

## Positionspapier

# Mobilfunknetz im 450-MHz- Frequenzband für die Energie- und Wasserwirtschaft

Berlin, 8. April 2019

**BDEW Bundesverband  
der Energie- und  
Wasserwirtschaft e.V.**  
Reinhardtstraße 32  
10117 Berlin  
Telefon +49 30 300 199-0  
Telefax +49 30 300 199-3900  
E-Mail [info@bdeu.de](mailto:info@bdeu.de)  
[www.bdeu.de](http://www.bdeu.de)

**VKU Verband kommunaler  
Unternehmen e. V.**  
Invalidenstraße 91  
10115 Berlin  
Telefon +49 30 58 580-0  
Telefax +49 30 58 580-100  
E-Mail [info@vku.de](mailto:info@vku.de)  
[www.vku.de](http://www.vku.de)

## 1 Management Summary

Die zunehmende Dezentralisierung der Energieversorgung und die voranschreitende Digitalisierung konfrontieren die Unternehmen der Energie- und Wasserwirtschaft mit neuen Herausforderungen im Bereich der Kommunikation. Als Betreiber kritischer Infrastrukturen benötigen die Unternehmen sichere, flächendeckende, hochverfügbare und kosteneffiziente Kommunikationssysteme. Ohne diese wird sich die sichere Energie- und Wasserversorgung als zentrales Element der Daseinsvorsorge künftig nicht dauerhaft aufrechterhalten lassen. Zur Bewältigung dieser Herausforderung strebt die Branche den Einsatz eines exklusiven Funknetzes auf Basis der 450-MHz-Frequenz an. Ein solches Netz ist sowohl für die Netzüberwachung und -steuerung, die Anbindung von Erzeugungs- sowie Verbrauchsanlagen, die Sprachkommunikation mit Wartungs- und Reparaturteams und die Auslesung intelligenter Messsysteme (Smart Meter) notwendig. Es muss dabei sowohl im Normalfall als auch bei Großschadensereignissen, Naturkatastrophen oder großflächigen Stromausfällen sicher zur Verfügung stehen und es muss gegen Cyberrisiken geschützt sein.

Ein 450-MHz-Funknetz würde aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften die Branchenanforderungen hervorragend erfüllen: Die guten Ausbreitungseigenschaften ermöglichen einen flächendeckenden Funknetzausbau mit vergleichsweise wenigen Antennenstandorten und damit begrenzten Kosten für den Ausbau. Die gute Gebäudedurchdringung stellt eine gute Erreichbarkeit von Anlagen z.B. in Gebäudekellern sicher. Die Installation des Systems ist in verhältnismäßig kurzer Zeit möglich und flankiert den schnellen Hochlauf an steuerbaren dezentralen Erzeugern und Verbrauchern. Zudem ist die Frequenz LTE-fähig, so dass Endgeräte/Hardware zu angemessenen Preisen verfügbar sind. Denkbare Alternativen, z.B. die Nutzung von öffentlichen Mobilfunknetzen oder die Verlegung von Glasfaserkabeln kommen für die Belange der Energie- und Wasserwirtschaft nicht in Frage, da sie entweder die technischen Anforderungen nicht erfüllen, nicht ausreichend verfügbar oder nicht wirtschaftlich einsetzbar sind.

Die derzeitige Frequenzuteilung läuft im Jahr 2020 aus. Neben der Energiewirtschaft haben auch die Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) Interesse angemeldet, wobei den BOS bereits Frequenzen im 380-MHz-Bereich und im 700-MHz-Bereich zugeteilt wurden, während der Energie- und Wasserwirtschaft keine für breitbandige Anwendungen geeigneten exklusiven Frequenzuteilungen zur Verfügung stehen.

Aus den genannten Gründen **werben BDEW und VKU** daher weiterhin **für die von der Bundesnetzagentur vorgeschlagene Nutzung der 450-MHz-Frequenz für die Zwecke der kritischen Infrastrukturen mit Schwerpunkt für die Energie- und Wasserwirtschaft.**

Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat das Bundesverkehrsministerium (BMVI) gebeten, die Entscheidung über die Widmung der Frequenz auf Ebene des Frequenzplans zu treffen. Das BMVI hat im Einvernehmen mit dem Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) und dem Bundesinnenministerium (BMI) ein Gutachten beauftragt, das als Grundlage für die Vergabeentscheidung dienen soll. BDEW und VKU begrüßen die Beauftragung dieses Gutachtens ausdrücklich und bitten darum, im Anschluss daran schnellstmöglich eine Entscheidung zugunsten der kritischen Infrastrukturen herbeizuführen.

