

Frank Messenzehl  
Brandamtsrat  
Niedersächsische Akademie für Brand- und  
Katastrophenschutz

Taktische Gegenüberstellung der  
unterschiedlichen Gebäude- und  
Objektfunkversorgungsmöglichkeiten  
im Digitalfunk  
Facharbeit gemäß § 21 VAP2.2-Feu NRW

Nürnberg, den 20.12.2019

# Aufgabenstellung

Die Anforderungen der einzelnen Bundesländer an die Objektversorgung im Digitalfunk sind sehr unterschiedlich. Einige Bundesländer haben, wie NRW, keine konkreten Vorgaben, andere fordern nach dem Motto „Ein Netz für Alle“ explizit eine netzangebundene Lösung im TMO, damit auch Polizei und Rettungsdienst im Gebäude funken können.

Stellen Sie die grundsätzlichen Möglichkeiten der Objektversorgung im Digitalfunk, sowohl der netzangebundenen als auch der nicht netzangebundenen, aus taktischer Sicht der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr gegenüber.

Stellen Sie hierzu die Vor- und Nachteile der einzelnen Lösungen dar und beleuchten hierbei auch die Ausfallsicherheit, die Energieeffizienz und die Kostenbelastung für den Gebäudeeigentümer.

Sind nach Ihrer Meinung landes- oder sogar bundesweite Vorgaben erforderlich?

## Kurzfassung

Bei Feuerwehreinsätzen in räumlich ausgedehnten Objekten kann zur Sicherstellung der Kommunikation eine Objektfunkanlage genutzt werden. Je nach Anlagentyp kann sie netzabhängig (TMO-Anlage) oder netzunabhängig (DMO-1a-, DMO-1b-Repeater oder TMOa-Anlage) ausgeführt sein. Taktische Anforderungen an die Objektfunkanlage sind die Bildung von Rufgruppen, um die Einsatzstellenstruktur kommunikativ abbilden zu können. Dazu kommen die Nutzung der Notruffunktion und die Möglichkeit eines Gruppenrufs. Eine Information bei fehlender Verbindung zur Objektfunkanlage sollte verfügbar sein. Die Anlage sollte von allen Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben genutzt werden können. Diese Anforderungen werden von allen Anlagentypen erreicht. Für räumlich ausgedehnte Objekte mit mehr als zwei Rufgruppen können nur TMOa- oder TMO-Anlagen genutzt werden. Sollte für den Rettungsdienst eine direkte Funkanbindung zur Leitstelle gefordert sein, kommt nur eine TMO-Anlage in Betracht. Aktuell wird die Kommunikation aus Objekten beim Rettungsdienst mit Mobiltelefonen durchgeführt.

Im Bereich der Ausfallsicherheit ist von einer hohen anlagentechnischen Sicherheit auszugehen. Die meisten Komponenten sind redundant ausgeführt oder besonders geschützt. Konkrete Vorgaben zur Ausfallsicherheit oder zur Verfügbarkeit werden nicht gestellt.

Bei der Erstellung der Objektfunkanlage sollte die Projektierung bereits in der Bauphase erfolgen. Die Baukosten für Büro- und Verwaltungsgebäude liegen bei ca. 2000 € pro Quadratmeter Nutzfläche für das Objekt und die Installation der Gebäudeausstattung. Die Objektfunkanlage kostet bei der Nutzung einer TMO-DMO-Kombination im ungünstigsten Fall 12,50 € pro Quadratmeter Nutzfläche. Einzelne Objektfunkanlagen können zwischen 1,90 € und 9,20 € pro Quadratmeter Nutzfläche kosten. Bei Anlagen mit einer Kabellänge von ca. 800 – 1.200 Meter müssen Verteilsysteme in die Anlage integriert werden. Dies führt zu einer Kostensteigerung. Die TMO-Anlage ist aufgrund des Dauerbetriebs in der Energieeffizienz die schlechteste Lösung. Bei TMOa- und DMO-1b-Anlagen sollte ein Gleichwellenverteilsystem einem optischem Verteilsystem aus Gründen der Energieeffizienz vorgezogen werden.

Landes- oder bundesweite Vorgaben existieren über die BDBOS, die Autorisierten Stellen der Bundesländer, die Brandschutzdienststellen und die Feuerwehren. Aus Sicht des Verfassers wäre es zielführend, wenn sich alle Beteiligten unter der Federführung der BDBOS zusammenschließen würden. In diesem Gremium werden die taktischen Anforderungen mit den technischen Möglichkeiten und Folgen verglichen. Die Brandschutzdienststellen und Feuerwehren könnten die für ihr Einsatzkonzept sinnvollste Lösung auswählen. Für Hersteller besteht die Möglichkeit, technische Neuerungen einzubringen. Über die Standardisierung der Anforderungen werden die Produkte vereinheitlicht und die Kosten würden sinken.

## Inhalt

1	Einleitung .....	5
2	Taktische Anforderungen an die Funkkommunikation .....	6
2.1	Anforderung an die Funkkommunikation im Einsatz nichtpolizeilicher Gefahrenabwehr .....	6
2.2	Anforderungen der BDBOS an Objektfunkanlagen .....	7
2.3	Zusammenfassung der taktischen Anforderungen an Objektfunkanlagen .....	8
3	Objektfunkanlagen .....	10
3.1	Bestandteile einer Objektfunkanlage .....	10
3.2	Netzabhängige Objektfunkanlage .....	10
3.2.1	TMO-Objektfunkanlage .....	10
3.3	Netzunabhängige Objektfunkanlagen .....	11
3.3.1	DMO-1a-Repeater .....	11
3.3.2	DMO-1b-Repeater .....	11
3.3.3	Autarke Basisstationen in der Objektversorgung (TMOa-Anlagen) .....	12
3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	13
4	Beurteilung der Ausfallsicherheit .....	15
5	Kostenbelastung und Energieeffizienz .....	17
6	Sind landes- oder bundesweite Vorgaben zur Errichtung von Objektfunkanlagen erforderlich? .....	19
7	Verweise .....	21
	Tabellenverzeichnis .....	23
	Symbolverzeichnis .....	24
	Anhang .....	25
	Eidesstattliche Erklärung .....	26
	Datenträger .....	27

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

# 1 Einleitung

Bei Feuerwehreinsätzen muss in kurzer Zeit mit unvollständigen Informationen ein Entschluss getroffen werden, der über Leben oder Tod von Menschen entscheiden kann. Die Einsatzstellen können in der Anfangsphase nicht vollständig erkundet werden, Einsatzkräfte bewegen sich unter Atemschutz in giftiger Atmosphäre und eine größere Anzahl an Kräften muss koordiniert werden. Dazu müssen die Einsatzkräfte der Feuerwehr schnell und zuverlässig kommunizieren können. Um dies sicherzustellen werden in der Regel Funkgeräte eingesetzt. Die Feuerwehrdienstvorschrift (FwDV) 7 schreibt vor, dass jeder Atemschutztrupp über ein Funkgerät verfügen muss und weiterhin eine Funkverbindung zur Atemschutzüberwachung und zu dem Einheitsführer sichergestellt werden muss. Ist das nicht gewährleistet, muss ein Sicherheitstrupp eingesetzt werden, bis eine Sprechfunkverbindung besteht oder der Trupp gefunden wurde. Um die Funkverbindung zu gewährleisten sollte in größeren Gebäuden eine Gebäude- oder Objektfunkanlage eingebaut werden. Im Folgenden wird Objektfunkanlage als Synonym für Gebäudefunkanlagen genutzt. In der Vergangenheit wurden durch die Arbeitsgemeinschaft Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF) Bund zwei 2-Meter-Band-Kanäle zur Nutzung empfohlen [1].

