(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. September 2002 (19.09.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/073374 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G06F 1/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/00616

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Februar 2002 (20.02.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 11 756.6 12. März 2001 (12.03.2001) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **MEYER, Bernd** [DE/DE]; Bert-Brecht-Allee 8, 81737 München (DE). **HESS, Erwin** [DE/DE]; Gottfried-Keller-Str. 36, 85521 Ottobrunn (DE).

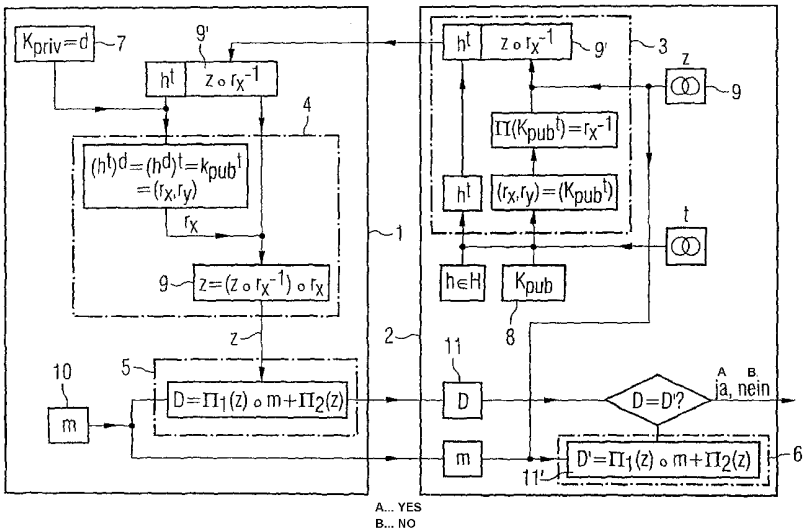
(74) Anwalt: **EPPING, HERMANN & FISCHER**; Ridlerstr. 55, 80339 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: BR, CA, CN, IL, IN, JP, KR, MX, RU, UA, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: AUTHENTICATION METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR AUTHENTIKATION



(57) **Abstract:** The invention relates to an authentication and identification method that, on the one hand, uses different codes (7, 8) for the prover (1) and the verifier (2) and, on the other hand, forgoes the use of long-number modulo arithmetic by using simple basic components such as arithmetic operations in finite bodies GF(2^n). A private code (7) is stored in the prover (1) so that the prover can be receive, in an encrypted manner, data elements (9), which are generated as random elements, and can itself be used once again as a code for an authentication method of a data set (10) to be transmitted. The verifier (2) receives the authenticator (11) formed in such a manner and verifies it. If the data set is generated by the verifier (2) and sent to the prover (1), the inventive method can serve to identify the prover (1). This method is particularly advantageous in the area of chip cards due to the fact that the space required thereon can be considerably reduced for the implementation of hardware.

(57) **Zusammenfassung:** Eine Methode zur Authentikation und Identifikation verwendet einerseits unterschiedliche Schlüssel (7, 8) für den Prover (1) und den Verifier (2), verzichtet andererseits aber auf die Benutzung von Langzahl-Modulo-Arithmetik durch die Verwendung einfacher Grundkomponenten wie beispielsweise arithmetische

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/073374 A2

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Operationen in endlichen Körpern GF(2n). Ein privater Schlüssel (7) ist beim Prover (1) hinterlegt, so daß dieser als Zufallselemente erzeugte Datenelemente (9) verschlüsselt empfangen und selber wieder als Schlüssel für ein Authentikationsverfahren eines zu übertragenden Datensatzes 10 benutzen kann. Der Verifier (2) empfängt den so gebildeten Authentikator (11) und prüft ihn. Wir der Datensatz vom Verifier (2) erzeugt und an den Prover (1) gesendet, so kann dieses Verfahren zur Identifikation des Provers (1) dienen. Besonders vorteilhaft ist diese Verfahren im Bereich von Chipkarten, da dort der benötigte Platz bei der Hardwareimplementation erheblich reduziert werden kann.

Beschreibung

Verfahren zur Authentikation

VERFAHREN ZUR AUTHENTIKATION

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Authentikation eines Datensatzes zwischen einer beweisführenden Einheit und einer verifizierenden Einheit in der Datenverarbeitung.

Im Bereich der Verwendung von Chipkarten als Kredit-, Debit-, Geld-, Identifikations-, Zugangs- oder Zeitkontrollkarten etc. oder etwa als Nachrichtenträger stellt die Frage des Schutzes der auf der Karte vorhandenen Informationen vor einem unberechtigten Zugriff Dritter ein zentrales Problem dar. Ein besonderer Aspekt ist dabei auch die gesicherte Datenübertragung zwischen der Chipkarte und z.B. dem CAD (card adapter device) eines Chipkartenterminals. Dies wird durch den Prozeß der sog. Authentikation der beteiligten Einheiten, hier der Chipkarte und dem Terminal, ermöglicht: dabei gelangt z.B. das Terminal zu dem hinreichend gesicherten Nachweis über die Identität der mit ihm in einem Protokoll befindlichen Chipkarte. Im Gegenzug kann durch einen entsprechenden Prozeß auch die Chipkarte Sicherheit über die Identität des Terminals im Moment der gegenseitigen Überprüfung erlangen. Entsprechendes gilt auch für die Authentizität der übertragenen Daten.