## **2 Die Energiewirtschaft als zentrale kritische Infrastruktur hat dringenden Bedarf an einem nationalen 450-MHz-Funknetz**

### **2.1 Anforderungen an die Telekommunikationslösungen der Branche**

Die Unternehmen des BDEW und des VKU nutzen heute verschiedene Telekommunikationslösungen in öffentlichen wie nicht öffentlichen Netzen. Aufgrund der bereits laufenden doppelten Transformation der Netze hin zu einem (i) dezentral ausgerichteten Energie-Ökosystem und (ii) der weiter fortschreitenden Digitalisierung der Netze - inklusive eines gesetzlich geforderten Smart Meter Rollouts - benötigen die Unternehmen der Energie- und Wasserwirtschaft als Betreiber kritischer Infrastrukturen sichere, planbare, flächendeckende und hochverfügbare Kommunikationssysteme und -services. Ohne diese wird sich die sichere Energie- und Wasserversorgung als zentrales Element der Daseinsvorsorge künftig nicht dauerhaft aufrechterhalten lassen.

Die Anforderungen an diese Telekommunikationslösungen unterscheiden sich dabei erheblich von denen, die von Nutzern, die nicht Betreiber kritischer Infrastrukturen sind, gestellt werden. So stellt es beispielsweise für den privaten Handynutzer ein mildes Ärgernis dar, wenn er am Silvesterabend Freunden oder Familie kein frohes neues Jahr wünschen kann, weil die Handynetze überlastet sind oder er aufgrund von mangelnder Flächenverfügbarkeit in ländlichen Regionen oder im Zug auf freier Strecke nicht im Internet surfen kann. Wird ein Funknetz hingegen zur Überwachung und Steuerung von Energienetzen genutzt und es soll z.B. aufgrund einer drohenden Stromnetzüberlastung für eine Abschaltung von Wind- und PV-Anlagen eingesetzt werden, kann eine gescheiterte Übertragung dieses Steuerbefehls aufgrund von nicht zur Verfügung stehenden gesicherten Übertragungswegen eine Netzüberlastung bis hin zum Netzzusammenbruch auslösen.

Es lassen sich folgende grundsätzliche Anforderungsfelder für Telekommunikationsanwendungen für die Unternehmen der Energie- und Wasserbranche identifizieren:

- a) Nutzung für die Datenübertragung in der Netzsteuerung und -überwachung sowie die datentechnische Anbindung von Erzeugungsanlagen (z.B. dezentrale Erneuerbare Energien) und Verbrauchsanlagen über die klassischen leittechnischen Systeme und über die neuen intelligenten Messsysteme (Smart Meter) mit Steuerboxen;
- b) Nutzung für die Kommunikation im Regel- und Krisenfall sowie die Alarmierung im Notfall (Sprach- und Datenkommunikation) für das Leitstellen- und Betriebspersonal der Netzbetreiber;
- c) Nutzung für die Anbindung der neuen intelligenten Messsysteme zur Fernauslesung und Administration von intelligenten Messsystemen (Smart Meter).

Die Anforderungen an die eingesetzten Technologien und Produkte unterscheiden sich dabei erheblich von den verfügbaren Lösungen in den drei maßgeblichen Anwendungsfeldern<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Genauere Anforderungen für die einzelnen Anforderungsfelder sowie Informationen über die derzeit eingesetzten Technologien können dem Anhang entnommen werden.

