüsseln und ihm stehen der Akten- und der Kontextschlüssel zur Verfügung.

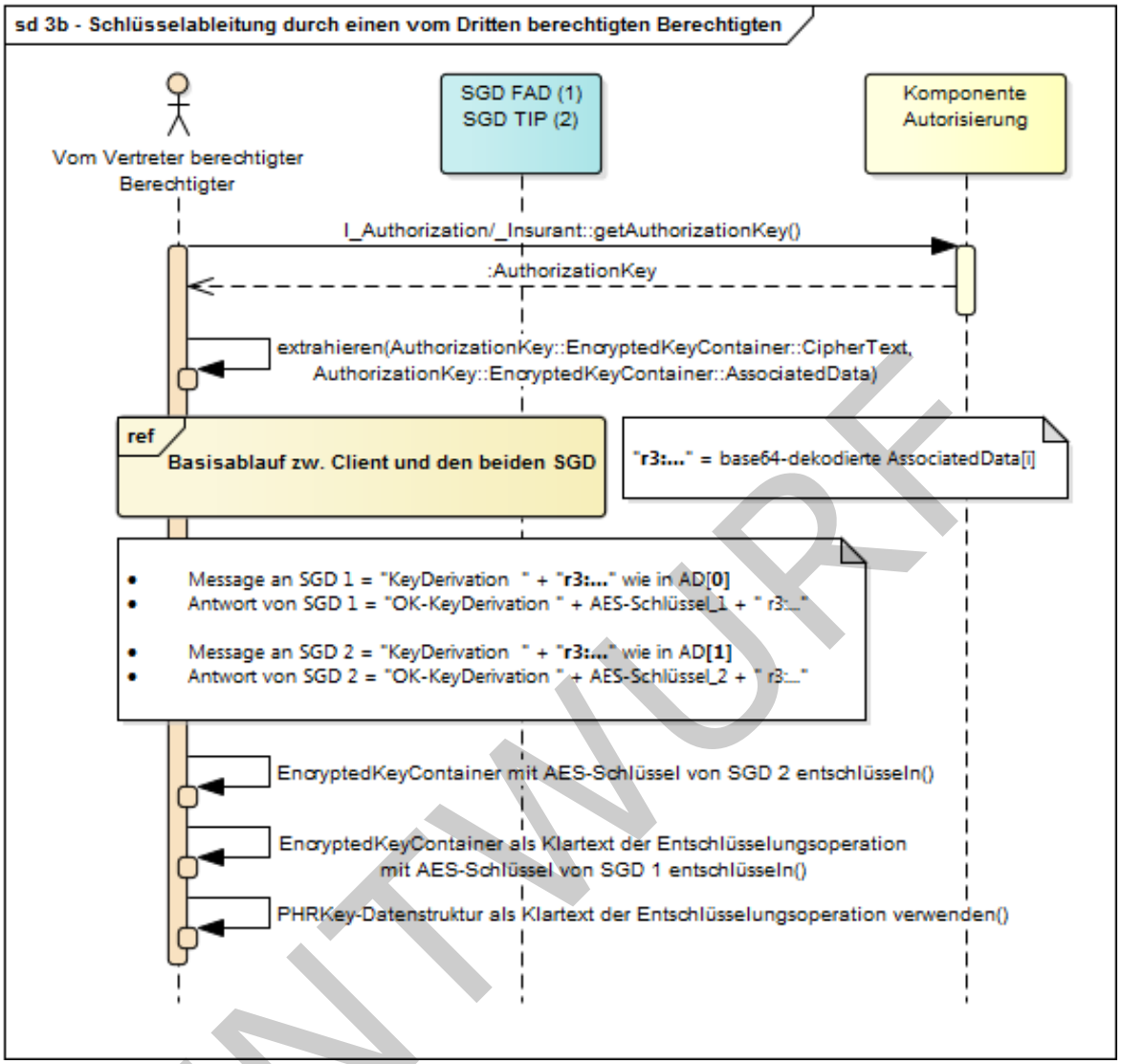


Abbildung 8: Schlüsselableitung für einen durch einen Vertreter berechtigten Berechtigten

2.10 Nichtspeicherung von Versichertendaten

Ein SGD speichert keine versichertenspezifischen Daten. Die Berechnung der versichertenindividuellen Schlüssel ist eine kryptographische Berechnung (Schlüsselableitung) auf Grundlage des jeweiligen SGD-spezifischen Ableitungsschlüssels und vom Client authentisiert übergebener Ableitungsvektoren. Ein solcher versichertenindividueller Schlüssel wird nur nach erfolgreicher Authentifizierung eines anfragenden Versicherten berechnet und nach der verschlüsselten Übertragung an den Versicherten sofort wieder im SGD-HSM gelöscht. Für den Aufbau des beidseitig authentisierten verschlüsselten Datenkanals zwischen SGD-HSM und Client wird das AUT-Zertifikat des Nutzes (bspw. des Versicherten) kurzzeitig benötigt. Dieses Zertifikat wird vom SGD nicht persistent gespeichert (A_17965).

2.11 Besondere Rolle SGD-HSM

Das SGD-HSM mit seinem speziellen HSM-Firmware-Modul und den begleitenden technischen und organisatorischen Prozessen ermöglicht es mit hoher Sicherheit, eine durch den Betreiber bestimmte Schlüsselableitung innerhalb des SGD auszuschließen. Das SGD-HSM entscheidet, ob eine ausreichende Authentifizierung stattgefunden hat und führt erst danach die Schlüsselableitung durch. Anschließend überträgt es die abgeleiteten spezifischen Schlüssel über einen beidseitig authentisierten und verschlüsselten Datenkanal (Ende-zu-Ende-Sicherheit) zum Client.

Damit dies möglich wird, muss man auf die Einschränkungen der Embedded-Umgebung, in dem das SGD-HSM-Firmware arbeitet, eingehen:

1. Die Performanzvorgaben verbieten ähnlich wie in einer Chipkarte die Verwendung eines Ende-zu-Ende geführten TLS-Kanals. Bei Chipkarten verwendet man anstatt eines TLS-Kanals ein Secure-Messaging (Anwendung VSDM). Die Ende-zu-Ende-verschlüsselte Datenverbindung zwischen Client und SGD-HSM verwendet das ECIES-Verfahren (vgl. Abschnitt 9- Datenkanal zwischen Client und SGD (informativ)) für das es einen kryptographischen Sicherheitsbeweis gibt. Zusammen mit den alle 15 Minuten wechselnden ECIES-Verbindungsschlüsseln eines SGD-HSM ermöglicht dieses Vorgehen die in Bezug auf die Clients zustandslose Abarbeitung von Requests innerhalb des SGD-HSMs.
2. Ähnlich wie die Zertifikatsprüfung in einer Chipkarte kann die Zertifikatsprüfung im SGD-HSM nicht auf der relativ komplexen TSL-Auswertung basieren. Anstatt der TSL-Auswertung wird u. a. die Rückführbarkeit zur X.509-Root der TI und weiteren im SGD-HSM sicher gespeicherten CA-Zertifikaten der TI bei der Zertifikatsprüfung verwendet (vgl. Abschnitt 4.5.1- Zertifikats- und Schlüsselprüfung im SGD-HSM).

3 Übergreifende Festlegungen

3.1 Beziehung zwischen ePA-Aktensystem und SGD

Für einen Versicherten müssen zwei unabhängige SGD-Instanzen zur parallelen Nutzung für die zweifache Schlüsselgenerierung zur Verfügung stehen. Beide SGD müssen dabei technisch, organisatorisch und wirtschaftlich unabhängig sein. Um dies sicherzustellen, gibt es einen SGD, den alle Aktensysteme als SGD 2 verwenden (A_17881).

A_17881 - Anbieter SGD - Rollenausschluss für Anbieter des SGD der zentralen TI-Plattform
Der Anbieter des Schlüsselgenerierungsdienstes der zentralen TI-Plattform MUSS unabhängig von Anbietern von ePA-Aktensystemen sein, d. h. es sind mindestens jeweils eigenständige Rechtspersönlichkeiten mit eigenständigen operativen Geschäfts- und Betriebsführungen und es ist eine strikte Vermeidung von Personenidentitäten bzw. Doppelrollen in den Funktionen Geschäftsführung, leitende Mitarbeiter und Zugangsberechtigte zum Betriebsort des Schlüsselgenerierungsdienstes bzw. ePA-Aktensystems gewährleistet.**[<=]**

A_17883 - Weiterführung der Schlüsselableitungsfunktionalität bei SGD-Instanzwechsel
Ein Anbieter eines ePA-Aktensystems und ein Anbieter eines SGD ePA MÜSSEN beim Wechsel ihrer jeweiligen SGD-Instanz die Weiterführung der Schlüsselableitungsfunktionalität ePA sicherstellen.**[<=]**

A_17884 - Migrationskonzept bei SGD-Instanzwechsel
Ein Anbieter eines ePA-Aktensystems und Anbieter eines SGD ePA MÜSSEN ein Migrationskonzept erstellen und pflegen, worin festgelegt wird, wie beim Wechsel ihrer SGD-Instanz die für deren Kunden verwendeten Ableitungsschlüssel sicher an die SGD-Folgeinstanz übergeben werden.**[<=]**

A_17885 - ePA-Aktensystem-spezifische Ableitungsschlüssel eines SGD-Instanz
Ein Anbieter eines ePA-Aktensystems MUSS sicherstellen, dass die von ihm verwendete SGD-Instanz (d. h. technisch formuliert "SGD 1") ePA-Aktensystemanbieter-spezifische Ableitungsschlüssel (Schlüsselableitungsfunktionalität ePA) verwendet.**[<=]**

A_17886 - Migration SGD-Instanz
Ein Anbieter eines ePA-Aktensystems MUSS beim Wechsel der SGD-Instanz (vgl. A_17884 alle Ableitungsschlüssel sicher an die SGD-Folgeinstanz übergeben und anschließend sicher in der alten SGD-Instanz löschen.**[<=]**

3.2 Verfügbarkeit und Performanz

Verfügbarkeits- und Performanzanforderungen für einen SGD befinden sich in [gemSpec_Perf#Produkttyp Schlüsselgenerierungsdienst] und sind dem Produkttypsteckbrief SGD zugewiesen.

3.3 Sichere Betreiberumgebung

Ähnlich wie einem TSP werden an den Betreiber eines SGD ePA Anforderungen u. a. an die sichere Betreiberumgebung aus [gemSpec_DS_Anbieter] gestellt (vgl. Zuordnung im Produkttypsteckbrief). Die zugeordneten Module sind "Basis-IS", "Basis-ISMS", "Erweitertes ISMS", "TI-Sicherheitsbericht" und „Erweiterter TI-Sicherheitsbericht".

A_18956 - Sicherer Betrieb des Produkts nach Handbuch
Der Anbieter eines Schlüsselgenerierungsdiensts MUSS die im Handbuch des eingesetzten Schlüsselgenerierungsdienstes beschriebenen Voraussetzungen für den sicheren Betrieb des Produktes gewährleisten.**[<=]**

A_18955 - Darstellen der Voraussetzungen für sicheren Betrieb des Produkts im Handbuch
Der Hersteller des Schlüsselgenerierungsdienstes MUSS für sein Produkt im dazugehörigen Handbuch leicht ersichtlich darstellen, welche Voraussetzungen vom Betreiber und der Betriebsumgebung erfüllt werden müssen, damit ein sicherer Betrieb des Produktes gewährleistet werden kann.**[<=]**

3.4 Verschiedenes

A_17880 - Zeitsynchronität mit der TI
Ein SGD ePA MUSS mit den Stratum-1-NTP-Servern der TI synchronisieren.**[<=]**

Eine korrekte Zeit ist im SGD an drei Stellen wichtig:

1. für die EE-Zertifikatsprüfung in der RVE (ist der aktueller Prüfzeitpunkt innerhalb der Gültigkeitsdauer des zu prüfenden EE-Zertifikats),
2. für die EE-Zertifikatsprüfung in den SGD-HSM, und
3. für Zeitstempel bei Logdaten, die für die Fehleranalyse im SGD erhoben werden können.

Keiner dieser Anwendungszwecke verlangt, dass die Zeit in den o. g. Teilkomponenten im einstelligen Millisekundenbereich korrekt ist. Nach praktischen Erfahrungen der gematik gehen die internen Zeitgeber der marktüblichen HSM ausreichend genau. D. h. eine Zeitdrift von mehr als 2 Minuten pro Jahr wurde von der gematik noch nie beobachtet. Dies ist für die fachlichen Abläufe im SGD-HSM absolut ausreichend. Die gematik empfiehlt

- aus einer Sicherheitsbetrachtung heraus die SGD-HSM nicht direkt mit NTP-Servern Verbindung aufnehmen zu lassen,
- und die automatisierte Überwachung der Zeitdrift durchzuführen und ggf. das manuelle Korrigieren der Zeit im Mehr-Augen-Prinzip in den SGD-HSM innerhalb eines regelmäßig stattfinden Arbeitsablaufes (bspw. halbjährlich bei der Schlüsselzeremonie für die Schlüssel (S3)) durchzuführen.

Eine Zeitdrift von weniger als 5 Minuten innerhalb des SGD (RVE, SGD-HSM) ist aus Sicherheitssicht akzeptabel.

4 Bestandteile eines SGD

Ein SGD besteht aus

1. einer HTTPS-Schnittstelle (vgl. A_~~17887~~-17889) innerhalb der TI,
2. einer Request verarbeitenden Einheit (RVE) für die eingehenden HTTP-Requests, und
3. einem (oder mehreren) HSM (SGD-HSM genannt), das den wesentlichen Teil der Sicherheitsleistung des SGD erbringt.

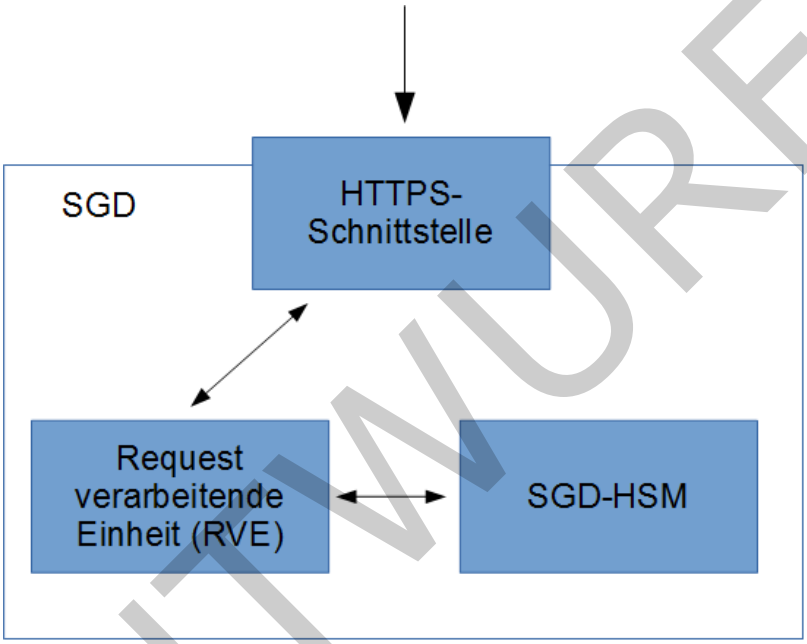


Abbildung 9: Strukturelemente eines SGD

4.1 Request-Verarbeitung in einem SGD

Eingehende Requests eines Clients werden von der Request verarbeitenden Einheit (RVE) an der HTTPS-Außenschnittstelle (vgl. A_17889) entgegengenommen. Dort werden sie entweder direkt beantwortet (Operation GetPublicKey, A_17895-01) oder aufbereitet und danach an das SGD-HSM gesendet. Abhängig von der Antwort des SGD-HSM erzeugt die RVE eine Antwort für den Client (A_17908-01) und sendet diese an ihn. Die RVE hat keinen Einblick in den beidseitig authentisierten und verschlüsselten Datenkanal zwischen Client und SGD-HSM (vgl. Abschnitt 9). Die RVE stellt nur in Bezug auf die Verfügbarkeit (DoS-Gegenmaßnahmen, Einholen von signierten OCSP-Responses, Umkodieren von Requests etc.) des SGD eine kritische Komponente dar. In Bezug auf die Vertraulichkeit der Schlüssel erbringt sie keine Sicherheitsleistung.

A_17908-01~~Die Schnittstelle zwischen RVE und SGD-HSM ist eine Innenschnittstelle (vgl.~~ **- Request-Verarbeitung in der SGD**
Die Request verarbeitende Einheit (RVE) eines SGD ePA MUSS alle Informationen, die ein SGD-HSM für die Zertifikatsprüfung nach ~~Abschnitt 6.1- Innenschnittstellen) und wird~~

~~deshalb nicht ausspezifiziert beschrieben. Es werden nur notwendige Festlegungen getroffen.~~

~~A_17908 - Request-Verarbeitung in der SGD~~
~~Die Request verarbeitende Einheit (RVE) eines SGD ePA MUSS alle Informationen, die ein SGD-HSM für die Zertifikatsprüfung nach~~ A_17919-01 benötigt, bereitstellen und dem SGD-HSM bei der Weiterleitung des Requests übergeben.
Wenn die RVE erkennt, dass die Informationen dem SGD-HSM nicht ausreichen werden, so MUSS die RVE die Weiterleitung an die SGD-HSM abbrechen (i. S. v. gar nicht erst durchführen) und den Request mit einer Fehlermeldung, so wie in den Außenschnittstellen beschrieben, beantworten.
[<=]

Die Schnittstelle zwischen RVE und SGD-HSM ist eine Innenschnittstelle (vgl. Abschnitt 6.1- Innenschnittstellen) und wird deshalb nicht ausspezifiziert beschrieben. Es werden nur notwendige Festlegungen getroffen.

Ein SGD-HSM wird auf einen von der RVE weitergeleiteten Request in fünf Weisen antworten:

1. Die Authentizität des Requests ist nicht gegeben (bspw. AES-GCM meldet FAIL oder das Authentisierungstoken ist ungültig), das SGD-HSM meldet FAIL. Die RVE muss, so wie in den Außenschnittstellen beschrieben, eine Fehlermeldung an den Client senden.
2. Die Authentifizierung war erfolgreich und die Schlüsselableitung wurde durchgeführt. Übergeben wird der RVE das Chiffrat für den Client. Die RVE muss die Antwort-Datenstruktur, so wie bei der Operation KeyDerivation (A_17898) beschrieben, kodieren und dem Client diese als Response senden.
3. Die Authentifizierung war erfolgreich und die Schlüsselableitung wurde nicht durchgeführt, weil der Klartext-Request des Client falsch formatiert ist. Das SGD-HSM erzeugt ein Chiffrat mit entsprechende Fehlermeldung für den Client. Übergeben wird der RVE (1) das Chiffrat für den Client und (2) die Information über die Fehlformatierung. Die RVE muss die Antwort-Datenstruktur, so wie in den Außenschnittstellen beschrieben, kodieren und dem Client diese als Response senden.
   Wenn die Fehlformatierung häufig vorkommt, liegt hier evtl. ein systematischer Fehler vor. Der SGD-Betreiber sollte davon wissen und bspw. mit Unterstützung der gematik eine Fehleranalyse unter Verwendung der TI-ITSM-Prozesse starten.
4. Die Authentifizierung war erfolgreich und die Schlüsselableitung wurde nicht durchgeführt, weil kein Ableitungsschlüssel vorhanden war mit dem vom Client übergebenen Ableitungsschlüsselbezeichner. Das SGD-HSM erzeugt ein Chiffrat mit entsprechender Fehlermeldung für den Client. Übergeben wird der RVE (1) das Chiffrat für den Client und (2) die Information über den Fehler. Die RVE muss die Antwort-Datenstruktur, so wie in den Außenschnittstellen beschrieben, kodieren und dem Client diese als Response senden.
   Wenn dieser Fehlerfall häufig vorkommt, liegt hier evtl. ein systematischer Fehler vor. Der SGD-Betreiber sollte davon wissen und eine Fehleranalyse starten.
5. Die Zertifikatsprüfung im SGD-HSM ergab FAIL. D. h., die RVE hat die eigene Zertifikatsprüfung (A_17908-01) nicht korrekt ausgeführt. Die RVE muss, so wie in den Außenschnittstellen bzw. in Abschnitt 6.7- Fehlermeldungen beschrieben, eine Fehlermeldung an den Client senden.