Der Nachweis der Identität kann dadurch geliefert werden, daß nur den beteiligten Einheiten bekannte, geheime Informationen ausgetauscht werden. Man unterscheidet hierbei die sog. schwache und starke Authentikation. Bei der erstgenannten

gibt z.B. der Besitzer einer Magnetstreifenkarte ein Paßwort oder eine PIN über eine Tastatur ein und authentifiziert sich somit als rechtmäßiger Eigentümer seiner Karte. Hierbei wird das Geheimnis übertragen. Bei der starken Authentikation tauscht in einem sog. Challenge-Response-Verfahren eine die Identität des Protokollpartners verifizierende Einheit (im folgenden engl. verifier genannt) in einem Dialog mit der über ihre Identität beweisführenden Einheit (im folgenden engl. prover genannt) Authentisierungsinformation aus, die das Vorhandensein eines Geheimnisses belegt, ohne dies aber einem Angreifer preiszugeben. Das Protokollverfahren zwischen den Einheiten ist dabei meist a priori festgelegt.

Werden nach oder anstatt Informationen über die Identität der beteiligten Einheiten nur Daten transferiert, welche einem ähnlich hohen Sicherheitsbedürfnis unterliegen, so kann unter Anwendung eines analogen Protokollverfahrens auch verallgemeinert von einer Datenauthentikation gesprochen werden. Ein bekanntes Beispiel hierzu sind etwa die noch vorhandenen Geldbeträge auf Telefonkarten, welche dem Telefonterminal von der Karte authentisch mitgeteilt werden.

Bei der für Chipkarten besonders wichtigen starken Authentikation haben sich im wesentlichen zwei Ansätze für verschiedene Anwendungen herauskristallisiert. Vom Einsatz bei Telefonkarten (Geldkarten) her bekannt ist die Verwendung von symmetrischen Authentikationsverfahren zum Austausch von Identitätskennzeichen und Daten. Das Grundprinzip besteht darin, daß für die Authentikation der Karte (des Provers) gegenüber dem Terminal (dem Verifier) dieses zunächst der Karte eine Zufallszahl sendet, welche aus dieser Zufallszahl mit

einem beiden Einheiten bekannten Geheimschlüssel unter Verwendung eines geeigneten Verfahrens einen Authentikationswert errechnet und anschließend dem Terminal zurücksendet. Dieses erkennt durch Vergleich der mit seinem Schlüssel durchgeführten Berechnungen mit der ursprünglich gesendeten Zufallszahl, ob die Karte den authorisierten Schlüssel verwendet hat. Der Karten- und Terminalhersteller verwendet hierzu oft das sog. Masterkey-Konzept, bei dem in jedem Terminal dieser Masterkey hinterlegt ist, aus welchem sich der bei der Kartencodierung (engl. card personalization) der Karte zugeordnete individuelle Schlüssel mittels eines Algorithmus aus ihrer Identitätskennzahl berechnen läßt. Ein älterer, bekannter Standard hierzu ist der data encryption standard (DES).

Gelingt es einem Angreifer in den Besitz des Masterkeys zu gelangen, so entsteht das Problem, daß das gesamte System für diesen offengelegt ist. Dieser Nachteil könnte durch Verwendung individuell für jede Karte hinterlegter Schlüsselpaare umgangen werden, welches jedoch beispielsweise durch die hohe Zahl im Umlauf befindlicher Telefonkarten und damit Schlüssel unpraktikabel ist. Im Falle von Telefonkarten behilft man sich heute umständlich mit weiteren kryptographischen Maßnahmen, welche auch einen Wechsel und eine eingeschränkte Gültigkeit der Masterkeys beinhalten.

Eine Alternative zu den symmetrischen Verfahren stellt das Versenden digitaler Signaturen in asymmetrischen Verfahren dar. Der Verifier (das Terminal) erzeugt eine Zufallszahl und sendet diese an den Prover (die Karte). Dieser signiert die Zufallszahl mit einem Verfahren zum Erzeugen digitaler Signaturen unter Verwendung eines nur ihm bekannten privaten

Schlüssels eines Schlüsselpaares - der öffentliche Schlüssel liegt sowohl dem Prover als auch insbesondere dem Verifier vor. An den Verifier zurückgesendet, wird die digitale Signatur mit dem öffentlichen Schlüssel auf ihre Korrektheit überprüft, wobei der Verifier nicht in Kenntnis des privaten Schlüssels gelangt, sondern nur die Information erhält, daß der Prover sich im Besitz des privaten Schlüssels befindet und damit authentifiziert ist. Ein häufig benutzter Algorithmus für diese Methode stammt von Rivest, Shamir und Adleman (RSA).

