

BlackBerry Security

Secorvo White Paper

Das Sicherheitskonzept des E-Mail-Push-Dienstes BlackBerry

Version 1.0
Stand 26. November 2005

Dirk Fox

Secorvo Security Consulting GmbH
Ettlinger Straße 12-14
D-76137 Karlsruhe
Tel. +49 721 255171-0
Fax +49 721 255171-100

info@secorvo.de
www.secorvo.de

Inhaltsübersicht

| | |
|--|-----------|
| 1 Zusammenfassung | 4 |
| 2 Der BlackBerry-Dienst | 4 |
| 3 Sicherheitsarchitektur | 5 |
| 3.1 Schutz der Übertragung | 6 |
| 3.2 Schutz der Daten im SmartPhone | 7 |
| 3.3 Schutz des Zugriffs auf den E-Mail-Server..... | 7 |
| 4 Bewertung | 8 |
| 4.1 Schutz der Übertragung | 8 |
| 4.2 Schutz der Daten im SmartPhone..... | 9 |
| 4.3 Schutz des Zugriffs auf den E-Mail-Server..... | 9 |
| 5 Fazit | 9 |
| 6 Literatur | 10 |

Abkürzungen

| | |
|--------|--|
| ACL | Access Control List |
| AES | Advanced Encryption Standard (NIST-Standard) |
| API | Application Programming Interface |
| BSI | Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik |
| CBC | Cipher Block Chaining (Betriebsart Blockverschlüsselung) |
| DMZ | Demilitarisierte Zone |
| DES | Data Encryption Standard |
| FIPS | Federal Information Processing Standard |
| GSM | Global System for Mobile Communication |
| IMSI | International Mobile Subscriber Identity |
| J2ME | Java 2 Platform, Micro Edition |
| MRC | Mobile Routing Center |
| NIST | National Institute of Standards and Technology |
| PGP | Pretty Good Privacy |
| POP | Post Office Protocol |
| RIM | Research In Motion |
| S/MIME | Secure/Multipurpose Internet Mail Extension |
| SHA-1 | Secure Hash Algorithm (NIST-Standard) |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol/Internet Protocol |
| UMTS | Universal Mobile Telecommunication System |
| VPN | Virtual Private Network |
| WLAN | Wireless Local Area Network |

Historie

| Version | Datum | Änderung | Autor |
|---------|-------|-------------------------|----------|
| 1.0 | | Publizierte Erstfassung | Dirk Fox |

1 Zusammenfassung

In den vergangenen beiden Jahren haben BlackBerrys in Management-Kreisen und Behörden einen beeindruckenden Siegeszug angetreten. Mehr als 3,65 Millionen Nutzer sind dem „Tamagotchi für Manager“ verfallen und lassen sich unterwegs ihre E-Mails auf ihr BlackBerry SmartPhone weiterleiten. Dieser Erfolg ruft nicht nur Neider auf den Plan – zahlreiche Anbieter, darunter Microsoft und Nokia, haben inzwischen konkurrierende Lösungen angekündigt und in Vorbereitung – sondern weckt auch Sicherheitsbedenken. Denn mit der Einrichtung des BlackBerry-Dienstes im Unternehmen oder in einer Behörde ist der Zugriff auf den zentralen E-Mail-Server verbunden – ein kritischer Punkt angesichts der oft hohen Sensibilität der von Managern elektronisch ausgetauschten Nachrichten.

Die Publikation der Ergebnisse einer internen Sicherheitsanalyse des BSI zum E-Mail-Push-Dienst BlackBerry durch die WirtschaftsWoche Anfang Oktober 2005 sorgte für erhebliches Aufsehen. In der bislang unveröffentlichten Studie kommen die Autoren zu dem Schluss, dass BlackBerry „auf Grund der unsicheren Architektur für den Einsatz in sicherheitsempfindlichen Bereichen der öffentlichen Verwaltung und spionage-gefährdeten Unternehmen nicht geeignet“ ist.

Das vorliegende Whitepaper stellt das Sicherheitskonzept des BlackBerry-Dienstes vor und kommt bei seiner Bewertung zu einem anderen Ergebnis.

