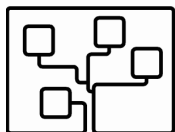


# **Untersuchung von Wireless Mesh Network- Routing-Protokollen für den Einsatz in Netzen für Katastrophengebiete**

**Auberlin Paguem Tchinda**

paguem@e-technik.org

Armin Lehmann und Ulrich Trick

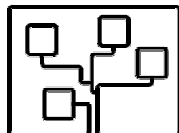


**Frankfurt University of Applied Sciences, Germany**  
Research Group for Telecommunication Networks

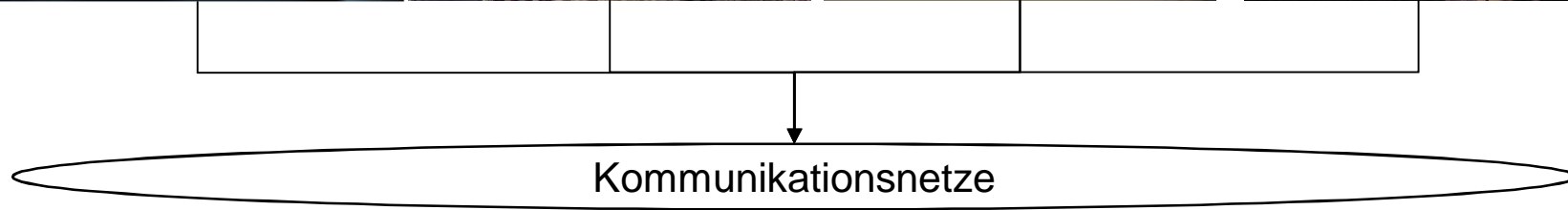
# Gliederung

1. Einleitung
2. Wireless Mesh Networks (WMN)
3. Network Functions Virtualisation (NFV)
4. Anforderungen an Katastrophennetze
5. WMN-Protokolle zur Netzoptimierung
6. Zusammenfassung und Ausblick

All rights reserved



# 1 Einleitung



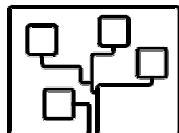
Beispiel: Schäden im Kommunikationsnetz in der Provinz von Manabi nach dem Erdbeben in Ecuador (17. April 2016). Betroffen waren

- 71 % des Claro-Netzwerks
- 80 % des Movi-Netzwerks
- 59 % des CNT-Netzwerks

Schutz von Leben und Eigentum

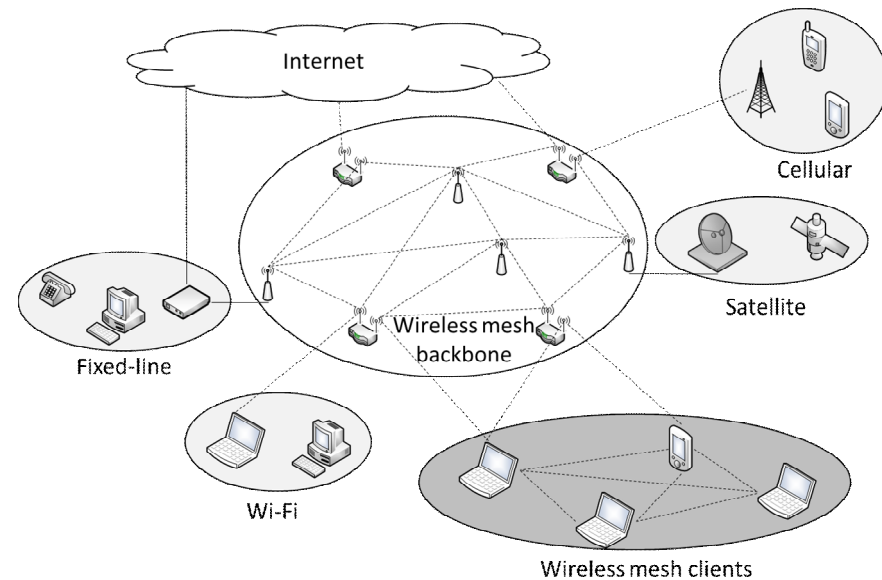
- Rettungsdienst
- Polizei
- Familie
- Infos