4.2 SGD-HSM

Den wesentlichen Teil der Sicherheitsleistung eines SGD erbringt das SGD-HSM. Das SGD-HSM entscheidet, ob eine ausreichende Authentifizierung stattgefunden hat und führt erst danach eine Schlüsselableitung durch. Anschließend überträgt es die abgeleiteten spezifischen Schlüssel über einen beidseitig authentisierten und Ende-zu-Ende-verschlüsselten Datenkanal an den Client.

Ein SGD-HSM

1. erzeugt mindestens alle 15 Minuten ein neues ECIES-Schlüsselpaar, (Ein ECIES-Schlüsselpaar ist 30 Minuten für jeden Client nutzbar und wird danach im SGD-HSM sicher gelöscht)
2. enthält den privaten Signaturschlüssel (A_17910-01 (S1)), der für die Signatur (Authentisierung) des jeweils neu erzeugten öffentlichen ECIES-Schlüssels (A_17910-01 (S4)) notwendig ist,
3. erzeugt halbjährlich einen neuen Ableitungsschlüssel und hält zuvor erzeugte Ableitungsschlüssel im HSM vor,
4. prüft bei eingehenden Anfragen für eine Schlüsselableitung das Zertifikat des Anfragenden,
5. führt bei positivem Prüfergebnis eine Schlüsselableitung entsprechend den Ableitungsregeln durch,
6. verschlüsselt die abgeleiteten Schlüssel für den Anfragenden.

Das SGD-HSM muss ein besonderes Firmware-Modul enthalten, das diese Funktionalität abbildet. Dieses hat einen sehr begrenzten Funktionsumfang (ECC- und AES-Schlüssel erzeugen, Signaturen prüfen, aus einem AUT-Zertifikat die KVNR bzw. Telematik-ID auslesen, eine Hashfunktion (HKDF) berechnen, ECIES Ver- und Entschlüsselung durchführen und AES-GCM ausführen). Die Mehrzahl der Funktionen sind schon standardmäßig im HSM vorhanden.

A_17907 - SGD, Sicherheitsbegutachtung SGD-HSM
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen:

1. Er MUSS mindestens ein HSM, SGD-HSM genannt, einsetzen.
2. Solch ein SGD-HSM MUSS auf einer Plattform (Hardware und Software) basieren, das zuvor bereits erfolgreich eine Zertifizierung nach FIPS 140-2 [FIPS-140-2] mindestens Level 3 durchlaufen hat.
3. Ein solches SGD-HSM MUSS mit spezieller Firmware ausgestattet sein.
4. Diese Firmware MUSS die Ablauflogik aus [gemSpec_SGD_ePA#4.5-Funktionsablauf Firmware-Modul SGD-HSM] ausführen.
5. Im SGD-HSM MÜSSEN, neben dem speziellen Firmware-Modul, ausschließlich Standard-Firmware-Module verwendet werden (also keine anderen speziellen selbstprogrammierten Firmware-Module).
6. Das Firmware-Modul MUSS eine Sicherheitsbegutachtung durch eine durch die gematik anerkannte unabhängige Instanz (Penetration-Tester etc.) haben. Die gematik nimmt das Gutachten ab und prüft, ob die Anforderung aus dem Produkttypsteckbrief bezogen auf die Schlüsselableitungsfunktionalität ausreichend betrachtet worden sind.

7. Bei der Sicherheitsbegutachtung MUSS sichergestellt sein, dass die unabhängige Instanz aus Punkt 6 mit der gematik Informationen (Frage/Antwort) bezüglich der Sicherheitsbegutachtung austauschen darf.

[<=]

Hinweis zu Punkt 7:

Analog zu den CC-Evaluierungen der TI-Komponenten muss es möglich sein, ohne dass Verschwiegenheitsregelungen die Klärung von fachlichen Punkten während der Sicherheitsbegutachtung behindern, die notwendige Dauer der Sicherheitsbegutachtung zu minimieren.

4.3 Schlüssel im SGD-HSM

In einem SGD müssen verschiedene Schlüssel verfügbar sein, die durch ein SGD-HSM geschützt werden müssen.

A_17910-01~~A_17910~~ - Schlüssel in einem SGD-HSM
Ein SGD ePA MUSS sicherstellen, dass in seinem (oder seinen) SGD-HSM folgende Schlüssel existieren und durch das (die) SGD-HSM geschützt werden:

1. Schlüsselbestätigungsschlüsselpaar ECC brainpoolP256r1 (S1),
2. Eine geordnete Liste von Zertifikatssignaturprüfschlüsseln (darunter der aktuelle öffentliche RSA-Root-Schlüssel der X.509-Root der TI und der aktuelle ECC-Root-Schlüssel der X.509-Root der TI) (S2),
3. alle aktuell benötigten Ableitungsschlüssel (S3),
4. zwei mittels des privaten Schlüsselbestätigungsschlüssels (S1) authentisierte (vgl. Signatur in A_17894-01) kurzlebige (A_17914-01) ECIES-Schlüsselpaare (S4), und
5. zwei Ableitungsschlüssel (S5) für die Erstellung der Authentisierungstoken (je ein Ableitungsschlüssel zugeordnet zu genau einem ECIES-Schlüsselpaar (S4)).

[<=]

A_17911-01 - SGD-HSM: Schlüsselerstellung und Veränderung im Mehr-Augen-Prinzip
Ein SGD ePA MUSS sicherstellen, dass die Schlüssel (S1) bis (S5) aus A_17910-01 ausschließlich im Mehr-Augen-Prinzip erstellbar und änderbar sind (bzw. (S4) und (S5) autonom durch das SGD-HSM-Firmware-Modul). Ausgenommen davon sind schon über die PKI der TI Intergritäts- und Authentitätsgeschützte Schlüssel (Import von Cross-signierten neuen Root-Schlüsseln, Import von CA-Schlüsseln die über schon im SGD-HSM vorhandene Root-Schlüssel geprüft werden können).**[<=]**

A_17912-01~~A_17912~~ - SGD-HSM: Root-Schlüssel sind Teil des Firmware-Moduls
Ein SGD ePA MUSS sicherstellen, dass die Schlüssel (S2) aus A_17910-01 Teil des SGD-HSM-Firmware-Moduls sind.**[<=]**

A_17913-01~~A_17913~~ - SGD-HSM: Exklusive Nutzungsrechte der Schlüssel für das Firmware-Modul
Ein SGD ePA MUSS technisch sicherstellen, dass
der private Schlüsselbestätigungsschlüssel bei (S1) (vgl. jeweils A_17910-01),

~~1. der private Schlüsselbestätigungsschlüssel bei (S1) (vgl. jeweils A_17910),~~

1. die Ableitungsschlüssel (S3),

2. die privaten ECIES-Schlüssel (S4), und
3. die zu den (S4) 1:1-zugeordneten Ableitungsschlüssel (S5) für die Erstellung der Authentisierungstoken

ausschließlich durch das SGD-HSM-Firmware-Modul nutzbar sind.
[<=]

A_17914-01~~A_17914~~ - SGD-HSM: kurzlebige ECIES-Schlüssel
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen:

1. Die beiden ECIES-Schlüsselpaare (S4) (vgl. A_17910-01), MÜSSEN jeweils 30 Minuten verwendbar sein und MÜSSEN anschließend sicher gelöscht werden.
2. Initial MUSS ein ECIES-Schlüsselpaar erzeugt werden und 15 Minuten später das zweite.
3. Jeweils im 15-Minuten-Intervall MUSS ein neues Paar erzeugt werden.
4. Der öffentliche Schlüssel dieses neu erzeugten Paares MUSS mittels (S1) signiert und Schlüssel mit Signatur nach A_17894-01 kodiert werden und die erzeugte Kodierung der RVE übergeben werden.

[<=]

Hinweis zu A_17914-01 : Alle 15 Minuten wird nach A_17914-01 ein neues ECIES -Schlüsselpaar (vgl. auch [gemSpec_Krypt#A_17873]) erzeugt werden. Wenn kurz zuvor ein Client (ePA-FdV oder FM ePA) jedoch den öffentliche Schlüssel des alten Schlüsselpaares über die Schnittstelle GetPublicKey (A_~~17895~~17985-01) erhalten hat, kann er das alte Schlüsselpaar maximal 15 Minuten weiter nutzen. Die Lebensdauer eines solchen ECIES-Schlüsselpaars in einem SGD-HSM ist also 30 Minuten.

A_18022-02~~A_18022~~ - SGD-HSM: Ableitungsschlüssel Authentisierungstoken (S5) pro ECIES-Schlüssel (S4)
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen:

1. Jedem ECIES-Schlüsselpaar (S4) (vgl. A_17910-01), MUSS genau ein Ableitungsschlüssel (S5) für die Erstellung der Authentisierungstoken zugeordnet sein.
2. Wenn ein ECIES-Schlüsselpaar (S4) erzeugt wird (vgl. A_17914-01) MUSS ein Ableitungsschlüssel (S5) gemäß Spiegelstrich 1 erzeugt werden.
3. Wenn ein ECIES-Schlüsselpaar (S4) sicher gelöscht wird (vgl. A_17914-01), so MUSS auch der zugeordnete Ableitungsschlüssel (S5) sicher gelöscht werden.

[<=]

A_17915-01~~A_17915~~ - SGD: Nicht-Synchronisation der ECIES-Schlüssel (S4) und zugordnete Ableitungsschlüssel (S5)
Ein SGD ePA DARF die kurzlebigen privaten ECIES -Schlüssel (A_17910-01 (S4)) und die mit diesen 1:1-zugeordneten Ableitungsschlüssel (A_~~17910~~17915-01 (S5)) (Erstellung der Authentisierungstoken) NICHT über mehrere SGD-HSM synchronisieren.
[<=]

A_17916 - Verfügbarkeit der Schlüssel in einem SGD-HSM
Ein SGD ePA MUSS technisch sicherstellen, dass der private Schlüsselbestätigungsschlüssel (A_17910-01 (S1)) und die geheimen Ableitungsschlüssel (A_17910-01 (S3)) in dessen SGD-HSM ausschließlich verschlüsselt und im Mehr-Augen-Prinzip importierbar und exportierbar sind (Ziel: Sicherstellung der Verfügbarkeit dieser Schlüssel). Der SGD ePA MUSS technisch sicherstellen, dass beim Import und Export dieser Schlüssel notwendiger Weise ein Mitarbeiter der gematik

beteiligt ist.
[<=]

A_17917 - Schutz des SGD-HSM-Firmware-Moduls
Ein SGD ePA MUSS durch technische Maßnahmen sicherstellen, dass

1. das Einbringen und das Update des speziellen Firmware-Moduls in ihrem (oder ihren) SGD-HSM nur im Mehr-Augen-Prinzip möglich ist,
2. ein Mitarbeiter der gematik an diesem Vorgang beteiligt ist (durch das SGD-HSM durchgesetzt).

[<=]

Verständnishinweis zu A_17916 und A_17917: Dies ist analog zu den Vorgaben, wie seit 2014 die CVC-Root der TI betrieben wird. Damit wird der Betreiber eines SGD vom Verdacht befreit es könnte die geheimen Ableitungsschlüssel A_17910-01 (S3) missbrauchen. Er ist technisch aufgrund der zwei Anforderungen nicht in der Lage dies zu tun.

Aufgrund der Bedeutung der Schlüsselbestätigungsschlüssel für die Sicherheitsleistung werden diese innerhalb eines Clients nicht über die üblichen Zertifikatsprüfverfahren überprüft, sondern die Zertifikate, die die Schlüsselbestätigungsschlüssel enthalten, sind direkt (explizit) in der TSL aufgeführt (vgl. A_17847 (Prüfung eines SGD-HSM-Zertifikats) und [gemSpec_PKI#A_17700]). Dadurch wirken etwaige Probleme bspw. in der Komponenten-PKI nicht auf die Sicherung der Authentizität der Schlüsselbestätigungsschlüssel (risikominimierende Maßnahme).

A_17846-01~~A_17846~~ - Prüfbarkeit des Schlüsselbestätigungsschlüssels eines nicht-zentralen SGD
Ein SGD ePA, der nicht der SGD der zentralen TI-Plattform ist, MUSS folgende Vorgaben durchsetzen.
Der öffentlichen Schlüsselbestätigungsschlüssel (A_17910-01 (S1)) MUSS in einem EE-Zertifikat nach dem Zertifikatsprofil [gemSpec_PKI#Tab_PKI_296] C.SGD-HSM.AUT aufgeführt werden.

1. Dabei MUSS das Zertifikat vom ePA-Aktensystem für dessen SGD genau nur die OID oid_sgd1_hsm [gemSpec_OID#3.5.4 OID-Vergabe für technische Rollen] als technische Rolle aufführen.
2. Das Zertifikat MUSS in die TSL(ECC-RSA) der TI gebracht werden und zwar aufgeführt als TSPService mit dem ServiceTypeIdentifier "http://uri.etsi.org/TrstSvc/Svctype/unspecified".

[<=]

Hinweis: vgl. auch [gemSpec_PKI#Abschnitt SGD-HSM – Schlüsselgenerierungsdienst-HSM].

A_17918-01~~A_17918~~ - Prüfbarkeit des Schlüsselbestätigungsschlüssels des SGD der zentralen TI-Plattform
Ein SGD ePA der zentralen TI-Plattform MUSS folgende Vorgaben durchsetzen.

1. Der öffentlichen Schlüsselbestätigungsschlüssel (A_17910-01 (S1)) MUSS in einem EE-Zertifikat nach dem Zertifikatsprofil [gemSpec_PKI#Tab_PKI_296] C.SGD-HSM.AUT aufgeführt werden.
2. Dabei MUSS das Zertifikat vom ePA-Aktensystem für dessen SGD genau nur die OID oid_sgd2_hsm [gemSpec_OID#3.5.4 OID-Vergabe für technische Rollen] als technische Rolle aufführen.

3. Das Zertifikat MUSS in die TSL(ECC-RSA) der TI gebracht werden und zwar aufgeführt als TSPService mit dem ServiceTypeIdentifier "http://uri.etsi.org/TrstSvc/Svctype/unspecified".

[<=]

Hinweis: Die gematik stellt sicher, dass sich in der TSL nur SGD-HSM-Zertifikate nach A_17846-01 #(1) und nach A_17918-01 #(1) befinden, die zugehörig sind zu SGD-HSMs von zugelassenen SGD. Vergleiche auch A_17847 (Prüfung eines SGD-HSM-Zertifikats).

4.4 Pflege der Prüfschlüssel (S2) im SGD-HSM

In A_17910-01 (Schlüssel in einem SGD-HSM) wird mit (S2) eine geordnete Liste von Zertifikatssignaturprüfschlüsseln eingeführt. Diese Schlüssel bildet die Grundlage für die Zertifikatsprüfung in einem SGD-HSM (A_17919-01). Einerseits handelt es sich um den RSA-Schlüssel der aktuellen X.509-Root-Version (RCA2) und analog den ECC-Schlüssel (RCA3) und andererseits um nicht von der TI-X.509-Root bestätigte X.509-eGK-CA-Zertifikate, die in der TSL der TI aufgeführt sind. Diese Schlüssel sind fester Bestandteil des SGD-HSM-Firmwaremoduls (A_17912-01). Alle zukünftig erzeugten CA-Zertifikate der TI werden durch die X.509-Root bestätigt werden [gemSpec_X.509_TSP#TIP1-A_3894].

A_17952-01~~A_17952~~ - SGD-HSM, geordnete Liste von Signaturprüfschlüsseln
Der SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen.

1. Die RVE MUSS vom SGD-HSM eine nummerierte Liste von im SGD-HSM gespeicherten (und damit verwendbaren/adressierbaren) Zertifikatssignaturprüfschlüsseln erhalten können (vgl. A_~~17920 (S2))~~.17910-01).
2. In dieser Liste MÜSSEN der RSA-Schlüssel der RCA2 (X.509-Root der TI) und der ECC-Schlüssel der RCA3 enthalten sein.
3. In dieser Liste MÜSSEN die Bestätigungsschlüssel aller (bez. der Gültigkeitszeit noch relevanten) nicht-TI-X.509-Root-signierten eGK-CA-Zertifikate inkl. Gültigkeitszeitinformationen enthalten sein, die sich aktuell in der TSL der TI befinden.
4. Es MUSS der RVE möglich sein, in das SGD-HSM durch CA-Zertifikatsprüfung auf Grundlage der Root-Schlüssel (RCA2, RCA3 etc.) neue eGK-CA-Schlüssel inkl. Gültigkeitszeitinformationen in das SGD-HSM zu importieren und als neue Elemente in die nummerierte Liste aufzunehmen.
5. Es MUSS der RVE möglich sein, durch Übergabe von X.509-Cross-Zertifikaten neue Root-Schlüssel (neue X.509-Root-Versionen der TI) in das SGD-HSM zu importieren.
6. Es MUSS der RVE möglich sein, alle Zertifikatssignaturprüfschlüssel außer den Root-Schlüsseln (RCA2 und RCA3) zu löschen indem dem SGD-HSM eine entsprechende OCSP-Response der X.509-Root der TI präsentiert wird.
7. Es MUSS der RVE möglich sein OCSP-Signer-Zertifikate in das SGD-HSM zu importieren, wobei diese durch das SGD-HSM beim Import geprüft werden MÜSSEN.

8. Das SGD-HSM MUSS für die Prüfung von Zertifikatssignaturen ausschließlich CA-Schlüssel verwenden.
9. Das SGD-HSM MUSS für die Prüfung von OCSP-Response-Signaturen ausschließlich OCSP-Signer-Schlüssel verwenden.

[<=]

Aus Performanzgründen müssen für die Zertifikatsprüfung die CA-Zertifikate schon geprüft im SGD-HSM vorliegen. Ansatzpunkt der Prüfung von EE-Zertifikaten ist im SGD-HSM immer einen solcher CA-Schlüssel. Die RVE kennt die aktuelle Liste im SGD-HSM (A_17952-01 Punkt 1) und teilt dem SGD-HSM bei einer Requestweitergabe mit welcher Prüfschlüssel im SGD-HSM für die Zertifikatsprüfung der Richtige ist (vgl. A_17908-01), also vom SGD-HSM zu verwenden ist. Wie ein SGD-HSM erkennen kann, ob ein importiertes Zertifikat ein CA-Zertifikat oder ein OCSP-Signer-Zertifikat ist, ist in [gemSpec_PKI] definiert.

A_17953 - SGD, täglicher Abgleich CA-Zertifikate TSL und Liste im SGD-HSM
Der SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen.