1996 wurde durch die Innenministerkonferenz die Errichtung eines einheitlichen Digitalfunknetzes beschlossen. 2007 wurde die Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) gegründet. Seit 2013 steht das Kernnetz deutschlandweit zur Verfügung. Ab 2016 befindet sich das BOS-Digitalfunknetz bundesweit im Wirkbetrieb [2]. Bei den BOS wird zunehmend der Digitalfunk genutzt. Dieser kann im Netzbetrieb (Trunked Mode Operation) oder netzunabhängig (Direct Mode Operation) genutzt werden. Damit stellt sich die Frage, wie die Umrüstung von Objektfunkanlagen auf Digitalfunk umgesetzt werden soll. Teilweise werden alte 2-Meter-Band Objektfunkanlagen weiter betrieben und die zuständige Feuerwehr hält entsprechende Handfunkgeräte vor. Andere Brandschutzdienststellen fordern digitale Objektfunkanlagen. Diese können in verschiedenen Ausführungen errichtet werden.

Im Rahmen dieser Facharbeit werden als erstes die generellen taktischen Anforderungen an die Funkkommunikation im Einsatz bei nichtpolizeilichen Gefahrenabwehrbehörden ermittelt. Diese werden mit den Möglichkeiten der verschiedenen Betriebsarten des Digitalfunks verglichen und zeigen, welche taktischen Anforderungen in welcher Betriebsart möglich sind. Danach wird erläutert, welche Möglichkeiten die verschiedenen Betriebsarten mit den jeweiligen Anlagentypen leisten können. Diese werden den taktischen Anforderungen gegenübergestellt. Ergänzend werden die Anforderungen an die Ausführung der Objektfunkanlage beschrieben, die die Ausfallsicherheit beeinflussen. Anschließend wird die Kostenbelastung für die Eigentümer von Objektfunkanlagen betrachtet. Als letztes wird sich mit der Frage beschäftigt, ob landes- oder bundesweite Vorgaben erforderlich sind. Die rechtlichen Grundlagen, die zur Forderung einer Objektfunkanlage führen, werden nicht thematisiert.

## **2 Taktische Anforderungen an die Funkkommunikation**

### **2.1 Anforderung an die Funkkommunikation im Einsatz nichtpolizeilicher Gefahrenabwehr**

Die FwDV 100 führt aus, dass eine Einsatzstelle in (Einsatz-)Abschnitte gegliedert werden kann und die Kommunikationsmittel wichtige Führungsmittel sind. FwDV 810 beschreibt, dass die Kommunikation vorzugsweise im TMO-Betrieb erfolgen soll. Dem entgegen stehen aktuell die Hinweise einiger Bundesländer zur Nutzung des Digitalfunks. In Hessen wird der Einsatzstellenfunk in der Regel im DMO-Betrieb durchgeführt. Bei Fällen, die eine erweiterte Flächenversorgung erfordern, wie Wasserförderung über lange Wege, Pendelverkehr oder bei der obersten Führungsebene mit Abschnittsbildung ist der TMO-Betrieb vorgesehen [3]. Rheinland-Pfalz empfiehlt die Nutzung des TMO-Betriebs im Außeneinsatz, beim Innenangriff und ohne Netzanbindung den DMO-Betrieb [4]. In Sachsen soll der Einsatzstellenfunk in der Regel im DMO-Betrieb und der Einsatzführungs- und Leitstellenfunk im TMO-Betrieb durchgeführt werden [5]. Eine bundesweite Aussage, welche Betriebsart für Einsatzstellenfunk genutzt werden soll, ist nicht möglich. Bei dem Fahrzeugfunk ist in allen Bundesländern die Betriebsart TMO vorgesehen.

Die FwDV 810 beschreibt weiter, dass bei der Funkkommunikation vorrangig die Gruppenkommunikation zu nutzen ist. Alle Teilnehmer einer Rufgruppe sind durch Sprechen oder Mithören beteiligt. Die Gruppenkommunikation hat eine verdrängende Wirkung gegenüber der Einzelkommunikation. Einzelkommunikation erfolgt zwischen zwei Teilnehmern, ohne dass weitere Teilnehmer mithören können. Im DMO-Betrieb ist die Einzelkommunikation möglich, wenn sich beide Teilnehmer in derselben Rufgruppe befinden. Diese wird komplett belegt. Die Notruffunktion im DMO-Betrieb kann das Einzelgespräch unterbrechen. Bei einem Notruf wird automatisch eine Sprachverbindung in die aktive Rufgruppe aufgebaut und Freisprechen aktiviert. Die Teilnehmerkennung wird übertragen. Bei Betätigung der Sprechaste, wird die des Notrufenden priorisiert. Im TMO-Betrieb wird bei einem Notruf eine Sprachverbindung zu einer zuständigen Stelle aufgebaut, die Freisprecheinrichtung in der Rufgruppe oder in einer definierten Rufgruppe aktiviert, und andere Gespräche in dieser Rufgruppe unterbrochen. Im TMO-Betrieb ist Telefonie möglich.

Die Einsatzabschnitte müssen mit Kommunikationsmitteln an die Einsatz- oder Abschnittsleitung angebunden werden, z.B. über einen Führungskanal und gleichzeitig innerhalb der taktischen Einheit untereinander kommunizieren können. In der Literatur wird empfohlen, pro Löschzug einen „Arbeitskanal bzw. Arbeitsgruppe“ zu etablieren und die Führungskräfte über einen „Führungskanal bzw. Führungsgruppe“ [6] anzubinden. Das heißt, es müsste für jeden Löschzug eine Arbeitsgruppe und für alle Führungskräfte eine Führungsgruppe zur Verfügung stehen.

Der Rettungsdienst benutzt im Fahrzeug den TMO-Betrieb. Nach dem Verlassen des Fahrzeuges waren die Besatzungen zu Zeiten des analogen Funks nur über Funkmeldeempfänger oder Mobiltelefon zu erreichen. Mit Einführung des Digitalfunks

kann, wenn ein Handsprechfunkgerät (HRT / Handheld Radio Terminal) mitgeführt wird und Netzanbindung besteht, mit der Leitstelle kommuniziert werden. In den meisten Fällen erfolgt jedoch die Nachforderung weiterer Kräfte oder die Voranmeldung von Patienten über ein Mobiltelefon. Sollte im regulären Betrieb die Notruf Funktion genutzt werden, müsste diese an die Leitstelle erfolgen. Bei einem Massenanfall von Verletzten / Erkrankten (ManV) könnte der Einsatzstellenfunk für Rettungsdienst Einheiten im DMO-Betrieb abgebildet werden. Diese könnten zum Beispiel zur Koordination von Tragetrupps oder Behandlungsplätzen genutzt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für eine Funkkommunikation an der Einsatzstelle eine Verbindung innerhalb der taktischen Einheit sowie zu den über- und untergeordneten Einheiten möglich sein muss. Vorzugsweise soll eine Gruppenkommunikation erfolgen. Weiterhin soll das Funkkonzept mit Arbeits- und Führungsgruppen die Einsatzstellenstruktur abbilden. Ergänzend sollte die Kommunikation zwischen den verschiedenen BOS möglich sein. Bei lebensbedrohlichen Einsatzlagen der Polizei ist somit eine schnelle und sichere Kommunikation zwischen den BOS notwendig, damit unsichere Bereiche und Ähnliches ausgetauscht werden können. Eine Verbindung zur Leitstelle erfolgt entweder direkt im TMO-Betrieb oder mittels „manueller Übertragung“ durch Einsatzkräfte an Fahrzeugen. Die Kommunikation an der Einsatzstelle erfolgt aktuell überwiegend verbal. Statusmeldungen werden nur für Fahrzeuge erfasst. Die Nutzung von Textmeldungen (SDS / Short Data Service) wird aktuell nicht für einzelne Einsatzkräfte genutzt. Auf Selbstverständlichkeiten, wie die verständliche Übertragung von Sprache, wird nicht eingegangen, da beide Betriebsarten diese sicherstellen sollten.