2 Der BlackBerry-Dienst

Der von der kanadischen Firma Research In Motion (RIM) angebotene BlackBerry-Dienst bietet die Möglichkeit, elektronische Nachrichten (E-Mails) eines Unternehmens- oder Behörden-Accounts auf ein geeignetes SmartPhone (Handy mit Tastatur und größerem Bildschirm) umzuleiten und mobil über den unternehmenseigenen E-Mail-Server zu versenden.¹ Das SmartPhone übernimmt dabei die Rolle eines drahtlos an die E-Mail-Infrastruktur angebotenen, mobilen E-Mail-Clients: An fast jedem Ort der Welt können so die eigenen E-Mails gelesen und beantwortet werden.

BlackBerry ist ein so genannter „Push“-Dienst, d. h. E-Mails werden gleich nach dem Eingang auf dem Mailserver automatisch an ein angeschlossenes BlackBerry-SmartPhone weitergeschickt. Durch leistungsfähige Filter können die weiter zu sendenden E-Mails zudem zielgenau ausgewählt werden, um den Dienst auf wichtige Nachrichten und in der Länge der Anhänge zu beschränken.

Der Vorteil der BlackBerry-Architektur gegenüber einem über eine geschützte Verbindung – wie z. B. einem Virtual Private Network (VPN) – mit dem Unternehmensnetz verbundenen Laptop liegt vor allem in der Integration des Dienstes in das SmartPhone: Die mobile Nutzung von E-Mail erfordert nur ein geeignetes Handy. Zudem ist der Dienst vollständig in die Mobilfunkverbindung integriert, daher ist keine umständliche und gegebenenfalls Fehler anfällige Installation und Aktivierung zusätzlicher Software oder Hardware (WLAN-Zugang, UMTS-Karte o. ä.) erforderlich, wie bei einem mobil angebotenen Laptop.

Weiter werden alle mobil empfangenen und auch die gesendeten E-Mail-Nachrichten auf dem E-Mail-Server des Unternehmens abgelegt – eine Synchronisation des BlackBerry-SmartPhones mit dem Unternehmens-PC ist daher nicht erforderlich. Schließlich sorgt die Push-Eigenschaft dafür, dass Nachrichten unmittelbar das BlackBerry-SmartPhone

¹ Geeignete BlackBerry-fähige Endgeräte, so genannte SmartPhones, werden inzwischen nicht mehr nur von RIM, sondern auch von führenden Handy-Herstellern angeboten.

erreichen. Der Nutzer hat damit immer einen aktuellen Überblick über seinen Nachrichteneingang, und muss ihn sich nicht erst – wie bei „Poll“-Techniken üblich – aktiv durch eine Anfrage bei seinem Mailserver verschaffen.

Um den BlackBerry-Dienst in Unternehmen oder Behörden einzurichten, wird der BlackBerry Enterprise Server verwendet. Dieser Server wird im internen Netz installiert. Er entnimmt die an ein BlackBerry-SmartPhone weiter zu leitenden Nachrichten direkt den Postfächern des E-Mail-Servers des Unternehmens, wahlweise einem Exchange- (Microsoft), Lotus Domino- (IBM) oder GroupWise-Server (Novell), und liefert dort alle mobil erstellten E-Mails zur Versendung und Archivierung ab. Zugleich unterhält der BlackBerry Enterprise Server eine Internet-Verbindung zu einem Mobile Routing Center (MRC), das für die Weiterleitung der Nachrichten über eine Mobilfunkverbindung an das Endgerät des Benutzers sorgt.²

3 Sicherheitsarchitektur

Die von RIM entwickelte BlackBerry-Sicherheitsarchitektur [RIM_05a] umfasst zahlreiche Mechanismen, die im Folgenden dargestellt werden – gegliedert in drei wesentliche Bereiche: den Schutz der über die BlackBerry-Infrastruktur übertragenen Daten, den Schutz der im SmartPhone gespeicherten Daten und den Schutz der E-Mail-Infrastruktur im Unternehmen.