Für die aus der Perspektive der Netzbetreiber besonders kritischen Anwendungen a) und b) muss insbesondere folgendes erfüllt sein:

- Die Kommunikationsfähigkeit muss für die Betreiber kritischer Infrastrukturen jederzeit und uneingeschränkt sichergestellt sein (sehr hohe Systemverfügbarkeiten bis zu 99,95 % werden je nach Anwendung angestrebt). Insbesondere ist die Verfügbarkeit auch im Schwarzfall<sup>2</sup> für eine zuverlässige Sicherstellung des Netzwiederaufbaus vollständig zu gewährleisten.
- Die verwendete Technologie muss durch eine höchste räumliche Versorgungsverfügbarkeit gekennzeichnet sein, da sie auch Anlagen in ländlichen Gegenden<sup>3</sup> oder im Gebäudekeller erreichen können muss.
- Die eingesetzte Technologie muss die hohen Anforderungen der Netzbetreiber bezüglich kurzer Signallaufzeiten bei gleichzeitiger Übertragung vieler paralleler Signale erfüllen, um jederzeit einen stabilen Netzbetrieb gewährleisten und in kritischen Situationen schnell reagieren zu können.

Öffentliche Mobilfunknetze erfüllen diese Anforderungen derzeit und auch perspektivisch in den 5G-Netzen nicht. Kabelgebundene Kommunikationslösungen wären technisch eine gute Alternative, können aber aus wirtschaftlichen Gründen nur für ausgewählte Standorte und sehr langfristig, d.h. über die nächsten Dekaden, entwickelt werden.

## 2.2 Gründe für den Aufbau eines nationalen 450-MHz-Funknetzes

Aus der bisher skizzierten Situation ergeben sich folgende zentrale Argumente für den Aufbau eines **exklusiven nationalen Funknetzes für die Anwendungen kritischer Infrastrukturen**, insbesondere der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft:

- Gewährleistung der Sprach- und Datenkommunikation im Schwarzfall und in Not- und Krisenfällen mit dem Ziel der Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung des Betriebs der Energie- und Wassernetze.
- Anforderungsgerechter und auf die Belange der Energie- und Wasserwirtschaft zugeschnittener Funknetzausbau mit autarken Technologien an einer vergleichsweise geringen Anzahl von technischen Standorten, vollständig unabhängig von öffentlichen Netzen und auf Basis eines nationalen Betreibermodells mit einem durchgängigen Sicherheitskonzept, um den stetig steigenden Risiken von Cyberangriffen bei den Betreibern kritischer Infrastrukturen wirksam zu begegnen.

---

<sup>2</sup> Als Schwarzfall wird ein vollständiger Zusammenbruch der Stromversorgung in einem Netz bezeichnet, so dass selbst Kraftwerke keinen Strom mehr aus dem Netz beziehen können. Nur sogenannte schwarzstartfähige Kraftwerke oder Erzeugungsanlagen können in diesem Fall ohne Zuführung von Energie starten und müssen im Anschluss dazu dienen, nicht schwarzstartfähige Kraftwerke in Stufen zu starten.

<sup>3</sup> Insbesondere Winderzeugungsanlagen stehen vorwiegend nicht in dicht besiedelten Gebieten, sondern in dünner besiedelten ländlichen Gegenden.

- Sicherstellung langlebiger Kommunikationsservices korrespondierend zu den langen Lebenszyklen der Systeme in den Energienetzen, aber auch im Einklang mit der technologischen Weiterentwicklung in den Märkten. In den öffentlichen Mobilfunknetzen wird derzeit die fünfte Mobilfunkgeneration eingeführt. Jeder Generationsübergang bedingt den Austausch der Endgeräte. Da Netzbetreiber Geräte über Zeiträumen von bis zu 20 Jahren betreiben, entstehen signifikante Migrationskosten.
- Das 450-MHz-Funknetz ist die derzeit einzige Lösung, mit der schwarzfallfeste Netze mit überschaubarem Aufwand realisiert und betrieben werden können. Das 450-MHz-Funknetz kann Dritten mit vergleichbaren Anforderungen Services anbieten, sodass diese an den ökonomischen Effekten großer Netze partizipieren.

Das **450-MHz-Band** ist aufgrund folgender Eigenschaften **besonders geeignet**:

- Die relativ niedrige Frequenz bietet gute Ausbreitungseigenschaften in der Fläche und eine gute Gebäudedurchdringung und erlaubt dadurch einen flächendeckenden Funknetzaufbau mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Funkstandorten. Durch die geringe benötigte Anzahl an Funkstandorten kann die Schwarzfallfestigkeit durch Notstromversorgungen mit hoher Zuverlässigkeit realisiert werden.
- 450 MHz ist die einzige Frequenz außerhalb des von den öffentlichen Mobilfunknetzen genutzten Funkspektrums, die für LTE weltweit standardisiert ist. Technik und Endgeräte für Sprechfunk und Datenkommunikation sind daher verfügbar.
- Im europäischen Ausland wird die 450-MHz-Frequenz für kritische Infrastrukturen bereits in diversen Ländern eingesetzt. In den Niederlanden sind bereits über 1 Million Smart Meter im 450-MHz-Funknetz angebunden, in Österreich läuft der nationale Ausbau mit mehreren hunderttausend über Trafostationen angebundenen Endgeräten und in Polen ist der Ausbau kurzfristig geplant.