Leider ist bei diesen Verfahren unter Verwendung digitaler Signaturen ein hoher Rechenaufwand bedingt durch die Langzahl-Modulo-Arithmetik auf Seiten des Provers, also z.B. auf einer Chipkarte, notwendig. Typischerweise müssen dabei zwei sehr große Zahlen miteinander multipliziert und wieder modular reduziert (auf die Ursprungsgröße zurückgebracht) werden. Die Hardwareimplementierung auf dem Chip einer Chipkarte führt dadurch einerseits zu einer kostenaufwendigeren Chipkartenherstellung oder auch zu unannehmbar langen Rechen- und Antwortzeiten.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung die Kosten und den implementierungstechnischen Aufwand bei der Authentikation von Daten, insbesondere auch bei der Identifikation der beteiligten Einheiten, zu senken.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Dialog eingeführt, bei welchem eine beweisende Einheit einer verifizierenden Einheit unter Verwendung asymmetrischer kryptographischer Schlüssel die Authentizität der von ihr übermittelten Daten nachweist. Insbesondere kann sie dabei auch ihre eigene Identität nachweisen. Als Einheiten werden direkt miteinander in Kontakt tretende Module betrachtet, wobei ein beliebiger Übertragungsweg, z.B. elektronisch, lichtoptisch, akustisch etc. benutzt werden kann, und es sich bei den Modulen um integrierte Schaltungen enthaltende Systeme handelt, z.B. Chipkarten, Kartenterminals, Datenverarbeitungsanlagen wie Personal-Computer oder Server, etc.

Bei dem Verfahren wird ein Paar von öffentlichen und privaten Schlüsseln verwendet, wovon der private Schlüssel nur der beweisführenden Einheit, dem Prover, bekannt ist, während bei beiden Einheiten der zum privaten Schlüssel passende öffentliche Schlüssel hinterlegt ist, welches entweder durch eine vorab gesendete Nachricht bzw. eine Vorabinstallation oder durch eine Online-Verbindung zu einem zentralen Server auf Seiten der verifizierenden Einheit, dem Verifier, bewerkstelligt werden kann.

Ein wesentlicher Teilschritt des Verfahrens besteht darin, beiden beteiligten Einheiten, dem Prover und dem Verifier, den Datensatz, welcher authentifiziert werden soll, im Klartext bereitzustellen. Die Übertragung dazu kann verschlüsselt oder unverschlüsselt erfolgen. Bei der Datenauthentikation ist der Datensatz typischerweise zunächst beim Prover vorhanden, wobei dieser dann den Datensatz an den Verifier übermit-

telt, während bei der Einheitenauthentikation auch der Datensatz vom Verifier an den Prover übermittelt werden kann.

In den Schritten b) bis e), also im ersten Teil des Dialoges, wird dem Prover wenigstens ein Datenelement, welches im zweiten Teil des Dialoges als symmetrischer, nur den beiden Einheiten bekannter Schlüssel dient, vom Verifier in verschlüsselter Form zugestellt. Dies entspricht zunächst einem asymmetrischen Verfahren, denn der Prover benutzt seinen privaten Schlüssel, um das Datenelement zu entziffern. Zwar hat wie in einem herkömmlichen asymmetrischen Challenge-Response-Protokoll der Prover einen privaten Schlüssel, jedoch verwendet er ihn im Gegensatz dazu erfindungsgemäß nicht zur Bildung einer digitalen Signatur, sondern nur zur Entschlüsselung des empfangen, später selbst als Schlüssel dienenden wenigstens einen Datenelementes. Die Schritte b) bis e) folgen in ihrem zeitlichen Ablauf der im Anspruch angegebenen Reihenfolge.

Nach Schritt e) befinden sich die beiden Einheiten im Besitz des Klartextes des wenigstens einen Datenelementes. Der Austausch von mehr als nur einem Datenelement bietet sich an, wenn bei der Anwendung eines in den nachfolgenden Schritten vorgesehenen Algorithmus mehrfache Verknüpfungen des eigentlich zu authentisierenden Datensatzes mit den mehreren Datenelementen durchzuführen sind.

Die zur Erzeugung, Verschlüsselung, Übertragung und Entschlüsselung der mehreren Datenelemente jeweils notwendigen Sequenzen von Schritten können in beliebiger zeitlicher Zuordnung zueinander ausgeführt werden. Die relative zeitliche Zuordnung spielt also keine Rolle, es müssen aber alle Da-

tenelemente zu Beginn von Schritt f) beim Prover unverschlüsselt vorliegen.

In Schritt f) wird der zu authentisierende Datensatz unter Zuhilfenahme des wenigstens einen Datenelementes authentisiert. Hierbei kann es sich wieder um ein asymmetrisches zweites kryptographisches Verfahren handeln, wenn nämlich das wenigstens eine Datenelement vom Verifier als öffentlicher Schlüssel zu einem weiteren, nur dem Verifier bekannten, privaten Schlüssel erzeugt wurde. Vorzugsweise wird hier jedoch ein symmetrisches zweites kryptographisches Verfahren AUTGEN verwendet. Der vermittels AUTGEN in Abhängigkeit von dem wenigstens einen Datenelement aus dem zu authentisierenden Datensatz gebildete - hier Authentikator genannte - transformierte Datensatz wird vom Prover wieder an den Verifier gesendet.

Der Verifier besitzt damit die Information über den Datensatz, den symmetrischen Schlüssel, d.h. das von ihm selbst versendete, wenigstens eine Datenelement, den Authentikator sowie einen auf das Verfahren AUTGEN abgestimmten Authentikationsprüfalgorithmus. Dieses kann anhand des vorhandenen symmetrischen Schlüssels den empfangenen Authentikator des Provers mit dem ursprünglichen Datensatz auf Korrektheit prüfen.

Im letzten Schritt wertet der Verifier diesen Vergleich aus: gehören empfangener Authentikator und ursprünglicher Datensatz zusammen, so gilt die Nachricht als vom Prover übermittelt. Weitere Kommunikationsschritte können dann folgen. Bei

Nichtübereinstimmung kann der Verifier vorzugsweise die Kommunikation abbrechen.