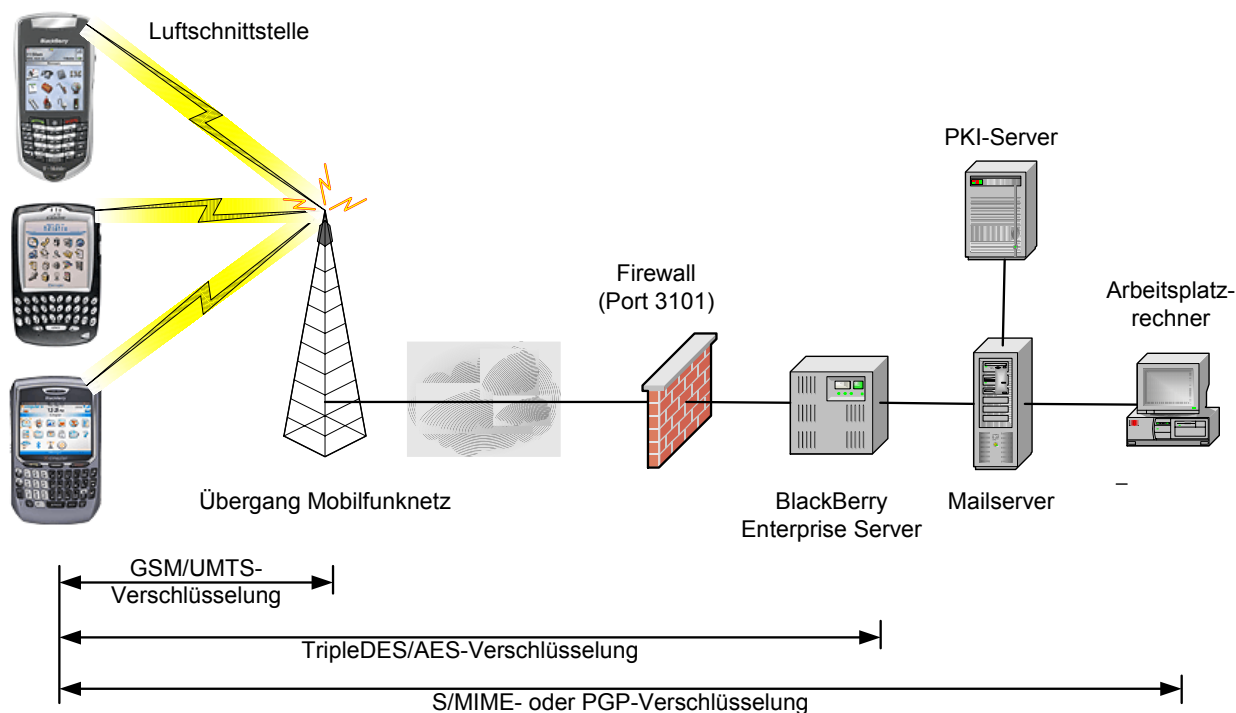


Abb.: BlackBerry-Sicherheitsarchitektur

² Sollen nur wenige Mailboxen mit dem BlackBerry-Dienst ausgestattet werden, genügt die Installation des BlackBerry Redirector auf dem Arbeitsplatzrechner. Wie der BlackBerry Enterprise Server greift der Redirector auf die Mailbox des Benutzers zu und leitet von dort eingehende Nachrichten über Internet, MRC und eine Mobilfunkverbindung an das BlackBerry-SmartPhone weiter. Sicherheitstechnisch ähnelt diese Lösung dem BlackBerry Enterprise Server. Auch der direkte Zugriff via POP auf Mailboxen ist möglich; aus Sicherheitssicht unterscheidet sich diese Lösung jedoch nicht von anderen Postfachzugängen über eine mobile Internet-Verbindung. Beide Varianten werden daher nicht weiter betrachtet.

3.1 Schutz der Übertragung

Der Schutz von Nachrichten, die zwischen dem BlackBerry Enterprise Server und dem BlackBerry-SmartPhone übermittelt werden, vor unbefugter Kenntnisnahme (Vertraulichkeit), Veränderung (Integrität) und Absenderfälschung (Authentizität) erfolgt auf mehreren Ebenen (siehe Abbildung).

