Kryptografie

Kryptografie

Kryptografie altgriechisch kryptós, deutsch «verborgen», «geheim» und gráphein, deutsch «schreiben» ist ursprünglich die Wissenschaft der Verschlüsselung von Informationen. Sie bezeichnet die Verschlüsselung von Nachrichten oder Daten zum Zwecke der Geheimhaltung.

Heute befasst sie sich auch allgemein mit dem Thema Informationssicherheit, also der Konzeption, Definition und Konstruktion von Informationssystemen, die widerstandsfähig gegen Manipulation und unbefugtes Lesen sind.

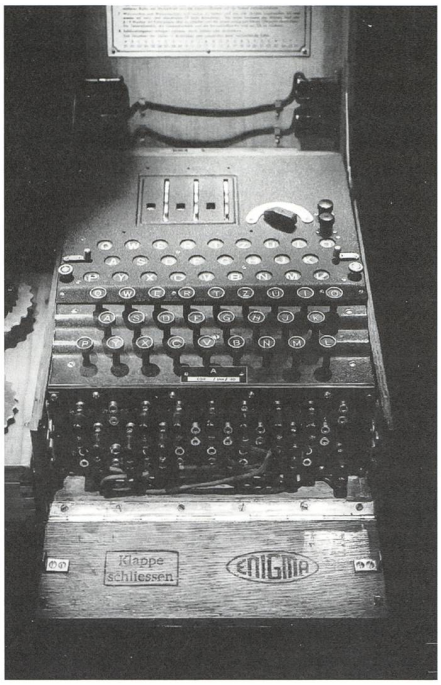
Allgemein
Der Begriff Kryptografie bedeutet Geheimschrift; sie befasste sich historisch mit der Erzeugung, Betrachtung und Beschreibung von Verfahren, um «geheim zu schreiben», also mit Verschlüsselungsverfahren. Seit Ende des 20. Jahrhunderts werden sie zur sicheren Kommunikation und für sichere Berechnungen eingesetzt.

Die moderne Kryptografie hat vier Hauptziele zum Schutz von Datenbeständen, Nachrichten und/oder Übertragungskanälen:

1. Vertraulichkeit/Zugriffsschutz: Nur dazu berechtigte Personen sollen in der Lage sein, die Daten oder die Nachricht zu lesen oder Informationen über ihren Inhalt zu erlangen.
2. Integrität/Änderungsschutz: Die Daten müssen nachweislich vollständig und unverändert sein.
3. Authentizität/Fälschungsschutz: Der Urheber der Daten oder der Absender der Nachricht soll eindeutig identifizierbar sein, und seine Urheberschaft sollte nachprüfbar sein.
4. Verbindlichkeit/Nichtabstreitbarkeit: Der Urheber der Daten oder Absender einer Nachricht soll nicht in der Lage sein, seine Urheberschaft zu bestreiten, d.h., sie sollte sich gegenüber Dritten nachweisen lassen.

Kryptografische Verfahren und Systeme dienen nicht notwendigerweise gleichzeitig allen der hier aufgelisteten Ziele.

Geschichte
Die Geschichte der Kryptografie kann in drei Epochen aufgeteilt werden. In der ersten wurde per Hand (z.B. mit Papier und Bleistift oder mit mechanischen Scheiben) verschlüsselt, in der zweiten (ca. 1920–1970) wurden spezielle Maschinen verwendet, in der dritten (ca. seit 1970) übernahmen Computer eine zentrale Rolle.
Die Kryptoanalyse bildet das ergänzende Gegenstück zur Kryptografie. Dabei werden Methoden erforscht, um kryptografische Verfahren zu analysieren und möglichst zu brechen (Entzifferung). Kryptografie und Kryptoanalyse sind Teilgebiete der Kryptologie.



Enigma Quelle Bletchley Park

Epoche der Verschlüsselung von Hand
Bei den alten Ägyptern im 3. Jahrtausend vor Christus finden sich die frühesten Hinweise auf verschlüsselte Texte. Es handelte sich um religiöse oder magische Texte, nur für eingeweihte Personen lesbar. Der Text – Klartext – wurde unlesbar gemacht und wurde zum Geheimtext. Nur wer den Schlüssel kannte, konnte ihn entziffern.

