

Mit unübertroffener Leistungsbilanz

Alarmieren im Zeichen von Effizienz und Wirtschaftlichkeit

Dominik Schweizer

Pocsag-Alarmierungsspezialist Swissphone vergleicht in einem aktuellen Whitepaper, das diesem Beitrag zugrunde liegt, die Alarmierung mit unterschiedlichen Funkverfahren. Anhand von einsatztypischen Beispielen und Anwendungsfällen wird herausgearbeitet, dass die Nutzung eines dedizierten Pocsag-Netzes für die Alarmierung aus technischer und wirtschaftlicher Sicht die effizienteste und effektivste Lösung ist, wenn eine große Anzahl von Einsatzkräften gleichzeitig, schnell und sicher alarmiert werden muss.

Bei einem Notfall gilt es, so schnell wie möglich die richtigen Ersthelfer zu mobilisieren. Aber während sich deren Einsätze immer mehr zu einem professionellen Service entwickeln, verlassen sich die Feuerwehren und Rettungsorganisationen in vielen Ländern auf freiwillige Einsatzkräfte, um ihre Einsatzbereitschaft aufrechtzuerhalten oder zu ergänzen. Meldeempfänger sind das ideale Mittel für die Alarmierung dieser Ersthelfer – auch weil sie den spezifischen Anforderungen freiwilliger Einsatzkräfte gerecht werden: Mehr als 99 % der Bewohner einer Region zu versorgen und auch im Gebäudeinnern Alarme zu erhalten.

Bewährter internationaler Standard

Seit der Etablierung des digitalen Pocsag-Protokolls als internationaler Standard im Jahre 1981 hat sich dieses in der Funkruftechnik durchgesetzt – allein in Deutschland sind mehr als 5.000 Pocsag-Basisstationen in Betrieb, in Europa mehr als 10.000. Mit der Migration auf Digitalfunknetze zur Sprach- und Datenübertragung können Alarmierungsaufgaben auch über andere Technologien wie Tetra oder GSM/LTE erfüllt werden. Nachfolgend wird gezeigt, dass mit diesen Techniken jedoch nicht dieselbe Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit erreicht werden wie mit Pocsag-Systemen.

Eigenschaften heutiger Lösungen

Die heute verbreiteten Alarmierungslösungen haben sich aufgrund folgender Eigenschaften durchgesetzt:

Broadcast

Pocsag-Alarmierungsnetze arbeiten im Broadcast-Verfahren. Dabei erfolgt die Übertragung von Informationen an eine beliebig große Anzahl Teilnehmer in



Der RES.Q ist ein Hybrid-Pager, der Pocsag- und die zellulare Mobilfunktechnik miteinander verbindet

einer einzigen Übertragung. Pocsag ist deshalb geeignet, beliebig große Personengruppen gleichzeitig zu alarmieren. So ist praktisch ausgeschlossen, dass ein Netz überlastet wird. Klassische Funkmelder sind ausschließlich empfangende Endgeräte. D.h., auf eine empfangene Nachricht kann keine Antwort zurückgesendet werden. Auch das stellt sicher, dass eine Basisstation weder überlastet noch blockiert werden kann. Dies gilt ebenso für Funkmelder mit Rückmeldefunktion, die ihre Antworten und Statusmeldungen über einen separaten GSM-Kanal übertragen. Anders als Pocsag verwenden die zellbasierte Tetra- und GSM-Technik einen Punkt-zu-Punkt-Ansatz: Im Downlink adressiert die Basisstation jedes Endgerät einzeln und wird dadurch engpassanfällig. In zellbasierten Netzen kann ein plötzlicher Anstieg der Nutzerzahlen und des Datenaufkommens zur Überlastung einzelner Basisstationen und damit zu langen Verzögerungen führen.

Trägerfrequenzen

In vielen Ländern werden für die Pocsag-Alarmierung überwiegend Trägerfrequenzen im VHF-Bereich bei 136 – 174 MHz genutzt. Dieses verhältnismäßig tiefe Frequenzband bietet eine größere Übertragungsreichweite als Systeme im UHF-Bereich. Zudem durchdringen VHF-Signale Hindernisse wie Hausmauern signifikant besser. Damit benötigen Funknetze unter vergleich-

Dominik Schweizer ist Product Manager bei Swissphone in Samstagern, Schweiz

Bewertung der Leistungsbilanz (Linkbudget), eine stark von physikalischen und technischen Faktoren beeinflusste Größe. Hierzu zählen u.a. Radiofrequenz, gesendete Leistung und Modulationsart