## 2.2 Anforderungen der BDBOS an Objektfunkanlagen

Die BDBOS als oberste Genehmigungsbehörde und Kontrollinstanz [7] im Digitalfunk hat einen Leitfaden zur Planung und Realisierung von Objektfunkversorgungen veröffentlicht [8]. In diesem beschreibt sie, dass mit dem Aufbau des Digitalfunks für alle BOS-Kräfte ein Funknetz für alle zur Verfügung stehen soll. Bei Objektfunkanlagen in der Betriebsart DMO erfolgt das Einschalten in der Regel nur im Einsatzfall. Damit steht die Anlage nicht zur Nutzung für andere BOS zur Verfügung. Nach Ansicht der BDBOS „sollte angestrebt werden, eine netzangebundene Versorgung auch in Gebäuden sicherzustellen und von diesem Grundsatz nur dort abzuweichen, wo eine Netzanbindung nicht bzw. nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand realisiert werden kann oder die Nutzung der Anlage tatsächlich nur durch eine BOS (Feuerwehr) zu erwarten ist“. Die taktischen / betrieblichen Anforderungen an das Digitalfunknetz, die aus Sicht der BDBOS in Objekten erfüllt sein müssen, gliedern sich in Anforderungen, die durch TMO- und DMO-Anlagen erfüllt werden. Die im TMO- und DMO-Betrieb zur Verfügung stehenden Funktionen werden nicht betrachtet, da sie in beiden Betriebsarten erfüllt werden. Im TMO-Betrieb sind folgende Funktionen nutzbar, die im DMO-Betrieb nicht zur Verfügung stehen:

- Einzelruf und Telefonie
- Führung über Leitstellen / Priorisierung der Leitstellen

- SDS-Funktionalitäten / Alarmierung / Übermittlung von taktischen Statusmeldungen
- Bildung von funktionalen dynamischen Gruppen

Die BDBOS sieht im TMO-Betrieb den Vorteil des Einzelrufs und der Telefonie. Der Einzelruf ist technisch im DMO-Betrieb möglich, blockiert jedoch die genutzte Rufgruppe. In Hessen ist beispielsweise die Nutzung von Telefonie und (Vollduplex-) Einzelruf untersagt [3]. Im Einsatzgeschehen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr wird diese Funktion selten bis nicht genutzt.

Das Führen über Leitstellen ist bei der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr unüblich, da der Einsatzleiter sich vor Ort begibt. Die Kommunikation mit der Leitstelle wird mittels Personals eines Fahrzeuges, welches sich mit dem Fahrzeugfunkgerät (MRT / Mobile Radio Terminal) im TMO-Modus befindet, sichergestellt. Dies wäre bei Objektfunkanlagen z.B. ein Führungsfahrzeug im Außenbereich des Objekts. Bei Freiwilligen Feuerwehren oder Berufsfeuerwehren, bei denen der Führungsdienst alleine mit einem Kommandowagen an die Einsatzstelle fährt, wäre der Vorteil bei den TMO-Anlagen, dass er aus dem Objekt heraus eine Rückmeldung oder eine Nachforderung zur Leitstelle absetzen könnte. Sollte er diese über ein Mobiltelefon absetzen, können andere Einheiten auf der Anfahrt die Rückmeldung nicht mithören. Für den Rettungsdienst könnten sich aus einer direkten Anbindung ihres HRT an die Leitstelle Vorteile ergeben, da beispielsweise eine Nachforderung weiterer Kräfte nach Verlassen des Fahrzeuges möglich wäre. Für die Polizei, die überwiegend im TMO-Betrieb kommuniziert, wäre die Möglichkeit zur direkten Kontaktaufnahme mit der einsatzführenden Stelle von Vorteil, alternativ könnten Telefone benutzt werden.

Die Priorisierung der Leitstelle wird im TMO-Fahrzeugfunk umgesetzt. SDS-Funktionalitäten, Alarmierung und die Übermittlung von taktischen Statusmeldungen werden bei Feuerwehr und Rettungsdienst zum jetzigen Stand für Fahrzeuge genutzt. Bei Einsatzkräften (unter Atemschutz) mit entsprechender Schutzausrüstung wäre das Eingeben von Statusmeldungen sowie das Lesen unter schwierigen Sichtbedingungen nicht möglich. Die Möglichkeit SDS im DMO-Betrieb zu versenden besteht. Die Bildung von dynamischen Gruppen ist eine interessante Möglichkeit. Bei einem Atemschutznotfall könnten die verunfallten Einsatzkräfte und die Sicherheitstrupps durch die Leitstelle ohne Handlung der Einsatzkräfte auf eine Gruppe geschaltet werden. Dies hätte ebenfalls Vorteile bei einer nachträglichen Strukturierung der Einsatzstelle bzw. bei unvorhergesehenen Lageänderungen.

### **2.3 Zusammenfassung der taktischen Anforderungen an Objektfunkanlagen**

Die Anforderungen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr sind wie beschrieben: die Möglichkeit zur Bildung von Rufgruppen nach den Gesichtspunkten der Einsatzstellengliederung. Dies ist eine taktische Mindestanforderung an Objektfunkanlagen. Die direkte Anbindung von Einsatzkräften an die Leitstelle wird aktuell nicht genutzt. Es könnte bei geringen Personalreserven zukünftig Vorteile haben, wenn Führungskräfte ohne Führungsassistent an der Einsatzstelle eintreffen. Sie könnten direkt aus dem Objekt Rückmeldungen absetzen. Statusmeldungen der

Leitstelle für Einsatzkräfte werden aktuell nicht genutzt. Diese Funktion könnte ebenfalls zukünftig relevant werden, wenn beispielsweise ein Räumungsalarm an Einsatzkräfte übermittelt werden könnte. Die Bildung dynamischer Gruppen könnte zukünftig Vorteile bieten.

Die BDBOS sieht den TMO-Betrieb als die zukünftige Kommunikationsart an. Für diesen spricht die Nutzbarkeit für Polizei und Rettungsdienst und die Möglichkeit der Bildung funktionaler dynamischer Gruppen und dem Versand von SDS an alle Einsatzkräfte. Im DMO-Betrieb müssen die Rufgruppen statisch über die Auswahl an den Endgeräten eingestellt werden. Je nach Größe und Nutzung des Objekts sollten mehrere Rufgruppen zur Verfügung stehen, um die Kommunikation der Einsatzstellengliederung anzupassen und die einzelnen Rufgruppen zu entlasten.

Aus Sicht des Verfassers sollte eine Information an den Gerätenutzer erfolgen, wenn er nicht mehr in der Objektfunkanlage eingebucht ist. Dies sollte aufgrund der Ausmessung und Planung der Objektfunkanlage nicht passieren, sollte es trotzdem vorkommen, wäre die Kommunikation mit anderen, eingebuchten Einsatzkräften, nicht mehr möglich [9]. Weiterhin könnte die Objektfunkanlage im Betrieb ausfallen, was durch den Hinweis am HRT den einzelnen Trupps angezeigt würde.

Zur Übersicht der taktischen Anforderungen an eine Objektfunkanlage werden die Möglichkeiten der Betriebsart erfasst und ihre Wichtigkeit für die nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr bewertet.

	Feuerwehr		Rettungsdienst	
	notwendig	wünschenswert	notwendig	wünschenswert
Bildung mehrerer statischer Rufgruppen	X		X	
Bildung mehrerer dynamischer Rufgruppen		X		X
SDS-Versand innerhalb der Rufgruppe		X		X
SDS-Versand durch Leitstelle an Einsatzkräfte		X		X
Direkte Sprachverbindung zwischen Leitstelle und Einsatzkräften		X	X	
Notruffunktion innerhalb der Rufgruppe	X			X
Notruffunktion mit direkter Sprachverbindung zur Leitstelle		X	X	
Möglichkeit des Gruppenrufs	X		X	
Möglichkeit des Einzelrufs		X		X
Möglichkeit der Telefonie		X		X
Führung über Leitstellen / Priorisierung der Leitstellen		X		X
Information bei Einbuchung in Objektfunkanlage	X		X	
Information bei fehlender Einbuchung in die Objektfunkanlage	X		X	
Nutzung der Rufgruppen für alle BOS	X		X	

Tabelle 1: Übersicht der taktischen Anforderungen an Objektfunkanlagen

## 3 Objektfunkanlagen

Größere Objekte, bei denen eine Funkverbindung zwischen den Einsatzkräften im Objekt untereinander und zu Führungskräften im Nahbereich um das Objekt nicht sichergestellt werden kann, wird durch die Brandschutzdienststelle oder aufgrund von Rechtsvorschriften eine Objektfunkanlage gefordert. Grundsätzlich gibt es netzabhängige (TMO-Anlagen) und netzunabhängige (TMOa- und DMO-Anlagen) Objektfunkanlagen. Ergänzend zu den Beschreibungen der Anlagentypen aus taktischer Sicht, wird ausgeführt, was bei dem Ausfall der Objektfunkanlage passiert.