All rights reserved

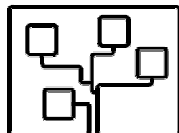


## 2 Wireless Mesh Networks (WMN)

- WMN = Verbindung der Knoten durch eine drahtlose Technologie (z.B. IEEE 802.11, 802.15, 802.16, etc.)
- Eigenschaften = dezentralisierte Netzwerkarchitektur, kostengünstige Hardware, schnelle Aufbaufähigkeit
- Netzarchitekturen
  - Client Mesh: bestehen aus User-Endgeräten mit vergleichsweise hoher Mobilität
  - Infrastructure Mesh: bestehen aus Wireless-Routern und Gateways, die eigens in das Katastrophengebiet gebracht wurden
  - Hybrid Mesh: Kombination von Client und Infrastructure Mesh



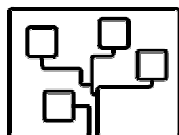
All rights reserved



# WMN-Routing-Protokolle

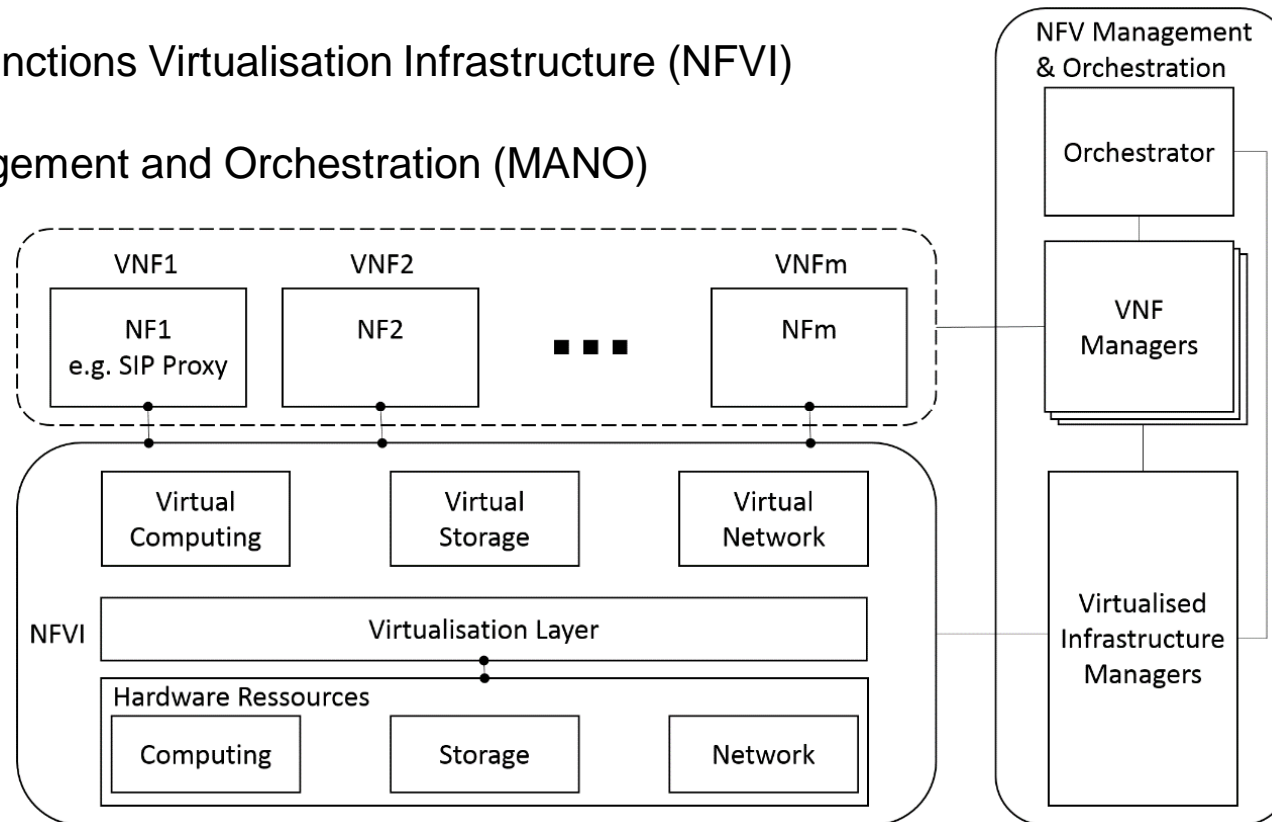
- **Proaktive Protokolle**
  - Optimized Link State Routing (OLSR)
  - Better Approach to Mobile Ad-hoc Networking (BATMAN)
  - Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV)
  - Babel
- **Reaktive Protokolle**
  - Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV)
  - Dynamic Source Routing (DSR)
- **Hybride Protokolle**
  - Zone Routing Protocol (ZRP)
  - Hybrid Wireless Mesh Protocol (HWMP)