	LTE	Tetra-Funkgerät	Tetra-Pager	Pocsag-Pager
Trägerfrequenz	700...2700 MHz	Typ. 380-430 MHz	Typ. 380-430 MHz	Typ. 136-174 MHz
Maximale Sendeleistung einer Basisstation	≤46 dBm (40W) @ BW=10 MHz	≤46 dBm (40W) 42 dBm (16W)	≤46 dBm (40W) 42 dBm (16W)	≤44 dBm (25W) 42 dBm (16W)
Kabeldämpfung (dB)	0,7 dB	1,3 dB	1,3 dB	0,7 dB
Antennengewinn Basisstation	Sektor, 16 dBi	5 dBi	5 dBi	Dipol, 2 dBi
Freiraumdämpfung (dB@20km)	116,5 dB	110,5 dB	110,5 dB	102,0 dB
Reserve für Polarisationsfehlpassung und frequenzselektiver Schwund (dB)	20 dB	20 dB	20 dB	20 dB
Gebäudedämpfung (dB)	10 dB	10 dB	10 dB	10 dB
Antennengewinn Empfänger	-6 dBi	0 dBi	-6 dBi	-11 dBi
Empfangsleistung (dBm)	-91,2 dBm	-94,8 dBm	-100,8 dBm	-99,7 dBm
Empfängersensitivität (typisch)	-105 dBm	-116 dBm	-116 dBm	-125 dBm
Reserve im Linkbudget (dB)	13,8 dB	21,2 dB	15,2 dB	25,3 dB

baren Umständen bei einer niedrigen Betriebsfrequenz (dedizierte Alarmierungsnetze) weniger Basisstationen für eine gleich gute oder gar bessere Funkversorgung als Funknetze auf höheren Betriebsfrequenzen (Tetra- und Mobilfunksysteme).

Praktische Anforderungen

Neben der erwähnten guten Funknetzabdeckung sowie der Innenfunkversorgung haben sich folgende Anforderungen an Alarmierungsnetze etabliert:

Resilienz

Es ist entscheidend, dass das Alarmierungsnetz nahezu 100 % verfügbar ist und jederzeit zuverlässig funktioniert. Durch eine physische Unabhängigkeit von öffentlichen Kommunikationsnetzen wie dem Internet kann ein Alarmierungsnetz leichter vor Ausfällen durch Cyberattacken oder Hacking geschützt werden.

Redundanz

Neben dem Alarmierungssystem werden während eines Einsatzes weitere unabhängig davon betriebene Kommunikationssysteme für die Sprachkommunikation (z.B. Tetra) und für den Austausch von Daten (z.B. LTE) verwendet. Falls das Sprechfunknetz ausfällt, kann der Disponent wenigstens über die Pager Einsatzorder und Informationen an alle oder einzelne Einsatzkräfte übermitteln. Neben dieser Systemredundanz wird Wert auf eine funktionale Redundanz innerhalb des Netzes gelegt. Dazu gehören die durchgängige Komponentenredundanz (Eingabesystem, Netzcontroller,

Hauptbasisstation) sowie zahlreiche operative Rückfallmodi (automatische Rufwiederholung, Mehrfachausendung, automatische Umschaltung der Basisstation auf Funkbetrieb bei Ausfall der TCP/IP-Strecke). Diese funktionale Redundanz erhöht wiederum die Resilienz des Systems.

Endgeräte

Bei Bränden, Unfällen oder anderen Einsätzen werden oft freiwillige Einsatzkräfte gerufen. Da diese ihre Alarmierungsgeräte rund um die Uhr bei sich haben, müssen sie möglichst angenehm zu tragen, handlich und robust sein. Zusätzlich sollten die Pager möglichst empfindlich sein, um ein Funksignal auch noch bei schwacher Netzabdeckung empfangen zu können – nicht zugestellte Alarme gefährden die Trageakzeptanz. In lärmiger Umgebung sollte die Alarmierung möglichst laut erfolgen und mit Vibration und Lichtrufen unterstützt werden. Eine lange Akkulaufzeit stellt sicher, dass der Pager bis zu mehreren Wochen einsatzfähig bleibt ohne Laden. Idealerweise wird ein Melder mit einer handelsüblichen Stromquelle betrieben, die einfach durch eine neue ersetzt werden kann.