Eine **alternative Frequenz**, die die Anforderungen der kritischen Infrastrukturen derart gut und flächendeckend erfüllen kann, **steht** in absehbarer Zeit **nicht zur Verfügung**.

### **3 Bisherige Frequenznutzungssituation und Frequenzvergabeverfahren 2020**

Die beiden derzeitigen Frequenzzuteilungen im 450-MHz-Bereich laufen mit Ende des Jahres 2020 aus. Die Verbände BDEW und VKU fordern daher seit 2013 die darüber hinausgehende Bereitstellung der 450-MHz-Frequenz für die Energiewirtschaft. Auf Anregung der Bundesnetzagentur hatte der BDEW in Zusammenarbeit mit den Unternehmen der Energiewirtschaft das Modell eines Branchennetzes konzipiert, welches für alle kritischen Infrastrukturbetreiber der Energiewirtschaft einen diskriminierungsfreien Funknetzzugang sicherstellt und ausgewählten Dritten die Nutzung ermöglicht<sup>4</sup>. Auch haben der BDEW und der VKU mit ihren Mitgliedern zwischenzeitlich die Einsatzmöglichkeiten alternativer Kommunikationslösungen in zahlreichen Pilotstellungen weiter untersucht und bewertet. Das 450-MHz-Netz ist die einzige

---

<sup>4</sup> Vgl. BDEW-Positionspapier „Betreibermodell für ein Mobilfunknetz in der Energiewirtschaft“ vom 02.10.2015.

Kommunikationslösung, die wirtschaftlich flächendeckend und schwarzfallfest ist und für auch für mobile Sprach- und Datenanwendungen genutzt werden kann. Entsprechend haben der BDEW und der VKU auch im laufenden Frequenzplanverfahren hierzu Stellung genommen<sup>5</sup>.

Der BNetzA sind die Bedarfe und Planungen der Unternehmen der Energiewirtschaft seit 2013 bekannt. Das Branchennetzkonzept, die Durchführung zahlreicher Pilotprojekte verschiedener Unternehmen der Energiewirtschaft und der laufende Ausbau von regionalen Funknetzen durch den Frequenzinhaber 450connect in Kooperation mit Unternehmen der Energiewirtschaft wurden von der BNetzA ausdrücklich begrüßt.

Auf Anfrage der Energiewirtschaft zur Nutzung der 450-MHz-Frequenz für den Zeitraum ab 2021 hat die BNetzA stets auf das anzuwendende transparente, offene und diskriminierungsfreie Verfahren und auf eine rechtzeitige Entscheidung vor Auslaufen der Frequenzen verwiesen.

Das Verfahren wurde mit dem Entwurf der Frequenzplanänderung im Juni 2017 eröffnet und mit der Bedarfsabfrage im Dezember 2017 fortgesetzt. Verbände und Unternehmen der Energiewirtschaft haben ihren Bedarf am 450-MHz-Funknetz in diversen Stellungnahmen unterstrichen und den Stand ihrer Planungs-/Aufbauaktivitäten dargelegt.

Infolge von Forderungen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben sowie des Militärs nach einer exklusiven Zuweisung der 450-MHz-Frequenz für deren Zwecke auf Ebene des Frequenzplans konnte bislang kein Einvernehmen mit Bund und Ländern in der Frequenzplanänderung hergestellt werden. Seit Frühjahr 2018 liegt das Verfahren zur Entscheidung bei der für Frequenzpolitik zuständigen Fachaufsicht der BNetzA, dem BMVI.

Im Rahmen der interministeriellen Abstimmung hat sich das BMVI mit dem BMWi und dem BMI und dem Bundesverteidigungsministerium (BMVg) auf die Durchführung einer Studie verständigt, die die Bedarfe und Lösungen für kritische Infrastrukturbetreiber (Fokus Energiewirtschaft) und BOS untersuchen soll. Diese Studie wurde im Februar 2019 beauftragt und soll bis Mai 2019 vorliegen.