Bei diesem Verfahren entsteht ein großer Vorteil dadurch, daß die im sicherheitstechnischen Sinn den symmetrischen Verfahren überlegenen Eigenschaften des Pubic-Key-Ansatzes, also der asymmetrischen Verfahren, ausgenutzt werden, ohne daß der bisher übliche implementierungstechnische Aufwand dabei anfällt, denn es ist beim erfindungsgemäßen Verfahren nicht mehr erforderlich, eine rechenintensive Langzahl-Modulo-Arithmetik bereitzustellen. Ein besonders bei Chipkarten entstehender Vorteil ist, daß der private Schlüssel nur noch auf der Seite des Provers, hier also der Karte, dauerhaft gespeichert werden muß, ohne daß der Verifier im Laufe des Dialoges in Kenntnis des Schlüssels kommt. Durch eine Implementierung mit aufeinander aufbauenden Rechenverfahren kann der auf dem Chip einer Chipkarte benötigte Platz für die Hardwareimplementierung erheblich verringert werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform wird der Datensatz in Schritt a) vom Prover an den Verifier in unverschlüsselter Form, also als Klartext übermittelt. Dieser Schritt findet vor Schritt h) statt, aus Zeitgründen idealerweise zusammen mit der Übersendung des Authentikators direkt vor oder nach Schritt g). Diese Verfahrensform ist besonders günstig für die Datenauthentikation.

Nach einer weiteren Ausführungsform wird der Datensatz in Schritt a) vom Verifier als Zufallselement erzeugt und dem Prover übermittelt. Vorteilhaft ist es die Übermittlung asymmetrisch verschlüsselt durchzuführen, da dann einem potenti-

ellen Angreifer auch der Datensatz selber nicht zugänglich ist. Bei der verschlüsselten Übermittlung können der gleiche Algorithmus und die gleichen Schlüsselpaare wie in den Schritten b) bis e) verwendet werden, wodurch vor allem bei Chipkarten bei der Hardwareimplementation eine platzsparende Umsetzung ermöglicht wird. Andererseits werden hier keine originären Daten vom Prover an den Verifier übermittelt, so daß sich diese Ausführungsform besonders vorteilhaft für die Einheitenauthentikation eignet. Der Schritt a) wird in dieser Ausführungform an beliebiger Schrittposition vor Schritt f) ausgeführt.

Wie in einer weiteren Ausführungsform beschrieben ist, kann der Authentikationsprüfalgorithmus AUTVER dem gleichen Algorithmus entsprechen wie das vorher angewandte Verfahren AUTGEN. Die eigentliche Authentikationsprüfung wird dann vom Verifier in ähnlicher Weise wie bei der Authentikatorerzeugung AUTGEN durch Anwendung dieses Authentikationsalgorithmus auf den Datensatz im Klartext mit dem wenigstens einen Datenelement als Schlüssel durchgeführt: das Ergebnis ist gleich dem vom Prover zugesandten Authentikator, nur wenn dieser offensichtlich Besitzer des zum ersten asymmetrischen Verschlüsselungsverfahren gehörigen privaten Schlüssels ist. In diesem Fall akzeptiert der Verifier die Nachricht als vom Prover übermittelt.

In einer weiteren Ausführungsform wird der Authentikationsalgorithmus aus Schritt h) als zweites Entschlüsselungsverfahren ausgebildet, welches mit dem zweiten Verschlüsselungsverfahren verschlüsselte Nachrichten entschlüsseln kann. Unter Verwendung des als Schlüssel dienenden, wenigstens einen Da-

tenelementes kann der Verifier den Authentikator entschlüsseln und erhält damit einen Datensatz, welcher mit dem ursprünglich im Klartext übermittelten Datensatz verglichen werden kann.

Wie in einer weiteren Ausführungsform vorgesehen ist, können in dem Fall, daß mehrere Datenelemente übertragen und zur zweiten Verschlüsselung in Schritt f) beim Prover herangezogen werden, die Schritte b) bis e) für ein einzelnes Datenelement auch blockweise ausgeführt werden, nach deren Ausführung die gleichen Schritte wieder für das nächste Datenelement ausgeführt werden etc. Dies entspricht dann einer Wiederholung der Schritte b) bis e) mit der Häufigkeit der benutzten Datenelemente.

In einer weiteren Ausbildung ist die Verwendung diskreter Exponentiation für das erste Ver- und Entschlüsselungsverfahren vorgesehen. Dieses ist besonders vorteilhaft, da es einerseits ein hohes Maß an Sicherheit ermöglicht, denn das Problem des diskreten Logarithmus kann von Angreifern - bei geeigneter Wahl der verwendeten algebraischen Basisstruktur - nur durch im Aufwand besonders stark mit der Größe des Exponenten ansteigenden Lösungstechniken behandelt werden. Gleichzeitig wird nur wenig Speicherplatz auf z.B. einer Chipkarte benötigt.