Wirtschaftlichkeit

Eine flächendeckende dedizierte Alarmierungsinfrastruktur ermöglicht es, die Tetra-Sprechfunkabdeckung auf den Außenbereich bzw. die Kommunikation in Fahrzeugen zu beschränken. Eine teure, flächendeckende Innenfunkversorgung für das Sprechfunknetz ist daher aus der Sicht der Alarmierungsfunktion nicht überall notwendig. Eine andere Art der Kos-

teneinsparung wäre die Alarmierung per App über kommerzielle Mobilfunk-Breitbandnetze. Allerdings ginge das auf Kosten der Resilienz sowie der Redundanz und damit der Alarmierungssicherheit.

Technische Eckpunkte

Drei Verfahren – GSM/LTE, Tetra und Pocsag – können heute für die Alarmierung eingesetzt werden. Ihre physikalischen und technischen Unterschiede beeinflussen das Linkbudget, mit dem die empfangene Leistung am Endgerät beschrieben wird und die von der emittierten Leistung des Senders sowie der Gewinne und Verluste des Übertragungskanals bestimmt wird (siehe *Tabelle*).

Bei der Gebäudedurchdringung von Funkwellen spielen viele Faktoren eine Rolle. Obwohl schwierig zu verallgemeinern, ist die Gebäudedämpfung in modernen Gebäuden ca. 5 dB höher mit GSM (1.800 MHz) als mit Tetra (400 MHz) oder Pocsag (150 MHz). Pocsag-Pager verwenden im VHF-Bereich Magnetantennen, ausgeführt als Drahtwicklungen um einen Ferritkern oder als Metallrahmen. Diese sind besonders für am Körper bzw. am Gürtel getragene Geräte geeignet. Die Magnetfeldlinien werden in Körpernähe so umgelenkt, dass bei 150 MHz ein Gewinn von bis zu 6 dB möglich ist (Best-Position in Senderrichtung). Tetra-Pager verfügen typischerweise über integrierte Rahmenantennen oder kurze Spulenantennen, im UHF-Bereich trägt deren Gewinn lediglich noch etwa 3 dB (Best-Position in Senderrichtung). Tetra-Handfunkgeräte verwenden typischerweise kurze Spulen- oder

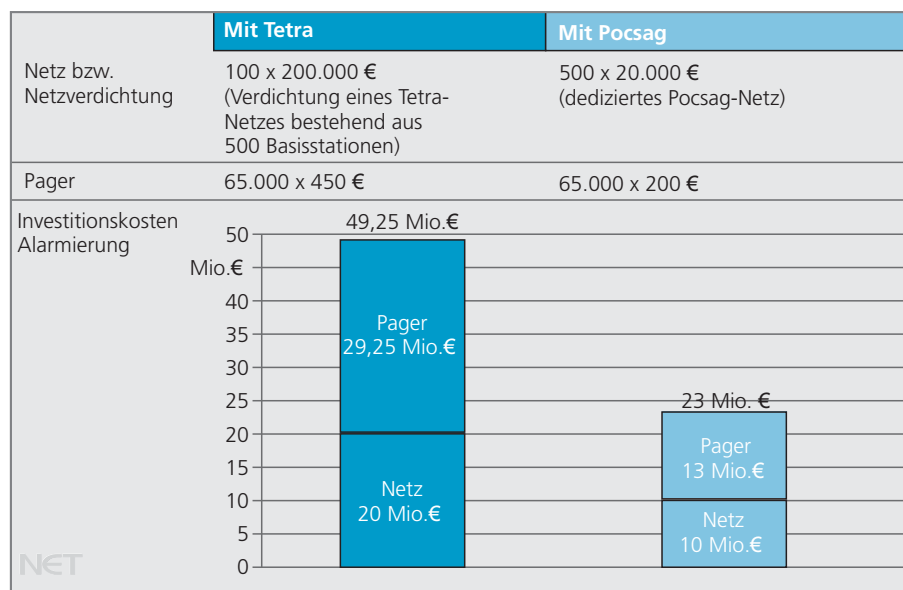


Bild 1: Es kostet weit weniger, ein vollständiges Pocsag-Netz inkl. Pocsag-Pager für die Alarmierung hinzuzufügen als die bestehende Tetra-Abdeckung auszubauen und Tetra-Pager zu beschaffen