So werden zunächst alle Nachrichten auf dem SmartPhone bzw. dem BlackBerry Enterprise Server symmetrisch im CBC-Mode gemäß FIPS PUB 81 verschlüsselt [NIST_80], wahlweise unter Verwendung von TripleDES (112 bit Schlüssellänge, Default-Einstellung ab BlackBerry Version 3.6) oder AES (256 bit Schlüssellänge, ab Version 4.0). Das Verfahren wird vom Administrator gewählt.³ Die Integrität der verschlüsselten Daten wird nicht kryptographisch, sondern durch eine Prüfung der Korrektheit der Struktur des empfangenen Datenpakets sicher gestellt – ein zwar kryptologisch schwaches, in der Praxis aber durchaus wirkungsvolles Verfahren, da ein Angreifer, der ohne Kenntnis des Schlüssels ein verschlüsseltes Datenpaket verändert, zugleich mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit die Struktur (Redundanz) des ursprünglichen Datenpakets zerstört.

Die Nachrichtenverschlüsselung erfolgt mit einem (pseudo-) zufällig gewählten Nachrichtenschlüssel (message key), der verschlüsselt mitgeschickt wird. Zur Verschlüsselung des Nachrichtenschlüssels dient ein Masterschlüssel (master encryption key), der bei der Einrichtung des SmartPhones vom Benutzer auf seinem PC erzeugt und über eine direkte Synchronisation auf seinem SmartPhone sowie im persönlichen Nachrichtenverzeichnis des Nutzers auf dem Mailserver zugriffsgeschützt abgelegt wird.⁴ Es wird empfohlen, diesen Masterschlüssel in regelmäßigen Abständen zu wechseln; voreingestellt ist eine monatliche automatische Neugenerierung durch die Desktop-Software. Der bei der Generierung verwendete (Pseudo-) Zufallszahlengenerator wird durch Mausbewegungen des Benutzers initialisiert.

Die verschlüsselten Daten werden über das Internet an ein Mobile Routing Center (MRC) übermittelt, das für europäische Nutzer in Egham bei London steht. Dort werden die Daten an eine Mobilfunkverbindung übergeben. Die Übertragung der Nachrichten über diese „Luftschnittstelle“, d. h. die Funkstrecke des Mobilfunknetzbetreibers mit einem der gängigen Mobilfunkprotokolle GSM oder UMTS, ist durch die in den Mobilfunkprotokollen vorgesehenen Mechanismen geschützt, sofern kein Mechanismus deaktiviert ist.⁵

Die Nutzung des S/MIME bzw. des PGP Support Package (ab Version 4.0) bietet zudem die Möglichkeit, Nachrichten sensiblen Inhalts mit einem vollständigen Ende-zu-Ende-Schutz zu versehen [RIM_03, RIM_05b]: Nach der Installation einer Kopie des privaten und öffentlichen PGP- bzw. S/MIME-Schlüssels auf dem SmartPhone können Nachrichten dort entschlüsselt, verschlüsselt, digitale Signaturen erzeugt und geprüft werden. Der Zugriff auf Zertifikate und Sperrlisten (CRLs) in Verzeichnisdiensten wird vom BlackBerry Enterprise Server vorgenommen und setzt das Vorhandensein einer Public Key Infrastruktur (PKI-Server, siehe Abbildung) im Unternehmen voraus.

³ Um die Interoperabilität mit älterer oder jüngerer SmartPhone-Software aufrecht zu erhalten, können auch beide Verfahren ausgewählt werden. Dann wird ab Version 4.0 AES, bei älteren Software-Releases TripleDES verwendet.

⁴ Ab Version 4.0 kann die Schlüsselerzeugung auch durch einen zentralen Server erfolgen.

⁵ Bekanntermaßen kann die Verschlüsselung auf der Luftschnittstelle in GSM seitens des Netzbetreibers deaktiviert werden; von dieser Option macht beispielsweise der IMSI-Catcher gebrauch (siehe [Fox_97]). Stärker sind die Sicherheitsmechanismen von UMTS (siehe [PüSc_01]).

3.2 Schutz der Daten im SmartPhone

Im SmartPhone können – neben sensiblen Daten anderer Anwendungen wie Terminen, Aufgaben, Memos oder Dokumenten – auch empfangene E-Mails gespeichert werden. Der Schutz dieser Daten hängt vom verwendeten SmartPhone ab und ist je nach Hersteller unterschiedlich realisiert.