Bei der altgriechischen Skytale aus dem 5. Jahrhundert vor Christus fand dieser Prinzip ebenfalls Anwendung. Ein Papyrusband wurde um einen Stab gewickelt und beschrieben. Die Botschaft war vom Stab gerollt unlesbar. Das Band musste auf einen gleich dicken Stab gerollt werden, damit es gelesen werden konnte. Um den Text zu decodieren war der Stab der Schlüssel. Der Verschlüsselungsstab beruhte auf dem Prinzip der Transposition.

Eine Verschlüsselungstechnik benützte auch der römische Feldherr Julius Cäsar. In seinen Nachrichten ersetzte er jeden Buchstaben durch jenen der im Alphabet z.B. drei Stellen danach kommt. Das Cäsar-Chiffre verschob jeden Buchstaben im Alphabet um einen festgelegten Wert. Es konnten viele Geheimschriften erzeugt werden, aber das einfache Verfahren bot keine Sicherheit.

Zwischen 500 und 1400 gab es vor allem in der arabischen Welt bedeutende Beiträge zur Kryptografie, wie erst viel später bekannt wurden; z.B. sind statistische Methoden zur Kryptoanalyse beschreiben worden.

In Italien wurde das System im 15. Jahrhundert durch das System der Chiffrierscheibe verbessert, die 1466 von Leon Battista Alberti beschrieben wurde. Diese bestand aus zwei beweglichen Ringen; auf der äusseren Scheibe mit dem Klartext-Alphabet und auf der inneren Scheibe mit dem Geheimtextalphabet. Die Scheiben bzw. Buchstaben konnten beliebig verschoben werden und die Buchstaben-Verschiebung wurde nicht starr gehandhabt, womit verschiedene Geheimalphabete entstanden. Der Empfänger des Geheimtextes benötigte zur Entzifferung zusätzlich zur Chiffrierscheibe nur noch die Reihenfolge der Einstellungen zu wissen.
Italien wurde dadurch zur führenden Kryptografie-Nation der damaligen Zeit.

Blaise de Vignière veröffentlichte 1508 die Tabula recta, welche lange als unknackbar galt und erst nach fast 300 Jahren systematisch entziffert werden konnte.

Im amerikanischen Sezessionskrieg 1861–1865 wurde bereits Telegrafie benutzt, doch die Bedeutung der Datenverschlüsselung und der Dechiffrierung wurden unterschätzt. Beide Seiten des Konflikts koordinierten den Bereich der Kryptografie nicht, auch nicht qualifizierte Experten. Es lag im Ermessen des jeweiligen Befehlshabers, welches Verfahren für welchen Zweck eingesetzt wurde. Trotz geringem Aufwand gelangen zahlreiche Entzifferungen.

Wenn man das benutzte Verfahren kannte, waren viele Verschlüsselungen leicht zu knacken; die Verfahren konnten nicht geheim gehalten werden. Auguste Kerckhoffs formulierte 1833 den Grundsatz der Kryptografie (Kerckhoffs' Prinzip), wonach die Sicherheit eines kryptografischen Verfahrens nur von der Geheimhaltung des Schlüssels und seinem Besitz abhängen soll und bei Bekanntwerden des Verschlüsselungsverfahrens (Algorithmus) nicht gefährdet sein darf.
Dieses Prinzip gilt auch noch heute und ist ein wichtiger Grundsatz der Kryptografie, der auch bei der Verschlüsselung im Internet eingehalten wird. Moderne Verschlüsselungsalgorith-

men sind keine Geheimnisse mehr und nur die für die Dechiffrierung nötigen Schlüssel sind geheim.

Im Ersten Weltkrieg wurden für taktische Zwecke vergleichsweise simple Verfahren eingesetzt; sie konnten per Hand mit Papier und Bleistift ausgeführt werden. Das bekannteste mit Namen ADFGX konnte im April 1918 geknackt werden. Der Erste Weltkrieg gilt als der erste Krieg, in welchem die Möglichkeiten der Kryptoanalyse systematisch genutzt wurden. Einige Staaten betrieben zu Kriegsbeginn noch gar keine Entzifferungseinheiten. Der Aufwand zur Entzifferung gegnerischer Funksprüche stieg im Verlauf des Krieges deutlich. Neue Verschlüsselungsverfahren konnten mit der Entwicklung nicht Schritt halten; dies führte dazu, dass alle im Ersten Weltkrieg verwendeten Methoden mit wenig Aufwand geknackt wurden. Auf höherer Ebene wurden im Ersten Weltkrieg vor allem Codebücher verwendet; mit denen konnte jedes Wort eines Textes in ein unverständliches anderes Wort oder eine Zahl umgewandelt werden. Ein deutsches verschlüsseltes Telegramm (Zimmermann-Depesche) konnte vom britischen Geheimdienst abgefangen und dechiffriert werden.