In weiteren Ausbildungen sind besonders vorteilhaft ausgeführte Algorithmen für die Ver- und Entschlüsselungsverfahren sowie die Authentikatorerzeugung und -prüfung beschrieben. Dabei werden die einzelnen aufeinander abgestimmten Teilmodule über spezielle Gruppen und Halbgruppen realisiert. Hier-

durch entfällt einerseits die umständliche Langzahl-Modulo-Arithmetik, welche nach bisheriger Technik erheblichen Platzbedarf auf einem Chip erfordert, andererseits lassen sich damit die mindestens vier genannten Module bzw. Algorithmen in einer gemeinsamen Basis hardwaretechnisch realisieren, welches ebenfalls Platz ggf. auf dem Chip einspart.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel anhand von Zeichnungen näher erläutert:

Figur 1 zeigt schematisch den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur authentisierten Datenübertragung zwischen der beweisführenden und der verifizierenden Einheit.

Eine Chipkarte wird in den CAD (card adapter device) eines Terminals gesteckt. Das Terminal erhält von der Chipkarte zunächst den öffentlichen Schlüssel 8 der Chipkarte versehen mit dem Zertifikat eines Trust-Centers. Die Chipkarte bzw. die integrierte Schaltung auf der Chipkarte übernimmt im folgenden die Aufgabe des Provers bzw. der beweisführenden Einheit 1, da sie ihre Identität und die Authentizität ihrer Daten gegenüber dem Terminal nachzuweisen hat, welches im folgenden die Position des Verifiers bzw. der verifizierenden Einheit 2 übernimmt. Nachfolgend wird erfindungsgemäß die authentisierte Übermittlung eines Datensatzes vom Prover an den Verifier beschrieben, wie in Figur 1 dargestellt ist.

Der Prover hält außerdem einen nur ihm bekannten privaten Schlüssel 7, welcher mit dem öffentlichen Schlüssel 8 ein Paar bildet. Der Verifier besitzt ein erstes Verschlüsselungsverfahren 3, mit dem die als Zufallselemente erzeugten Datenelemente 9 zu einem Chiffrat bzw. verschlüsselten Datenelement 9' verschlüsselt werden können. In das Verschlüsselungsverfahren gehen desweiteren Halbgruppenelemente und zusätzlich vom Verifier erzeugte Zufallszahlen für die diskrete Exponentiation ein. Für dieses erste Verschlüsselungsverfahren 3 sowie für die weiteren noch zu beschreibenden Algorithmen werden in diesem Ausführungsbeispiel basierend auf Gruppen und Halbgruppen folgende Ausprägungen genutzt, wobei sämtliche Verknüpfungen der vorkommenden Objekte auf die Arithmetik in endlichen Körpern $GF(2^n)$ zurückführbar sind:

H : eine von dem Punkt h erzeugte Gruppe von Punkten auf einer elliptischen Kurve über $GF(2^n)$, wobei insbesondere H eine Halbgruppe ist;

f : ist die identische Abbildung;

$d \equiv k_{priv}$ ist der private Schlüssel 7;

$k_{pub} = h^d$ ist der öffentliche Schlüssel 8;

G : ist die multiplikative Gruppe in $GF(2^n)$;

G_1 : ist die multiplikative Gruppe in $GF(2^m)$, mit

$$m = \frac{n-1}{2}, \quad n \text{ ungerade}$$

G_2 : ist die additive Gruppe in $GF(2^m)$;

$\pi : H \rightarrow G$ ist eine Funktion, welche einen Kurvenpunkt (p_x, p_y) der elliptischen Kurve mit $p_x \neq 0$ auf das Element p_x^{-1} abbildet.

$\pi_1 : G \rightarrow G_1$ $\pi_1(z)$ besteht aus den oberen m Bits von z

$\pi_2 : G \rightarrow G_2$ $\pi_2(z)$ besteht aus den unteren m Bits von z

Der Protokollablauf sieht folgendermaßen aus:

Step 1 (Schritt b): der Verifier 2 erzeugt eine Zufallszahl t und ein Zufallselement $z_1 \in G$ als Datenelement 9;

Step 2 (Schritt c):

i) der Verifier 2 berechnet im ersten Verschlüsselungsverfahren 3 die Elemente h^t und $k_{pub}{}^t = r = (r_x, r_y) \in H$;

ii) der Verifier 2 berechnet im ersten Verschlüsselungsverfahren 3 aus dem öffentlichen Schlüssel 8 von k_{pub} das Element $\pi(k_{pub}{}^t) = r_x^{-1} \in G$;

iii) der Verifier 2 verschlüsselt das Datenelement 9 im ersten Verschlüsselungsverfahren 3 durch die Verknüpfung $z_1 \circ r_x^{-1} \in G$;

Step 3 (Schritt d): der Verifier 2 übermittelt als Chiffrat das verschlüsselte Datenelement 9' und das Element h^t;

Step 4 (Schritt e):

i) der Prover 1 berechnet anhand des gesendeten Elementes h^t im ersten Entschlüsselungsverfahren 7 mittels des privaten Schlüssels 7 durch $(h^t)^d = (h^d)^t = k_{pub}{}^t = (r_x, r_y)$ den Kurvenpunkt, ohne selbst in Kenntnis von t zu sein;

ii) der Prover 1 berechnet anhand des verschlüsselten Datenelementes 9' und dem berechneten Element r_x aus dem gesendeten Chiffrat im ersten Entschlüsselungsverfahren 4 mit $z_1 = \left(z_1 \circ r_x^{-1}\right) \circ r_x \in G$ das unverschlüsselte Datenelement 9;