Die von RIM angebotenen BlackBerry-SmartPhones bieten mehrere Sicherheitsfunktionen:

- Passwortschutz mit Passwörtern von vier bis 14 Zeichen Länge; schwache Passwörter werden abgewiesen.
- Fehleingabenzähler, der nach max. 10 missglückten Passworteingaben die Löschung aller Daten des Benutzers auf dem SmartPhone auslöst.
- Verschlüsselung lokal gespeicherter Daten mit AES (ab Version 4.0).
- Passwortgeschützter Bildschirmschoner, der nach einem einstellbaren Intervall einen unbefugten Zugang zum Gerät verhindert, indem Tastatur, USB- und Infrarotschnittstelle gesperrt werden.
- Fernlöschung aller Daten nach einer Verlust- oder Diebstahlmeldung.
- Mehrfaches Überschreiben des Flash-Speichers mit Einsen und Nullen nach einer Datenlöschung.
- Die Sicherheitsfunktionen (Passworteigenschaften, Passwortnutzung, lokale Verschlüsselung) können zentral im BlackBerry Enterprise Server konfiguriert werden. Von dem gewählten Passwort wird auf dem SmartPhone nur der SHA-1-Hashwert gespeichert.

Auf BlackBerry-SmartPhones können Java-Applets übertragen und ausgeführt werden. Eine erweiterte API erlaubt neben den Funktionen der J2ME-Spezifikation den Zugriff auf lokale Daten wie die Telefonbucheinträge; deren Nutzung ist jedoch auf von RIM digital signierte MIDlets beschränkt [A-SIT_04]. In der zentralen Policy kann die Installation von zusätzlicher Software jedoch auch vollständig unterbunden werden.

3.3 Schutz des Zugriffs auf den E-Mail-Server

Geht für einen als BlackBerry-Nutzer eingetragenen Empfänger eine E-Mail auf dem Mailserver des Unternehmens ein, wird eine Text-Kopie dieser E-Mail an den BlackBerry Enterprise Server weitergeleitet. Dieser prüft, ob die E-Mail den vom Empfänger für die Weiterleitung eingestellten Filterbedingungen entspricht; wenn ja, wird die E-Mail verschlüsselt an das BlackBerry-SmartPhone weitergesendet, anderenfalls verworfen.

Alle erforderlichen administrativen Informationen wie die Benutzernamen, die eingestellte Verschlüsselungskonfiguration und die Authentifikationsschlüssel des Mailservers werden in einem Administrator-Account auf dem Mailserver abgelegt. Nutzerspezifische Informationen wie das SmartPhone-Passwort, der Masterschlüssel und die Filterregeln werden in einem „Hidden Folder“ des Benutzers (Exchange) bzw. in der „BlackBerryProfiles.NFS“ (Domino) gespeichert, geschützt durch Zugriffslisten (ACL) und teilweise zusätzlich verschlüsselt.

Der Zugriff des BlackBerry Enterprise Servers auf den Mailserver einer Behörde oder eines Unternehmens ist durch dessen Authentifikationsmechanismen und die verwendeten Kommunikationsprotokolle geschützt. Wird kein Verschlüsselungsprotokoll für die Übertragung im internen Netz verwendet, erfolgen die Zugriffe im Klartext.

4 Bewertung

4.1 Schutz der Übertragung

Die von BlackBerry verwendeten Verschlüsselungsverfahren zum Schutz der Daten vor unbefugter Kenntnisnahme, TripleDES und AES, sind nach heutigem Kenntnisstand kryptographisch sicher. Auch bieten die verwendeten Schlüssellängen (112 bit für TripleDES und 256 bit für AES) ausreichenden Schutz vor Brute Force Attacken. Für den Schutz sehr sensibler Informationen sollte AES bevorzugt werden, da es auf Jahrzehnte hinaus unmöglich sein wird, selbst mit der höchstmöglichen Konzentration an Rechenleistung einen 256 bit langen Schlüssel zu kompromittieren.

Ein Brute Force Angriff auf die Nachrichtenverschlüsselung wird zudem in der Praxis durch eine voraus gehende Kompression der Nachrichten erschwert. Damit steigt der Aufwand für einen Angreifer, festzustellen, ob die mit einem geratenen Schlüssel entschlüsselten Daten Klartext sind.