1. Die RVE MUSS täglich eine aktuelle TSL vom TSL-Download-Punkt (TSL(ECC-RSA)) beziehen.
2. Aus dieser TSL MUSS die RVE eine Liste von CA-Zertifikaten erzeugen, die in TSPService-Einträgen stehen, die eine ServiceInformationExtensions oid_egk_aut, oid_egk_aut_alt oder oid_smc_b_aut beinhalten.
3. Die Schlüssel der CAs aus dieser Liste MUSS die RVE mit der Liste der Zertifikatssignaturprüfschlüssel im SGD-HSM abgleichen.
4. Sofern Schlüssel im SGD-HSM fehlen, so MUSS die RVE diese in das SGD-HSM durch Zertifikatssignaturprüfung auf Basis eines Root-Schlüssels (RCA2, RCA3 etc.) inkl. Gültigkeitszeitinformationen einbringen (vgl. A_17952-Punkt 4-01).
5. Falls in der in der Liste CA-Schlüssel enthalten sind, die in der TSL nun nicht mehr enthalten sind, so MUSS die der SGD ePA die CA-Schlüssel gemäß A_17952-01 Punkt 6 zu entfernen.
6. Analog MUSS die RVE mit OCSP-Zertifikatsschlüsseln in der TSL vorgehen. Diese MUSS die RVE durch Zertifikatssignaturprüfung auf Basis der RCA2 oder RCA3 inkl. Gültigkeitszeitinformationen einbringen. Das SGD-HSM MUSS nach Prüfung des OCSP-Zertifikats ebenfalls die Information speichern, dass es sich um OCSP-Schlüssel handelt und für welche CA Sperrstatusaussagen getroffen werden dürfen über diesen OCSP-Signer-Schlüssel.

[<=]

Wenn bei A_17953 Punkt (1) der Download aufgrund eines Fehlers nicht erfolgen kann, so greift das bei einer "Trust-service Status List" (TSL) übliche Standardvorgehen: die am Vortag heruntergeladene TSL hat eine in der TSL kodierte Gültigkeitsdauer (i. d. R. 30 Tage). Diese TSL ist dann im SGD weiterhin verwendbar und auch zu verwenden. Sollte der Download länger als diese Gültigkeitsdauer nicht funktionieren (was aufgrund der SLA des TSL-Dienstes quasi ausgeschlossen ist), so kann die RVE keine EE-Zertifikatsprüfungen mehr durchführen und muss alle Client-Requests (bis auf GetPublicKey) ablehnen, weil sie bspw. A_18021 (Zertifikatsprüfung) erfüllen muss ("Falls eine der Prüfungen ein nicht-positives Ergebnis liefert, so MUSS die RVE des SGD mit einer entsprechenden Fehlermeldung [...] die weitere Requestverarbeitung abbrechen").

A_17954-01~~A_17954~~ - SGD, Aktualisieren von X.509-Root-Schlüsseln
Der SGD ePA MUSS wöchentlich überprüfen, ob neue X.509-Root-CA-Versionen existieren und entsprechende Cross-Zertifikate verfügbar sind. Falls dies der Fall ist, so MUSS der SGD ePA diese neue Root-Versionen in seinen SGD-HSMs importieren (vgl. A_17952-01 Punkt 5).
[<=]

Hinweis: Nach der Erzeugung einer neuen Root-Version der X.509-Root-CA der TI werden dessen selbstsigniertes Zertifikat und Crosszertifikate auf den Download-Punkt https://download.tsl.ti-dienste.de/ abgelegt. Automatisiert kann der SGD ePA von dort die Verfügbarkeit neuer Versionen überwachen. Im Regelfall wird alle zwei Jahre eine neue Root-Version erzeugt.

4.5 Funktionsablauf Firmware-Modul SGD-HSM

In diesem Abschnitt wird die Ablauflogik im speziellen HSM-Firmware-Modul beschrieben. Diese Beschreibung ist Grundlage der für die Zulassung notwendigen Sicherheitsüberprüfung (vgl. A_17907).

4.5.1 Zertifikats- und Schlüsselprüfung im SGD-HSM

Damit im SGD-HSM nur für den jeweils Berechtigten eine Schlüsselableitung durchgeführt wird, muss dessen Request auf Authentizität geprüft werden. Dafür muss dessen AUT-Zertifikat innerhalb des SGD-HSMs überprüft werden.

~~Eine Standard-TI-Prüfung auf Basis der TSL ist technisch relativ komplex und ist insbesondere in beschränkten Laufzeitumgebungen wie Chipkarten oder HSM-Firmware-Modulen nur schwer umsetzbar. Damit diese Prüfung technisch praktikabel ist, wird bei der Prüfung des AUT-Zertifikats die Signaturkette auf die X.509-Root der TI geprüft. Es werden ebenfalls OCSP-Antworten notwendigerweise ausgewertet.~~

A_17919-01~~A_17919~~ - Zertifikatsprüfung in einem SGD-HSM
Ein SGD ePA MUSS folgende Vorgaben durchsetzen:

1. (K1) Die RVE MUSS dem SGD-HSM mitteilen über welchen Prüfschlüssel (A_17952-01 , also CA-Schlüssel) die Zertifikatssignatur prüfbar ist.
2. (O1) Die RVE MUSS eine OCSP-Response, die nicht älter als 4 Stunden ist, für das zu prüfende AUT-Zertifikat dem SGD-HSM übergeben.
3. (O2) Die RVE MUSS dem SGD-HSM mitteilen über welchen Prüfschlüssel (A_17952-01 , also OCSP-Zertifikatsschlüssel) die OCSP-Response-Signatur prüfbar ist.

Im Rahmen der Prüfung eines kurzlebigen öffentlichen ECIES-Schlüssels eines Client MUSS das SGD-HSM das vom Client verwendete AUT-Zertifikat (oder AUT_ALT-Zertifikat bei einer alternativen Versichertenidentität) wie folgt prüfen:

1. Ist das Zertifikat zeitlich gültig, falls nein dann FAIL.
2. Ist die Zertifikatssignatur über den Schlüssel (K1) prüfbar (Signaturprüfung), falls nein dann FAIL.
3. Ist die OCSP-Response (O1) maximal 4 Stunden alt , falls nein dann FAIL.
4. Ist der Schlüssel (O2) berechtigt Sperraussagen bezüglich über (K1) bestätigte Zertifikate zu tätigen, falls nein dann FAIL.

5. Ist die OCSP-Response (O1) über den Schlüssel (O2) prüfbar (Signaturprüfung), falls nein dann FAIL.
6. Enthält das Zertifikat eine KVNR oder einen Telematik-ID, falls nein dann FAIL. (vgl. [gemSpec_SGD_ePA#Hinweis zu A_17919-01])

Wenn keine Prüfung aus (1) bis (~~5~~6) ein FAIL liefert, so MUSS das Prüfergebnis für das AUT-Zertifikat "OK" sein.**[<=]**

Eine Standard-TI-Prüfung auf Basis der TSL ist technisch relativ komplex und ist insbesondere in beschränkten Laufzeitumgebungen wie Chipkarten oder HSM-Firmware-Modulen nur schwer umsetzbar. Damit diese Prüfung technisch praktikabel ist, wird bei der Prüfung des AUT-Zertifikats die Signaturkette auf die X.509-Root der TI geprüft. Es werden ebenfalls OCSP-Antworten notwendigerweise ausgewertet.

Hinweis zu A_17919-01 :

Das SGD-HSM kann davon ausgehen, dass die X.509-Root-CA und alle in der PKI-Hierarchie folgenden CAs korrekt formatierte Zertifikate ausgeben. Es muss also vom SGD-HSM nicht die vollständige Konformität der erhaltenen Zertifikate zu den in [gemSpec_PKI] definierten Zertifikatsprofilen geprüft werden, was technisch in einer beschränkten Laufzeitumgebung schwierig ist.

A_18010 - SGD-HSM, Entfernen von abgelaufenen Prüfschlüsseln/Zertifikaten
Ein SGD ePA MUSS sicherstellen, dass dessen SGD-HSM mindestens alle 24 Stunden die Schlüssel aus der Prüfschlüsselliste gemäß A_17952-01 auf zeitliche Gültigkeit hin überprüft. Ist eine solcher Prüfschlüssel nur noch weniger als 24 Stunden gültig, so MUSS das SGD-HSM diesen Schlüssel aus seiner Prüfschlüsselliste löschen. Ausgenommen davon sind die Root-Schlüssel aus A_17952-01 Punkt 2.**[<=]**

A_18027 - SGD-HSM, Prüfung von Client-ECIES-Schlüssel und Client-ECIES-Schlüssel-Signatur
Ein SGD ePA MUSS sicherstellen, dass dessen SGD-HSM den Client-ECIES-Schlüssel und dessen Signatur wie folgt prüft.

1. Ist der öffentliche ECIES-Schlüssel des Client nach A_17900 korrekt kodiert?
2. Ist in der Kodierung ein Hashwert eines aktuellen öffentlichen ECIES-Schlüssels des SGD-HSM nach A_17894-01 vorhanden?
3. Liegt der öffentliche ECIES-Schlüssel des Clients auf der korrekten Kurve (vgl. [gemSpec_Krypt#A_17874])?
4. Ist das Zertifikat des Clients gültig nach A_17919-01 (Zertifikatsprüfung in einer SGD-HSM)?
5. Ist die Signatur auf des ECIES-Schlüssels des Client korrekt (valide) in Bezug auf das Zertifikat des Clients (bzw. des dort bestätigten EE-Schlüssels)?

Liefert eine der Prüfungen ein nicht-positives Ergebnis, so MUSS das SGD-HSM die Verarbeitung mit einer entsprechenden Fehlermeldung an die RVE abbrechen.**[<=]**

4.5.2 Authentisierungstoken im SGD-HSM

A_18026 - SGD-HSM, Ausstellen von Authentisierungstoken für SGD-Clients
Ein SGD ePA MUSS folgende Vorgaben durchsetzen:
Bei der Umsetzung von GetAuthenticationToken (A_18021) MUSS die RVE dem SGD-HSM (das für den Client bestimmt ist)

1. das Chiffrat und die für die Entschlüsselung notwendigen Informationen,

2. und das Client-Zertifikat inkl. der für die Zertifikatsprüfung im SGD-HSM gemäß A_17919-01 notwendigen Informationen

übergeben.
Das SGD-HSM MUSS das Client-Zertifikat gemäß A_17919-01 prüfen und bei negativen Prüfergebnis abbrechen.
Das SGD-HSM MUSS die Signatur des Client-ECIES-Schlüssel und den ECIES-Schlüssel an sich gemäß A_18027 prüfen und bei negativen Prüfergebnis abbrechen.
Das SGD-HSM MUSS das Chiffrat entschlüsseln und dabei im Fehlerfall abbrechen.
Das SGD-HSM MUSS prüfen, ob der entschlüsselte Klartext der Form

```
Challenge <256-Bit-hexadezimal-kodiert>
```

(Beispiel:

```
Challenge f97cbc538b020d705a960a7e8fa5912c8e202fcf7d6516da3818eff68ce7e00d
```

) ist. Falls nein, dann MUSS das SGD-HSM mit einer entsprechenden Fehlermeldung abbrechen.
Das SGD-HSM MUSS die Zeichenkette A als Aneinanderführung von

1. signierten Client-ECIES-Schlüssel in der Kodierung gemäß A_17900 , und
2. Client-AUT-Zertifikat

bilden.
Anschließend MUSS das SGD-HSM eine Schlüsselableitung mit dem Schlüssel (S5), der mit dem ECIES-SGD-HSM-Schlüssel (S4) verbunden ist, für den die Verschlüsselung durch den Client vorgenommen wurde, und dem erzeugten Ableitungsvektor A (info-Parameter) gemäß [gemSpec_Krypt#A_18023] durchführen.
Aus der Ableitung MUSS das SGD-HSM einen 256-Bit-Wert erhalten und diesen Hexadezimal kodieren und davor die Zeichenkette "AT" setzen. Das Ergebnis ist der Authentisierungstoken.
Beispiel:

```
AT1ce627dd5e4c6536ca0dd93f896744d42c6580537953a49fcc5840dd8f8f4efa
```

Das SGD-HSM MUSS H als SHA-256-Hashwert von A berechnen.
Anschließend MUSS das SGD-HSM eine Zeichenkette der folgenden Form bilden:

```
Response <vom-Client-erhaltener-hexadezimal-256-Bit-Wert> <H-in-Hexform> <Authentisierungstoken>
```

Diese Zeichenkette muss das SGD-HSM mittels des ECIES-Verfahrens gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875] für den Client-ECIES-Schlüssel verschlüsseln und das Chiffrat an die RVE übergeben.
[<=]

4.5.3 Schlüsselableitung im SGD-HSM

A_17926 - SGD-HSM, Schlüsselableitung im SGD-HSM
Ein SGD ePA MUSS folgende Vorgaben durchsetzen:

1. Wenn von einer Schlüsselableitung bei einer Ableitungsregel von der Variable `KVNR` ("`<KVNR>`") gesprochen wird, so MUSS der SGD ePA aus dem AUT-Zertifikat einer eGK oder einer alternativen Versichertenidentität nur den Wert aus den "organizationalUnitName"-Datenfeldern verwenden, der den unveränderlichen Teil der KVNR bezeichnet („annnnnnnnn“) (vgl. [gemSpec_PKI#C.CH.AUT und C.CH.AUT_ALT – Authentisierung eGK]). D. h., die Institutionskennzeichen werden nicht verwendet.
2. Wenn von einer Schlüsselableitung mit einem Ableitungsvektor "`<X>`" gesprochen wird, so MUSS die Zeichenkette mit dem konkreten Wert der Variable`X` als "info"-

Parameter nach [RFC-5869] (HKDF) verwendet werden (vgl. "Beispiel zu A_17926").

[<=]

Beispiel zu A_17926:

Sei RND="123" und KVNR="a4b5c6". Wenn im Algorithmus in Tabelle 3 a="r1:<RND>:<KVNR>" gesetzt wird, und a als Ableitungsvektor verwendet werden soll, so müssen die Werte der Variablen RND und KVNR interpoliert werden. Es entsteht damit die Zeichenkette a="r1:123:4a5b6c". Dieser Wert von a muss dann als Wert des Ableitungsvektor bei der Schlüsselableitung verwendet werden.

A_17920-02~~A_17920~~ - SGD-HSM, Schlüsselableitungsschlüssel und Schlüsselableitung im SGD-HSM

Ein SGD ePA MUSS folgende Vorgaben durchsetzen:

1. Es MUSS initial ein Ableitungsschlüssel (vgl. auch [gemSpec_Krypt#A_17876] und A_17910-01 (3)) für die Schlüsselableitung der versichertenindividuellen Schlüssel vorhanden sein.
2. Mindestens halbjährlich MUSS solch ein Ableitungsschlüssel neu erzeugt werden.
3. Jeder Ableitungsschlüssel MUSS einen innerhalb eines SGD eindeutigen Bezeichner besitzen.
   Solch ein Ableitungsschlüsselbezeichner MUSS maximal 7 KiB groß sein und auf den PCRE [PCRE]
   `^\w[\w -]{1,7167}$`
   matchen.
4. Alle Ableitungsschlüssel MÜSSEN in allen SGD-HSM eines SGD zur Verfügung stehen.
5. Es MUSS, sofern kein Ableitungsschlüsselbezeichner beim Aufruf der Operation KeyDerivation (vgl. A_17898) angegeben wurde, immer der jüngste Ableitungsschlüssel bei der Schlüsselableitung der versichertenindividuellen Schlüssel verwendet werden.

[<=]

Hinweis: nach [gemSpec_Krypt#A_17876]wird für die Schlüssel als Schlüsselableitungsfunktion die HKDF nach [RFC-5869] auf Basis von SHA-256 verwendet. Ebenso befinden sich in [gemSpec_Krypt#A_17876] die Vorgaben zur Mindestentropie.

Man beachte, dass absichtlich keine Doppelpunkte im Bezeichner zugelassen sind.

Beispiele für gültige Ableitungsschlüsselbezeichner:

- `ACME 2019-1`
- `AB AbCdEfGhI 12 jklmn`

Testmöglichkeit:

```
echo 'Bezeichner 2021-Test 1' | \
perl -ne 'print /^\w[\w -]{1,7167}$/ ? "OK: " : "UNGÜLTIG: ", $_;'
```

4.5.4 Kommando-Abarbeitung KeyDerivation im SGD-HSM

A_18030 - SGD-HSM, Empfang einer Ableitungsanforderung (KeyDerivation)
Ein SGD ePA MUSS folgende Vorgaben durchsetzen:
Bei der Umsetzung von KeyDerivation (A_17898) MUSS die RVE dem SGD-HSM (das für den Client bestimmt ist)

1. das Chiffrat und die für die Entschlüsselung notwendigen Informationen, und
2. das Client-AUT-Zertifikat

übergeben.
Das SGD-HSM MUSS das Chiffrat mittels des ECIES-Verfahrens gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875] entschlüsseln und dabei im Fehlerfall abbrechen.
Das SGD-HSM MUSS prüfen, ob der erhaltene Klartext wie folgt beginnt

```
"AT<256-Bit-Hexadezimal-kodierter-Wert>" + " " + "<256-Bit-Hexadezimal-
kodierte-Zeichenkette (Request-ID)>" + " "
```

und falls nein abbricht.

Das SGD-HSM MUSS die Zeichenkette A als Aneinanderführung von

1. signierten Client-ECIES-Schlüssel in der Kodierung gemäß A_17900, und
2. Client-AUT-Zertifikat

bilden. Anschließend MUSS das SGD-HSM eine Schlüsselableitung mit dem Schlüssel (S5), der mit dem ECIES-SGD-HSM Schlüssel (S4) verbunden ist für den die Verschlüsselung durch den Client vorgenommen wurde, und dem erzeugten Ableitungsvektor A (info-Parameter) gemäß [gemSpec_Krypt#A_18023] durchführen.
Aus der Ableitung MUSS das SGD-HSM einen 256-Bit-Wert erhalten und diesen Hexadezimal kodieren und davor die Zeichenkette "AT" setzen. Das Ergebnis ist das Authentisierungstoken.
Beispiel:

```
AT1ce627dd5e4c6536ca0dd93f896744d42c6580537953a49fcc5840dd8f8f4efa
```

Das SGD-HSM MUSS prüfen, ob der Authentisierungstoken mit dem Anfangswert des Klartextes übereinstimmt.
Falls nein, so MUSS das SGD-HSM mit entsprechender Fehlermeldung abbrechen.