Die Art der Anbindung von TMO-Objektfunkanlagen an die Basisstation (BS) wird nicht berücksichtigt. Diese werden durch die Autorisierte Stelle des Bundeslandes in Verbindung mit der BDBOS festgelegt. Auf die Vor- und Nachteile der verschiedenen Arten der Anbindung wird nicht eingegangen.

### 3.1 Bestandteile einer Objektfunkanlage

Die Bestandteile einer Objektfunkanlage sind Repeater in der jeweiligen Betriebsart, die Systemsteuerung, das Netzteil mit Notstromversorgung, einem Koppelfeld „zum Vermitteln und Durchschalten von digitalen und analogen Signalen“ [10] und Antennen. Als Hochfrequenz-Komponente werden Schlitzbandkabel oder Hochfrequenz-Antennen verwendet. Ab ca. 800 – 1.200 Meter Länge des Verteilnetzes, muss eine optische Master Unit (OMU) installiert werden. Die OMU wandelt elektrische Signale in optische und verteilt sie über Lichtwellenleiter (LWL) an Remote Units. Diese wandeln die Signale wieder in elektrische Signale und verteilen sie auf Antennen oder Schlitzbandkabel [8]. Alternativ gibt es Terrestrial Trunked Radio (TETRA) Gleichwelle. Statt der OMU und Remote Units werden Range Extender Master (RE-Master) und Range Extender Slave (RE-Slave) verwendet [11]. Das optische Verteilsystem ist für TMO-, TMOa- und DMO-1b-Betrieb, die Gleichwelle für TMOa- und DMO-1b-Betrieb geeignet.

### 3.2 Netzabhängige Objektfunkanlage

#### 3.2.1 TMO-Objektfunkanlage

Die Bildung von statischen und dynamischen Rufgruppen ist möglich. Die Anzahl der Trägerfrequenzen wird durch die Anbinde-BS vorgegeben. Insgesamt können in Abhängigkeit von der BS bis zu 31 Rufgruppen gleichzeitig kommunizieren [12]. Die Kommunikation zwischen der Leitstelle und Einsatzkräften sowie zwischen Einsatzkräften ist, wie das Versenden von SDS zwischen den Einsatzkräften und der Leitstelle und zwischen Einsatzkräften, möglich. Gruppenruf, Einzelruf und Telefonie stehen technisch uneingeschränkt zur Verfügung. Die Anlagen stehen allen BOS zur Verfügung.

Bei Ausfall der Anbindung der BS an die Vermittlungsstelle, würde die BS in den Fallback Modus schalten [13]. Nur in der BS der Objektfunkanlage eingebuchte Endgeräte könnten kommunizieren. Bei Ausfall der BS wäre keine Kommunikation im TMO-Betrieb möglich, es müsste auf DMO-Betrieb geschaltet werden. Dann kann

innerhalb der Reichweite der Endgeräte kommuniziert werden. Die Objektfunkanlage wäre nicht mehr nutzbar.

Die Nutzung des strahlenden Antennenkabelnetzes ist unbegrenzt möglich, da ein Verstärkersystem genutzt werden kann. Bei schlechter Planung und Einbringung in Objekte kann es zu einer Rückwirkung auf das TMO-Netz kommen und Frequenzänderungen müssen im Repeater umgesetzt werden. Die Anlage muss immer aktiv (eingeschaltet) sein. Dadurch werden Störungen in der Anlage frühzeitig erkannt. Weiterhin führt die Netzanbindung zu einer erhöhten Anforderung an das Netzwerkmanagement und zur Erhöhung des Serviceaufwandes. Durch die Nutzung des Digitalfunknetzes wird dieses stärker belastet [8]. „Um die Überlastung der Netzkapazitäten zu erkennen, bedarf es einer permanenten Übersicht über die Anzahl der genutzten Rufgruppen. Diese müssen mit den technischen Möglichkeiten der örtlichen Basisstationen in Einklang gebracht werden“ [13]. Dies könnte insbesondere bei größeren Einsätzen mit verschiedenen Behörden zur Gefahrenabwehr ohne einheitliches Kommunikationsmanagement zu Problemen führen. Bei Störungen der Objektfunkanlage würden diese in das Digitalfunknetz übertragen. Die Sonderfälle der passiven Einkopplung mit gerichteter Außenantenne und eine eigene Basisstation im Objekt werden nicht berücksichtigt.

### **3.3 Netzunabhängige Objektfunkanlagen**

#### **3.3.1 DMO-1a-Repeater**

Die Bildung von statischen Rufgruppen ist möglich. In dem Fleetmappingkonzept der BDBOS werden sechs Kanäle mit drei Kanalpaaren festgelegt [5]. Teilweise werden in Landeskonzepten nur zwei Rufgruppen für diesen Repeatermodus zugewiesen [6]. Die Kommunikation zwischen der Leitstelle und Einsatzkräften ist, wie das Versenden von SDS zwischen den Einsatzkräften und der Leitstelle, nicht möglich. Gruppenruf, Einzelruf und SDS Versand innerhalb einer Rufgruppe stehen zur Verfügung. Der Einzelruf blockiert eine Rufgruppe. Telefonie ist nicht nutzbar. Die Anlagen stehen nach der Aktivierung allen BOS zur Verfügung.

Die Nutzung des strahlenden Antennenkabelnetzes ist auf ca. 800 – 1.200 Meter Länge begrenzt, da die Verteilung über ein Verstärkersystem nicht möglich ist. Die Anlage ist in der Regel ausgeschaltet und wird manuell oder über eine Brandmeldeanlage (BMA) aktiviert. Die Anlage steht primär der Feuerwehr zur Verfügung. Endgeräte, die in der Objektfunkanlage eingebucht sind, können nicht mit Endgeräten kommunizieren, die nicht eingebucht sind [9]. Bei Ausfall der Objektfunkanlage kann innerhalb der Reichweite der Endgeräte ohne Schaltvorgang kommuniziert werden. Die Netzkapazität wird aufgrund der Insellösung nicht belastet. Störungen der Anlage werden nicht ins Funknetz übertragen.

#### **3.3.2 DMO-1b-Repeater**

Die Bildung von statischen Rufgruppen ist möglich. In dem Fleetmappingkonzept der BDBOS wird ein Frequenzpaar zugewiesen, ein zweites kann auf Anforderung zugeteilt werden [8]. Es können entsprechend maximal zwei Rufgruppen genutzt werden. Aus Gründen der Frequenzökonomie soll der Einbau dieses Anlagentyps auf

Ausnahmefälle beschränkt werden [8]. Die Kommunikation zwischen der Leitstelle und Einsatzkräften ist, wie das Versenden von SDS zwischen den Einsatzkräften und der Leitstelle, nicht möglich. Gruppenruf, Einzelruf und SDS Versand innerhalb der Rufgruppe stehen zur Verfügung. Der Einzelruf blockiert eine Rufgruppe. Telefonie ist nicht nutzbar. Die Anlagen stehen nach der Aktivierung allen BOS zur Verfügung.

Die Nutzung des strahlenden Antennenkabelnetzes ist skalierbar dem Objekt anpassbar, da ein Verstärkersystem genutzt werden kann. Die Anlage ist in der Regel ausgeschaltet und wird manuell oder über eine BMA aktiviert. Die Anlage steht primär der Feuerwehr zur Verfügung. Endgeräte, die in der Objektfunkanlage eingebucht sind, können nicht mit Endgeräten kommunizieren, die nicht eingebucht sind [9]. Die Netzkapazität wird aufgrund der Insellösung nicht belastet. Störungen werden nicht ins Funknetz übertragen.