Epoche der Verschlüsselung mit Maschinen

Als Vorläufer erfand Gottfried Wilhelm Leibniz 1688 mit der Machina deciphratoria eine Chiffriermaschine. Er nahm damit rund 200 Jahre früher das Prinzip der Rotor-Schlüsselmaschine von Arvid Damm vorweg, nach dem die erste Generation der mechanischen Chiffriermaschinen ab 1918 funktionierte.

Die deutschen Militärs wollten eine Wiederholung der kryptografischen Katastrophe des Ersten Weltkrieges unbedingt vermeiden und suchten einen Ersatz für die inzwischen veralteten, umständlichen und unsicheren manuellen Verschlüsselungsverfahren. Als sicherste Lösung erkannten sie die neue Art der maschinellen Verschlüsselung, weil sie eine einfachere Handhabung und eine verbesserte kryptografische Sicherheit versprachen.

Während des Ersten Weltkrieges und in den Jahren danach wurden erste Maschinen zur Verschlüsselung entwickelt. Diese boten eine deutlich höhere Sicherheit als die bis dahin üblichen manuellen Methoden. Die zahlreichen Verschlüsselungsmaschinen läuteten eine neue Epoche in der Kryptografie-Geschichte ein.

Mit der Einführung der elektrischen Schreibmaschine und des Fernschreibers zu Beginn des 20. Jahrhunderts kamen zum Teil unabhängig voneinander und nahezu gleichzeitig mehrere

M-209, Haglin *Quelle: Wikipedia*

Erfinder auf die Idee des Rotor-Prinzips zur Verschlüsselung von Texten.

1917 entdeckt und entwickelt der Amerikaner Gilbert S. Vernam das One-Time-Pad, das einzig nachweisbar sichere Kryptosystem. Es fällt in die Zeit der ersten Maschinenentwicklungen. Bei diesem Verfahren wird der Text zeichenweise gemeinsam mit einer zufälligen Zeichenfolge verschlüsselt, die nur einmal verwendet wird. Handelt es sich wirklich um eine Zufallsfolge, ist jedes Verschlüsselungsergebnis gleich wahrscheinlich und das Verfahren ist mathematisch sicher. Der Amerikaner Joseph O. Mauborgne setzte diese Idee um und prägte den Begriff One-Time-Pad (deutsch: Eimal-Block).
Der One-Time-Pad wurde schnell populär, da sich das Verfahren sowohl per Maschine als auch von Hand nutzen liess.

Der Amerikaner Edward Hugh Hebern 1917, der Deutsche Arthur Scherbius 1918 und der Niederländer Hugo Alexander Koch und der Schwede Arvid Gerhard Damm 1919 meldeten alle ihre Ideen zu Rotor-Chiffriermaschinen zum Patent an.

Enigma

Die Enigma wurde vom deutschen Ingenieur Arthur Scherbius erfunden, dessen erstes Patent für diese Chiffriermaschine vom 23. Februar 1918 stammt. Der Name «Enigma» stammt aus dem Griechischen und bedeutet wörtlich übersetzt «Rätsel».
Am 15. April 1918 bot Scherbius seine neue Erfindung der Kaiserlichen Marine an, die aber den Einsatz einer maschinellen Verschlüsselung für nicht erforderlich erachtete und ablehnte.
So beschoss er die Maschine nach dem Krieg für zivile Anwendungen zu vermarkten. Dazu wurde zur Fertigung am 9. Juli 1923 die Chiffriermaschinen-Aktiengesellschaft (ChiMaAG) in Berlin gegründet.
Ursprünglich sollte die Enigma nur für zivile Prozesse verwendet werden und wurde deshalb auch erstmals auf Messen kommerziell angeboten. Das erste Modell der Enigma, Die Schreibende Enigma genannt, wurde auf Messen zum Kauf angeboten, 1923 in Leipzig und Bern und 1924 auf dem internationalen Postkongress des Weltpostvereins in Stockholm.