Das SGD-HSM MUSS mit der Kommando-Abarbeitung der Operation KeyDerivation gemäß A_17922 fortfahren.**[<=]**

A_17922 - SGD-HSM, Kommando-Abarbeitung der Operation KeyDerivation im SGD-HSM
Ein SGD ePA MUSS folgende Vorgaben durchsetzen: Nachdem das SGD-HSM erfolgreich die Authentizität der Anfrage mittels A_18030 überprüft hat und den Klartext erhalten hat, MUSS es den erhaltenen Klartext analysieren.
Es entfernt den Authentisierungstoken und die Request-ID inkl. folgenden Leerzeichen vom Anfang der Nachricht des Clients und speichert das Authentisierungstoken und die Request-ID für die Erzeugung der Antwort.
(Beispiel:

```
"AT1ce627dd5e4c6536ca0dd93f896744d42c6580537953a49fcc5840dd8f8f4efa 7522d0
4ca28f2c6d3f5a53b2a31aebe1f91f2cfb75145b35c9a01fae7930340c KeyDerivation
r2:7f8f77003dbab49c3a4e32f44726f92324d292fa668fde5ebc3424397986be99:1072990
05A112102647:2-20a1201-001:Bezeichner ACME Q1 2020"
```

Das Authentisierungstoken ist gleich `"AT1c...efa"`, die Request-ID ist gleich `"7522..340c"`. Die restliche Zeichenkette des Klartexts ist die Eingabe für den Algorithmus

in [gemSpec_SDG_ePA#Tab_Kommandoabarbeitung_im_SGD-HSM].
)
Das SGD-HSM MUSS den in [gemSpec_SDG_ePA#Tab_Kommandoabarbeitung_im_SGD-HSM] aufgeführten Algorithmus implementieren und verwenden. Wenn der Algorithmus mit einem FAIL abbricht, so MUSS das SGD-HSM dies mit einem entsprechender Fehlermeldung an das RVE weitergeben.
Anderenfalls MUSS das SGD-HSM die durch den Algorithmus erzeugte Antwort-Zeichenkette erweitern, indem es das gespeicherte Authentisierungstoken und die Request-ID inkl. folgenden Leerzeichen vor die Antwort-Zeichenkette stellt. Diese erhaltene Zeichenkette ist der Klartext, der den Client erreichen solle. Diesen Klartext MUSS das SGD-HSM gemäß den Vorgaben aus [gemSpec_Krypt#A_17875] verschlüsseln (ECIES-Verfahren mit Authenticated Encryption) und mit einer positiven Rückmeldung (OK) an die RVE das erzeugte Chiffrat im Format gemäß A_17902 übergeben.
[<=]

Tabelle 4: Tab_Kommandoabarbeitung_im_SGD-HSM

Sei mit "Nachricht" die authentifizierte Nachricht des Clients, ohne das Authentisierungstoken und die Request-ID (inkl. folgendem Leerzeichen) am Anfang der Nachricht, bezeichnet. Sei IKM das "input key material" und info das "info"-Feld beides gemäß [RFC-5869]. Mit "<>" sei die Variableninterpolation bezeichnet, bspw. mit a="x1y2z3" und s="a<a>" folgt s gleich "ax1y2z3". (1) Prüfe ob die Nachricht mit "KeyDerivation " (14 Zeichen) beginnt, ansonsten FAIL. (2) Sei s gleich die Nachricht ohne die ersten 14 Zeichen (also ohne "KeyDerivation "). (3) Prüfe ob s entweder mit "r1", "r2" oder mit "r3" beginnt, ansonsten FAIL. (4) Sei KVNR die authentifizierte KVNR gemäß A_17926 aus dem geprüften (A_17919-01) AUT-Zertifikat. Falls das AUT-Zertifikat ein nicht-eGK-Zertifikat ist, dann sei KVNR="" (leere Zeichenkette). (5) Sei TELEMATIK_ID die authentifizierte Telematik-ID aus dem geprüften (A_17919-01) AUT-Zertifikat. Falls das AUT-Zertifikat ein eGK-Zertifikat ist, dann sei TELEMATIK_ID="" (leere Zeichenkette). Hinweis: die Prüfung, ob eine Umkodierung der TELEMATIK_ID notwendig ist (vgl. A_18003) erfolgt erst kurz vor dem Gebrauch der Variable in (12.5) oder (14.4). Der Entwickler kann selbst entscheiden, ob er schon hier die Prüfung durchführt. (6) Sei BEZ der Schlüsselbezeichner (A_17920-02) des aktuellen (also jüngsten) Ableitungsschlüssel (A_17910-01 (S3)). (7) Sei s[0] bis s[n] die Teilzeichenketten von s, die durch ":" getrennt werden. (8) Wenn n gleich 0, dann FAIL. (Verständnishinweis: vgl. Abschnitt [gemSpec_SGD_ePA#2.4] "r1:<KVNR>") (9) Wenn s[0] gleich "r1" und n gleich 1 ist: (9.1) Wenn KVNR gleich "" (leere Zeichenkette) ist, dann FAIL. (9.2) Wenn s[1] ungleich KVNR, dann FAIL. (9.3) Erzeuge RND gleich ein 256 Bit langer Zufallswert in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang. (9.4) Erzeuge a="r1:<RND>:<KVNR>:<BEZ>". (9.5) Sei Key die ersten 256 Bits der Schlüsselableitungsfunktion nach [gemSpec_Krypt#A_17876] mit IKM der aktuelle Ableitungsschlüssel und info=a. Sei Key in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang.

(9.6) Die Antwort ist gleich "OK-KeyDerivation " + Key + " " + a.
(9.7) ENDE

(Verständnishinweis: vgl. Abschnitt [gemSpec_SGD_ePA#2.5]
"r1:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>"
)
(10) Wenn s mit "r1:" beginnt:
(10.2) Wenn n ungleich 3 ist, dann FAIL.
(10.3) Wenn s[3] keinen im SGD-HSM verfügbaren Ableitungsschlüssel bezeichnet, dann FAIL.
(10.4) Wenn die Länge von s[1] ungleich 64 ist, dann FAIL.
(10.4) Wenn KVNR gleich "" (leere Zeichenkette), dann FAIL.
(10.5) Wenn s[2] ungleich KVNR ist, dann FAIL.
(10.6) Führe die Schlüsselableitung nach [gemSpec_Krypt#A_17876] mit dem durch s[3] bezeichneten Ableitungsschlüssels (IKM) und info gleich s durch. Sei Key der abgeleitete 256-Bit Schlüssel in Hexadezimalschreibweise kodiert (ohne "0x").
(10.7) Die Antwort ist gleich "OK-KeyDerivation " + Key + " " + s.
(10.8) ENDE

(Verständnishinweis: vgl. Abschnitt [gemSpec_SGD_ePA#2.6]
"r2:<KVNR-Vertreter oder Telematik-ID>"

)
(11) Wenn s[0] gleich "r2" ist und n gleich 1:
(11.1) Wenn s[1] gleich "" (leere Zeichenkette), dann FAIL.
(11.2) Wenn KVNR gleich "" (leere Zeichenkette), dann FAIL.
(11.3) Erzeuge RND gleich ein 256 Bit langer Zufallswert in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang.
(11.4) Erzeuge a="r2:<RND>:<KVNR>:" + s[1] + ":<BEZ>"
(11.5) Sei Key die ersten 256 Bits der Schlüsselableitungsfunktion nach [gemSpec_Krypt#A_17876] mit IKM der aktuelle Ableitungsschlüssel und info=a. Sei Key in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang.
(11.6) Die Antwort ist gleich "OK-KeyDerivation " + Key + " " + a.
(11.7) ENDE

(Verständnishinweis: vgl. Abschnitt [gemSpec_SGD_ePA#2.7]
"r2:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter oder Telematik-ID>:<Ableitungsschlüsselbezeichner>"
)
(12) Wenn s[0] gleich "r2" ist:
(12.1) Wenn n ungleich 4 ist, dann FAIL.
(12.2) Wenn die Länge von s[1] ungleich 64 ist, dann FAIL.
(12.3) Wenn s[2] gleich "" (leere Zeichenkette), dann FAIL.
(12.4) Wenn s[4] keinen im SGD-HSM verfügbaren Ableitungsschlüssel bezeichnet, dann FAIL.
(12.5) Wenn KVNR gleich "" (leere Zeichenkette) und (logisches und) TELEMATIK_ID gleich "" (leere Zeichenkette), dann FAIL.
(12.6) Führe für die Variable TELEMATIK_ID die Prüfung und ggf. Umkodierung nach A_18003 durch.
(12.7) Wenn (s[3] ungleich TELEMATIK_ID) und (logisches und) (s[3] ungleich KVNR), dann FAIL.
(12.8) Führe die Schlüsselableitung nach [gemSpec_Krypt#A_17876] mit dem durch s[4] bezeichneten Ableitungsschlüssels (IKM) und info gleich s durch. Sei Key der abgeleitete 256-Bit Schlüssel in Hexadezimalschreibweise kodiert (ohne "0x").
(12.9) Die Antwort ist gleich "OK-KeyDerivation " + Key + " " + s.
(12.10) ENDE

(Verständnishinweis: vgl. Abschnitt [gemSpec_SGD_ePA#2.8]
"r3:<Telematik-ID>:<KVNR-Kontoinhaber>"
)
(13) Wenn s[0] gleich "r3" und n gleich 2:
(13.1) Wenn KVNR gleich "" (leere Zeichenkette) ist, dann FAIL.
(13.2) Erzeuge RND gleich ein 256 Bit langer Zufallswert in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang.
(13.3)Erzeuge a="r3:<RND>:" + s[2] + ":<KVNR>:" + s[1] + ":<BEZ>"
(13.4) Sei Key die ersten 256 Bits der Schlüsselableitungsfunktion nach [gemSpec_Krypt#A_17876] mit IKM gleich der aktuelle Ableitungsschlüssel und info=a. Sei Key in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang.
(13.5) Die Antwort ist gleich "OK-KeyDerivation " + Key + " " + a.
(13.6) ENDE

(Verständnishinweis: vgl. Abschnitt [gemSpec_SGD_ePA#2.9]
"r3:<256-Bit-RND-in-Hexform>:<KVNR-Kontoinhaber>:<KVNR-Vertreter>:<Telematik-ID>:<aktueller Ableitungsschlüsselbezeichner>"
)

(14) Wenn s[0] gleich "r3" ist:
(14.1) Wenn n ungleich 5 ist, dann FAIL.
(14.2) Wenn die Länge von s[1] ungleich 64 ist, dann FAIL.
(14.3) Wenn s[5] keinen im SGD-HSM verfügbaren Ableitungsschlüssel bezeichnet, dann FAIL.
(14.4) Führe für die Variable TELEMATIK_ID die Prüfung und ggf. Umkodierung nach A_18003 durch.
(14.5) Wenn s[4] ungleich TELEMATIK_ID, dann FAIL.
(14.6) Sei Key die ersten 256 Bits der Schlüsselableitungsfunktion nach [gemSpec_Krypt#A_17876] mit IKM gleich der aktuelle Ableitungsschlüssel und info gleich s. Sei Key in Hexadezimalschreibweise kodiert ohne "0x" am Anfang.
(14.7) Die Antwort ist gleich "OK-KeyDerivation " + Key + " " + s.
(14.8) ENDE

(15) FAIL

A_17924-01 - Anfragen an das SGD-HSM (Client)
Ein Client eines SGD ePA MUSS für die Anfragen an das SGD-HSM die Syntax der Kommandos und der Antworten des SGD-HSMs (für die Kommandos im verschlüsselten "EncryptedMessage"-Feld in A_17898 und die Auswertung der entschlüsselten Antwort ("<Authentisierungstoken> <Request-ID> OK-KeyDerivation ...")) gemäß A_17922 verwenden und auswerten können.**[<=]**

5 Kodierung von Schlüsseln und Nachrichten

Im Rahmen des SGD-Protokolls müssen verschiedene Zahlenwerte (Koordinaten von Kurvenpunkten) und Hashwerte (Hashwerte von Schlüsselwerten) kodiert werden. Diese Kodierungen fließen an mehreren Stellen in eine Hashwerterzeugung mit ein. Dabei ist es wichtig, ob bspw. die Zahl 10 als "0xa" oder "0xA" kodiert wird. Analog bei Hashwerten in Hexadezimalform, die in eine Hashwerterzeugung mit einfließen.

A_18249 - Groß- und Kleinschreibung von Daten in Hexadezimalform
Ein SGD ePA und ein Client eines SGD ePA MÜSSEN sicherstellen, dass, wenn sie Datenfeld in Hexadezimalform kodieren, sie stets kleine Buchstaben bei der Hexadezimal-Kodierung verwenden (a-f und nicht A-F).**[<=]**

Gut-Beispiel (vgl. A_17900):

```
"brainpoolP256r1 " +
"0x3672030bace787aa319e21d40645b2999006beec437fd084dd3fc592f5fcd77c" + " " +
"0x335b226ce5fac0c36a18ce42e95f43c9eed3e256bdd0c98e55a069595515d15b" + " " +
"a3a56e51377c1de0bea0522eba3ec6277e3355edb67d48b9852ab7d7e536feb7" + " " +
"8b2405f41cebaf44d10b2c9025484515b005be5ba785d0c898eae0739a67eb5a"
```

A_18250 - keine führenden Nullen bei Punktkoordinaten
Ein SGD ePA und ein Client eines SGD ePA MÜSSEN sicherstellen, dass wenn sie Koordinaten von Kurvenpunkten in Hexadezimalform kodieren, keine führende(n) Null(en) verwenden:
OK: "0xa8f217b77338f1d4d6624c3ab4f6cc16d2aa843d0c0fca016b91e2ad25cae39d"
Falsch: "0x0a8f217b77338f1d4d6624c3ab4f6cc16d2aa843d0c0fca016b91e2ad25cae39d"
Falsch:
"0x00a8f217b77338f1d4d6624c3ab4f6cc16d2aa843d0c0fca016b91e2ad25cae39d"**[<=]**

Bei der Kodierung der ECIES-Schlüssel (vgl. A_17894-01 und A_17900) müssen X- und Y-Koordinaten als Zahlenwerte in Hexadezimalform in einer menschenlesbaren Zeichenkette (string) kodiert werden. Es gibt Kryptographie-Softwarebibliotheken, die falls die Koordinatenwerte mit einer 1 im most-significant Byte beginnen, ein Nullbyte vor den Koordinatenwert setzen. Dies kommt aus einer Konvention aus der ASN.1-Kodierungsweise, die im SGD-Kontext keine Rolle spielt (Ausnahme im DER-kodierten Zertifikat selbst). Beispiel: Die Zahl 128 muss Hexadezimal als "0x80" und nicht als "0x0080" kodiert werden.

5.1 Kodierung von Schlüsseln

5.1.1 ECIES-Schlüssel eines SGD-HSM

Bei der Operation GetPublicKey (A_17895-01) muss der aktuelle öffentliche ECIES-Schlüssel (A_17910-01 (S4)) des SGD-HSMs an einen Client versendet werden.

A_17894-01~~A_17894~~ - SGD, Kodierung des öffentlichen ECIES-Schlüssels + Signatur + Zertifikat
Ein SGD ePA MUSS sicherstellen, dass der signierte öffentliche ECIES-Schlüssel inkl. Zertifikat eines SGD-HSMs in folgender Kodierung übertragen (vgl. Operation GetPublicKey, A_17895-01) wird.

```
{ "PublicKeyECIES" : "<KurvenID> 0x<X-Koordinate> 0x<Y-Koordinate>",
  "Signature" : "... Base64-kodierte-ECDSA-Signatur ...",
```

```
  "Certificate" : "... Base64-kodiertes Zertifikat vgl. A_17846-01 und A_17918-01 ..." }
}
```

[<=]

Hinweis zum besseren Verständnis: Da das Zertifikat im "Certificate"-Datenfeld direkt in der TSL aufgeführt ist (vgl.A_17847) und die TSL eine Positivliste ist, gibt es keine Aufführung (A_~~17894~~17895-01) oder Einholung von OCSP-Responses.

Tabelle 5: Beispiel zu A_17894

Sei der aktuelle private ECIES-Schlüssel eines SGD-HSM d=2, dann ist der öffentliche Punkt 2*G [RFC-5639] aufgrund von [gemSpec_Krypt#A_17694]. Damit ist das "PubKeyECIES"-Datenfeld nach A_~~17894~~17895-01 folgende Zeichenkette:

```
"brainpoolP256r1" + " " +
"0x743cf1b8b5cd4f2eb55f8aa369593ac436ef044166699e37d51a14c2ce13ea0e" + " " +
"0x36ed163337deba9c946fe0bb776529da38df059f69249406892ada097eeb7cd4"
```

Für die bitgenaue Aufführung wird nachfolgend das Datenfeld auch noch einmal Base64-kodiert angegeben:

```
YnJhaW5wb29sUDI1NnIxIDB4NzQzY2YxYjhiNWNkNGYyZWI1NWY4YWEzNjk1OTNhYzQzNmVmMDQ0
MTY2Njk5ZTM3ZDUxYTE0YzJjZTEzZWEwZSAweDM2ZWQxNjMzMzdkZWJhOWM5NDZmZTBiYjc3NjUy
OWRhMzhkZjA1OWY2OTI0OTQwNjg5MmFkYTA5N2VlYjdjZDQK
```

A_17899 - SGD-Clients, Auswertung der Kodierung des öffentlichen ECIES-Schlüssels eines SGD-HSMs

Ein Client eines SGD ePA MUSS als Antwort auf einen GetPublicKey-Request (A_17895-01) die Kodierung nach A_17894-01 des öffentlichen ECIES-Schlüssels eines SGD-HSMs auswerten können.**[<=]**

5.1.2 ECIES-Schlüssel eines Clients

Das kurzlebige ECIES-Schlüsselpaar eines Clients (ePA-FdV, FM EPA etc.) muss an die aktuellen öffentlichen ECDH-Schlüssel des nun angefragten SGD-HSM "gebunden" werden. Dies geschieht über die Signatur durch die eGK, die alternative Versichertenidentität, die SMC-B oder eine SMC-KTR.

A_17900 - SGD-Clients, Kodierung des eigenen kurzlebigen ECIES-Schlüssels

Ein Client eines SGD ePA MUSS für die Kodierung des "PublicKeyECIES"-Feldes folgende Kodierung verwenden (vgl. ~~Operation KeyDerivation~~A_17895-01):

```
"<KurvenID>" + " " + "0x<X-Koordinate>" + " " + "0x<Y-Koordinate>" + " " +
"<SHA-256-Hashwert-PubKey-SGD1-HSM-Hexdump-Form>" + " " + "<SHA-256-
Hashwert-PubKey-SGD2-HSM-Hexdump-Form>"
```

(vgl. [gemSpec_SGD_ePA#Hinweis zu A_17900]).**[<=]**

Hinweis zu A_17900: vor den SHA-256-Hashwerten steht kein "0x"-Präfix, weil es sich bei SHA-256-Hashwerten nicht um Zahlen handelt, sondern um 256-Bit große Bitfelder.

Tabelle 6: Beispiel zu A_17900

Im Beispiel wird zunächst ein ECIES-Schlüssel für SGD 1 erzeugt (Schritt 1) und dann für SGD 2 (Schritt 2).
Danach wird ein ECIES-Schlüssel vom Client erzeugt und die Hashwerte der beiden SGD-Schlüssel (aus Schritt 1 und Schritt 2) werden in die Kodierung des öffentlichen Client-Schlüssels mit aufgenommen (Schritt 3).

Schritt 1, aktueller Schlüssel SGD 1:

Sei als Beispiel der aktuelle private ECIES-Schlüssel eines SGD-HSM vom SGD 1:

d=2.