### **3.3.3 Autarke Basisstationen in der Objektversorgung (TMOa-Anlagen)**

Die Bildung von statischen Rufgruppen ist möglich. Die BDBOS weist diesem Anlagentyp maximal zwei Frequenzpaare zu. Es können aufgrund der komprimierten Versendung von Sprachnachrichten (sogenannte Zeitschlitz) bis zu sieben Rufgruppen gleichzeitig kommunizieren. Ein Zeitschlitz wird für organisatorische Zwecke genutzt [12]. Die Kommunikation zwischen der Leitstelle und Einsatzkräfte ist, wie das Versenden von SDS zwischen den Einsatzkräften und der Leitstelle, nicht möglich. Gruppenruf, Einzelruf, Telefonie und SDS Versand innerhalb der Rufgruppe stehen zur Verfügung. Die Anlagen stehen nach der Aktivierung allen BOS zur Verfügung.

Die Nutzung des strahlenden Antennenkabelnetzes ist skalierbar dem Objekt anpassbar, da ein Verstärkersystem genutzt werden kann. Die Anlage ist in der Regel ausgeschaltet und wird manuell oder über eine BMA aktiviert. Die Anlage steht primär der Feuerwehr zur Verfügung. Endgeräte, die in der Objektfunkanlage eingebucht sind, können nicht mit Endgeräten kommunizieren, die nicht eingebucht sind [9]. Bei Ausfall der Objektfunkanlage ist keine Kommunikation mehr möglich, es müsste auf DMO-Betrieb geschaltet werden. Dann kann innerhalb der Reichweite der Endgeräte kommuniziert werden. Die Netzkapazität wird aufgrund der Insellösung nicht belastet. Störungen werden nicht ins Funknetz übertragen.

### 3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zur Übersicht werden die taktischen Anforderungen in Tabellenform mit der jeweiligen Objektfunkanlage verknüpft.

	Feuerwehr		Rettungsdienst		Objektfunkanlage
	notwendig	wünschenswert	notwendig	wünschenswert	
Bildung mehrerer statischer Rufgruppen	X		X		TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
Bildung mehrerer dynamischer Rufgruppen		X		X	TMO
SDS-Versand innerhalb der Rufgruppe		X		X	TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
SDS-Versand durch Leitstelle an Einsatzkräfte		X		X	TMO
Direkte Sprachverbindung zwischen Leitstelle und Einsatzkäften		X	X		TMO
Notruffunktion innerhalb der Rufgruppe	X			X	TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
Notruffunktion mit direkter Sprachverbindung zur Leitstelle		X	X		TMO
Möglichkeit des Gruppenrufs	X		X		TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
Möglichkeit des Einzelrufs		X		X	TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
Möglichkeit der Telefonie		X		X	TMO
Führung über Leitstellen / Priorisierung der Leitstellen		X		X	TMO
Information bei Einbuchung in Objektfunkanlage	X		X		TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
Information bei fehlender Einbuchung in die Objektfunkanlage	X		X		TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b
Nutzung der Rufgruppen für alle BOS	X		X		TMO, TMOa, DMO-1a, DMO-1b

Tabelle 2: Leistungsmerkmale der verschiedenen Objektfunkanlagen

Die grundlegenden Anforderungen der Feuerwehr werden von allen Objektfunkanlagen erreicht. Bei den Anforderungen des Rettungsdienstes müsste eine TMO-Anlage gefordert werden, um die Kommunikation mit der Leitstelle sicherstellen zu können. Dies wäre für die Polizei ebenfalls von Vorteil. Der Verfasser stellt sich die Frage, wie der Rettungsdienst aktuell agiert. Aufgrund der Notfallmeldung aus dem Objekt muss davon ausgegangen werden, dass eine telefonische Verbindung zur Leitstelle bestand. Sollten die Rettungsdienstmitarbeiter nach Verlassen ihres Fahrzeuges weitere Kräfte nachfordern müssen, könnten sie dieses über ein Mobiltelefon tätigen. Bei fehlendem Empfang könnte von einem Festnetztelefon nachgefordert werden. Bei Ausfall des gesamten Telefonnetzes müsste sich ein Angehöriger des Rettungsdienstes bei einer Nachforderung zum Fahrzeug begeben. Festzustellen ist, dass eine Nachforderung ohne Objektfunkanlage mittels Telefon möglich ist.

Sollten aus taktischen Gründen mehr als zwei Rufgruppen erforderlich sein, muss eine DMO-1a-, eine TMOa- oder eine TMO-Anlage genutzt werden. Bei den DMO-1a-Anlagen ist jedoch die Reichweite des strahlenden Antennenkabelnetzes nur bis maximal 1.200 Meter möglich. Entsprechend stehen für größere Objekte mit mehr als zwei Rufgruppen nur TMOa- oder TMO-Anlagen zur Verfügung. Es können bis maximal 1.200 Meter strahlendes Antennenkabelnetz alle Anlagentypen miteinander kombiniert werden. Ab 1.200 Meter können nur DMO-1b- oder TMOa-Anlagen mit TMO-Anlagen kombiniert werden. So könnten zwei bis sieben Gruppen ohne Netzanbindung und bis zu 31 Gruppen im Netzbetrieb gleichzeitig kommunizieren. Ein strahlendes Antennenkabelnetz kann beide Signale übertragen.

Aus Sicht des Verfassers sollte für ein Objekt geprüft werden, wie viele Rufgruppen im Objekt zur Verfügung stehen müssen. Dabei sollte die Nutzung des Objekts und die Größe bewertet werden. Mit der räumlichen Ausdehnung wächst der Bedarf, eine Unterteilung in Einsatzabschnitte vornehmen zu können. Bei einem Brandeinsatz in einem komplexen Objekt wären beispielsweise die Abschnitte Menschenrettung, Brandbekämpfung und Lüftung als Einsatzabschnitte denkbar. Bei Objekten mit Laboren oder Gefahrstofflager könnten aus taktischer Sicht mehr Rufgruppen erforderlich werden als bei Bürogebäuden. Die FwDV 500 sieht im Standard-Gefahrguteinsatz fünf Einsatzabschnitte vor, von denen drei im Objekt liegen könnten.

Eine Führungsgruppe ist bei der Bildung mehrerer Abschnitte als Anbindung an ein Führungsfahrzeug in Reichweite der Objektfunkanlage zielführend. Basierend auf möglichen Schadensszenarien und dem Funkkonzept der örtlich zuständigen Feuerwehr sollte die Objektfunkanlage ausgelegt werden. Bei mehr als zwei Rufgruppen in einem räumlich ausdehnten Objekt kann nur eine TMOa- oder TMO-Anlage die Anforderungen erfüllen. Dabei wird davon ausgegangen, dass aufgrund der Größe des Objekts eine DMO-1a-Anlage ausscheidet. Bei Objekten, die größere öffentliche Verkehrsflächen, also Flächen für Straßen-, Schienen- und Luftverkehr, und / oder bei denen eine erhebliche Personenzahl zu erwarten ist, sollte eine TMO-Anlage gefordert werden. Dort ist häufiger mit Einsätzen von Rettungsdienst und Polizei zu rechnen. Im Rahmen der guten Zusammenarbeit wäre es denkbar, dass die von der Brandschutzdienststelle geforderte Objektfunkanlage bei den vorher beschriebenen Objekten, den standardmäßigen Betrieb des Rettungsdienstes und der Polizei im TMO-Modus unterstützt.

Bei den zukünftigen Entwicklungen im Digitalfunk ist die Prognose schwierig. Die BDBOS schreibt, dass „eine weitere Nutzung von Objektfunkanlagen im DMO-Betrieb (...) grundsätzlich angedacht“ [14] ist. Die FwDV 810 sieht eine regelhafte Nutzung des TMO-Betriebs vor. Durch den Organisationskanal im TMO-Betrieb könnten zukünftig Telemetriedaten übermittelt werden. Weitere Vorteile wären die dynamisch Gruppenbildung und der SDS Versand aus der Leitstelle. Bei einer zunehmenden Digitalisierung beispielsweise von Objektplänen eine interessante Lösung. Diese Funktionen stünde in DMO- und TMOa-Objektfunkanlagen nicht zur Verfügung. Bei einer flächendeckenden und standardisierten Nutzung der Betriebsart TMO wäre dies ein Nachteil. Eine Umrüstung von DMO-1b- und TMOa-Anlagen auf TMO-Anlagen ist in der Regel mit mittlerem Aufwand möglich. Ob dies den Eigentümern zu vermitteln wäre, wird durch den Verfasser bezweifelt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden die taktischen Mindestanforderung der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr von allen Typen der Objektanlagen erreicht.