Step 5 (Schritt a): der in Figur 1 auch mit m bezeichnete Datensatz 10 wird im Klartext vom Prover 1 an den Verifier 2 gesendet;

Step 6 (Schritt f): der Prover 1 bildet den in Figur 1 auch mit D bezeichneten Authentikator 11 im zweiten Verschlüsselungsverfahren 5 durch die Verknüpfung $D = \pi_1(z_1) \circ m + \pi_2(z_1)$ anhand der nun als Schlüssel verwendeten Datenelemente 9;

Step 7 (Schritt g): der Prover 1 übermittelt den Authentikator 11 an den Verifier 2;

Step 8 (Schritt h): der Verifier 2 berechnet im Authentikationsalgorithmus 6 aus der Verknüpfung $D' = \pi_1(z_1) \circ m + \pi_2(z_1)$ den Referenzauthentikator 11', wobei der Authentikationsalgorithmus 6 die gleichen Rechenoperationen wie das zweite kryptographische Verfahren ausführt;

Step 9 (Schritt i): der Verifier 2 überprüft die Identität des Authentikators 11 mit dem Referenzauthentikator 11': falls D=D', wird der Datensatz 10 mit Wert m als vom Prover 1 übermittelt akzeptiert;

Bezugszeichenliste

1	Beweisführende Einheit, Prover
2	Verifizierende Einheit, Verifier
3	erstes Verschlüsselungsverfahren, asymmetrisch
4	erstes Entschlüsselungsverfahren, asymmetrisch
5	zweites kryptographisches Verfahren; Algorithmus zur Erzeugung eines Authentikators
6	Authentikationsprüfalgorithmus
7	privater Schlüssel
8	öffentlicher Schlüssel
9	Datenelement, unverschlüsselt
9'	Datenelement, verschlüsselt
10	Datensatz
11	Authentikator
11'	Referenzauthentikator

Patentansprüche

1. Verfahren zur Authentikation eines Datensatzes (10) zwischen einer beweisführenden Einheit (1) und einer verifizierenden Einheit (2) in der Datenverarbeitung, umfassend die Schritte:

a) der Datensatz (10) wird von einer der beiden Einheiten (1, 2) zur jeweils anderen derart übermittelt, daß er nach der Übermittlung beiden Einheiten (1, 2) unverschlüsselt vorliegt,

b) die verifizierende Einheit (2) erzeugt wenigstens ein Datenelement (9),

c) die verifizierende Einheit (2) verschlüsselt das wenigstens eine Datenelement (9) in einem ersten kryptographischen Verschlüsselungsverfahren (3) mittels eines der verifizierenden Einheit (2) bekannten öffentlichen Schlüssels (8) der beweisführenden Einheit (1),

d) die verifizierende Einheit (2) übermittelt das wenigstens eine verschlüsselte Datenelement (9') an die beweisführende Einheit (1),

e) die beweisführende Einheit (1) entschlüsselt das wenigstens eine verschlüsselte Datenelement (9') in einem dem ersten Verschlüsselungsverfahren (3) zugeordneten ersten Entschlüsselungsverfahren (4) mittels eines nur ihr bekannten privaten Schlüssels (7),

f) die beweisführende Einheit (1) berechnet aus dem zu authentisierenden Datensatz (10) in einem zweiten kryptographischen Verfahren (5) einen von dem wenigstens einen Datenelement (9) abhängigen Authentikator (11),

g) die beweisführende Einheit (1) übermittelt den Authentikator (11) an die verifizierende Einheit (2),

h) die verifizierende Einheit (2) prüft mit Hilfe eines dem zweiten kryptographischen Verfahren (5) zugeordneten Authentikationsprüfalgorithmus (6) unter Verwendung des wenigstens einen unverschlüsselten Datenelementes (9) und des Datensatzes (10) den Authentikator (11),

i) in Abhängigkeit vom Prüfergebnis akzeptiert die verifizierende Einheit (2) den Datensatz (10) als von der beweisführenden (1) Einheit übermittelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
in Schritt a) die beweisführende Einheit (1) den Datensatz (10) unverschlüsselt an die verifizierende Einheit (2) übermittelt.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß
die verifizierende Einheit (2) den Datensatz (10) als Zufallselement erzeugt und anschließend in Schritt a) den Datensatz (10) an die beweisführende Einheit (1) übermittelt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß
in Schritt h)
- der Authentikationsprüfalgorithmus (6) im wesentlichen identisch mit dem zweiten kryptographischen Verfahren zur Authentikatorerzeugung (5) ist,
- der Authentikationsprüfalgorithmus (6) von der verifizierenden Einheit (2) auf das wenigstens eine unverschlüsselte Datenelement (9) und den Datensatz (10) zur Bildung eines Referenzauthentikators (11') angewendet wird,