Dann ist der öffentliche Punkt d*G=2*G [RFC-5639] aufgrund von [gemSpec_Krypt#A_17694]. Somit ist das "PubKeyECIES"-Datenfeld nach A_17894-01 folgende Zeichenkette:

```
"brainpoolP256r1" + " " +
"0x743cf1b8b5cd4f2eb55f8aa369593ac436ef044166699e37d51a14c2ce13ea0e" + " " +
"0x36ed163337deba9c946fe0bb776529da38df059f69249406892ada097eeb7cd4
```

dessen SHA-256-Hashwert ist folglich

```
a3a56e51377c1de0bea0522eba3ec6277e3355edb67d48b9852ab7d7e536feb7
```

Schritt 2, aktueller Schlüssel SGD 2:

Analog der aktuelle Schlüssel des verwendeten SGD-HSM vom SGD 2 mit d=3:

```
"brainpoolP256r1 " +
"0xa8f217b77338f1d4d6624c3ab4f6cc16d2aa843d0c0fca016b91e2ad25cae39d" + " " +
"0x4b49cafc7dac26bb0aa2a6850a1b40f5fac10e4589348fb77e65cc5602b74f9d"
```

dessen SHA-256-Hashwert ist damit

```
8b2405f41cebaf44d10b2c9025484515b005be5ba785d0c898eae0739a67eb5a
```

Schritt 3, an die beiden Schlüssel über die Hashwerte und die folgende Signatur gebundener ephemerer ECIES-Schlüsselwert des Clients:

Dessen privater Schlüssel sei als Beispiel d=4. Damit ergibt sich mit den Schritten 1 und 2 zusammen folgende Zeichenkette.

```
"brainpoolP256r1 " +
"0x3672030bace787aa319e21d40645b2999006beec437fd084dd3fc592f5fcd77c" + " " +
"0x335b226ce5fac0c36a18ce42e95f43c9eed3e256bdd0c98e55a069595515d15b" + " " +
"a3a56e51377c1de0bea0522eba3ec6277e3355edb67d48b9852ab7d7e536feb7" + " " +
"8b2405f41cebaf44d10b2c9025484515b005be5ba785d0c898eae0739a67eb5a"
```

Diese Zeichenkette würde dann als Wert im Value-Feld beim "PublicKeyECIES"-Feld in einem Request bei A_17898 (KeyDerivation) stehen.

A_17901 - SGD-Clients, Kodierung der Signatur des eigenen ECIES-Schlüssels
Ein Client eines SGD ePA MUSS die Kodierung des eigenen kurzlebigen ECIES-Schlüssels nach A_17900 signieren (mittels des AUT- oder AUT_ALT-Materials). Diese Signatur MUSS von ihm Base64-kodiert in den Value-Teil des "Signature"-Felds bei der Operation GetAuthenticationToken (A_18025) und KeyDerivation A_17898 für einen Request eingetragen werden.
[<=]

5.2 Kodierung von Chiffraten

A_17902 - Kontext SGD, Chiffrat-Kodierung beim Nachrichtentransport
Ein SGD ePA und ein Client eines SGD ePA MÜSSEN sicherstellen, dass die in den "EncryptedMessage"-Feldern beiA_~~18021~~17894-01 (GetAuthenticationToken) und bei A_17898 (KeyDerivation) kodierten Chiffrate (jeweils bei dem Request und bei der Response) folgendes Format aufweisen:

Hilfsdefinitionen:

1. Sei "ECC-Punkt-Empfänger" der öffentliche Empfängerschlüssel in der Kodierung nach [A_17894-01 #"PublicKeyECIES"-Datenfeld] ("`<KurvenID> 0x<X-Koordinate> 0x<Y-Koordinate>`").
2. Sei "ephemer-Sender-ECC-Punkt" der pro ECIES-Verschlüsselung vom Sender ephemer zu erzeugende öffentlichen ECC-Punkt. Dieser ist in der Kodierung"`0x<X-Koordinate> 0x<Y-Koordinate>`" kodiert.
3. Sei "Base64-Ciphertext-AES-GCM" das Base64-kodierte AES-GCM-Chiffrat, wobei das AES-GCM-Chiffrat aus der Aneinanderreihung folgender Bestandteile besteht: 12 Byte IV + AES-GCM-Ciphertext + 16 Byte AuthTag (ICV). (vgl. auch [gemSpec_Krypt#A_17875])

Das Format MUSS folgende Form besitzen:
`"<ECC-Punkt-Empfänger> <ephemer-Sender-ECC-Punkt> <Base64-Ciphertext-AES-GCM>"`

(vgl. auch "Beispiel zu A_17902")
[<=]

Hinweise zu A_17902:

1. Der bei den Requests bei A_~~18021~~17894-01 (GetAuthenticationToken) und bei A_17898 (KeyDerivation) übergebene ECIES-Schlüssel hat nach A_17900 die beiden Hashwerte der SGD-HSMs Schlüssel von SGD 1 und SGD 2 beigefügt (durch die Signatur des Client mit authentisiert). Beim der Chiffratkodierung nach A_17902 sind die beiden Hashwerte kein Teil des Chiffrats, weil sie dort fachlich nicht notwendig sind.
2. Beim pro ECIES-Verschlüsselung vom Sender zu erzeugende ephemeren ECC-Punkt ("ephemer-Sender-ECC-Punkt") wird der Kurvenidentifikator (KurvenID) nicht mit aufgeführt, da der ECC-Punkt auf der gleichen Kurve wie der Empfänger ECC-Punkt liegen muss (vgl.A_17903).

Beispiel zu A_17902:

Sei durch den Client folgender Klartext im Rahmen der Operation KeyDerivation (A_18029) vom Client an ein SGD-HSM zu übertragen:

```
"AT1ce627dd5e4c6536ca0dd93f896744d42c6580537953a49fcc5840dd8f8f4efa 7522d04ca28f2c
6d3f5a53b2a31aebe1f91f2cfb75145b35c9a01fae7930340c KeyDerivation
r2:7f8f77003dbab49c3a4e32f44726f92324d292fa668fde5ebc3424397986be99:107299005A11210
2647:2-20a1201-001:Bezeichner ACME Q1 2020"
```

Dann hat das für den Request vom Client zu erzeugende Chiffrat ("EncryptedMessage"-Feld im Request) folgende Form

```
"brainpoolP256r1" + " " +
"0x743cf1b8b5cd4f2eb55f8aa369593ac436ef044166699e37d51a14c2ce13ea0e" + " " +
"0x36ed163337deba9c946fe0bb776529da38df059f69249406892ada097eeb7cd4" + " " +
```

```
"0xa8f217b77338f1d4d6624c3ab4f6cc16d2aa843d0c0fca016b91e2ad25cae39d" + " " +
"0x4b49cafc7dac26bb0aa2a6850a1b40f5fac10e4589348fb77e65cc5602b74f9d" + " " +
"pvUazQKriCfuE5wUX74yj5lvnzygbaUgtP/gAY1aPs1NjXCiWseV4GquSKdMozNoYsfIf0LbdpLwKdUSFY
z2dySspGLTUBpmalYz/6G/B5M19y6Ce+TyoLJehTB0TzzAD9pwzVSJFsUiYCUG1KU6SohSjAIxHrebyo7+M
YuQAd4uPnZ3ZiDukWglDr/7fTUafAEiF5gS0T+LRcaKimfSmPQjtjomgjn6jfl5u9gSyrAwOTCuVkZpSY6y
jI1LjEy2jKRpMov4DiYTCMMbY8fLG1PmBp4SDvoLd7p+2ay9cyx1qYU43/zbxQGfK3nzBtFKMggS+73rHJp
CL+0FPYoqTRkSAN17vxRUHCBESUfd9aAar3ZrhMrQwSj/QKnyG6Gg43WHYMjT6znsHxA="
```

A_17903 - Kontext SGD, Prüfung der ephemeren ECC-Schlüssel des Senders beim ECIES-Verfahren

Ein SGD ePA und ein Client eines SGD-ePA MÜSSEN sicherstellen, dass sie die beim Empfang einer über das ECIES-Verfahren verschlüsselten Nachricht den vom Sender erzeugten ephemeren ECC-Punkt überprüfen:

1. Dieser ECC-Punkt MUSS auf der gleichen elliptischen Kurve wie der Empfänger-ECC-Punkt liegen.

(Hinweis: der Punkt im Unendlichen ist ebenfalls ein ungültiger Punkt. Dieser Punkt kann aufgrund des Kodierungsformats aus A_17902 hier nicht auftreten.)
[<=]

Verständnishinweis zu A_17903 : Da dies ein häufig auftretender sicherheitskritischer Implementierungsfehler ist, wird auf diesen Punkt explizit hingewiesen und damit eine gesonderte Stellungnahme diesbezüglich im Produktsicherheitsgutachten gefordert.

6 Schnittstellen und Operationen

Der SGD ePA bietet innerhalb der TI eine HTTPS-Schnittstelle als Kommunikationsschnittstelle an.

Die gematik stellt auf Anfrage eine Beispiel-Implementierung für die Außenschnittstellen eines SGD bereit.

6.1 Innenschnittstellen

Die Innenschnittstellen zwischen der Request verarbeitende Einheit (RVE) für die eingehenden HTTP-Request und dem SGD-HSM sind SGD-intern. Deren Ausgestaltung bleibt dem Betreiber überlassen.

6.2 HTTPS-Schnittstellen und HTTP-Kommunikation

A_17889 - HTTPS-Schnittstelle SGD
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen:

1. Der SGD MUSS über eine HTTPS-Außenschnittstelle in der TI verfügbar sein.
2. Für diese HTTPS-Schnittstelle MUSS der SGD ein TLS-Fachdienst Zertifikat (inkl. privatem Schlüssel) mit dem Profil C.FD.TLS-S (vgl. [gemSpec_PKI#C.FD.TLS-S Server-Authentisierung] und OID "oid_sgd" [gemSpec_OID]) aus der Komponenten-PKI der TI besitzen und verwenden.
3. Der SGD MUSS bei der HTTPS-Schnittstelle HTTP Version 1.1 unterstützen.
4. Über diese HTTPS-Schnittstelle MUSS der SGD HTTP-POST-Request mit dem Content-Type 'application/json' entgegennehmen.
5. Antworten MUSS der SGD auf einen solchen HTTP-POST-Request immer mit einen HTTP-Response mit dem Content-Type 'application/json'.

[<=]

Genaue Vorgaben für die Verwendung des TLS-Protokolls bei der HTTPS-Schnittstelle befinden sich in [gemSpec_Krypt] und die entsprechenden Anforderungen sind den Produkttypen (Produkttypsteckbrief) zugewiesen.

A_17890 - HTTPS-Schnittstelle SGD, KANN HTTP/2
Ein SGD ePA KANN auf dessen HTTPS-Schnittstelle nach A_17889 zusätzlich HTTP Version 2 (HTTP/2) anbieten.
[<=]

Das ZGdV (vgl.[gemSpec_Zugangsgateway_Vers#Proxy Schlüsselgenerierungsdienst]) ist im Vergleich zu einem SGD in einer besseren Position, Gegenmaßnahmen gegen DoS-Angriffe aus dem Internet zu ergreifen. Ein SGD kennt nicht die IP-Adresse des Clients – alle Requests kommen von einer IP-Adresse des ZGdV. Deswegen kann ein SGD nur schlecht auf IP-Ebene DoS-Gegenmaßnahmen ergreifen. Es kann jedoch die kryptographische Identität des Anfragenden mit hoher Sicherheit schon in der RVE feststellen und bei DoS-Angriffen auf dieser Grundlage Client-spezifische DoS-Gegenmaßnahmen ergreifen.

A_17891 - HTTPS-Schnittstelle SGD, DoS-Schutz
Ein SGD ePA MUSS bei seiner HTTPS-Schnittstelle in der Request verarbeitenden Einheit (RVE) Maßnahmen gegen DoS-Angriffe auf Applikation-Ebene umsetzen (vgl. [gemSpec_SGD_ePA#Hinweise zu A_17891]).**[<=]**

Hinweise zu A_17891:

In Bezug auf DoS-Gegenmaßnahmen auf Applikation-Ebene stehen die Operationen GetAuthenticationToken (A_18025) und KeyDerivation (A_17898) im Fokus, also die Operationen, die unmittelbaren Zugriff auf die SGD-HSM verlangen.

Bei der Operation GetPublicKey (A_17895-01) wird nur eine Datenstruktur nach A_17894-01 (aktueller ECIES-Schlüssel des avisierten SGD-HSM) quasi semistatisch zurückgeliefert. Eine RVE muss die ECIES-Schlüssel alle 15 Minuten vom jeweiligen SGD-HSM erfragen und in eine Datenstruktur nach A_~~17894~~17984-01 überführen. Diese Datenstruktur liefert die RVE dann statisch 15 Minuten lang aus. Damit steht dort der DoS-Schutz auf Anwendungsebene nicht im Fokus.

Bei den Operationen GetAuthenticationToken (A_18025) und KeyDerivation (A_17898) muss die RVE die Signatur und das Zertifikat des Clients prüfen (vgl. bspw. A_17898) und bei nicht-positivem Prüfergebnis verwerfen (A_17908-01). Wenn ein Client zu oft Anfragen stellt, so kann die RVE dessen Anfragen herunter priorisieren oder den Client mit einem Fehler (vgl. [gemSpec_SGD_ePA#Tabelle Tab_Fehlerfälle_und_Fehlermeldungen]) abweisen. Je nach Art des DoS-Angriffs kann es auch notwendig sein, selektiv gleich auf TCP-Ebene Verbindungsaufbauten abzulehnen.

Ein Herunterpriorisieren oder Ablehnen von Client-Requests auf Applikationsebene kann man effizient bspw. mittels "counting bloom filter" implementieren. Dafür erzeugt der SGD ein ausreichend großes 64-bit-Zählerfeld. Bspw. die letzten 256 Bits der Signatur des AUT-Zertifikats werden beim Eintreffen der schon geprüften Requests über eine (nicht-notwendigerweise kryptographisch sichere, d. h. sehr performante) Hashfunktion auf einen Index des Feldes überführt. Dort wird der Zähler mit dem entsprechenden Index im Feld erhöht. Falls dieser Zählerwert über einem festgelegten Limit ist, wird der Request abgelehnt. Periodisch werden alle Zähler des Zählerfeldes, die größer als Null sind, verringert.

Bei der Requestverarbeitung (vgl. Abschnitt 4.1- Request-Verarbeitung in einem SGD) meldet das SGD-HSM der RVE verschiedene Fehlerfälle. Treten bei Requests mit bestimmten "Certificate"-Inhalten besonders häufig Fehler auf, so kann die RVE solche Requests für eine gewisse Zeit sperren oder ein Rate-Limiting für solche Requests durchsetzen.

Bei bestimmten Arten von DoS-Angriffen kann nur das ZGdV effektiv Gegenmaßnahmen ergreifen (vgl. Kommentar vor A_17891).

6.3 Anforderungen an die JSON-Requests und -Responses

A_17892 - Aufwärtskompatibilität JSON-Requests und -Responses
Alle an einer Kommunikation mit einer SGD beteiligten Parteien (Client, ZGdV, SGD selbst) MÜSSEN sicherstellen, dass die JSON-Datenstrukturen, die bei der Kommunikation übermittelt werden, zusätzliche Key-Value-Paare enthalten können, d. h. ein Beteiligter MUSS ihm unbekannte Key-Value-Paare ignorieren.**[<=]**

A_17893 - Maximale Größe der JSON-Requests und -Responses
Ein SGD ePA und ein Client eines SGD ePA MÜSSEN JSON-Requests und -Responses auf den SGD (GetPublicKey, KeyDerivation) ablehnen, wenn diese größer als 2 MiB sind.**[<=]**

Hinweis zu A_17893:

Bei einer Sicherheitsüberprüfung muss u. a. die Validierung von Daten an der Außenschnittstelle betrachtet werden. Dabei unterstützt A_17893 .

6.4 Operation GetPublicKey

A_17895-01~~A_17895~~ - SGD, Operation GetPublicKey
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen: Wenn über dessen HTTPS-SGD-Schnittstelle (vgl. A_17889) ein POST-Request mit dem Request-Body nach [~~gem~~gemSpec_SGD_ePA#Tab_GetPublicKey-Request] eintrifft, so MUSS die RVE das Zertifikat im Datenfeld "Certificate" des Requests asynchron prüfen (Prüfung gegen die TSL inkl. Sperrinformationen über OCSP) (vgl. auch [gemSpec_SGD_ePA#Hinweis zu A_17895-01). Unabhängig vom Prüfergebnis MUSS der SGD eines seiner SGD-HSMs auswählen, an das er den zu erwartenden Folgerequest (im Normalfall KeyDerivation) senden möchte. In Bezug auf dieses avisierte SGD-HSM MUSS der SGD den aktuellen signierten öffentlichen ECIES-Schlüssel des SGD-HSMs + Zertifikat nach der inA_17894-01 angegebenen Kodierung als Antwort senden.
[<=]

Tabelle 7: Tab_GetPublicKey-Request

```
{ "Command"      : "GetPublicKey",
  "Certificate"  : "... Base64-kodiertes Client-Zertifikat ... ",
  "OCSPResponse" : "... Base64-kodierte OCSP-Response ..."
}
```

oder

```
{ "Command"      : "GetPublicKey",
  "Certificate"  : " ... Base64-kodiertes Client-Zertifikat ... ",
  "OCSPResponse" : ""
}
```

Hinweis zu A_17895-01:

In A_17895-01 steht die Zertifikatsprüfung des im Request enthaltenen Zertifikats nicht in Bezug zu einer Signaturprüfung einer Challenge oder eines durch den Client zu authentisierenden Datums. Damit findet hier keine Authentifizierung statt. Das Aufführen des Zertifikats hat die zwei folgenden Ziele:

1. Es wird damit einem SGD ermöglicht, gutartige (nicht-manipulierte) Requests auf mehrere SGD-HSM bspw. in verschiedenen geographischen Orten (Verfügbarkeitsanforderung) zu verteilen. Denn die in den verschiedenen SGD-HSMs erzeugten ECIES-Schlüsselpaare müssen damit nicht synchronisiert werden. Sollte ein Angreifer ein falsches AUT-Zertifikat schicken, so entsteht dadurch kein Sicherheitsproblem.

2. Es wird außerdem einem SGD ermöglicht, vorab eine Zertifikatsprüfung (Einholen der OCSP-Antworten) durchzuführen (diese OCSP-Antworten werden von dem SGD-HSM benötigt). Diese Zertifikatsprüfung muss die RVE asynchron durchführen, d. h. der SGD darf den Client in Bezug auf die Antwort (der aktuelle signierte ECIES-Schlüssel des für den Client "vorgesehenen" SGD-HSMs) nicht warten lassen.

A_17896 - SGD: Vorhalten (caching) von Zertifikatsprüfungen in der RVE
Eine SGD ePA MUSS das Ergebnis einer Zertifikatsprüfung (inkl. OCSP-Response) innerhalb der RVE 4 Stunden vorhalten (cachen) und, falls ein vorgehaltenes Prüfergebnis vorliegt, dieses anstatt einer neuen Zertifikatsprüfung verwenden. Prüfergebnisse, die älter als 4 Stunden sind, MÜSSEN verworfen und gelöscht werden. Falls der Client eine OCSP-Response mit übergeben hat, so MUSS der SGD zunächst diese nutzen. Wenn die OCSP-Response ungültig oder älter als 4 Stunden ist, so MUSS der SGD selbst eine OCSP-Response einholen.**[<=]**

Wie in Abschnitt 2.10 beschrieben, benötigt ein SGD in Bezug auf die Schlüsselableitungsfunktionalität das AUT-Zertifikat des Nutzers und eine OCSP-Response für dieses Zertifikat. Dies bildet die Grundlage des beidseitig authentisierten verschlüsselten Datenkanals zwischen SGD-HSM und Client (vgl. Abschnitt 9). Ein SGD darf diese beiden Daten nicht längerfristig speichern (A_17965). Andere personenbezogenen Daten fallen bei einem SGD nicht an. Da ein Versicherter immer über das ZGdV eine Datenverbindung zu den beiden SGD aufbaut, erfahren beide SGD nicht die vom Versicherten verwendete IP-Adresse.