Durch Publikationen über alliierte Entzifferungserfolge von deutschen Marinefunksprüchen und Handschlüsselmethoden des Kaiserlichen Heeres im Ersten Weltkrieg wurde das Interesse des deutschen Militärs in den Folgejahren geweckt.
1926 wurde die Enigma zunächst von der Reichsmarine unter dem Namen Funkschlüssel C und zwei Jahre später auch vom Heer versuchsweise eingesetzt; sie verschwand daraufhin vom zivilen Markt.
Kurz nach Beginn der Serienfertigung verunglückte Scherbius 1929 tödlich. 1934 übernahmen Rudolf Heinsoeth und Elsbeth Rinke die ChiMaAG und setzten die Entwicklung und Produktion der Maschine in der neuen Firma Heimsoeth & Rinke in Berlin fort.

In der Zeit des Nationalsozialismus und im Zuge der Aufrüstung der Wehrmacht ab 1933 wurde ein zuverlässiges Verschlüsselungssystem benötigt; dem Erfolg der Enigma stand damit nichts mehr im Wege. Man schätzt, dass etwas mehr als 40'000 Maschinen hergestellt wurden. Die Enigma wurde in mehreren Varianten und in unterschiedlichen Modellen hergestellt und diese kamen noch nach Kriegsende 1945 zum Einsatz. Die meistgenutzte Maschine war die Enigma I (Enigma eins), die ab 1930 von der Reichswehr und später von der Wehrmacht eingesetzt wurde und während des Zweiten Weltkriegs das auf deutscher Seite am häufigsten benutzte Maschinenschlüsselverfahren verkörperte.

Die Enigma I besteht im Wesentlichen aus der Tastatur zur Buchstabeneingabe, einem Walzensatz von drei austauschbaren Walzen und einem Glühlampenfeld zur Anzeige.
Wichtigste Funktionsgruppen der Enigma I: Tastatur, Walzensatz, Lampenfeld und Steckerbrett.
Der Walzensatz ist das Herzstück der Verschlüsselung. Die drei Walzen sind nebeneinander, unabhängig, drehbar angeordnet. Jede von ihnen weist auf beiden Seiten 26 elektrische Kontakte auf. Jeder Kontakt ist einem der 26 Grossbuchstaben des lateinischen Alphabets

zugeordnet. Drückt man eine Buchstabentaste, so fliesst elektrischer Strom von einer in der Enigma befindlichen 4.5-Volt-Batterie über die gedrückte Taste durch den Walzensatz und lässt eine Anzeigelampe aufleuchten. Der aufleuchtende Buchstabe entspricht der Verschlüsselung des gedrückten Buchstabens. Da sich bei jedem Tastendruck die Walzen ähnlich einem mechanischen Kilometerzähler weiterdrehen, ändert sich das geheime Schlüsselalphabet nach jedem Buchstaben.

B, C und M Maschinen

Emanuel Nobel finanzierte dem Schweden Boris Hagelin ein Büro und versorgte ihn mit Aufträgen. Die wichtigste Aufgabe war die Aufsicht über die 1915 gegründete AB Cryptograph. Das Unternehmen hatte Arvid Damm gegründet unter Beteiligung von privaten Geldgebern. Am 10. Oktober 1919 meldete Damm seine Rotor-Chiffriermaschine in Deutschland zum Patent an, drei Tage nach Hugo Alexander Koch. Dem Unternehmen ging 1921 das Kapital aus; in der Folge beteiligten sich Nobel und der Vater von Hagelin finanziell, da sie überzeugt waren, dass Chiffriermaschinen im Schriftverkehr heikler Angelegenheiten eine Rolle spielen könnten. Damm konnte das Interesse grosser Radiogesellschaften für seine Maschine wecken, die auf drahtlose Telegrafie ausgelegt war. Die Prototypen sollten in Paris gebaut werden. Hagelin übernahm auch die technische Leitung des Unternehmens, in welchen bereits der Konstrukteur C. A. Lindmark arbeitete, der später beim Aufbau der ersten C-Maschinen bedeutsame Beiträge leistete.