## 4 Beurteilung der Ausfallsicherheit

Die BDBOS beschreibt nur die Redundanz der Anbindung an die BS und verweist auf Anforderungen der Feuerwehren. Um die Ausfallsicherheit zu beurteilen, werden die Anforderungen an die Anlagenteile aufgeführt. Durch die Vielzahl verschiedener Merkblätter ist eine allgemeingültige Beurteilung nicht möglich. Beispielhaft werden hier die Anforderungen der Bundesländer bzw. Stadtstaaten Hamburg und Hessen, der Städte Düsseldorf und Nürnberg verglichen.

	Hamburg	Hessen	Düsseldorf	Nürnberg
Betriebsräume	feuerbeständige Decken und Wände	feuerbeständige Decken und Wände oder nach Gebäudeklasse	feuerbeständige Decken und Wände	feuerbeständige Decken und Wände
Feuerschutzabschluss	feuerbeständig, rauchdicht	feuerbeständig, Erleichterungen möglich	mindestens feuerhemmend	mindestens feuerhemmend
Sicherheitstechnik	bei BMA Überwachung, keine Sprinklerung	ausschließlich Nutzung Objektfunk, keine Sprinklerung	bei BMA Überwachung, keine Sprinklerung. Bei Brandlasten im Raum: Funkschrank und Peripherie feuerbeständig	BMA, keine Brandlast
Stromversorgung	unterbrechungsfrei, 12 Stunden bei Vollastbetrieb zu berechnen (60%, 20%, 20% - Bereitschaft, Senden, Empfangen)	unterbrechungsfrei Stromversorgung, Vollast für mind. 12 Stunden	unterbrechungsfrei, 12 Stunden, bei nicht permanent aktiven Bauteilen: 20% Sendertastung und 80 % Bereitschaft	unterbrechungsfrei, 12 Stunden bei Vollastbetrieb zu berechnen (60%, 20%, 20% - Bereitschaft, Senden, Empfangen)
Antennennetz	zweiseitige Einspeisung oder Schleife, Kabel sind in allg. zugänglichen Räumen gegen mechanische Beschädigung zu sichern	zweiseitige Einspeisung oder Schleife, Kabel sind in allg. zugänglichen Räumen gegen mechanische Beschädigung zu sichern	zweiseitige Einspeisung oder Schleife, Kabel sind in allg. zugänglichen Räumen gegen mechanische Beschädigung zu sichern	zweiseitige Einspeisung, Kabel und LWL sind in allg. zugänglichen Räumen gegen mechanische Beschädigung zu sichern
Wartung	mindestens jährlich	mindestens jährlich	jährlich	mindestens jährlich
Störungsbeseitigung nach maximal	Anlage ist ständig funktionsbereit zu halten	72 Stunden	2-3 Werktagen	keine Angaben
Anzeige Störmeldung	Störung der Sende-/Empfangsanlage sowie Batteriebetrieb sind an ständig besetzte Stelle zu melden	Stromausfall und Störung am DMO-Repeater sind akustisch und optisch an einer ständig besetzten Stelle anzuzeigen	Störungen der Objektfunkanlage müssen an die Feuerwehr Düsseldorf und den Betreiber gemeldet werden	betriebsrelevante Störungen müssen an ständig besetzte Stelle gemeldet werden
Selbsttest	keine Angaben	alle 170 Stunden	alle 170 Stunden	keine Angaben

Tabelle 3: Vergleich der Anforderungen an Objektfunkanlagen

Die Anforderungen sind in Bezug auf den Schutz des Raums ähnlich. Durch die Überwachung mittels einer Brandmeldeanlage bzw. das Verbot von Brandlasten in den Betriebsräumen und dem Verbot einer Sprinklerung kann von einer hohen anlagentechnischen Sicherheit ausgegangen werden. Die Stromversorgung wird als unterbrechungsfreie Stromversorgung gefordert. Der Betrieb muss für 12 Stunden sichergestellt werden. Die Wartung muss mindestens jährlich erfolgen, die Störungen müssen bei einer ständig besetzten Stelle angezeigt werden. Eine Schwachstelle ist der Selbsttest. Dieser wird nicht von allen Brandschutzdienststelle bzw. Feuerwehren gefordert. DMO-1a-, -1b- oder TMOa-Anlagen werden nur im Bedarfsfall aktiviert. Um nicht erst nach maximal einem Jahr einen Defekt an der Anlage zu bemerken, sollte sich die Anlage regelmäßig selbst überprüfen. Alternativ kann die Wartungsfrist herabgesetzt werden. Dieses führt zu einer Kostensteigerung, die der Eigentümer eventuell nicht mehr gewillt ist zu bezahlen. Deshalb sollte der Selbsttest Mittel der Wahl sein.

Die OMU ist ständig in Betrieb und prüft die Verbindungen zu den Remote Units. Sollte eine Verbindung nicht funktionieren, würde eine Störung auflaufen. Ähnliches gilt für das TETRA Gleichwellen-System. Bei TMO-Anlagen wird meistens durch die Autorisierten Stellen ein Fernzugriff gefordert [15]. Mit dieser kann die Anlage abgeschaltet werden, wenn eine Störung in das Digitalfunknetz übertragen wird. In einigen Bundesländern wird eine verzögerungsfreie automatische Störungsmeldung an die Autorisierten Stellen gefordert [16]. Die Ausfallsicherheit bzw. daraus resultierend die Verfügbarkeit werden nicht mit Werten hinterlegt. Werte für die

Ausfallsicherheit, wie sie zum Beispiel in der Informationstechnik (IT) als Ergebnis von Verfügbarkeit = (Gesamtzeit – Ausfallzeit) / Gesamtzeit [17] beschrieben werden, sind in keinem Regelwerk hinterlegt. Aus Sicht des Verfassers werden hohe Sicherheitsanforderung an den Schutz der Anlagentechnik gestellt, ein konkreter Wert, der die Ausfallsicherheit beschreibt, wird nicht vorgeben. Bei einem beispielhaften Ausfall von drei Tagen, bedingt durch die Reparaturfrist pro Jahr, ist die Verfügbarkeit bei 99,1 % gegeben. Nach den Anforderungen des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik muss ein IT-System der Verfügbarkeitsklasse eins, normale Verfügbarkeit, eine Mindestverfügbarkeit von 99,0% oder eine Ausfallzeit von kleiner 88 Stunden pro Jahr aufweisen [18]. Zur Gewährleistung dieser maximalen Ausfallzeiten müssten die Wartungsverträge angepasst werden. Dies würde zu einer Kostensteigerung führen, besonders wenn die Rufbereitschaft des Technikpersonals rund um die Uhr sichergestellt werden müsste.

## 5 Kostenbelastung und Energieeffizienz

Die Kostenbelastung durch Objektfunkanlagen beruht zum einen auf einmaligen Kosten, wie der Errichtung und Installation von Objektfunkanlagen und den laufenden Kosten durch Wartung, Energieverbrauch und Ähnlichem. Der Platzbedarf beläuft sich, wie bereits beschrieben, auf einen Serverschrank. Aufgrund des geringen Platzbedarfs und der Mischnutzung mit anderen sicherheitstechnischen Einrichtungen, wie beispielsweise einer BMA, ist dieser Faktor zu vernachlässigen und wird nicht berücksichtigt.