All rights reserved

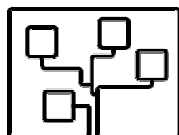


# 3 Network Functions Virtualisation (NFV)

- NFV Framework standardisiert durch ETSI (European Telecommunications Standards Institute )
- Virtual Network Function (VNF)
- Network Functions Virtualisation Infrastructure (NFVI)
- NFV Management and Orchestration (MANO)



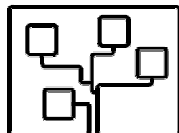
All rights reserved



## 3 NFV: Vorteile

- Geringere Investitions- und Betriebskosten
- Schnellere Einführung neuer Netzeigenschaften
- Hohe Skalierbarkeit
- Anpassung der Netzkonfiguration an aktuellen Verkehr nahezu in Echtzeit

All rights reserved



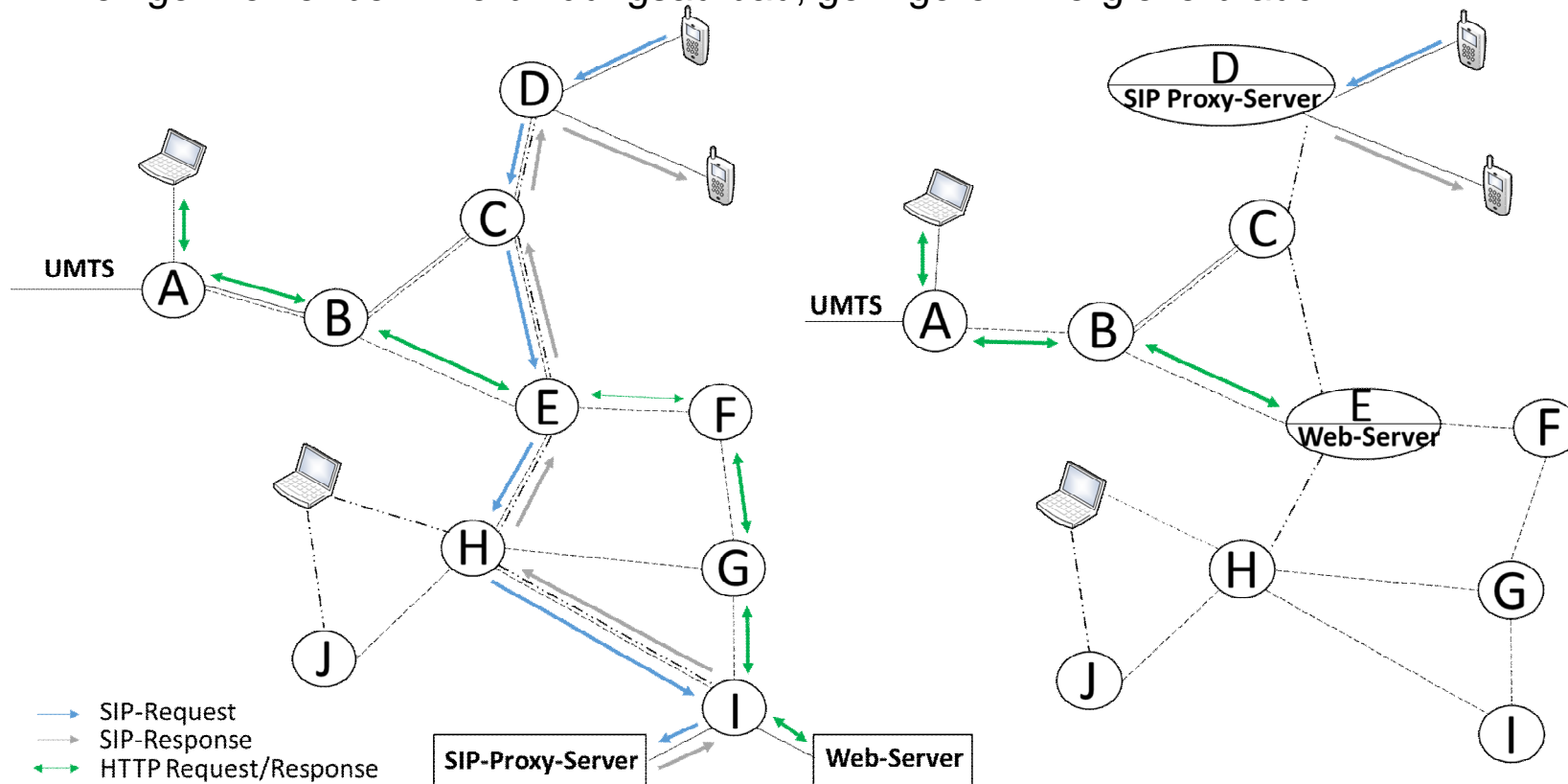
### 3 NFV: Anwendungsbeispiele für Katastrophengebiete