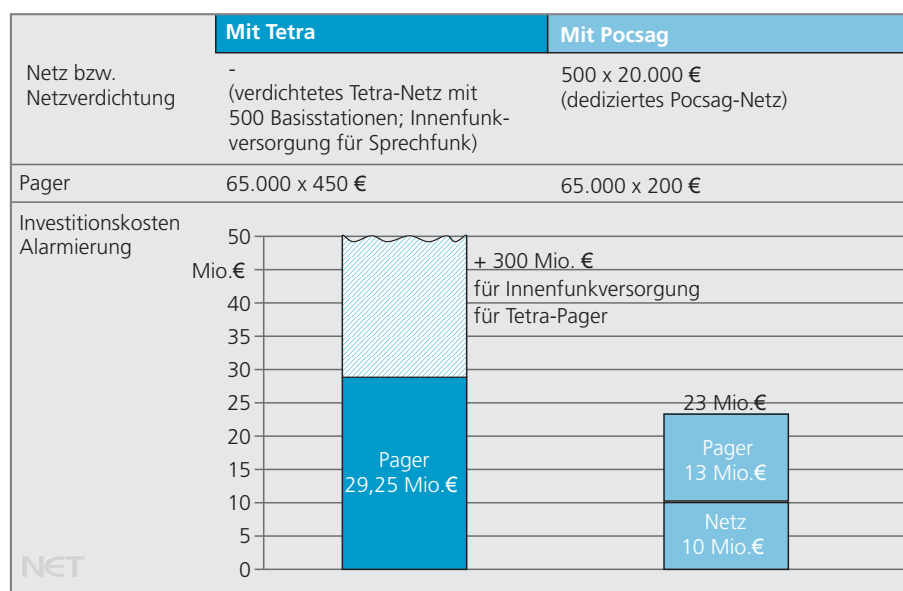


Bild 2: Vergleich der Investitionskosten bei einem bereits verdichteten Tetra-Netz mit 500 Basisstationen mit einer ausreichenden Indoor-Versorgung für Tetra-Funkgeräte. Auch hier übersteigen die Kosten der Tetra-Endgeräte die Kosten der Pocsag-Gesamtlösung. Rein rechnerisch würden weitere 1.500 Tetra-Basisstationen benötigt, um eine gleichwertige Indoor-Versorgung mit Tetra-Pagern zu erreichen

Stabantennen. Diese haben aufgrund ihrer aufgesetzten Bauart eine bessere Empfangsleistung, dafür haben sie aber horizontal keinen Gewinn. Pocsag-Basisstationen ermöglichen dank Rundstrahlantennen eine homogene Versorgung. GSM-Basisstationen verwenden typischerweise stark gerichtete Sektorantennen und weisen deshalb eine inhomogene Funkversorgung auf, bei der die Abdeckung außerhalb der Hauptfunkkeulen erheblich schwächer wird.

Pocsag hat auch einen Vorteil aufgrund seiner bipolaren FSK-Modulation. Bei LTE und Tetra sind verschiedene Modulationsarten vorgesehen. Aber die höherwertigen Modi (bis zu 64QAM für Tetra, bis zu 256QAM für LTE) erfordern einen größeren Rauschabstand, um vergleichbare Bitfehlerraten zu erreichen. Im Vergleich zu anderen Funkverfahren bieten Pocsag-Empfänger damit eine stabilere Empfangsleistung. Wird statt eines Tetra-Funkgeräts ein

Tetra-Pager für die Alarmierung verwendet, reduziert sich aufgrund der schlechteren Effizienz der integrierten Antenne die Reserve des Linkbudgets um bis zu 6 dB. Um das auszugleichen und die gleiche Empfangsqualität zu erreichen, müsste man rein rechnerisch vier Mal so viele Basisstationen installieren. Im Vergleich dazu liefert Pocsag etwa 10 dB mehr Reserve im Linkbudget als Tetra bei Verwendung von Tetra-Pagern. Eine Pocsag-Basisstation erreicht also rein rechnerisch die gleiche Funkabdeckung wie etwa zehn Tetra-Basisstationen.

Netzarchitekturen

Der Pocsag-Standard hat es Herstellern ermöglicht, für sicherheitsrelevante Anwendungen eine hochverfügbare Netzarchitektur zu entwickeln, die unabhängig von Drittsystemen funktioniert und zahlreiche Rückfallebenen aufweist. Selbst wenn z.B. ein IT-Zubringer ausfällt, können die Pocsag-Basisstationen weiterhin direkt miteinander über die Luftschnittstelle kommunizieren. Dieser Kommunikationsweg bleibt sogar dann offen, wenn die Leitstelle ausfällt oder wenn einige Basisstationen aufgrund von Ausfällen nicht mehr in Betrieb sind.