Zur Abschätzung der Errichtungs- und Installationskosten einer Objektfunkanlage wurden die Kosten pro Quadratmeter Nutzfläche errechnet und gemittelt [19]. Dabei wurde vorausgesetzt, dass die Planungen während der Bauphase durchgeführt werden und nicht erst nach Fertigstellung des Objekts. Dabei liegen die Kosten zwischen 1,90 bis 12,50 € pro Quadratmeter Nutzfläche. Die Zahlen wurden mit den Baukosten des Deutschen Instituts für Normung (DIN) 276 der Kostengruppe 300 und 400 [20] einschließlich Mehrwertsteuer verglichen. Als Referenzgebäude wurde ein Büro- und Verwaltungsgebäude angenommen. Die Kosten liegen bei 1960,50 € pro Quadratmeter Nutzfläche. Dieser Wert wurde aus der Summe der Kosten aus dem früheren Bundesgebiet und den neuen Ländern und Berlin gemittelt [21]. Es ist festzustellen, dass die Kosten einer Objektfunkanlage gemessen an den Quadratmeterpreisen eines Büro- und Verwaltungsgebäudes, nur einen marginalen Teil des gesamten Objekts ausmachen. Dies setzt jedoch wie beschrieben voraus, dass die Planungen für die Objektfunkanlage in der Bauphase mitberücksichtigt werden.

Zur Berechnung der laufenden Kosten wurde der Energiebedarf für eine TMO-, eine TMOa- und eine DMO-1b-Anlage für drei Objekttypen berechnet [22]. Der TMO-Anbinderepeater wurde im aktiven Betrieb gerechnet, die anderen Anlagen im Standby-Betrieb. Es handelt sich zum einen um eine kleine Objektfunkanlage mit einem Repeater ohne optisches Verteilnetz. Weiterhin wurden die Werte für eine mittlere Objektfunkanlage mit einem Repeater und einem optischen Verteilnetz mit drei Remote Units und eine große Anlage mit 10 Remote Units berechnet. Gerechnet wurden die gleichen Typen mit einer TETRA Gleichwellenanlage. Der Strompreis wurde mit 29 Cent pro Kilowattstunde (kWh) angenommen.

Bei dem kleinsten Objekttyp liegen die Kosten für Strom zwischen 15,24 € für eine TMOa-Anlage, die DMO-1b-Anlage kostet ca. 27,94 € und die TMO-Anlage kostet 304,85 € pro Jahr. Beim mittleren Objekttyp liegen die Kosten zwischen 1.747,80 € für eine TMOa-Anlage, die DMO-1b-Anlage ist ca. 12 € teurer und die TMO-Anlage kostet 2.037,40 € pro Jahr. Die Kosten für das Verteilsystem steigen bei allen Anlagentypen identisch an, die Differenz ergibt sich nur aus der unterschiedlichen Leistungsaufnahme der Repeater. Die Nutzung von Gleichwelle führt zu einer Senkung der Kosten bei dem Verteilsystem. Je größer das System, desto größer ist die Einsparung. Bei einem Vergleich zwischen einem optischen Verteilsystem und TETRA Gleichwelle mit jeweils einem Master und 10 Slaves liegt die Ersparnis bei 5.083,34 € pro Jahr. Bei der TMO-Anlage, als größter Verbraucher, und mit einem

optischen Verteilsystem mit 10 Remote Units, liegen die Energiekosten bei 5.629,53 € pro Jahr.

Mit der Objektgröße wächst die technische Gebäudeausrüstung und damit der Energieverbrauch. Allgemeingültig kann festgestellt werden, dass TMO-Anlagen aufgrund ihres Dauerbetriebes die schlechteste Energieeffizienz aufweisen. Bei TMOa- und DMO-1b-Anlagen ist der Unterschied zu vernachlässigen. Bei dem Verteilsystem ist Gleichwelle energieeffizienter als optische Systeme. Aufgrund des Dauerbetriebes der optischen Systeme ist mit einem früheren Austausch der Anlagenteile zu rechnen. Die Wartungskosten steigen mit den Wartungsintervallen und mit der Komplexität der Anlage. Zusätzlich kommt die Entfernung zwischen Wartungsfirma und dem Objekt dazu. Weiterhin stellt sich aus Sicht des Verfassers die Frage, ob die Kosten bei einer sicherheitstechnischen Forderung berücksichtigt werden sollten. Sollte zur Erreichung der Schutzziele „Retten von Menschen und Tieren“ und „wirksamer Löscharbeiten“, die sich aus dem Baurecht [23] ergeben, eine Objektfunkanlage notwendig sein, ist diese zu installieren und zu betreiben.

## **6 Sind landes- oder bundesweite Vorgaben zur Errichtung von Objektfunkanlagen erforderlich?**

Bei der Recherche zum Thema Objektfunkanlagen ist der Verfasser auf verschiedenste Vorgaben gestoßen. Die BDBOS macht als oberste Bundesbehörde Vorgaben und erstellt Leitfäden, die einzelnen Bundesländer machen auf der Ebene der Autorisierten Stellen Vorgaben und auf kommunaler Ebene machen die Brandschutzdienststellen und Feuerwehren Vorgaben. Einen Überblick über bestehende Merkblätter und Leitfäden gibt der Bundesverband Objektfunk auf seiner Homepage [24].

Die Bundes- und Landesebenen fordern in der Regel TMO-Anlagen. Aus Sicht des Verfassers beruht dies auf den Anforderungen der Polizei. Die Brandschutzdienststellen fordern überwiegend DMO-1b-Anlagen. Diese sollten wie nach den Vorgaben der BDBOS beschrieben, nur in Ausnahmefällen genutzt werden. Bei der Betrachtung der Anzahl der Objektfunkanlagen kann festgestellt werden, dass 73 % der bestehenden Anlagen in der Betriebsart DMO ausgelegt wurden. Davon wurden 66 % als DMO-1b-Repeater errichtet [14]. Hier kann nicht mehr von Ausnahmefällen gesprochen werden. In Fachempfehlungen von Brandschutzdienststellen finden sich Anlagen mit drei DMO-Repeatern und einem TMO-Repeater. Drei DMO-Repeater wären nur mit DMO-1a-Repeatern realisierbar. Ab einer Länge von 800 -1.200 Meter strahlendem Antennenkabelnetz ist dieses System technisch nicht mehr umsetzbar. Mit DMO-1b-Repeater wäre die Länge des Antennenkabelnetzes kein Problem, es werden aber nur zwei Rufgruppen durch die BDBOS zugewiesen. Eine TMOa-Anlage ist aktuell die einzige Möglichkeit drei netzunabhängige Rufgruppen umzusetzen. Der Selbsttest bei netzunabhängigen Anlagen wird nicht von allen Brandschutzdienststellen / Feuerwehren gefordert. Auch die Anforderungen an die Notstromversorgung schwanken zwischen 12 und 72 Stunden.

Aus Sicht des Verfassers wäre es sinnvoll, eine bundesweite und Verwaltungsebene übergreifende Arbeitsgruppe einzurichten. In dieser sollte die BDBOS, die Autorisierten Stellen der Länder, Vertreter der Brandschutzdienststellen und der Polizei, sofern diese nicht über die Autorisierten Stellen eingebunden werden, vertreten sein. Seitens der Brandschutzdienststellen und Feuerwehren wären die ABGF Bund oder der Deutsche Feuerwehrverband die richtigen Vertreter. Die Hersteller könnten über den Bundesverband Objektfunk in Deutschland oder über den Bundesverband Professioneller Mobilfunk eingebunden werden. Es sollten Anhand der taktischen Anforderungen die technischen Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass die Nutzer die Anforderungen bestimmen. Die BDBOS wäre in der Lage, die Entwicklung im Bereich des Digitalfunks zu prognostizieren. Somit kann verhindert werden, dass zukünftige Entwicklungen nicht erkannt werden.