- Szenario 1: Web-Server**

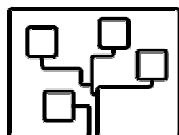
Weniger Verkehr im Kernnetz, schnelle Antworten und geringerer Energieverbrauch

- Szenario 2: SIP Proxy-Server**

Weniger Fehler beim Verbindungsaufbau, geringerer Energieverbrauch



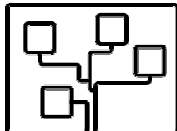
All rights reserved





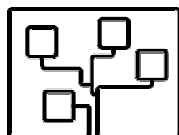
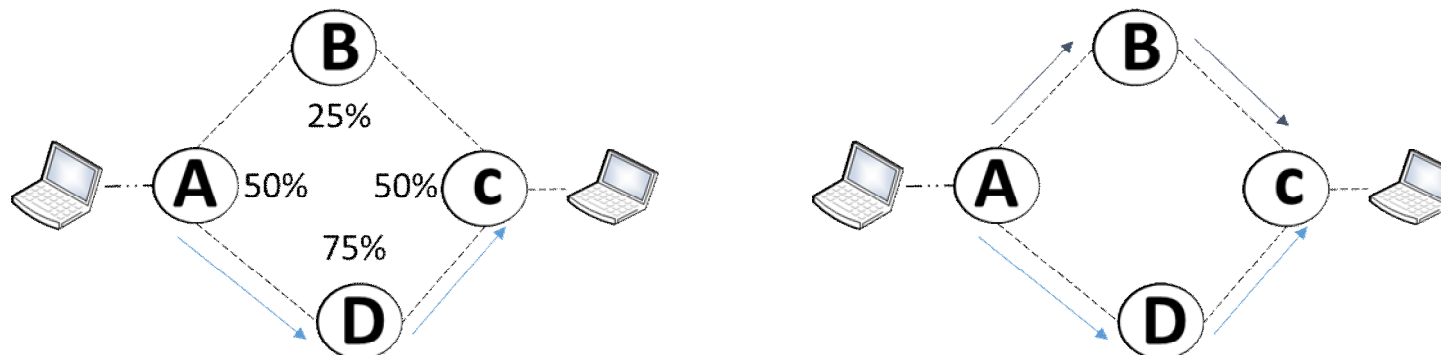
## 4 Anforderungen an Katastrophennetze

- **Geringer Energieverbrauch**
- **Verwendbarkeit**
- **Kapazität**
- **Nachhaltigkeit**
- **Anpassungsfähigkeit**
- **Operabilität**
- **Konnektivität**
- **Sicherheit**
- **Praktikabilität**



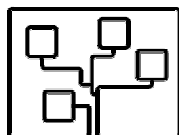
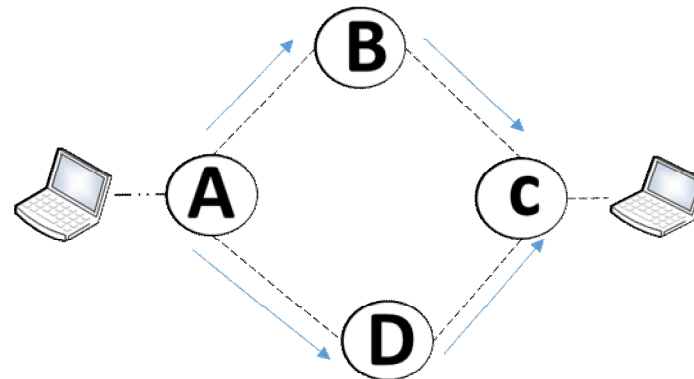
## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Energieverbrauch