1925 erhielt der schwedische Generalstab eine Enigma-Maschine von einem Deutschen Unternehmen für Versuchszwecke. Es gelang Hagelin den zuständigen Offizier davon zu überzeugen, dass sein Unternehmen bereits eine zehnjährige Erfahrung auf dem Gebiet von Chiffriermaschinen besitze und sie deshalb eine bessere Maschine bauen könne. Hagelin erhielt den Auftrag eine Mustermaschine innerhalb von sechs Monaten zu bauen. Die Annahme des Auftrags war ein Vabanque-Spiel, aber es gelang einen Prototyp innerhalb der gesetzten Frist zu bauen, mit Namen B-211, der äusserlich der Enigma ähnlich sah. Hagelin reichte seinen Patentantrag sowohl in Schweden als auch in den USA ein.
1927 übernahm Hagelin die Firma AB Cryptograph, reorganisierte sie und änderte den Namen in AB Cryptoteknik.

Ab 1932 reiste Hagelin durch Europa, um Käufer zu finden. Die französische Armee zeigte Interesse, verlangte jedoch Modifikationen, insbesondere zwei Bedingungen: Die Maschine sollte Text drucken können und dennoch tragbar sein. In der Privatwirtschaft konnte für den Büroeinsatz eine elektrische Schreibmaschine angekoppelt werden. Die Maschine wurde in Frankreich hergestellt bei L.M. Ericsson, eine Tochtergesellschaft der Telefon-AB, in Colombes bei Paris.

General Guderian wartet auf eine Entschlüsselung eines Funkspruchs (1940) *Quelle: Bundesarchiv (D)*

Die französische Armee frage Hagelin 1934, ob er nicht einen druckenden Taschenapparat konstruieren könne. An der Entwicklung der C-Maschine, die weltweit die erfolgreichste werden sollte, war sein Mitarbeiter C. A. Landmark unentbehrlich geworden. So entstand 1935 die unter der Bezeichnung C-35 vorgestellte Chiffriermaschine. Eine erhebliche Verbesserung der C-35 konnte durch die Mitarbeit des schwedischen Kryptologen Yves Gyldén erzielt werden. Dieses Modell C-36 hatte die Grösse einer Brotdose und wurde als epochale Erfindung bezeichnet. Bis Kriegsausbruch wurden ca. 500 Maschinen B-211 ausgeliefert, nach dem Krieg nochmals 100 Stück.
Das Unternehmen wurde am Jahreswechsel 1939/1940 in AB Ingeniörsfirma Cryptoteknik umbenannt.

Zwischen 1937 und 1940 fuhr Hagelin dreimal in die USA, um einen Prototyp der BC-Maschine vorzustellen. 1940 erhielt er einen Probeauftrag von 50 Maschinen der tragbaren und verbesserten C-38 Version. Nach ausführlichen kryptologischen Tests wurde die Maschine für den taktischen Einsatz unterhalb der Divisionsebene akzeptiert. In dieser Zeit scheint er auch in Amerika den weltbekannten Kryptologen William F. Friedman kennengelernt zu haben, der von 1922 bis 1947 Cryptanalyst im War Department war. Mit ihm stand Hagelin bis zu dessen Tod 1969 in ständigem Kontakt und erhielt Anregungen der verschiedensten Art.

In Amerika wurde Hagelins Maschine als M-209 beim Corona-Werk des Schreibmaschinenherstellers L. C. Smith in Lizenz-Produktion hergestellt, mit einem Tagesausstoss von bis zu 500 Maschinen. Die US-Marine bezeichnete sie als CSP-1500. Hagelin hatte während des Krieges für die Wartung und Einweisung zu sorgen, deshalb blieb er bis 1944 in den USA. Bis zu seiner Rückreise waren 50'000 Maschinen produziert worden, bei Kriegsende waren es über 140'000 Stück.
Das Unternehmen hatte auch in Stockholm, während Hagelins vierjähriger Abwesenheit, unter der Leitung von Store Nyberg Aufträge aus verschiedenen Ländern erhalten. Ab ca. Anfang 1941 benutzte z.B. die italienische Marine die Hagelin C-38m, eine Version der M-209.

Zweiter Weltkrieg

Im Zweiten Weltkrieg nutzten die Deutschen mindestens sieben unterschiedliche Verschlüsselungsmaschinen: Enigma, Lorenz-Schlüsselmaschine, T52, T43, Schlüsselgerät 39 und 41, Hellschreiber.
Die zu Zehntausenden im Einsatz stehende Enigma galt auf deutscher Seite irrtümlicherweise als unbrechbar.

