



“Ojos que no ven, corazón que no siente” – el mobiliario urbano como camuflaje para las celdas pequeñas 5G

Un aspecto fundamental de la red 5G es el despliegue de estaciones base de corto alcance pero de alta densidad espacial, para proporcionar la capacidad de la red en zonas con un gran número de personas usuarias moviéndose a poca velocidad (el caso típico son las zonas peatonales). Para ello, se instalan "celdas pequeñas" o "Small Cells".

En la tecnología 5G NR (New Radio), se utilizarán, aparte de las estaciones base ubicadas a alturas elevadas en mástiles o en tejados, con un mayor radio de cobertura, también un gran número de estas celdas pequeñas -small cells que se instalarán en las calles y fachadas de edificios. Ya se conocen este tipo de dispositivos desde que surgió la tecnología de telefonía móvil 2G a 4G, los cuáles, hasta la fecha, han sido utilizados como micro y nanoceldas que cubren unas capacidades extremadamente elevadas, por ejemplo, en las zonas peatonales de grandes ciudades, en naves de ferias comerciales o en campos de fútbol (Fig. 1). En lugar de tejados de edificios, chimeneas de fábricas y mástiles específicamente levantados para este fin, muchas de estas celdas pequeñas 5G se instalan en soportes como farolas, semáforos, pilares publicitarios y similares que pertenecen al "mobiliario urbano"¹. En la actualidad (2021) La tecnología LTE se sigue utilizando en todo el mundo.



Fig. 1: Ejemplo de una microcelda Telekom con telefonía móvil LTE (hotspot) ubicada en una zona peatonal. En Alemania, estas microceldas se utilizan desde hace bastante tiempo.

Especialmente preparadas para albergar celdas pequeñas son las carcassas multifuncionales de telecomunicaciones, que se instalaron en gran número durante la conversión de la "red telefónica" a IP/VDSL (Fig. 2) y que sustituyeron a los antiguos "armarios de interconexión". Estos emplazamientos son utilizados por los operadores de red porque en ellos ya está disponible toda la infraestructura necesaria para una celda pequeña: tanto la fuente de alimentación de 230V como la conexión de datos a la rápida red de fibra óptica.

La conversión de los antiguos armarios de interconexión pasivos en nuevas carcassas multifuncionales se muestra muy claramente en dos vídeos de YouTube de la Deutsche Telekom ([1] y [2]) y en [3].

¹ El término mobiliario urbano es el término genérico que designa los objetos situados en zonas exteriores, en espacios urbanos públicos y privados, en plazas o en parques, que amueblan el espacio urbano de forma comparable al mobiliario clásico y tienen una finalidad. Un elemento de mobiliario urbano ofrece funciones necesarias en el espacio público (por ejemplo, las mamparas), o es un objeto que sirve para informar o anunciar, para entretenerse, para relajarse o para jugar. (Fuente: Wikipedia)



(Bild: Berthold Sichert)

Outdoorgehäuse von Berthold Sichert aus Berlin-Marienfelde

Fig. 2: Carcasa multifuncional (para el emplazamiento al aire libre) de Berthold Sichert de Berlín-Marienfelde, lista para la instalación de small cells [4].



Fig. 3: Ejemplos de mobiliario urbano equipados con celdas pequeñas camufladas (en blanco), diseñadas para todas las bandas de frecuencia LTE/5G [5].

La industria ya ha descubierto el potencial de mercado de las small cells y ya está ofreciendo unas versiones "disimuladas" o "camufladas" según el conocido dicho "ojos que no ven, corazón que no siente". Por ejemplo, un folleto de un proveedor de equipo de telecomunicaciones dice:

"Dado que resulta fundamental la aceptación general de la tecnología inalámbrica (antenas y Small Cells), los productos Raycap se caracterizan por una estética apropiada que armoniza con el entorno y satisface los requisitos de las administraciones municipales. La infraestructura de la red debe ser lo más discreta o invisible posible". [5]

La Fig. 3 muestra varias fotos de pequeñas celdas integradas de forma "camuflada" en piezas de mobiliario urbano. Los marcos blancos de este tipo de mobiliario urbano, también conocidos como "unidades de auxiliares", contienen la tecnología del sistema electrónico (procesamiento de la señal, etapa de salida del transmisor, receptor, fuente de alimentación); las antenas están instaladas de forma disimulada en las farolas (véase Fig. 4).



Dos antenas camufladas dentro de las farolas (círculos amarillos)

Fig. 4: Representación esquemática de la conexión entre los componentes de una pequeña celda (Fuente: Deutsche Telekom/Raycap [6])

Las celdas pequeñas ocultas en farolas y otros postes, así como en fachadas de edificios, están camufladas con recubrimientos diseñados para ello (resulta significativo el nombre del producto "InvisiWave™"):

"En el panorama general de nuestras ciudades y municipios se encuentran cada vez más construcciones de antenas. Especialmente en las ciudades históricas, esto es particularmente perturbador y ya no se tolera.

Raycap desarrolla soluciones a medida que son estéticamente agradables y optimizadas para las bandas de frecuencia LTE/5G. Con ellas, los operadores de red son capaces de realizar una cobertura de red que satisfaga las necesidades de los/as usuarios/as y que no perturbe la apariencia visual de las ciudades y comunidades". [5]

En las figuras 5 y 6 se muestran imágenes al respecto.