- der Referenzauthentikator (11') mit dem Authentikator (11) verglichen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
in Schritt h)
- der Authentikationsprüfalgorithmus (6) aus einem Entschlüsselungsverfahren besteht, das dem zweiten kryptographischen Verfahren (5) zur Erzeugung eines Authentikators, dem zugehörigen Verschlüsselungsverfahren, entspricht,
- der Authentikationsprüfalgorithmus (6) von der verifizierenden Einheit (2) auf den Authentikator (11) durch Entschlüsselung zur Bildung eines Referenzdatenelementes und eines Referenzdatensatzes angewendet wird,
- das Referenzdatenelement und der Referenzdatensatz mit dem unverschlüsselten Datenelement (9) und dem unverschlüsselten Datensatz (10) verglichen werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß
- die Schritte b), c), d) und e) zur Erzeugung wenigstens eines weiteren Datenelementes (9) vor Schritt f) wiederholt werden,
- die beweisführende Einheit (1) den zu authentisierenden Datensatz (10) in Schritt f) in Abhängigkeit von dem wenigstens einen Datenelement (9) und dem wenigstens einen weiteren Datenelement (9) zu einem Authentikator (11) verschlüsselt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a ß

das erste kryptographische Verschlüsselungsverfahren (3) und das diesem zugeordnete erste Entschlüsselungsverfahren (4) mittels diskreter Exponentiation in einer Halbgruppe durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, daß
das erste kryptographische Verschlüsselungsverfahren (3) und das diesem zugeordnete erste Entschlüsselungsverfahren (4) mittels eines Algorithmus basierend auf elliptischen Kurven durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, daß
das erste kryptographische Verschlüsselungsverfahren (3) die folgenden Operationen umfaßt:

- die verifizierende Einheit (2) erzeugt eine Zahl $t \in T$, wobei T ein Teilbereich der ganzen Zahlen ist,
- die verifizierende Einheit (2) berechnet das Element $h^{f(t)} \in H$, wobei $f : T \rightarrow T'$ eine Abbildung in einen nicht notwendigerweise von T verschiedenen Teilbereich T' der ganzen Zahlen ist, H eine durch das Element h erzeugte, multiplikativ geschriebene Halbgruppe darstellt mit der diskreten Exponentiation zur Basis h als Einwegfunktion in der Halbgruppe H,
- die verifizierende Einheit (2) berechnet aus dem öffentlichen Schlüssel (8), $k_{pub} = h^{f(d)} \in H$, das Element $\pi\left(k_{pub}^{f(t)}\right) \in G$, wobei $\pi : H \rightarrow G$ eine Abbildung der Halbgruppe H in eine Gruppe G angibt, $d \equiv k_{priv} \in T$ der nur der beweisführenden Einheit zugängliche private Schlüssel

(7) ist, und die Abbildung $t \rightarrow h^{f(t)} \rightarrow \pi\left(h^{f(t)}\right)$ vom Teilbereich der ganzen Zahlen T auf die Gruppe G eine Einwegfunktion darstellt,

- die verifizierende Einheit (2) verschlüsselt das wenigstens eine Datenelement (9), z, durch eine Verknüpfung zum verschlüsselten Datenelement (9'), $z' = z \circ \pi\left(k_{pub}^{f(t)}\right) \in G$.

10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die verifizierende Einheit (2) in Schritt d) zusätzlich zum verschlüsselten Datenelement (9') das Element $h^{f(t)} \in H$ an die beweisführende Einheit (1) übermittelt.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
das erste kryptographische Entschlüsselungsverfahren (4) die folgenden Operationen umfaßt:

- die beweisführende Einheit (1) berechnet mittels der Funktion f, des Elementes $h^{f(t)} \in H$ und des nur ihr bekannten privaten Schlüssels d das Element $k_{pub}^{f(t)} \in H$,
- die beweisführende Einheit (1) berechnet das zum Element $\pi\left(k_{pub}^{f(t)}\right) \in G$ inverse Element $\pi'\left(k_{pub}^{f(t)}\right) \in G$,
- die beweisführende Einheit (1) entschlüsselt das verschlüsselte Datenelement (9') durch die Verknüpfung des verschlüsselten Datenelementes mit dem inversen Element: $z = z' \circ \pi'\left(k_{pub}^{f(t)}\right)$,

wobei dem ersten kryptographischen Entschlüsselungsverfahren (4) die gleichen Abbildungen f, π und die gleiche Verknüpfung

∘ zugrundeliegen wie dem ersten kryptographischen Verschlüsselungsverfahren (3).

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, daß
das zweite kryptographische Verfahren (5) die folgenden Operationen umfaßt:

- die beweisführende Einheit (1) berechnet aus dem wenigstens einen unverschlüsselten Datenelement z ein Element $g_2 = \pi_1(z) \in G_1$ und ein Element $g_2 = \pi_2(z) \in G_2$, wobei G_1 und G_2 Gruppen mit $G_1 \subset G_2$ darstellen und $\pi_1 : G \rightarrow G_1$ und $\pi_2 : G \rightarrow G_2$ Funktionen darstellen, welche Elemente der Gruppe G auf die Gruppen G_1 oder G_2 abbilden,
- die beweisführende Einheit (1) transformiert den zu authentisierenden Datensatz (10), m, zu einem Element $g' = (g_1 * m)$ mit einer Gruppenverknüpfung * in G_1,
- die beweisführende Einheit (1) berechnet den Authentikator (11), D, durch $D = inj(g') \bullet g_2$ mit der Gruppenverknüpfung • in G_2, wobei die Abbildung $inj : G_1 \rightarrow G_2$ Elemente aus G_1 injektiv in G_2 abbildet.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß
vor Schritt b)

- die beweisführende Einheit (1) ihren öffentlichen Schlüssel (8) mit einem Zertifikat eines Trust-Centers übermittelt,
- die verifizierende Einheit (2) mittels eines Zertifizierungsverfahrens die Gültigkeit des öffentlichen Schlüssels (8) der beweisführenden Einheit (1) überprüft,