Bei Tetra- und LTE-Systemen benötigt der Großteil der Basisstationen seinen eigenen IT-Zubringer. So ist das Netz stark von der Integrität dieser Verbindungen abhängig. Die Netzverwaltung und Alarmverteilung geschieht bei Pocsag-Netzen hingegen über ein integriertes Funkprotokoll, wodurch keine IT-Zubringer erforderlich sind.

Die fortschrittlichsten Pocsag-Netze gehen noch einen Schritt weiter: Heute können praktisch beliebig viele dezentrale Eingabestellen (z.B. Feuerwachen oder Gemeindehäuser) direkt ans Alarmierungsnetz gekoppelt werden. Damit machen sie eine Zweibegekommunikation über die Luftschnittstelle zwischen Hauptleitstelle und dezentraler Leitstelle möglich. Moderne Alarmierungsnetze ermöglichen eine Netzstatusrückmeldung, wobei für jede einzelne Basisstation die Aussendebelegung und der Funktionszustand über eine dedizierte Funkschicht übermittelt werden. Des Weiteren gehört

es heutzutage zum Standard, dass moderne Alarmierungsnetze über ein Notstromkonzept für mehrere Tage oder Wochen verfügen.

Wirtschaftliche Betrachtungen

Um zu verstehen, weshalb die Pocsag-Alarmierung die wirtschaftlichste Funkversorgung aller Technologien bietet, muss die Situation sowohl aus der Sicht des Netzes als auch der Endgeräte betrachtet werden:

- Bei Pocsag-Netzen werden wegen der niedrigen Trägerfrequenz weniger Basisstationen für eine flächendeckende Funkversorgung benötigt als bei den anderen Verfahren im Vergleich.
- Pocsag-Pager sind empfindlicher als Tetra- oder LTE-Endgeräte.
- Pocsag-Netze erfordern aufgrund des drahtlosen, in einer dedizierten Funkschicht integrierten Zubringers keine drahtgebundenen Zubringer, was zu massiven Kosteneinsparungen führt.
- Pocsag-Basisstationen sind die kos-

tengünstigsten. Tetra- bzw. LTE-Basisstationen sind bis zu 30 Mal teurer. Ein Pocsag-Pager ist um den Faktor zwei bis drei günstiger als ein Tetra-Pager oder ein Smartphone.

Die Zahlen in den *Bildern 1 und 2* zeigen, dass jeweils separate Lösungen für die Alarmierung und die Sprachkommunikation günstiger sind als eine einzige kombinierte Lösung.

Hybride Ansätze

Um einen noch höheren Nutzen zu erreichen, lassen sich die Funkverfahren kombinieren. Ein Dualsystem, das Tetra mit einer unabhängigen Pocsag-Alarmierungslösung vereint, erhöht die Systemredundanz, wodurch das System entscheidend sicherer wird. Zudem bietet es wirtschaftliche Vorteile: Ein zusätzliches Pocsag-Alarmierungsnetz inkl. Pocsag-Pager ist kostengünstiger als die Beschaffung von Tetra-Pagern – die Kosten des bestehenden Tetra-Netzes nicht eingerechnet. Da ein bestehendes, auf Sprechfunk ausgelegtes Tetra-Netz für eine Alarmierung mit Te-

tra-Pagern jedoch verdichtet werden muss, wird der Kostenvorteil eines zusätzlichen Pocsag-Netzes noch größer. Eine andere Option ist der Einsatz von GSM-fähigen Pocsag-Pagern. Bei einem Listenpreis zwischen 300 und 400 € sind diese teurer als herkömmliche Pager. Die wiederkehrenden Kosten der GSM-Rückmeldefunktion liegen in der Größenordnung von 2 bis 3 € pro Monat pro Gerät. Diese Kosten können durch Einsparungen aus der Nutzung des Rückkanals ausgeglichen werden. Zum Beispiel hat die Feuerwehr Sankt Augustin mit 248 Freiwilligen Erwerbsausfallpauschalen in der Höhe von 53.500 € pro Jahr eingespart. Um diesen Betrag konnte die Entschädigung reduziert werden, welche die Stadtverwaltung an Arbeitgeber für deren Personalfreistellungen für Feuerwehreinsätze bezahlt – dank der Reduktion der Überalarmierung, welche die zeitnahe Rückmeldung der Freiwilligen mit dem Gerät ermöglicht. Der Nettonutzen durch die Rückkanal-pager beträgt im beschriebenen Fall 36.000 € jährlich. (bac)