Erste Schritte zur Vereinheitlichung sind durch die „Vorgaben für Planer und Errichter von digitalen TETRA BOS-Objektfunkanlagen [16]“ durch einige Autorisierte Stellen der Länder gemacht worden. Es sind neun Bundesländer vertreten, weitere wollen sich

anschließen. Dort werden die Anforderungen der Autorisierten Stellen gebündelt. Größere Brandschutzdienststellen bzw. Feuerwehren haben Personalressourcen, sich im Detail mit den Möglichkeiten, aber auch mit den Problemen der verschiedenen Lösungsansätze zu beschäftigen. Kleinere Dienststellen könnten dies nicht leisten. Mit einem gemeinsam erarbeiteten Leitfaden kann verhindert werden, dass technisch nicht zielführende Systeme gefordert werden. Zusätzlich können die Erfahrungen von Anwendern mit den verschiedenen Systemen genutzt werden, um Wissen weiterzugeben und die Wiederholung von Fehlern zu vermeiden. Durch die Vereinheitlichung der Anforderungen an die Objektfunkanlagen kann ein gleichbleibendes Sicherheitsniveau erreicht werden, wie dies bei den Anforderungen an Gebäuden mit der Musterbauordnung bundesweit vergeben wird.

Seitens der Hersteller von Objektfunkanlagen können neue technische Systeme eingebracht werden. Die TETRA Gleichwelle findet sich aktuell ausschließlich in Unterlagen des Bundesverbands Objektfunk [25]. In dem Leitfaden der BDBOS wird das System nicht aufgeführt, bei der Abnahme jedoch anerkannt. Weiterhin würde durch die Standardisierung der Anforderung an die Anlagen eine Standardisierung der Produkte erfolgen können. Die Kosten für die Bestandteile ließen sich senken. Dies würde zu einer Entlastung für die Eigentümer führen.

Zusammenfassend ist ein Gremium, in dem alle Akteure vertreten sind, wünschenswert. In diesem werden die taktischen Anforderungen mit den technischen Möglichkeiten und Folgen verglichen. Bei den taktischen Möglichkeiten sollten die Vor- und Nachteile zusammengefasst werden. Die jeweilige Brandschutzdienststelle bzw. Feuerwehr kann sich die Lösung aussuchen, die mit ihrem Einsatzkonzept kompatibel ist. Über die Standardisierung der sicherheitstechnischen Anforderungen besteht für die Hersteller die Möglichkeit, Produkte deutschlandweit zu vertreiben, ohne sich mit den örtlichen Anforderungen beschäftigen zu müssen.

## 7 Verweise

- [1] AGBF Bund, Technische Richtlinie für BOS-Gebäundefunkanlagen, 2010.
- [2] [https://www.bdbos.bund.de/DE/Digitalfunk\\_BOS/Chronik/chronik\\_node.html;jsessionid=BFC6B786A85F9892DD224BCEAD4A095E.2\\_cid362,](https://www.bdbos.bund.de/DE/Digitalfunk_BOS/Chronik/chronik_node.html;jsessionid=BFC6B786A85F9892DD224BCEAD4A095E.2_cid362) zuletzt aufgerufen am 11.11.2019.
- [3] Landeskoordinierungsstelle Digitalfunk Hessen, Betrieblich-taktische Regelungen „nPol“ im Digitalfunk der BOS in Hessen KatS-DV / FwDV 820 HE, 2014.
- [4] Feuerwehr- und Katastrophenschutzschule Rheinland-Pfalz, Teilnehmerheft Sprechfunker „Digital“, 2017.
- [5] [https://www.lfs.sachsen.de/download/lfs/2014-07-13\\_Unterlagen\\_DF\\_Schulung\\_Sachsen.pdf,](https://www.lfs.sachsen.de/download/lfs/2014-07-13_Unterlagen_DF_Schulung_Sachsen.pdf) zuletzt aufgerufen am 21.11.2019, „[https://www.lfs.sachsen.de/download/lfs/2014-07-13\\_Unterlagen\\_DF\\_Schulung\\_Sachsen.pdf,](https://www.lfs.sachsen.de/download/lfs/2014-07-13_Unterlagen_DF_Schulung_Sachsen.pdf)“ [Online]. [Zugriff am 21 11 2019].
- [6] Cimolino et al., Einsatz- und Abschnittführung Das Einsatzführungs-System, 2009.
- [7] § 15 Gesetz über die Errichtung einer Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben.
- [8] Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, Leitfaden zur Planung und Realisierung von Objektversorgungen für das digitale Sprech- und Datenfunksystem für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) in der Bundesrepublik Deutschland, 2019.
- [9] Block, Oesau, Feuerwehr-Dienstvorschrift 810, Brandschutz Deutsche Feuerwehrzeitung, Ausgabe Juni, 2019.
- [10] [https://de.wikipedia.org/wiki/Koppelfeld,](https://de.wikipedia.org/wiki/Koppelfeld) zuletzt aufgerufen am 07.12.2019.
- [11] Kaitec GmbH, Hösbach, „Tetra Gleichwelle TMOa oder DMO 1B,“ Keine Angaben.
- [12] Arbeitsgruppe ARDINI - Arbeitsgruppe für die Einführung des Digitalfunks im nichtpolizeilichen Bereich, Ministerium für Inneres und Kommunales Nordrhein Westfalen, Lehrstoffmappe Sprechfunk, 2015.
- [13] Autorisierten Stelle für den Digitalfunk NRW in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Digitalfunk nPol NRW, der Justiz, der Polizei und dem

---

Verfassungsschutz, Nutzungshandbuch Digitalfunk BOS NRW Nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr, Polizei, Justiz und Verfassungsschutz, 2018.

- [14] E-Mail der Pressestelle der BDBOS vom 02.12.2019.
- [15] Autorisierte Stelle Digitalfunk Niedersachsen, „Anlage ASDN – Technische Vorgaben zur Umsetzung OV,“ ohne Angabe.
- [16] [https://www.digitalfunk.niedersachsen.de/images/Dokumente/Allgemein/OV/OV-Planungsvorgaben\\_Version%201\\_3.pdf](https://www.digitalfunk.niedersachsen.de/images/Dokumente/Allgemein/OV/OV-Planungsvorgaben_Version%201_3.pdf), zuletzt aufgerufen am 03.12.2019.
- [17] Michael Lenges, Integriertes Betriebssicherheitsmanagement der Geschäftsprozesse und Datenverfügbarkeit, 2009.
- [18] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, HV-Kompendium, Version 1.6, Band G, Kapitel 2: Definitionen, 2013.
- [19] B&E antec Nachrichtentechnik GmbH, Herr Oliver Kuhlmann, Email vom 22.11.2019.
- [20] <https://www.bauemotion.de/baulexikon/k/>, zuletzt aufgerufen am 27.11.2019.
- [21] Statistisches Bundesamt, Bauen und Wohnen Baugenehmigungen / Baufertigstellungen Baukosten, 2018.
- [22] Anlage Energieverbrauch.
- [23] § 14 Musterbauordnung, 2019.
- [24] <http://www.objektfunk-deutschland.de/downloads/richtlinien-u-leitfaden/>, zuletzt aufgerufen am 12.11.2019.
- [25] Bundesverband Objektfunk, Handbuch Objektfunk "Von Anwendern für Anwender", 2017, [Online].

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der taktischen Anforderungen an Objektfunkanlagen .....	9
Tabelle 2: Leistungsmerkmale der verschiedenen Objektfunkanlagen.....	13
Tabelle 3: Vergleich der Anforderungen an Objektfunkanlagen.....	15

---

## Symbolverzeichnis

### Formelzeichen

€ Euro

### Abkürzungen

AGBF	Arbeitsgemeinschaft Leiter der Berufsfeuerwehren
BDBOS	Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BMA	Brandmeldeanlage
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BS	Basisstation
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DMO	Direct Mode Operation
FwDV	Feuerwehrdienstvorschrift
HRT	Handheld Radio Terminal
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LWL	Lichtwellenleiter
ManV	Massenanfall von Verletzten / Erkrankten
MRT	Mobile Radio Terminal
OMU	Optische Master Unit
RE	Range Extender
SDS	Short Data Service
TETRA	Terrestrial Trunked Radio
TMO	Trunked Mode Operation
z.B.	zum Beispiel

## **Anhang**

Literatur und Anhänge befinden sich auf dem Datenträger.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, Frank Messenzehl, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Nürnberg, 20.12.2019

.....

Frank Messenzehl

# Datenträger