- **Geringer Energieverbrauch**
    - Geräte (z.B. Router) in Katastrophennetzen sind oft batteriebetrieben
    - Abhängigkeit zwischen Lebensdauer des Katastrophennetzes und Lebensdauer der einzelnen Knoten
    - Abhängigkeit zwischen Lebensdauer der einzelnen Knoten, Verkehr und aktiven Netzwerkfunktionen (NFs)
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Geringe Anzahl von Kontrollpaketen: Reaktives Routing-Protokoll (R)
    - Berücksichtigung der Restenergie der einzelnen Knoten: Energy-Aware (E)
    - Berücksichtigung des Verkehrs im Netz: Load-Balancing (L)
- DSR (REL), AODV (REL), OLSR (EL), DSDV (E), ZRP (RE), HWMP (RE), BATMAN (o), Babel (o)



## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Verwendbarkeit

- **Verwendbarkeit**
    - Unterstützung von katastrophenspezifischen Diensten (z.B. Audio oder Video-telefonie)
    - Gewährleistung der Quality of Service (QoS)
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Geringe Latenzzeiten, Jitter und Paketverlustraten
    - Maximaler Durchsatz
    - Ausfallsicherheit z.B. für Echtzeit-Video-Unterstützung für einen unerfahrenen Chirurgen
    - Roaming von Endgeräten zwischen Access Points z.B. für Rettungswagen
- DSR (o), AODV (-), OLSR (o), DSDV (-), ZRP (-), HWMP (+), BATMAN (+), Babel (-)

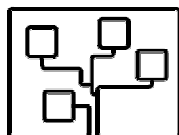


## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Kapazität

- **Kapazität**
  - Abhängigkeit zwischen Größe des betroffenen Gebietes und Anzahl der Knoten
  - Abhängigkeit zwischen Anzahl der Nutzer und Anzahl der Endgeräte
- **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
  - Anpassungsfähigkeit an die Anzahl der Knoten und Endgeräte: Skalierbarkeit
  - Proaktive Protokolle: allgemein nicht skalierbar
  - Reaktive Protokolle: allgemein skalierbar, Ausnahme DSR (bis 100 Knoten in IPv4)



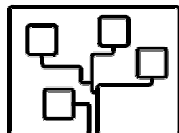
- Hybride Protokolle: allgemein skalierbar
- Reaktive und Hybride Protokolle



## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Nachhaltigkeit

- **Nachhaltigkeit**
    - Gewährleistung der Kommunikation bis zur Wiederherstellung des üblichen Kommunikationsnetzes
    - Ausfallsicherheit für das gesamte Katastrophennetz
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Dezentralisierte Verwaltung
    - Gleichberechtigung aller Knoten im Netz
    - Flache Topologie
- Alle betrachteten Protokolle

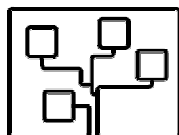
All rights reserved



## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Anpassungsfähigkeit

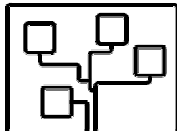
- **Anpassungsfähigkeit**
    - Schnelle Integration und Berücksichtigung von Änderungen im Netz z. B. aufgrund von Nachbeben, Feuer oder Evakuierung
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Erkennung von neuen Verbindungen und Knoten
    - Erkennung von Verbindungs- und Knotenausfällen
    - Unterstützung der Knotenmobilität
    - Proaktive Protokolle: begrenzte Anpassungsfähigkeit durch die Frequenz der Topologie-Updates
    - Reaktive Protokolle: schnelle Anpassungsfähigkeit aufgrund von Error-Nachrichten
    - Hybride Protokolle: unterschiedliche Anpassungsfähigkeit
- Reaktive Protokolle