A_17965 - SGD: Löschen der Client-AUT-Zertifikate und OCSP-Responses
Ein SGD ePA DARF NICHT Client-spezifische Daten (also das Client-AUT-Zertifikat oder OCSP-Responses dafür) persistent (also außerhalb des Zeitraums aus A_17896) speichern.**[<=]**

A_17897 - SGD-Client, Anfrage GetPublicKey (Client)
Ein Client eines SGD ePA MUSS den aktuellen signierten öffentlichen ECIES-Schlüssel eines SGD-HSMs über die Operation GetPublicKey gemäß A_17895-01 erfragen.**[<=]**

A_18024 - SGD-Client, Prüfung SGD-HSM-ECIES-Schlüssel
Ein Client eines SGD ePA MUSS den über die Operation GetPublicKey (A_17895-01) erhaltenen signierten öffentlichen ECIES-Schlüssel eines SGD-HSMs (vgl.A_17894-01) wie folgt prüfen.

1. Ist das erhaltene Zertifikat des SGD-HSMs (vgl. A_17894-01) gemäß A_17847 gültig? Falls nein, dann FAIL.
2. Ist das Zertifikat so wie vom Client erwartet entweder von einem SGD 1 oder von einem SGD 2 gemäß A_17848? Falls nein, dann FAIL.
3. Ist das erhaltene Zertifikat zeitlich gültig? Falls nein, dann FAIL.
4. Ist die Signatur (vgl. "Signature"-Feld bei Kodierung gemäß A_17894-01) korrekt ("valid"), also eine kryptographisch korrekte Signatur (ECDSA-Signatur gemäß [gemSpec_Krypt#A_17873]), die auf den EE-Schlüssel aus dem in (1) bis (3) geprüften Zertifikat rückführbar ist? Falls nein, dann FAIL.

Wenn einer der Prüfschritte ein FAIL liefert, so MUSS der Client die Verwendung des erhalten Schlüssel (A_17895-01) abbrechen.**[<=]**

6.5 Operation GetAuthenticationToken

A_18025 - SGD-Client, Anfrage GetAuthenticationToken
Ein Client eines SGD-ePA MUSS, nachdem er den jeweiligen aktuellen öffentlichen SGD-HSM-Schlüssel (A_17910-01 (S4)) für die Nachrichtenübermittelung mittels des ECIES-Verfahrens (vgl. Abschnitt 9) erfragt (A_17897) und geprüft (A_18024) hat, ein Authentisierungstoken über die Operation GetAuthenticationToken (A_18025) anfordern. Dafür MUSS der Client eine 256-Bit-Zufallszahl als Challenge erzeugen (RND-Client) und in Hexadezimalform kodieren.
Anschließend MUSS der Client die Zeichenkette "Challenge <RND-Client>" erzeugen.
Beispiel:

```
    Challenge f97cbc538b020d705a960a7e8fa5912c8e202fcf7d6516da3818eff68ce7e
00d
```

Diese Zeichenkette MUSS der Client über das ECIES-Verfahren gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875] für das SGD-HSM verschlüsseln. Das erhaltene Chiffrat MUSS der Client gemäß A_17902 kodieren und die Kodierung als "EncryptedMessage" bei Operation GetAuthenticationToken (A_18201) verwenden.**[<=]**

A_18021 - SGD, GetAuthenticationToken
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen: Wenn über dessen HTTPS-SGD-Schnittstelle (vgl. A_17889) ein POST-Request mit dem Request-Body nach [gem_SGD_ePA#Tab_GetAuthenticationTolken-Request] eintrifft, so MUSS die RVE des SGD

1. das Zertifikat im Datenfeld "Certificate" gemäß TUC_PKI_018 (OCSP-Graceperiod=4h, PolicyList={oid_egk_aut, oid_egk_aut_alt, oid_smc_b_aut}) prüfen und dabei Ergebnisse nach A_17896 berücksichtigen.
2. die Kodierung und die Signatur der "PublicKeyECIES" prüfen (vgl. A_17900 und A_17901).

Falls eine der Prüfungen ein nicht-positives Ergebnis liefert, so MUSS die RVE des SGD mit einer entsprechenden Fehlermeldung aus [gemSpec_SGD_ePA#6.7-Fehlermeldungen] dem Client antworten und die weitere Requestverarbeitung abbrechen.
Die RVE des SGD MUSS die Informationen aufbereiten und an das für den Request avisierte SGD-HSM übergeben (vgl. A_18026).
Liefert das SGD-HSM ein OK, so MUSS die SGD die Antwort den HTTP-POST-Request mit folgender Nachricht beantworten:

```
{
  "Status" : "OK",
  "EncryptedMessage" : "... Base64-kodiertes Chiffrat gemäßA_17902 ..."
}
```

Anderenfalls (SGD-HSM meldet einen Fehler) MUSS die RVE des SGD mit einer entsprechenden Fehlermeldung aus [gemSpec_SGD_ePA#6.7- Fehlermeldungen] dem Client antworten.**[<=]**

Tabelle 8: Tab_GetAuthenticationToken-Request

```
{"Command"          : "GetAuthenticationToken",
  "PublicKeyECIES"   : " ... Kodierung nach A_17900  ...",
  "Signature"        : " ... Base64-kodierte Signatur des PublicKeyECIES
nach A_17900 ...",
  "Certificate"      : " ... Base64-kodiertes Client-Zertifikat ... ",
  "EncryptedMessage" : " ... Base64-kodiertes Chiffrat nach A_17902  ..."
```

```
}
```

A_18028 - SGD-Client, Auswertung der Anfrage GetAuthenticationToken
Ein Client eines SGD-ePA MUSS, nachdem er über die Operation GetAuthenticationToken (A_18025) ein Authentisierungstoken angefordert hat, die Antwort in "EncryptedMessage" mittels des ECIES-Verfahrens gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875] entschlüsseln.
Der Client MUSS prüfen, ob die Antwort folgender Form entspricht:

```
    Response <vom-Client-hexadezimal-kodierter-256-Bit-Zufallswert> <256-Bit-Wert-H-in-Hexform> AT<256-Bit-Hexadezimal-kodiert>
```

Beispiel:

```
    Response
f97cbc538b020d705a960a7e8fa5912c8e202fcf7d6516da3818eff68ce7e00d
c4d0613a597826cfdca992d0a02d0ea26667829345033dee158a578cc8524cab AT1ce627dd
5e4c6536ca0dd93f896744d42c6580537953a49fcc5840dd8f8f4efa
```

Der Client MUSS prüfen, ob der erste Wert (256-Bit Zufallswert aus der Clientanfrage) genau der Wert aus der Anfrage des Client gemäß A_18025 ist. Falls nein, so MUSS der Client mit einem Fehler abbrechen und ggf. mit dem Protokollablauf neu starten.

Der Client MUSS prüfen, ob der zweite Wert H der SHA-256-Wert aus der Aneinanderreihung seines Client-spezifischen ECIES-Schlüssels in der Kodierung nach A_17900 und des für dessen Signatur verwendeten AUT-Zertifikats (DER-kodiert) ist.
Falls nein, so MUSS der Client mit einem Fehler abbrechen und ggf. mit dem Protokollablauf neu starten.

Der Client MUSS den zweiten Wert (das Authentisierungstoken) wie folgt prüfen:

1. Beginnt das Authentisierungstoken mit der Zeichenkette "AT"? Falls nein, dann FAIL.
2. Ist die Teilzeichenkette des Authentisierungstokens nach "AT" ein 256-Bit Hexadezimal kodierter Wert? Falls nein, dann FAIL.

Falls eine der Prüfungen ein FAIL liefert, so MUSS der Client mit einem Fehler abbrechen und ggf. mit dem Protokollablauf neu starten.
Der Client MUSS den Authentisierungstoken für die im Protokollablauf folgenden Aufruf der Operation KeyDerivation (A_17898) speichern.
[<=]

6.6 Operation KeyDerivation

A_18029 - SGD-Client, Anfrage KeyDerivation
Ein Client eines SGD-ePA MUSS, nachdem er über erfolgreich über die Operation GetAuthenticationToken (A_18025) ein Authentisierungstoken vom SGD-HSM erhalten hat (vgl. A_18028), eine Zeichenkette der folgenden Form bilden:

```
    <Authentisierungstoken> <Request-ID> KeyDerivation <Ableitungsregel>
```

Die Request-ID MUSS ein 256-Bit Zufallswert in Hexadezimalform sein (ohne führendes "0x"), den der Client pro Request (KeyDerivation) zufällig erzeugen MUSS. Diese Request-ID MUSS der Client zwischenspeichern (vgl. Prüfung in A_18031-01).

Die Ableitungsregeln MUSS der Client je nach Anwendungsfall (vgl. [gemSpec_SGD_ePA#Abschnitt 2.4 ff]) gemäß A_17924-01 erzeugen.

Diese erzeugte Zeichenkette MUSS der Client über das ECIES-Verfahren gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875] für das SGD-HSM verschlüsseln. Das erhaltene Chiffrat MUSS der Client gemäß A_17902 kodieren und die Kodierung als "EncryptedMessage" bei Operation KeyDerivation (A_17898) verwenden.**[<=]**

A_17898 - SGD, KeyDerivation
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen: Wenn über dessen HTTPS-SGD-Schnittstelle (vgl. A_17889) ein POST-Request mit dem Request-Body nach [gem_SGD_ePA#Tab_KeyDerivation-Request] eintrifft, so MUSS die RVE des SGD

1. das Zertifikat im Datenfeld "Certificate" gemäß TUC_PKI_018 (OCSP-Graceperiod=4h, PolicyList={oid_egk_aut, oid_egk_aut_alt, oid_smc_b_aut}) prüfen und dabei Ergebnisse nach A_17896 berücksichtigen.
2. die Kodierung und die Signatur der "PublicKeyECIES" prüfen (vgl. A_17900 und A_17901).

Falls eine der Prüfungen ein nicht-positives Ergebnis liefert, so MUSS die RVE des SGD mit einer entsprechenden Fehlermeldung aus [gemSpec_SGD_ePA#6.7-Fehlermeldungen] dem Client antworten und die weitere Requestverarbeitung abbrechen. Die RVE des SGD MUSS die Informationen aufbereiten und an das für den Request avisierte SGD-HSM übergeben (vgl. A_18030). Liefert das SGD-HSM ein OK, so MUSS die SGD die Antwort den HTTP-POST-Request mit folgender Nachricht beantworten:

```
{
  "Status" : "OK",
  "EncryptedMessage" : "... Base64-kodiertes Chiffrat. Das Chiffrat wurde
vom SGD-HSM erzeugt ..."
}
```

Anderenfalls (SGD-HSM meldet einen Fehler) MUSS die RVE des SGD mit einer entsprechenden Fehlermeldung aus [gemSpec_SGD_ePA#6.7- Fehlermeldungen] dem Client antworten.**[<=]**

Tabelle 9: Tab_KeyDerivation-Request

```
{ "Command"          : "KeyDerivation",
  "PublicKeyECIES"    : " ... Kodierung nach A_17900  ...",
  "Signature"        : " ... Base64-kodierte Signatur des PublicKeyECIES
nach A_17900 ...",
  "Certificate"      : " ... Base64-kodiertes Client-Zertifikat ... ",
  "EncryptedMessage" : " ... Base64-kodiertes Chiffrat nach A_17902  ..."
}
```

A_17888 - SGD, KeyDerivation (Client)
Ein Client eines SGD ePA MUSS die Operation KeyDerivation gemäß A_17898 umsetzen.**[<=]**

A_18031-01 - SGD-Client, Auswertung der Anfrage KeyDerivation
Ein Client eines SGD-ePA MUSS, nachdem er über die Operation KeyDerivation (A_17898) die Durchführung einer Schlüsselableitung angefordert hat, die Antwort in "EncryptedMessage" mittels des ECIES-Verfahrens gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875] entschlüsseln.

Der Client MUSS prüfen, ob die Antwort folgender Form entspricht:

```
    <Authentisierungstoken> <Request-ID> OK-KeyDerivation <256-Bit-AES-Schlüssel-in-Hexform> <Ableitungsvektor>
```

Beispiel:

```
    AT1ce627dd5e4c6536ca0dd93f896744d42c6580537953a49fcc5840dd8f8f4efa7522d04ca28f2c6d3f5a53b2a31aebe1f91f2cfb75145b35c9a01fae7930340c OK-KeyDerivation 4a76068ed4796ac5d513ee05c9ff7d007271499f8bd8e04e8146031af576b4dd r2:7f8f77003dbab49c3a4e32f44726f92324d292fa668fde5ebc3424397986be99:107299005A112102647:2-20a1201-001:Bezeichner ACME Q1 2020
```

Der Client MUSS prüfen, ob der Authentisierungstoken genau der Token ist, den der Client im Request für KeyDerivation verwendet hat. Falls nein, so MUSS er die erhaltene Antwort verwerfen (i. S. v. er darf insbesondere die erhaltenen Schlüssel nicht nutzen).

Der Client MUSS prüfen, ob die Request-ID genau die ist, die der Client für Request für KeyDerivation verwendet hat (zufällig erzeugt hat vgl. A_18029). Falls nein, so MUSS er die erhaltene Antwort verwerfen (i. S. v. er darf insbesondere die erhaltenen Schlüssel nicht nutzen). **[<=]**

6.7 Fehlermeldungen

A_18987 - SGD, RVE, Fehlermeldungen
Ein SGD ePA MUSS Folgendes sicherstellen: Die RVE MUSS bei Fehlerfällen die in Tabelle ”Tab_Fehlerfälle_und_Fehlermeldungen” aufgeführten Fehlermeldungen an einen SGD-Client senden. Diese Fehlermeldungen MUSS der SGD wie die anderen Nachrichten des SGD-Protokoll mit dem HTTP-Status-Code 200 (OK) übertragen (vgl. Erläuterung in Abschnitt 6.7.1).**[<=]**

Tabelle 10: Tab_Fehlerfälle_und_Fehlermeldungen

Fehlerfall	transient	**an den Client zu sendende Fehlernachricht**
Die Authentizität des Requests ist nicht gegeben (bspw. AES-GCM meldet FAIL) das SGD-HSM meldet FAIL.		`{ "Status" : "decryption FAIL" }`
Die Zertifikatsprüfung in der RVE oder im SGD-HSM ergab FAIL.		`{ "Status" : "certificate not valid" }`

Die Signatur des öffentlichen ephemeren ECIES-Client-Schlüssel ist nicht valide.		`{ "Status" : "signature not valid" }`
Datenfelder im Request fehlen.		`{ "Status" : "request not valid" }`
Der Request ist größer als 2 MiB (A_17893).		`{ "Status" : "request not valid" }`
Die RVE stellt fest, dass das für einen Client (nach Protokoll-Nachricht 2) festgelegt SGD-HSM nicht mehr verfügbar ist (bspw. Hardware-Schaden). Der Client soll (MUSS) in diesem Falle den Protokollablauf neu starten (vgl. A_18988).	Ja	`{ "Status" : "restart protocol" }`
Die RVE konnte keine gültigen OCSP-Auskunft für des EE-Zertifikat des Nutzers des Client erhalten, bspw. wenn der Verbindungsaufbau zum OCSP-Responder fehlschlug. Der Client soll es noch einmal versuchen in der Hoffnung, dass dann der OCSP-Responder wieder verfügbar ist.	Vielleicht	`{ "Status" : "OCSP-Response not available" }`
Ein Client hat schon zu viele Anfragen pro Zeiteinheit gesendet (vgl. Hinweise nach A_17891).		`{ "Status" : "rate limiting per user" }`

A_18988 - SGD-Client, Neustart des Protokolldurchlaufs
Ein Client eines SGD ePA MUSS wenn er eine Fehlermeldung aus Tabelle [gem_SGD_ePA#Tab_Fehlerfälle_und_Fehlermeldungen] vom SGD erhält, die als "transient" mit "Ja" oder "Vielleicht" in der Tabelle aufgeführt ist, den Protokollablauf neu starten (GetPublicKey etc.).
Er MUSS einen Fehler-Zähler führen. Wenn nach 5 Protokoll-Neustarts der Fehler immer noch auftritt, so KANN er abbrechen (Vermeidung von Endlosschleifen).**[<=]**

A_19000 - SGD, RVE, selbst definierte Fehlermeldungen und erweiterte Statusinformationen
Eine RVE eines SGD ePA KANN weitere Fehlermeldungen analog zu den in Tabelle [gem_SGD_ePA#Tab_Fehlerfälle_und_Fehlermeldungen] aufgeführten Fehlermeldungen für sich definieren und an einen SGD-Client senden. Analog zu A_18987 MÜSSEN diese

Fehlermeldungen mit dem HTTP-Status-Code 200 (OK) übertragen werden.
Eine RVE KANN jede Fehlermeldungen (A_18987 und A_19000) mit beliebigen JSON-Format-konformen Statusinformationen anreichern. Dabei gilt die Größenbeschränkung aus A_17893.
Beispiel:

```
{
 "Status": "decryption FAIL",
 "Error": {
  "Timestamp": "2019-01-15T13:37:42.123Z",
  "Trace": {
   "LogReference": "550e8400-e29b-11d4-4ffe-446655440000"
  }
 }
}
```

[<=]

Hinweis zu A_19000 : In Bezug auf einen Client vgl. A_17892 (Aufwärtskompatibilität JSON-Requests und -Responses).

6.7.1 Fehlermeldungen und HTTP-Status-Code (informativ)

Ein SGD besitzt keine RESTful-Schnittstelle. Demnach resultieren Applikationsfehler nicht in Fehlermeldungen des HTTP-Protokolls bei der Applikationsdatenübermittlung. Applikationsfehler erzeugen keine HTTP-Fehler-Codes. Die Applikationsschicht und die darunterliegende HTTP-Schicht werden als separate Sichten im OSI-Schichtenmodell betrachtet.

Dies erleichtert das Tunneln der SGD-Protokollnachrichten (Applikationsebene) bspw. über das Zugangsgateway des Versicherten.

Die SGD-Schnittstelle hat mit einer RESTful-Schnittstelle die Gemeinsamkeit, dass über HTTP hauptsächlich JSON-Datenstrukturen übertragen werden. Ansonsten gibt es kaum Gemeinsamkeiten.

Beispiel 1, Bit-Flip im Chiffrat im GetAuthenticationToken-Request:
Die RVE erreicht ein GetAuthenticationToken-Request (Nachricht 3 im SGD-Protokoll). Als konstruiertes Beispiel ist dort im Chiffrat ein Bitflip aufgetreten. Dies kann die RVE nicht erkennen. Das für den Client ausgewählte SGD-HSM erkennt dies (AES-GCM als Authenticated Enryption erzeugt ein FAIL bei der Entschlüsselung). Das SGD-HSM übermittelt diese Information an die RVE (Innen-Interface). Die RVE erzeugt dann als Antwort

```
{ "Status" : "decryption FAIL" }
```

gemäß Tabelle Tab_Fehlerfälle_und_Fehlermeldungen und zwar als Teil der HTTP-Response mit HTTP-Status-Code 200 (OK).

Beispiel 2, ungültige HTTP-Methode verwendet:
Aus der TI (also ohne Beteiligung des Zugangsgateway des Versicherten) wird ein HTTP-Request an den SGD2 gesendet. Der Client sendet als konstruiertes Beispiel nicht "POST /SGD2 HTTP/1.1" sondern "OST /SGD2 HTTP/1.1" als erste Zeile des HTTP-Requests. Darauf hin antwortet das Webinterface der SGD2 gemäß des HTTP-Protokolls mit HTTP-Status-Code 400 (Bad Request), weil es die Methode „OST" innerhalb des HTTP-Protokolls nicht gibt.