Weiter erhöht die Verwendung eines jeweils neu gewählten Nachrichtenschlüssels die Sicherheit, da von einer erfolgreichen Schlüsselattacke nur eine einzige Nachricht betroffen ist – sofern die (Pseudo-) Zufallsfolge nicht vorhersagbar ist. Ein Angriff auf den Masterschlüssel, mit dem der jeweilige Nachrichtenschlüssel verschlüsselt wird, kann nur mit Kenntnis des richtigen Nachrichtenschlüssels erfolgen⁶, hat also einen erfolgreichen Angriff auf einen Nachrichtenschlüssel zur Voraussetzung.

Die Güte der Verschlüsselung hängt neben der gewählten Schlüssellänge und dem Algorithmus allerdings auch von der Qualität der Implementierung ab. Diese muss den Kryptoalgorithmus fehlerfrei implementieren und insbesondere für die Wahl des Nachrichtenschlüssels einen sicheren Zufallszahlengenerator verwenden – und darf natürlich auch keinen verdeckten Kanal enthalten.

Da die Verschlüsselung nur systemintern erfolgt, ergibt sich die Korrektheit der Implementierung nicht implizit aus der Interoperabilität mit Komponenten anderer Hersteller. Die Korrektheit und Güte lässt sich daher glaubwürdig nur durch eine externe Prüfung belegen, entweder durch ein unabhängiges Gutachten oder durch eine Sicherheitszertifizierung. Für die kryptographischen Module der SmartPhone Software in den Versionen 3.8 und 4.0 sowie der Implementierung im BlackBerry Enterprise Server erhielt RIM Anfang 2005 ein entsprechendes FIPS 140-2-Zertifikat [NIST_01], Voraussetzung für die Zulassung bei amerikanischen Bundesbehörden.

An der Korrektheit und Qualität der Implementierung und der Güte des Zufallszahlengenerators dürfte Angesichts der FIPS-Zertifizierung kein Zweifel bestehen. Zudem benötigt ein Angreifer Zugang zur Internet-Verbindung, da ein Abhören auf der Luftschnittstelle durch die Sicherheitsprotokolle von GSM bzw. UMTS zumindest erschwert wird, auch wenn der GSM-Verschlüsselungsalgorithmus A5 und die in einigen Ländern eingesetzten Varianten A5* und A5/2 als kryptographisch schwach gelten.

⁶ Ein Angriff auf den Masterschlüssel setzt voraus, dass der Angreifer entscheiden kann, bei welchem Masterschlüssel die Entschlüsselung eines verschlüsselten Nachrichtenschlüssels funktioniert hat. Da der Nachrichtenschlüssel aus einer zufällig gewählten Bitfolge besteht, gelingt dies nur, wenn der Angreifer den richtigen Nachrichtenschlüssel kennt.

4.2 Schutz der Daten im SmartPhone

Wird die verschlüsselte Speicherung der Daten auf dem SmartPhone durch die zentrale Policy erzwungen und genügt die Passwortqualität üblichen Mindestanforderungen (alphanumerische Zeichen, mindestens acht, besser 10 Stellen), dann sind die Daten auch bei einem Verlust des Geräts hinreichend vor unberechtigter Kenntnisnahme geschützt. Eine von @stake durchgeführte Sicherheitsuntersuchung bescheinigt RIM eine hohe Qualität des Hardware-Designs; in der Software konnten keine typischen Fehler wie z.B. Buffer Overflows gefunden werden [stake_03]. Für mehrere BlackBerry-SmartPhones liegen zudem aktuelle FIPS 140-2-Zertifizierungen vor. In sensiblen Bereichen sollte allerdings zusätzlich die Installation von Java-Applets auf dem SmartPhone zentral unterbunden werden.

4.3 Schutz des Zugriffs auf den E-Mail-Server

Alle für einen auf der BlackBerry-Userlist vermerkten Empfänger eingehende E-Mails werden vom Mailserver an den BlackBerry Enterprise Server in Kopie weitergeleitet (Exchange) bzw. durch regelmäßiges Abfragen des Mailaccounts (Domino) ausgelesen. Zwar werden nur die Nachrichten an das mobile SmartPhone weitergeleitet, die den vom Benutzer konfigurierten Filterregeln entsprechen; der BlackBerry-Server erhält zunächst jedoch Zugriff auf alle Nachrichten. Eine korrekte Implementierung auf dem BlackBerry Enterprise Server ist daher Voraussetzung.