**BDEW und VKU begrüßen, dass das BMVI mit der Durchführung der Studie einen konkreten Entscheidungspfad und -zeitrahmen vorgibt.** Im Rahmen der Erarbeitung der Studie stehen die Unternehmen des BDEW und des VKU den Gutachtern gern zur Verfügung.

Begleitend zur Durchführung der Studie wenden sich BDEW und VKU mit dieser Stellungnahme an Bundes- und Landesregierungen und Mitglieder von Bundestag und Landtagen sowie zuständige Behörden.

---

<sup>5</sup> Vgl. BDEW-Stellungnahme zur „Aufstellung des Frequenzplans gemäß § 54 TKG, Aktualisierung des Frequenzplans bei 700 MHz (drahtloser Netzzugang, BOS, BMVg), 450 MHz (BOS, BMVg, KRITIS) sowie 1350 und 1500 MHz (Funkmikrofone)“ vom 10.08.2017 und BDEW-Stellungnahme zur „Frequenzbedarfsabfrage für die zukünftige Nutzung der Frequenzen im Frequenzbereich 450 MHz“ vom 16.02.2018.

#### **4 Breiter Branchenkonsens und bestehende Anstrengungen**

Mit Blick auf die anstehende Entscheidung über die Vergabe des 450-MHz-Frequenzbandes hat sich die Energiewirtschaft in den letzten fünf Jahren konsequent vorbereitet und positioniert:

- Die Nutzung der 450-MHz-Frequenz für kritische Infrastrukturen auf Basis eines nationalen Betreibermodells ist inzwischen breiter Konsens der Energiewirtschaft und wird von allen relevanten Akteuren vertreten. Hierzu zählen der BDEW, der VKU, der FNN/VDE, einer der beiden derzeitigen Frequenzinhaber 450connect sowie die Versorger-Allianz 450 (inklusive der jeweils bestehenden regionalen EVU-Kooperationspartner).
- Unternehmen der Energiewirtschaft haben seit 2012 umfangreiche Teststellungen und Pilotprojekte zur Prüfung der Einsatzfähigkeit der zur Verfügung stehenden Kommunikationslösungen umgesetzt und haben in diesem Zuge auch 450-MHz-Installationen mit verschiedenen TK-Providern auf Basis von CDMA und LTE durchgeführt. Die Einsatzfähigkeit einer 450-MHz-Kommunikationslösung hat sich bestätigt.
- Die Energiewirtschaft fordert nicht nur, sondern investiert bereits in erheblichem Umfang, was von der Bundesnetzagentur im Hinblick auf die künftige Vergabe stets empfohlen worden ist. In 20 % der Fläche von Deutschland wird das 450-MHz-Funknetz durch den Frequenzinhaber 450connect und dessen bestehende regionale EVU-Kooperationspartner derzeit aufgebaut, erste Teilnetze mit Tausenden von Anschlüssen sind bereits im Wirkbetrieb für Zwecke der Netzsteuerung. Der Ausbau regionaler 450-MHz-Funknetze erfolgt derzeit mit Schwerpunkt in Hessen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen sowie in der Städtereion Düsseldorf-Aachen-Köln und in Westfalen.
- Weiterhin haben sich über 70 weitere Unternehmen der Energie- und Wasserwirtschaft mit über 21 Millionen versorgten Einwohnern und rd. weiteren 20 % Flächenanteil in der Versorger-Allianz 450 zusammengeschlossen, um ein bundesweites Funknetz aufzubauen.
- Darüber hinaus investieren Unternehmen der Energiewirtschaft umfangreich in die Vorbereitung des nationalen Rollouts (Ausprägung des Funknetzes und des Betriebskonzepts, Vorbereitung von Funkstandorten etc.), so dass dieser sehr kurzfristig nach der Entscheidung über die Frequenzzuteilung ab 2020 erfolgen kann.