All rights reserved



## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Operabilität

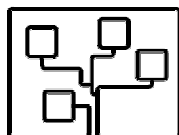
- **Operabilität**
    - Überwachung und Anpassung des Netzes an die aktuellen Kommunikationsanforderungen
    - Implementierung von Verwaltungs- und Wartungsfunktionen
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Bestimmung der Metrik sämtlicher Verbindungen im Netz
    - Erweiterung bestehenden Routing-Protokolle, um die Qualität der Links zu berücksichtigen, z.B. Link Quality Source Routing (LQSR)-Protokoll, OLSRv2, Babel
    - Meistens benutzte Metrik: Expected Transmission Count (ETX), wie viele Versuche sind notwendig, um ein Paket über einen Link im WMN erfolgreich zu versenden
- Alle betrachteten Protokolle außer ZRP



## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Konnektivität

- **Konnektivität**
  - Kommunikation zwischen Mitgliedern einer Gruppe
  - Kommunikation zwischen Mitgliedern unterschiedlicher Gruppen
- **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
  - Bereitstellung einer dauerhaften Verbindung zwischen zwei beliebigen Endgeräten im Netz
  - Routenstabilität: kleine Verbindungsabbrüche oder ständige Paket-Umleitungen müssen vermieden werden
  - Erreichbarkeit aller Endgeräte im Netz: Layer 2-Protokolle, Integration der Endgeräte in das gesamte Netz (z.B. BATMAN)
- DSR (o), AODV (o), OLSR (o), DSDV (-), ZRP (-), HWMP (+), BATMAN (+), Babel (o)

All rights reserved

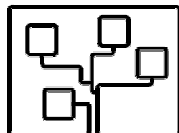




## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Sicherheit

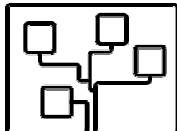
- **Sicherheit**
    - Schutz des Katastrophennetzes gegen externe und interne Angriffe
    - Sicherheitsproblem im WMN
      - Broadcast-Charakter der physikalischen Schicht
      - Knotenmobilität
      - Automatische Knotenanbindung
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Implementierung sicherer Routing-Protokolle, z.B. Authenticated Routing for Ad hoc Networks (ARAN), Babel
    - Erweiterung bestehender Protokolle mit Sicherheitsmechanismen z.B. BatCave (Secure BATMAN), SHWMP (Secure HWMP) oder SAODV (Secure AODV)
- Alle betrachteten Protokolle

All rights reserved



## 4 Anforderungen an Katastrophennetze: Praktikabilität

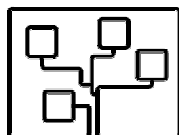
- **Praktikabilität**
    - Begrenzte Budgets zur Verfügung
    - Nutzung üblicher Hardware (z.B. WLAN-Access Points) und Kommunikationstechnologien
  - **Anforderungen an das Routing-Protokoll**
    - Lizenzfrei
- Alle betrachteten Protokolle



# 5 WMN-Protokolle zur Netzoptimierung

	Energieeffizienz	Verwendbarkeit	Kapazität	Nachhaltigkeit	Anpassungsfähigkeit	Operabilität	Konnektivität	Sicherheit	Praktikabilität
<b>BATMAN</b>	0	+	-	ja	-	ja	+	ja	ja
<b>HWMP</b>	RE	+	+	ja/nein	+	ja	+	ja	ja
<b>Babel</b>	0	-	-	ja	+	ja	0	ja	ja

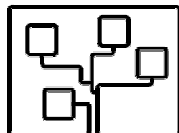
All rights reserved



## 6 Zusammenfassung und Ausblick

- Einführung des vorteilhaften Einsatzes von NFV in Katastrophennetzen
- Definition der Anforderungen an ein Katastrophennetz
- Definition der Anforderungen an ein Routing-Protokoll im Katastrophenszenario
- Betrachtung verschiedener WMN-Routing-Protokolle unter Berücksichtigung der Anforderungen
- HWMP zeigt die besten Ergebnisse
- In der Folge detaillierte Untersuchung der Protokolle HWMP, BATMAN und Babel

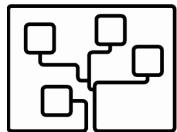
All rights reserved



# Untersuchung von Wireless Mesh Network- Routing-Protokollen für den Einsatz in Netzen für Katastrophengebiete

**Auberlin Paguem Tchinda**

Armin Lehmann und Ulrich Trick



**Frankfurt University of Applied Sciences, Germany**  
Research Group for Telecommunication Networks

Kleiststraße 3, D-60318 Frankfurt/Main  
E-Mail: [paguem@e-technik.org](mailto:paguem@e-technik.org)