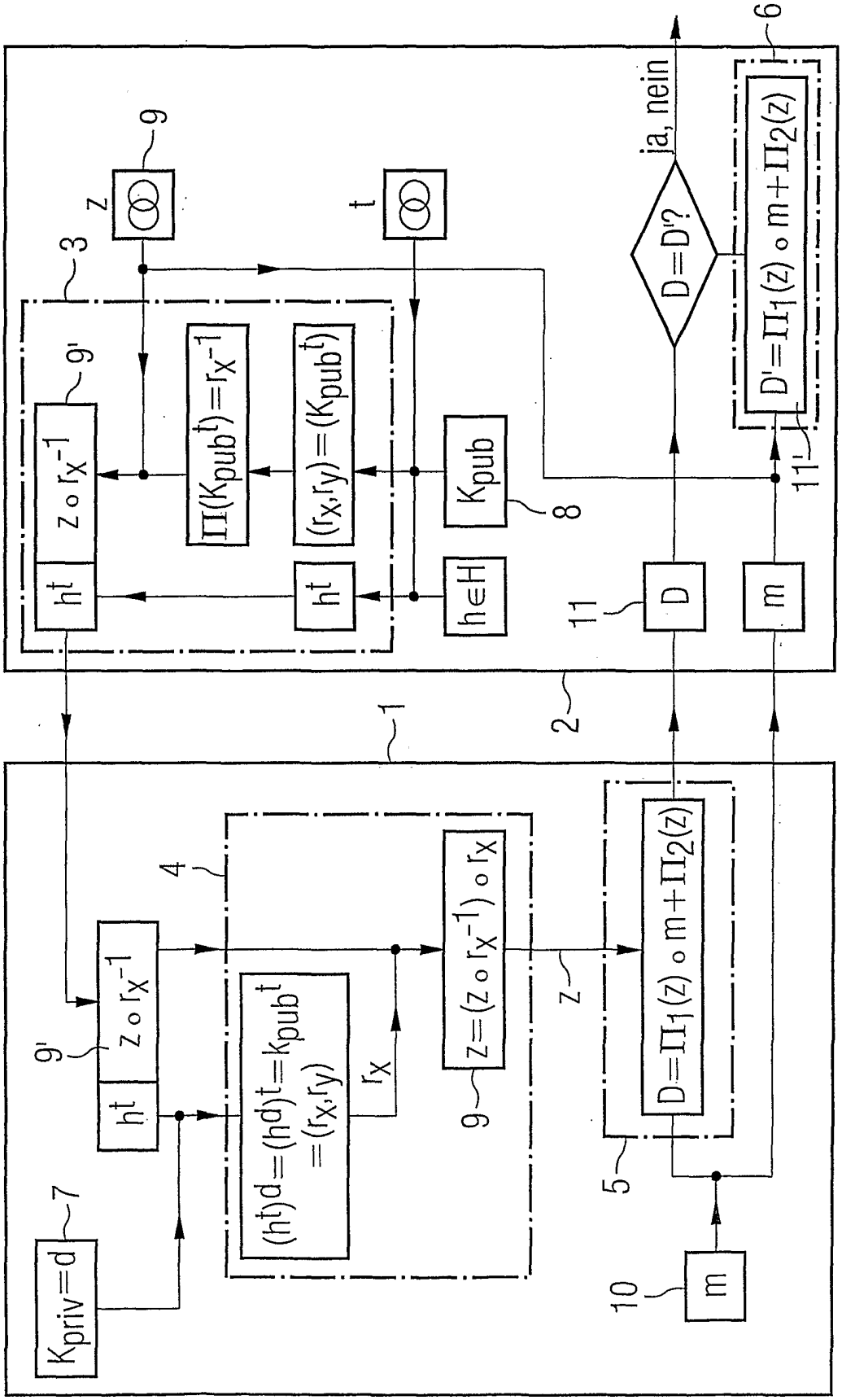
- die verifizierende Einheit (2) die Kommunikation mit der beweisführenden Einheit (1) in Abhängigkeit des Ergebnisses der Überprüfung fortsetzt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die beweisführende Einheit (1) eine integrierte Schaltung auf einer Chipkarte ist, und die verifizierende Einheit (2) ein Chipkartenterminal ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die beweisführende Einheit (1) eine integrierte Schaltung in einem Identifikations-/Authentikationstoken ist, welches fest mit einem nicht ortsgebundenen Objekt verbunden ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommunikation zwischen beweisführender Einheit (1) und verifizierender Einheit (2) kontaktlos erfolgt.

1/1


1
2
3
4
5
6
7
8
9
9'
10
11
11'
z
t
h∈H
D
m
ja, nein
D=D'?
$K_{priv}=d$
K_{pub}
h^t
$z \circ r_X^{-1}$
$\Pi(K_{pub}^t)=r_X^{-1}$
$(r_X,r_y)=(K_{pub}^t)$
$(h^t)^d=(h^d)^t=k_{pub}^t$
$=(r_X,r_y)$
r_X
$z=(z \circ r_X^{-1}) \circ r_X$
$D=\Pi_1(z) \circ m+\Pi_2(z)$
$D'=\Pi_1(z) \circ m+\Pi_2(z)$