Nachdem polnische Abhörstationen bereits am 15. Juli 1928 zum ersten Mal einen mit der Enigma chiffrierten deutschen Funkspruch abgefangen hatten, und 1932 der polnische Kryptoanalytiker Marian Rejewski die innere Verdrahtung der Rotoren aufdecken konnte, gelang Biuro Szyfrów vom polnischen Chiffrierdienst zur Jahreswende 1932/1933 die ersten Enigma-Entzifferungen. 1939 wurden die britischen und französischen Verbündeten beim Treffen von Pyry von den Polen mit Aufzeichnungen und Dokumentationen eingeweiht und ihnen polnische Nachbauten der Enigma übergeben.

In England erkannte mach die Wichtigkeit, Nachrichten der Enigma zu entschlüsseln zunächst nicht. Die Einrichtung, die sich mit der Entschlüsselung von chiffrierten Nachrichten beschäftigte, befasste sich nur mit Codebüchern. Diese Einrichtung, in der Nachrichten entschlüsselt wurden, war im Landsitz Bletchley Park (B.P.) untergebracht dem Hauptquartier der Government Cod and Cipher School (GCandCS). Als die Briten endlich die Bedeutung und die Wichtigkeit der Enigma erkannten, war es fast schon zu spät.
Den britischen Codebreakes um Alan Turing

gelang es während des Zweiten Weltkrieges äusserst erfolgreich, die mithilfe der Y-Stations abgefangenen deutschen Funksprüche zu entziffern. Turing war der erste, dem es gelang mathematische Berechnungen und Theorien aufzustellen, um in das System der Enigma einzubrechen. Er entwickelte die Turing-Bombe, die wie eine Maschine funktionierte und den Code der Enigma entschlüsselte. Die Bomben waren sehr gross und wurden in Hallen untergebracht und beaufsichtigt; es mussten nur die Rotoren an den Bomben eingestellt und informiert werden, falls eine der Bomben stoppen sollte. An Januar 1940 wurde der deutsche Enigma-Funkverkehr mit nur wenigen Ausnahmen kontinuierlich mitgelesen.

Die Amerikaner nutzten im Zweiten Weltkrieg die von Hagelin entwickelte M-209, eine vergleichsweise kleine und handliche Maschine, die in grossen Stückzahlen gebaut wurde. Den Deutschen gelang es, diese Maschine mit Hilfe eines speziellen Dechiffriergeräts zu knacken.

Für wichtigere Nachrichten kam die Rotor-Verschlüsselungsmaschine SIGABA zum Einsatz; ihre Funktionsweise ähnelte der Enigma, sie bot jedoch eine grössere Sicherheit. Nach heutigem Wissensstand wurde die SIGABA nie geknackt.

Eine wichtige Rolle spielte der Navajo-Code während des Pazifikkrieges der US gegen Japan ab 1942. Die Verschlüsselungsmethode beruhte darauf, Angehörige des nordamerikanischen Indianer-Stammes der Diné (Navajo) als Codesprecher zu benutzen. Diese übersetzten die militärischen Anweisungen jeweils in ihre Muttersprache Navajo, die mit keiner europäischen oder asiatischen Sprache verwandt ist; deshalb der undurchdringliche Navajo-Code.

Den US-amerikanischen Dechiffrieren gelangen im Zweiten Weltkrieg grosse Erfolge, insbesondere das Entziffern der japanischen PURPLE. Nach ersten Einbrüchen in japanische Code-Systeme ca. 1940 wurde PURPLE nach und nach von einer Gruppe um den amerikanischen Mathematiker und Kryptologen William Friedman enträtselt. Später war man in der Lage die Maschine nachzubauen und Funksprüche im Rahmen der Aktion MAGIC zu entschlüsseln. Im Dezember 1941 wurde ein mit PURPLE verschlüsselter Funkspruch mitgehört und entschlüsselt. Der Text enthielt den Abbruch der diplomatischen Beziehungen und war letztendlich die Kriegserklärung vor dem Angriff auf Pearl Harbour. Verzögerungen bei der Auswertung und Weitergabe der Information verhinderten eine rechtzeitige Warnung, mittels regulärem zivilen Telegramm traf die Nachricht nach dem Angriff auf den Flottenstützpunkt ein.

Quellen: Wikipedia und diverse Publikationen

Roland Haudenschild