Da der Server nicht von außen erreicht werden muss, sondern die verschlüsselte Übermittlung von Nachrichten über TCP/IP (Port 3101) an ein MRC und von dort weiter an ein SmartPhone vom Enterprise Server initiiert wird, ist es nicht erforderlich (und aus Sicherheitsgründen nicht zu empfehlen), den Server in einer DMZ zu betreiben. Um den Server vor Angriffen aus dem internen Netz zu schützen, sollte der BlackBerry Enterprise Server zudem auf einem gehärteten System installiert werden.

5 Fazit

Die BlackBerry-Sicherheitsarchitektur genügt höchsten Anforderungen und entspricht sowohl konzeptionell als auch in der Implementierung – das belegen die unabhängigen Gutachten und die FIPS 140-2-Zertifizierung – dem Stand der Technik.

Sofern durch eine strenge zentrale Konfiguration die auf den SmartPhones gespeicherten Daten durch Verschlüsselung und gute Passwörter vor unberechtigtem Zugriff bei Verlust geschützt sind, kann ein Dritter nur mit Kenntnis der Verschlüsselungsschlüssel auf die übertragenen Nachrichten zugreifen, denn die verwendeten Algorithmen und Schlüssellängen schützen auch vor einer Brute Force Attacke eines mit erheblicher Rechenleistung ausgestatteten Nachrichtendienstes.

Da außer dem berechtigten Empfänger nur der BlackBerry Enterprise Server Zugang zu den Verschlüsselungsschlüsseln hat, bleibt als einzige denkbare Sicherheitslücke nur ein Angriff durch Kompromittierung der BlackBerry-Software oder eine Hintertür, über die E-Mail-Nachrichten oder Verschlüsselungsschlüssel an Unberechtigte verschickt werden. Diesbezüglich muss man sich derzeit auf den Hersteller RIM verlassen, da der Programmcode nicht offengelegt ist und auch kein unabhängiges Gutachten dazu existiert. Allerdings ist dasselbe Vertrauen auch in den Hersteller des Mailservers (IBM, Microsoft oder Novell) erforderlich.

Selbst dieser Bedrohung kann durch die Verwendung des S/MIME bzw. PGP Support Package begegnet werden, denn damit lassen sich sensible Nachrichten vom Sender zum Empfänger durchgängig verschlüsseln und durch eine digitale Signatur vor Fälschung schützen – mit Schlüsseln, die auch der BlackBerry Enterprise Server nicht kennt.

6 Literatur

- [@stake_03] Eng, Chris; Levine, Matthew; Whitehouse, Ollie: *BlackBerry by Research in Motion: An @stake Security Assessment*. Research Report, November 2003.
- [A-SIT_04] Dietrich, Kurt: *Sicherheitsanalyse – BlackBerry Mobile Data Service*. Zentrum für sichere Informationstechnologie Austria, A-SIT, Version 1.0, Oktober 2004.
- [Fox_97] Fox, Dirk: *IMSI-Catcher*, Gateway, Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 9/1997, S. 539
- [Fox_05] Fox, Dirk: *BlackBerry Security*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 11/2005, S. 647-650.
- [NIST_80] FIPS PUB 81: *DES Modes of Operation*, Federal Information Processing Standards Publication 81, 02.12.1980 (Change Notice 2: 31.05.1996).
- [NIST_01] FIPS PUB 140-2: *Security Requirements for Cryptographic Modules*, Federal Information Processing Standards Publication 140-2, 25.05.2001 (Change Notice 2: 03.12.2002).
- [PüSc_01] Pütz, Stefan; Schmitz, Roland: *UMTS-Sicherheitsdienste*. Datenschutz und Datensicherheit (DuD), 4/2001, S. 205-207.
- [RIM_03] Research In Motion: *BlackBerry Security with the S/MIME Support Package*. Version 1.5, 2003.
- [RIM_05a] Research In Motion: *BlackBerry Security*. Release 4.0, White Paper, 2005.
- [RIM_05b] Research In Motion: *PGP Support Package*. Release 4.1, White Paper, 2005.