#### **5 BDEW und VKU fordern zügige Vergabeentscheidung**

Die BNetzA hatte im Dezember 2017 die Nutzung der 450-MHz-Frequenzen für kritische Infrastrukturen vorgeschlagen. Infolge der widerstreitenden Interessen bei der Zuweisung des Frequenzbereichs konnte die Bundesnetzagentur bisher nicht wie vorgesehen das Zuteilungsverfahren für die Frequenznutzung nach 2020 durchführen. Für die laufenden und geplanten Ausbau- und Investitionsvorhaben der Unternehmen der Energiewirtschaft mit ihren o.g. kritischen Anwendungen besteht bis heute keine Rechtssicherheit.

Entsprechend den Vorschlägen der BNetzA fordern der BDEW und der VKU daher:

**Die 450-MHz-Frequenz muss aufgrund des substanziellen Bedarfs und fehlender Alternativen für die Anwendungen kritischer Infrastrukturen, insbesondere der Energie- und Wasserwirtschaft, zügig zur Verfügung gestellt werden.**

**Hierfür bedarf es einer Entscheidung durch das zuständige BMVI, spätestens bis zur parlamentarischen Sommerpause 2019. Grundlage ist die laufende Studie, für deren Erarbeitung die Unternehmen des BDEW und des VKU den Gutachtern gern zur Verfügung stehen.**

**Die Bundesnetzagentur soll die Nutzung der 450-MHz-Frequenz für kritische Infrastrukturen anschließend zügig durch eine entsprechende Widmung im Frequenzplan und im Rahmen eines transparenten, offenen und diskriminierungsfreien Zuteilungsverfahrens umsetzen.**

**Ansprechpartner:**

Dr. Max Marquard  
Telefon: 030 / 300 199 - 1665  
max.marquard@bdew.de

Benjamin Sommer  
Telefon: 030 / 585 80 - 194  
sommer@vku.de

## Anhang

Anforderungsfelder	Datenübertragung Netzüberwachung und -steuerung	Sprachkommunikation in Krisen- und Notfällen	Datenkommunikation intelligenter Mess- systeme und Steuer- boxen
<b>Kernanforderungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sichere und stabile Verfügbarkeit in der Fläche (auch im Schwarz-/Krisenfall)</li> <li>- Absicherung gegen Cyberrisiken durch unabhängige Strukturen (Technik, Organisation)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kommunikationsfähigkeit wenn öffentliche Netze nicht verfügbar sind (insb. bei größeren Stromausfällen und Großschadensereignissen)</li> <li>- Kommunikation in Gebieten ohne Mobilfunkabdeckung (Funklöcher)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherstellung gesetzlich geforderter 95 % Versorgungsvfügbarkeit (Keller, ländliche Gegenden)</li> <li>- Bei Steuerboxeinsatz vergleichbare Anforderungen wie Netzüberwachung/-steuerung (aber ohne Schwarzfall)</li> </ul>
<b>Alternative Lösungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anbindung über öffentlichen Mobilfunk der TK-Provider (M2M Services)</li> <li>- Anbindung über Rundsteuernungen (funk- und/oder energienetzbasiert)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutzung öffentlicher Mobilfunk der TK-Provider</li> <li>- Nutzung öffentlicher Satellitenfunk der TK-Provider</li> <li>- Nutzung nicht öffentlicher Betriebsfunknetze der Energieversorger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anbindung über öffentlichen Mobilfunk (M2M Services)</li> <li>- Anbindung über Breitband-Powerline-Kommunikation und/oder kabelgebundene Lösungen (Breitbandservice)</li> </ul>
<b>Bewertung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unzureichende Verfügbarkeiten (räumlich, im Schwarzfall), keine langfristig gesicherten M2M-Produkte und hoher Aufwand zur Absicherung von Cyberrisiken bei Funknetzen</li> <li>- Keine bidirektionale Kommunikation bei Rundsteuerungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öffentlicher Mobilfunk und Satellitenfunk stehen bei Stromausfällen und bei Krisen nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung</li> <li>- Unzureichende Verfügbarkeiten von Frequenzen für alle Netzbetreiber</li> <li>- Künftig unzureichende Frequenzeffizienz im Betriebsfunk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mit öffentlichem Mobilfunk werden nur ca. 60 % der Smart Meter Gateways erreicht</li> <li>- Breitband-Powerline Kommunikation ist nur auf der letzten Meile einsetzbar</li> <li>- Kabelgebundene Anbindungen über Breitband sind in der Regel unwirtschaftlich</li> </ul>