7 Clientspezifische Festlegungen

Ein ePA-FdV, ein FM ePA und ein KTR-Consumer sind Clients eines SGD.

A_17847 - Prüfung eines SGD-HSM-Zertifikats (1/2)
Ein Client eines SGD MUSS bei Prüfung eines SGD-HSM-Zertifikats bei bzw. vor der Erzeugung eines Requests an den SGD prüfen, ob das Zertifikat in der TSL innerhalb eines "TSPService"-Eintrags mit dem ServiceTypeIdentifier "http://uri.etsi.org/TrstSvc/Svctype/unspecified" aufgeführt ist und dieses zeitlich aktuell gültig ist.
Falls nein, so MUSS das Zertifikat abgelehnt werden und die Verarbeitung des Zertifikats abgebrochen werden.**[<=]**

A_17848 - Prüfung eines SGD-HSM-Zertifikats (2/2)
Ein Client eines SGD ePA MUSS, falls bei der Prüfung eines SGD-HSM-Zertifikats ein SGD-1-Zertifikat erwartet wird, prüfen, ob die OID oid_sgd1_hsm [gemSpec_OID] im SGD-HSM-Zertifikat (Kontext Prüfung der Signatur der aktuellen SGD-HSM-ECIES-Schlüssel) aufgeführt ist.
Falls nicht, so MUSS das Zertifikat abgelehnt werden.
Analog SGD-2-Zertifikat und OID oid_sgd2_hsm.**[<=]**

Verständnishinweis: In [gemSpec_PKI#A_17700] wird die generelle Auswertbarkeit solcher TSL-Einträge auch thematisiert.

A_17925 - SGD-Client, Parallele Anfrage SGD1 und SGD2
Ein Client eines SGD MUSS, um eine höhere Performanz zu erreichen, im Rahmen der Schlüsselableitungsfunktionalität den SGD 1 und den SGD 2 parallel anfragen.
[<=]

A_17990 - ePA-FdV: Parallele Anfrage SGD1 und SGD2
Ein ePA-FdV MUSS bei der Umsetzung von A_17925 die aktuell bestehende TLS-Verbindung zum Zugangsgateway des Versicherten per TLS-Resumption "clonen" (vgl. „third option" [RFC-5246, S. 40, erster Abschnitt]). Auf einer TLS-Verbindung MUSS das ePA-FdV den SGD 1 anfragen auf der anderen den SGD 2.
Sollte das Zugangsgateway eine TLS-Resumption ablehnen, so MUSS der Client, so wie im TLS-Protokoll vorgesehen, einen "full handshake" für den Aufbau der zusätzlichen TLS-Verbindung durchführen.**[<=]**

Hinweis: Für die Vereinfachung der Parallelisierung für ein ePA-FdV gibt es [gemSpec_Zugangsgateway_Vers#A_17495] .

A_18003 - SGD-Client, Prüfung der Telematik-ID bei Berechtigungsvergabe
Ein Client eines SGD ePA MUSS folgende Vorgaben umsetzen.
Im Rahmen einer Berechtigungsvergabe (vgl. [gemSpec_SGD_ePA#Abschnitt 2.6 und 2.8]) kann ein Versicherter oder ein Vertreter eine LEI berechtigen. Dabei muss der Client einen Ableitungsvektor erzeugen, bei dem die Telematik-ID der LEI in den Ableitungsvektor mit einfließen. Dabei MUSS der Client die Telematik-ID der LEI wie folgt prüfen.
Falls in der Telematik-ID ein Doppelpunkt (":", Character 58) enthalten ist, so MUSS der Client die Telematik-ID in Hexadezimalschreibweise (ohne führendes "0x") kodieren und davor ein"*" (Character 42) setzen.
Beispiel:
`"2-20a1201-001:AAB::112"` wird
zu `"*322d323061313230312d3030313a4141423a3a313132"`

Diese Kodierung MUSS der Client bei der Erzeugung der Ableitungsvektoren jeweils bei "<TELEMATIK_ID>" verwenden.**[<=]**

Verständnishinweis: Die Vergabe der Telematik-IDs erfolgt durch die LE- und LEI-Organisationen. Nur die ersten drei Zeichen werden durch die Vorgaben aus [gemSpec_PKI#Telematik-ID] festgelegt. Damit kann es theoretisch vorkommen, dass dort nach der 3-ten Stelle der Telematik-ID ein ":" vorkommen könnte, was i. d. R. nicht der Fall ist.

A_18032 - SGD-Client, kurzlebigen ECIES-Client-Schlüsselpaar
Ein Client eines SGD MUSS für die parallele Anfrage an beide SGD ein kurzlebiges ECIES-Client-Schlüsselpaar gemäß [gemSpec_Krypt#A_17874] erzeugen. (Der Client verwendet dasselbe Schlüsselpaar für beide SGD).**[<=]**

A_18005 - SGD-Client, nur Einmalverwendung des kurzlebigen ECIES-Client-Schlüsselpaars
Ein Client eines SGD DARF sein kurzlebiges ECIES-Client-Schlüsselpaar NICHT für mehr als eine Nutzung der Schlüsselableitungsfunktionalität ePA, also die parallele Anfrage an SGD 1 und SGD 2, nutzen. Für die nächste Nutzung MUSS der Client ein neues ECIES-Client-Schlüsselpaar erzeugen.**[<=]**

Verständnishinweis: sollte der Client keine Antwort (timeout) bspw. vom ZdGV bekommen u. Ä. so darf er die Anfrage mit dem gleichen Schlüsselpaar noch einmal wiederholen. Es geht um die kryptographische Nutzung des Schlüsselpaars, diese darf nur einmal innerhalb eines Protokollablaufs erfolgen. Bei einem folgenden Protokolldurchlauf muss der Client ein neues ECIES-Client-Schlüsselpaar verwenden.

A_18006 - SGD-Client, KVNR
Ein Client eines SGD ePA MUSS bei einer Erstellung einer Anfrage für eine Schlüsselableitung (vgl. Abschnitte 2.6 und 2.8), im Falle dass dort vom Client initial eine KVNR eingetragen wird (KVNR eines Vertreters, KVNR eines Kontoinhabers im Vertretungsfall), die Variable KVNR bei der Konstruktion der Anfrage gemäß A_17926 verstehen.**[<=]**

8 Interoperables Austauschformat

Damit die Interoperabilität zwischen Clienten eines SGD (ePA-FdV, FM ePA etc.) sichergestellt ist, wird nachfolgend ein interoperables Austauschformat definiert. Zunächst wird mit PHRKey [PHR_Common.xsd] eine Datenstruktur für die Klartextrepräsentation von Kontextschlüssel (ContentKey) und Aktenschlüssel (RecordKey) definiert. Daran folgt die Definition der Datenstruktur EncryptedKeyContainer [AuthorizationService.xsd].

Tabelle 11: Tab_Austauschformat_Akten-_und_Kontextschlüssel

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<epa:PHRKey insurant="[OwnerKVNR]">
    <RecordKey algorithm="http://www.w3.org/2009/xmlenc11#aes256-gcm">
        S2V5MS0yNTZCaXQtQUVTLUdTS0xMjM0NTY3ODkwYWI=
    </RecordKey>
    <ContextKey algorithm="http://www.w3.org/2009/xmlenc11#aes256-gcm">
        S2V5Mi0yNTZCaXQtQUVTLUdTS1iYTA5ODc2NTQzMjE=
    </ContextKey>
</epa:PHRKey>
```

Vergleiche auch [PHR_Common.xsd]

Diese XML-Datenstruktur muss nun mittels des vom SGD 1 abgeleiteten spezifischen Schlüssels verschlüsselt werden (vgl. [gemSpec_Krypt#A_17872]) und zusätzlich muss noch der Rückgabewert nach "OK-Derivation " als "associated data" mit in die MAC-Berechnung bei der AES-GCM-Verschlüsselung und GMAC-Berechnung einfließen. Das Ergebnis muss in einer EncryptedKeyContainer-XML-Datenstruktur kodiert werden, die folgende Form besitzt (vgl. auch Schemadatei [AuthorizationService.xsd]):

Tabelle 12: Tab_erste_Verschlüsselungsschicht

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<epa:EncryptedKeyContainer Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#aes256-gcm">
<epa:Ciphertext>
 <!--Base64-Kodiertes Ciphertext mit len(IV)=12 Byte und TagLen=16 Byte, vgl.
[XMLEnc#5.2.4 AES-GCM] und [gemSpec_Krypt#A_17872 ] -->
</epa:Ciphertext>
<epa:AssociatedData>
<!-- Base64-kodierte associated data (Ableitungsinformationen) -->
</epa:AssociatedData>
</epa:EncryptedKeyContainer>
```

Diese Daten werden dann mit dem zweiten AES-256-Schlüssel (erhalten von SGD 2) verschlüsselt und es muss wieder eine derartige Datenstruktur erzeugt werden. Jedoch müssen bei den AD nun die AD aus der ersten Verschlüsselungsschicht (AD1) mit einbezogen werden. Dafür werden die AD1 (Base64-dekodiert) vor die Ableitungsinformationen, die durch SGD 2 hinzukommen, vorangestellt und damit zusammengefügt. Die MAC-Berechnung basiert dann auf dieser zusammengesetzten Zeichenkette. Im "<epa:AssociatedData>"-Feld werden die beiden Teile

(Ableitungsinformationen von SGD 1 und Ableitungsinformationen von SGD 2) jeweils einzeln Base64-kodiert und durch Leerzeichen getrennt aufgeführt.

Beispiel für ein AssociatedData einer zweiten Verschlüsselungsschicht:

```
<epa:AssociatedData>
cjI6N2Y4Zjc3MDAzZGJhYjQ5YzNhNGUzMmY0NDcyNmY5MjMyNGQyOTJmYTY2OGZkZTVlYmMzNDI0Mzk3OTg
2YmU5OToxMDcyOTkwMDVBMTEyMTAyNjQ3OjItMjBhMTIwMS0wMDE6QmV6ZWljaG5lciBBQ01FIFExIDIwMj
AK
cjI6NWQ2MWQyZTExNTJiNjcxMWJlOTg0OTZjZDZmMGM5YWJkZTRjYzNiMzIwYjRiYWYxMjc2ZTU1MmFhZGU
4OjEwNzI5OTAwNUExMTIxMDI2NDc6Mi0yMGExMjAxLTAwMTpTR0QyIFhZWiBRMSAyMDIwCg==
</epa:AssociatedData>
```

Damit kann ein Client die Ableitungsinformationen von SGD 1 (erster Teil) und von SGD 2 (zweiter Teil) unterscheiden.

A_17930 - interoperables Austauschformat Schlüsselableitungsfunktionalität ePA

Ein Client eines SGD ePA MUSS bei einer Kodierung von Akten- und Kontextschlüssel bzw. der Ver-und Entschlüsselung dieses im Kontext der Schlüsselableitungsfunktionalität ePA die in [gemSpec_SGD_ePA#8- Interoperables Austauschformat] spezifizierten Formate epa:PHRKey [PHR_Common.xsd] und epa:EncryptedKeyContainer [AuthorizationService.xsd] verwenden.
Der Client MUSS bei der zweiten Verschlüsselungsschicht die AD der ersten Schicht (AD 1) im AD der zweiten Schicht (AD 2) mit aufnehmen. Der Client MUSS zunächst AD 1 und dann AD 2 aufführen und beide durch mindestens ein Leerzeichen trennen. Die GMAC-Berechnung MUSS bei der zweiten Verschlüsselung über beide AD (AD1 und AD2) erfolgen (AD1 + AD2 bilden die AD für den AES-GCM).**[<=]**

Beispiel: Schritt 1, Akten- und Kontextschlüssel kodiert in einer PHRKey-Datenstruktur

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<epa:PHRKey insurant="[OwnerKVNR]">
<RecordKey algorithm="http://www.w3.org/2009/xmlenc11#aes256-gcm">
S2V5MS0yNTZCaXQtQUVTLUdTS0xMjM0NTY3ODkwYWI=
</RecordKey>
<ContextKey algorithm="http://www.w3.org/2009/xmlenc11#aes256-gcm">
S2V5Mi0yNTZCaXQtQUVTLUdTS1iYTA5ODc2NTQzMjE=
</ContextKey>
</epa:PHRKey>
```

Beispiel: Schritt 2, Erzeugung der ersten Verschlüsselungsschicht

Sei

```
616263646566768696a6b6c6d6e6f707172737475767778797a313233343536
```

der von dem SGD 1 erhaltene hexadezimal-kodierte 256-Bit AES/GCM-Schlüssel und der verwendete Ableitungsvektor des SGD 1 sei
"r1:010203040506070809000102030405060708090001020304050607080900010 2:107299005A112102647:ACME Q1-2019", dann würde folgende EncryptedKeyContainer-Datenstruktur entstehen.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<epa:EncryptedKeyContainer Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#aes256-gcm">
<epa:Ciphertext>  MTIzNDU2Nzg5MDEys8SWvua/wM0Yhge+xFQ012wkGc6OmPEppHpC+3P7K+pBvl0EB
IP2ZX1sCcpCTqnRXhi0vPS1fRj7s0RAJfOLnrQWhUhrm7/hFLs6OE06+3nzCWTZ814BiNbz5PgD2TxVlZ4H
OKzYswNwIHIK2fgdvJsg3TmhLhcuUgS7dgyBsqpZYqGCzKpslwSTPAyKQcedxbiLUa85PfUFgZG9zQRh7CO
lCau1Xp2/8IcPzklNy1n1GgBf7rwCgxVEoXnUJq04FfpmKknZkuM5iz9pFTjGRh0yXvwYZZ58kUZGyuV+Ba
tr2VAg3MrA7m5w6GXI3S34evhxaXyrNVotfbcjaHWc7rIIVGbh6sT1S4BDxaf2QVMmeY9mQNg+LAP51tdy/
18QxwZRuon1t4VPi/z/Tqw/ZhkkH1GnRdNgKcx8d2ygXiP1BtRGIbLlFJfvziftGQ1z45UpsWdK7VpAGY0o
DaxbXGqcWfdu
</epa:Ciphertext>
```

```
<epa:AssociatedData>
cjE6MDEwMjAzMDQwNTA2MDcwODA5MDAwMTAyMDMwNDA1MDYwNzA4MDkwMDAxMDIwMzA0MDUwNjA3MDgwOTA
wMDEwMjoxMDcyOTkwMDVBMTEyMTAyNjQ3OkFDTUUgUTEtMjAxOQ==
</epa:AssociatedData>
</epa:EncryptedKeyContainer>
```

Beispiel: Schritt 3, Erzeugung der zweiten Verschlüsselungsschicht

Sei

```
6162636465666768696a6162636465666768696a6162636465666768696a6162
```

der von dem SGD 2 erhaltene hexadezimal-kodierte 256-Bit AES/GCM-Schlüssel und der verwendete Ableitungsvektor des SGD 2 sei "`r1:c14d9403d887cb9a91cab9ab5c087ee86f76cad71729e2f467c887eac8c9:107299005A112102647:SGD-2 MasterKey-1-2019`", dann würde folgende EncryptedKeyContainer-Datenstruktur der zweiten Verschlüsselungsschicht entstehen.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<epa:EncryptedKeyContainer Algorithm="http://www.w3.org/2001/04/xmlenc#aes256-gcm">
<epa:Ciphertext>
MTIzNDU2Nzg5MDEys8SWvua/wM0Yhge+xFQ012wkGc6OmPEppHpC+3P7K+pBvl0EBIPcZX1sCcpXaJjoQhH
gsP6NbRPZsl4JZsGqjKhTtm9aup/VQu1dOT037GLxVwCT/QkXysavuP4F1n5ah8ZCY+zWs1RqO2BKzehStp
p1xz28eU1sCFf3LweS4qE5arSZm+0u3xuEbw75H93V3cmTMNE6FJQShrWc70hj7gOEJNGmV/m1qJgnj3w71
D2dGzhwwqhtmzEp7jWLPLgYUbtSVmeL3KtzpGBCIxTuAAwPFq86aolQt15c8NArTvNp/XMrlbfdrmpuzRes
1BDTO7gQDi3RJUUsL/YoHwjMuZg+VmX89M3sZfUplcz1IyQCXt1lO9wDK1D1//VP8D0MxBhPp67RyJtfl/S
BM447MCE6PUzZe/s1b5gwQVapeXHpFeZhK/2fcuH7+QWtAjVSxIcD2z1FHAD+jHgaaLg403lqoQnQCnWtO8
L7rVfAK8lqZuCWDgVcY2V0aEFLxU787PaLVpQ74ymxJpgTjpJS1hDcczUa8GDCDoCHOtLaO1pkgfULf2CYe
ksHWz0mX/gPv5Zo1e/eo1tkG+kDr5wfqzk8g5d9zRIpkR1JcOeg2ZaVJc7FAY+vZeuwmE9iIk7co47Y+0El
PCnN0d3+wfzqjQGwQGyaTgn0UnHI1Ex9R7h5w4qxH2UPKYVQ66Nd7am8kO8oTiQ27ogYSFQtlwUtzoWHiH6
sQlcPJfySuP8Q1RfcT4gOiHSwAdqCYaYG/jtEcOuUBKemBbi25dyUzonUta6n4YuZAYJEdA07dQ0zcGW4gY
qvXkXm3eVDfbJmtj2VEVEJ0/N918fxxReCr4ym1/m6wFS2LtymDSoEfz55ZbRDYQ7/DaBPJV2k+HUKaeevd
yiWWsS6lOq6xI1iV1Sz5OIO93Db4R0EzUkzCz9sA8UKyMfc7JejHRhbOwfDUPEiS8rBh+JBSuGu3zLbPcfW
QDyYBnRacl8hL2d2aTY1O70PAElNIYc+8A3+oXCDFZi7Sx/O5VRM/d7Y+3MAkewo0yf+bWz/0cIeuMS5flY
XDht987ohP2gss/n22AA0/FNrhNs2A3eOMk2517lbyp9JXvPAonJlUnB7dOhsh42qwRzLNcTh3om9ZQ8PeH
jfOn9yoqda0pTWse07G2Q=
</epa:Ciphertext>
<epa:AssociatedData>
cjE6MDEwMjAzMDQwNTA2MDcwODA5MDAwMTAyMDMwNDA1MDYwNzA4MDkwMDAxMDIwMzA0MDUwNjA3MDgwOTA
wMDEwMjoxMDcyOTkwMDVBMTEyMTAyNjQ3OkFDTUUgUTEtMjAxOQ==
cjE6YzE0ZDk0MDNkODg3Y2I5YTkxY2FiOWFiNWMwODdlZTg2Zjc2Y2FkNzE3MjllMmY0NjdjODg3ZWFjOGM
5OjEwNzI5OTAwNUExMTIxMDI2NDc6U0dELTIgTWFzdGVyS2V5LTEtMjAxOQ==
</epa:AssociatedData>
</epa:EncryptedKeyContainer>
```

Hinweis: in der Beispiel-Implementierung der Außenschnittstelle (vgl. Abschnitt 6) gibt es auch Beispiel-Code für das interoperable Austauschformat.

9 Datenkanal zwischen Client und SGD (informativ)

Wie in Abschnitt "2.11- Besondere Rolle SGD-HSM" erwähnt, ist es notwendig, die fachlichen Abläufe für das SGD-HSM so einfach wie möglich zu gestalten. Einerseits kann man so die notwendige Performanz erreichen und andererseits wird damit der zeitliche Aufwand für die Entwicklung und Sicherheitsüberprüfung (A_17907) des SGD-HSM-Firmwaremoduls deutlich reduziert.

Das SGD-HSM erbringt den Hauptteil der Sicherheitsleistung, wobei eine unbemerkte Manipulation des Betreibers mit hoher Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Ziel der Datenübertragung zwischen Client und SGD ist es, einen beidseitig authentisierten Ende-zu-Ende-verschlüsselten Kanal zwischen Client und SGD-HSM zu erzeugen. Auf diesem Kanal wird dann die authentisierte Anfrage nach einer Schlüsselableitung vom Client an das SGD-HSM gesendet.

Weil ein SGD-HSM alle 15 Minuten ein neues ECIES-Schlüsselpaar erzeugt (und per Signatur bestätigt A_17910-01 (S1)) und der Hashwert des öffentlichen Schlüssels des ECIES-Schlüssels des SGD-HSMs in die Client-Signatur für den öffentlichen ECIES-Client-Schlüssel nach A_17900 mit eingeht, kann ein SGD-HSM sich über eine ausreichende Frische (vgl. [Boyd-Mathuria-2003#Abschnitt "1.5 Freshness"]) der Client-Anfrage sicher sein. Insbesondere kann ein SGD-HSM davon ausgehen, dass die für die Signatur mittels des AUT-Materials beim Client notwendige Kontrolle über den privaten AUT-Schlüssel im Client vorhanden war.

9.1 Ablauf Kommunikation zwischen Client und SGD-HSM

Ein Client sendet über das HTTPS-Interface des SGD Requests an einen SGD. Falls der Client ein ePA-FdV ist, werden die (in den wesentlichen Teilen verschlüsselten) Request über das ZGdV getunnelt. Zwischen Client und SGD-HSM gibt es auf Applikationsebene eine beidseitig authentisierte und verschlüsselte Datenverbindung. Um dies zu erreichen, führt ein Client die in diesem Abschnitt aufgeführten Schritte durch.

Zunächst erfragt der Client den aktuellen signierten öffentlichen ECIES-Schlüssel bei SGD 1.

Ein SGD-HSM generiert unabhängig vom konkreten Request alle 15 Minuten ein neues ECIES-Schlüsselpaar (A_17914-01) für die Absicherung der späteren Transportverschlüsselung zwischen Client und SGD-HSM. Der öffentliche ECIES-Schlüssel wird vom SGD-HSM signiert ~~(A_17914)~~ und an die RVE übergeben ~~(A_17914).~~.

Nr.	Client	RVE des SGD	SGD-HSM
1	Aufruf von Operation GetPublicKey bei dem der Client das AUT-Zertifikats des Nutzers mitliefert (A_17897).	Die RVE wählt ein SGD-HSM für den Client/Nutzer aus und liefert dafür den aktuellen signierten SGD-HSM-ECIES-Schlüssel (A_17895-01). Die RVE prüft unabhängig davon das AUT-Zertifikat des Nutzers (A_17896), das Ergebnis wird später verwendet.	

2	Der Client prüft den erhaltenen signierten SGD-HSM-ECIES-Schlüssel: Zertifikatsprüfung und Signaturprüfung (A_18024)		

Der Client erfragt parallel (A_17925) analog bei SDG 2 den aktuellen ECIES-Schlüssel des für ihn avisierten SGD-HSMs innerhalb von SGD 2. Sind beide ECIES-Schlüssel erfolgreich geprüft (A_18024), kann der Client fortfahren. Er fragt beide SGD, parallel (A_17925) wie folgt an.

Der Client erzeugt ein ECIES-Schlüsselpaar, das er für die Request an beide SDG verwendet (A_18032).

Nr.	Client	RVE SGD	SGD-HSM
3	Der Client berechnet die Hashwerte der beiden öffentlichen SGD-HSM-Schlüssel (notwendig für A_17901 und A_17900).		
4	Der Client erzeugt mittels des öffentlichen Schlüssels seines Client-ECIES-Schlüsselpaares (A_18032) und den zwei Hashwerten aus Schritt 3 eine Kodierung nach A_17900 und signiert diese Kodierung (A_17901).		
5	Der Client erzeugt einen Request (A_18025) für die Operation GetAuthenticationToken (A_18021). Dafür muss der Client einen 256-Zufallswert (als Challenge für das SGD-HSM) erzeugen (A_18025).	Die RVE nimmt den Request entgehen (A_18021), prüft das Client-Zertifikat (A_18021) und den ECIES-Clientschlüssel (inkl. Signaturprüfung) (A_18021) und verwendet ggf. Ergebnisse aus der Zertifikatsprüfung aus dem GetPublicKey-Request (A_17896). Die RVE prüft die Client-Signatur (A_18021) und bereitet den Request für das SGD-HSM (Innenschnittstelle) auf (A_17908-01) und übergibt den Request an das SGD-HSM (A_18021 und A_18026).	Das SGD-HSM prüft den Request (A_18026). Dann das Client-Zertifikat (A_18026 und A_17919-01). Dann die Signatur des öffentlichen ECIES-Schlüssels des Clients (A_18027). Es entschlüsselt das Chiffrat. Dort prüft es, ob eine Challenge vorliegt, also ein 256-Bit Wert vom Client.

		Weil die RVE den Client-ECIES-Schlüssel, inkl. Signatur und das AUT-Zertifikat im Klartext sieht, kann die RVE DoS-Gegenmaßnahmen umsetzen (A_17891).	

Ein Client kann sich sicher sein, dass nur das angefragte SGD-HSM seine Nachricht und damit die Challenge entschlüsseln kann (gemeinsames Geheimnis). Das SGD-HSM entschlüsselt die Nachricht. An dieser Stelle weiß das SGD-HSM noch nicht, ob die Challenge auch von dem im Request (dort im AUT-Zertifikat) behaupteten Kommunikationspartner kommt – mit wem er genau also dieses gemeinsame Geheimnis teilt. Das SGD-HSM nimmt zunächst an, dass die Angaben stimmen. Es erzeugt ein Authentisierungstoken (A_18027). Das Authentisierungstoken ist spezifisch für das AUT-Zertifikat und den öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel inkl. Hashwerte (Kodierung nach A_17900). Das SGD-HSM bildet den Hashwert aus der Kodierung und dem präsentierten AUT-Zertifikat. Das SGD-HSM bildet die Antwort gemäß A_18026

1. mit dem Challenge-Wert (gemeinsames Geheimnis),
2. dem eben erzeugten Hashwert und
3. dem Authentisierungstoken.

Diese Antwort verschlüsselt das SGD-HSM für den Client-ECIES-Schlüssel. Das SGD-HSM kann sich sicher sein, dass nur der Empfänger, also derjenige der privaten Client-ECIES-Schlüssel besitzt, die Nachricht entschlüsseln kann.

Der Client kann als einziger diese Antwort entschlüsseln. Er prüft, ob seine Challenge (gemeinsames Geheimnis) in der Antwort enthalten ist. Falls ja kann die Antwort nur vom SGD-HSM kommen. Der Client fügt den kodierten Client-ECIES-Schlüssel (vgl. in der Antwort aufgeführten Wert übereinstimmt (Hashwert,). Falls alle Prüfungen erfolgreich waren, kann der Client das in der Antwort aufgeführte Authentisierungstoken verwenden.

Nr.	Client	RVE SGD	SGD-HSM
6			(Fortsetzung von Schritt 5) Das SGD-HSM erzeugt den Hashwert aus dem öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel (Kodierung nach A_17900) und dem AUT-Zertifikat des Nutzers des Clients. Das SGD-HSM erzeugt ein Authentisierungstoken, das für den Client-Schlüssel und das AUT-Zertifikat spezifisch ist.

7			Das SGD-HSM erzeugt eine Antwort mit dem Zufallswert (Challenge) des Clients, mit Hashwert aus Client-ECIES-Schlüssel und AUT-Zertifikat und Authentisierungstoken. Es verschlüsselt diese Antwort für den öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel (A_18026, [gemSpec_Krypt#A_17875]) und übergibt das Chiffrat an die RVE zur Weiterleitung.
8		Die RVE nimmt die Antwort vom SGD-HSM entgegen und kodiert das Chiffrat gemäß A_17902 (A_18021) und schickt es als Response an den Client.	
9	Der Client nimmt die Response entgegen und entschlüsselt die verschlüsselte Nachricht vom SGD-HSM (A_18028, [gemSpec_Krypt#A_17875]). Er prüft, ob in der entschlüsselten Response sein Zufallswert (Challenge) aufgeführt ist. Falls ja kann sich der Client nun sicher sein, dass die Antwort vom SGD-HSM kommt. Er prüft, ob der in der Nachricht aufgeführter Hashwert aus öffentlichen Client-ECIES-Schlüssel gemäß A_17900 und AUT-Zertifikat mit seinen lokal selbst erzeugten Hashwert übereinstimmt. Falls alle Prüfungen erfolgreich waren kann er das in der Nachricht		

	aufgeführte Authentisierungstoken weiter verwenden (A_18028).		
10	Der Client erzeugt eine Anfrage für eine Schlüsselableitung und verwendet dabei das erhaltene Authentisierungstoken (A_18029) und eine pro Anfrage zufällig erzeugte Request-ID. Er sendet diese Anfrage an den SGD.	Die RVE nimmt den Request entgehen (A_17898), prüft das Client-Zertifikat (A_17898) und den Client-ECIES-Schlüssel inkl. Signaturprüfung (A_17898) und verwendet ggf. Ergebnisse aus der Zertifikatsprüfung aus dem GetPublicKey-Request (A_17896). Die RVE prüft die Client-Signatur (A_17898) und bereitet den Request für das SGD-HSM (Innenschnittstelle) auf (A_17908-01) und übergibt den Request an das SGD-HSM (A_18021 und A_18026). Weil die RVE den Client-ECIES-Schlüssel, inkl. Signatur und das AUT-Zertifikat im Klartext sieht, kann die RVE DoS-Gegenmaßnahmen umsetzen (A_17891).	Das SGD-HSM führt Client-ECIES-Schlüssel und AUT-Zertifikat in einer Schlüsselableitung mit seinem aktuellen spezifischen geheimen Ableitungsschlüssel (A_17910-01 (S5)) zusammen (A_18030) und prüft (A_18030), ob der in der Nachricht des Clients präsentierte Authentisierungstoken korrekt ist.
11			Wenn das Authentisierungstoken korrekt ist, dann analysiert das SGD-HSM die Ableitungsanfrage (A_17922) und führt sie je nach Ableitungsregel aus (ggf. auch nicht). Im Positivfall erzeugt das SGD-HSM eine für den Client verschlüsselte Nachricht mit dem

			Ergebnis der Ableitung (A_17922), inkl. Authentisierungstoken und Request-ID.
12		Die RVE nimmt die Antwort vom SGD-HSM entgegen und kodiert das Chiffrat gemäß A_17902 (A_17898) und schickt es als Response an den Client.	
13	Der Client entschlüsselt die Antwort (A_18031-01). Er prüft, ob der in das Antwort aufgeführte Authentisierungstoken und die Request-ID mit beiden in dem Request verwendeten Werten übereinstimmt. Falls nein, so muss der Client die erhaltenen Schlüssel verwerfen (A_18031-01).		

Die Schritte 3 bis 13 führt ein Client dann parallel für beide SGD aus.

9.2 ECIES-Verfahren

Das "Elliptic Curve Integrated Encryption Scheme (ECIES)" ist ein auf [ABR-1999] basierendes hybrides Verschlüsselungsverfahren (vgl. auch [SEC1-2009], [TR-02102-1]). Das Verfahren liefert eine einseitig authentisierte Verschlüsselung. Eine Änderung am Chiffrat wird vom Empfänger sicher erkannt (CCA2-sicher). Der Empfänger kann auf Grundlage des ECIES-Verfahrens allein nicht erkennen von wem das Chiffrat erzeugt wurde, nur dass es beim Transport nicht verändert wurde. Der Sender kann sich sicher sein, dass nur der Empfänger das Chiffrat entschlüsseln kann. Für das ECIES-Verfahren gilt die kryptographische Sicherheitsbetrachtung (Sicherheitsbeweis) aus [ABR-1999].

Der Sender muss ein ECC-Schlüsselpaar besitzen, dessen Authentizität der Empfänger prüfen kann (A_18024 und A_18026). Der Empfänger erzeugt für jede Nachricht ein ephemeres ECC-Schlüsselpaar ([gemSpec_Krypt#A_17875 Punkt 1]) . Mit dem Schlüsselpaar und den authentischen öffentlichen ECC-Punkts des Empfänger führt der Sender einen einseitig authentisierten ECDH durch [gemSpec_Krypt#A_17875 Punkt 2]. Aus dem erzeugten ECDH-Geheimnis leitet der Sender über eine KDF gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875 Punkt 3] einen 256-Schlüssel ab. Diesen Schlüssel verwendet der Sender mittels AES-GCM gemäß [gemSpec_Krypt#A_17875 Punkt 4] um die Nachricht zu verschlüsseln. Da AES-GCM ein authentisiertes Verschlüsselungsverfahren ist, kann man Änderungen beim Transport des Chiffrats (ICV-

Wert) sicher erkennen. Ob ein aktiver Angreifer auf der Transportstrecken das Chiffrat verworfen und selbst ein neues erzeugt hat, kann das Verfahren nicht feststellen.

Das ECIES-Verfahren wird üblicherweise bei der ECC-basierten E-Mail-Verschlüsselung eingesetzt, so dass man aus kryptographischer Sicht formulieren könnte: Client und SGD-HSM senden sich im Rahmen der Schlüsselableitungsfunktionalität ePA vier verschlüsselte E-Mails pro Schlüsselableitung.

10 Anhang – Verzeichnisse

10.1 Abkürzungen

Kürzel	Erläuterung
AD	Associated Data (vgl. [RFC-5116])
AAD	Additional Authenticated Data (vgl. [NIST-SP-800-38D]), fachlich identisch zu "AD" (s. o.)
AEAD	Authenticated Encryption with Associated Data (AEAD)
AES	Advanced Encryption Standard
AES-256	AES mit 256 Bit Schlüssellänge
ECC	Elliptic Curve Cryptography
ECDH	Elliptic Curve Diffie Hellman (key exchange)
ePA	elektronische Patientenakte
ePA-FdV	ePA-Frontend des Versicherten
FAD	Fachanwendungsspezifischer Dienst
FM ePA	Fachmodul ePA
GCM	Galois/Counter Mode
HKDF	HMAC-based Key Derivation Function
HMAC	Hash-based Message Authentication Code
HSM	Hardware Security Module
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTP über TLS)
ICV	Integrity Check Value
IV	Initialization Vector
KVNR	Krankenversichertennummer

LEI	Leistungserbringerinstitution
PCRE	Perl Compatible Regular Expressions
RSA	Rivest-Shamir-Adleman (asymmetrisches Kryptoverfahren)
RVE	Request verarbeitende Einheit
SGD	Schlüsselgenerierungsdienst
SHA	Secure Hash Algorithm
SHA-256	SHA mit 256 Bit Hashwert
TI	Telematikinfrastruktur
TIP	Telematikinfrastruktur-Plattform
TLS	Transport Layer Security
TSL	Trust-service Status List
ZGdV	Zugangsgateway des Versicherten

10.2 Glossar

Begriff	Erläuterung
Schlüsselableitungsfunktionalität ePA	Als Schlüsselableitungsfunktionalität wird die Gesamtheit des Ablaufs der Ver- und Entschlüsselung des Akten- und Kontextschlüssels durch einen Client verstanden. Dies beinhaltet als die parallele Anfrage an beide SGD.

Das Glossar wird als eigenständiges Dokument (vgl. [gemGlossar]) zur Verfügung gestellt.

10.3 Abbildungsverzeichnis

10.4 Tabellenverzeichnis

10.5 Referenzierte Dokumente

10.5.1 – Dokumente der gematik

Die nachfolgende Tabelle enthält die Bezeichnung der in dem vorliegenden Dokument referenzierten Dokumente der gematik zur Telematikinfrastruktur. Der mit der vorliegenden Version korrelierende Entwicklungsstand dieser Konzepte und Spezifikationen wird pro Release in einer Dokumentenlandkarte definiert; Version und Stand der referenzierten Dokumente sind daher in der nachfolgenden Tabelle nicht aufgeführt. Deren zu diesem Dokument jeweils gültige Versionsnummer entnehmen Sie der aktuellen, von der gematik veröffentlichten Dokumentenlandkarte, in der die vorliegende Version aufgeführt wird.

[Quelle]	Herausgeber: Titel
[gemSpec_DS_Anbieter]	gematik: Spezifikation Datenschutz- und Sicherheitsanforderungen der TI an Anbieter
[gemGlossar]	gematik: Glossar der Telematikinfrastruktur
[gemSpec_Krypt]	gematik: Übergreifende Spezifikation, Verwendung kryptographischer Algorithmen in der Telematikinfrastruktur
[gemSpec_OID]	gematik: Spezifikation Festlegung von OIDs
[gemSpec_Perf]	gematik: Übergreifende Spezifikation, Performance und Mengengerüst TI-Plattform
[gemSpec_PKI]	gematik: Übergreifende Spezifikation, Spezifikation PKI

[gemSpec_Zugangsgateway_Vers]	gematik: Spezifikation Zugangsgateway des Versicherten ePA
[gemSpec_X.509_TSP]	gematik: Spezifikation Trust Service Provider X.509

10.5.2 – Weitere Dokumente

[Quelle]	Herausgeber (Erscheinungsdatum): Titel
[ABR-1999]	DHIES: An Encryption Scheme Based on the Diffie–Hellman Problem Abdalla, Michel and Bellare, Mihir and Rogaway, Phillip, 1999 http://web.cs.ucdavis.edu/~rogaway/papers/dhies.pdf
[Boyd-Mathuria-2003]	Protocols for Authentication and Key Establishment, Colin Boyd and Anish Mathuria, 2003
[BSI-TR-02102-1]	BSI TR-02102-1 Technische Richtlinie „Kryptographische Verfahren: Empfehlungen und Schlüssellängen“ Version 2019-01, Stand 22.02.2019 https://www.bsi.bund.de/DE/Publikationen/TechnischeRichtlinien/tr02102/index_htm.html
[ETSI_TS_102_231_v3.1.2]	ETSI (Dezember 2009): ETSI Technical Specification TS 102 231 (‘Provision of harmonized Trust Service Provider (TSP) status information’) – Version 3.1.2
[FIPS-140-2]	NIST: Security Requirements for Cryptographic Modules, May 25, 2001 (Change Notice 2, 12/3/2002), https://csrc.nist.gov/publications/detail/fips/140/2/final
[NIST-SP-800-38D]	NIST SP 800-38D, Recommendation for Block Cipher Modes of Operation: Galois/Counter Mode (GCM) and GMAC, November 2007 https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-38d/final
[PCRE]	PCRE - Perl Compatible Regular Expressions, https://www.pcre.org/
[RFC-5116]	RFC-5116: An Interface and Algorithms for Authenticated Encryption, January 2008, https://tools.ietf.org/html/rfc5116
[SEC1-2009]	Standards for Efficient Cryptography, SEC 1: Elliptic Curve Cryptography, Certicom Research, Contact: Daniel R. L. Brown

	(dbrown@certicom.com), May 21, 2009, Version 2.0 https://www.secg.org/sec1-v2.pdf

2203