Fig. 5: "Recubrimiento InvisiWaveTM " alrededor de las celdas pequeñas en farolas [5]

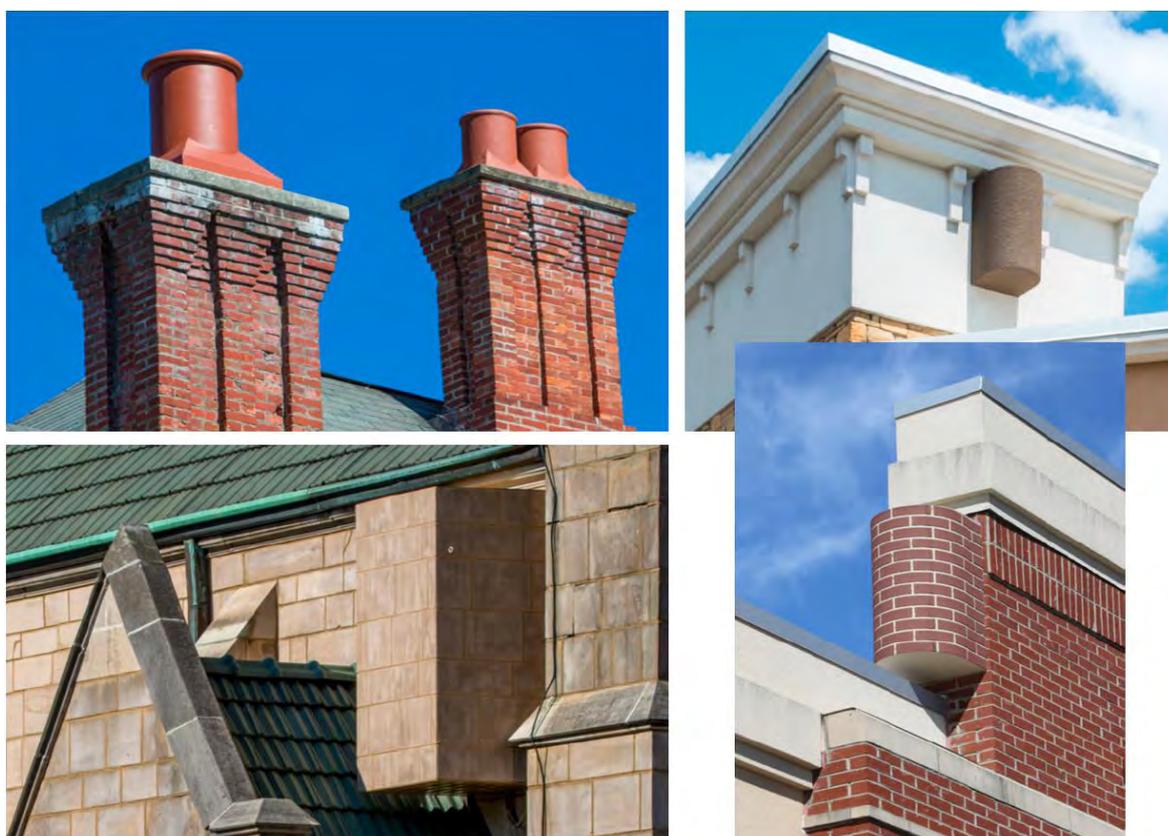


Fig. 6: "Recubrimiento InvisiWaveTM " alrededor de las celdas pequeñas en edificios [5]

Aún más discretas que "InvisiWave™" son, por ejemplo, las estelas luminosas de Schröder (Fig. 7). El catálogo electrónico dice: *"Conectar a la gente con su entorno social - más eficiente. Más inteligente. Más interactivo. Más conectado a la red. La revolución digital apoya a las personas en un mundo en el que se enfrentan cada vez a más desafíos. Nuestro producto Shuffle es mucho más que una farola. Conecta a las personas con su entorno.*

Esta moderna interfaz crea un valor añadido para los espacios vitales públicos y privados. Con funciones integradas, tales como WLAN, estación de carga eléctrica, altavoz y cámara, Shuffle es mucho más que una iluminación profesional.

Crea las mejores condiciones para que en los lugares públicos las personas se sientan como en casa. Shuffle ofrece seguridad, comodidad y una sensación de bienestar. Invita a la gente a usar los lugares públicos de forma relajada, tanto de día como de noche.

Shuffle es una solución completa y económica con muy poco mantenimiento. Al combinar varios requisitos en un solo mástil, se ahorra material reduciéndose la huella de carbono de una instalación completa". [7]



Fig.7: Estela luminosa "Shuffle" con carcasa lateral para alojar la tecnología más extensa del sistema Small Cell (izquierda) o con la tecnología de sistemas y la antena integradas en la estela (derecha) [7].

Con la creciente demanda de ubicaciones discretas para las Small Cells, especialmente en las aglomeraciones urbanas, como calles comerciales y zonas peatonales, el viejo pilar publicitario, que parecía cada vez más desplazado por los medios publicitarios modernos -como los City Light Posters CLP² controlados electrónicamente- está experimentando un renacimiento.

² Los carteles City Light (también abreviado: City Light) son un soporte web especial de publicidad exterior. Mientras que los carteles clásicos están, en el mejor de los casos, iluminados de frente, los CLP son espacios publicitarios retroiluminados y protegidos tras un cristal en zonas del centro de la ciudad. Hasta tres motivos comparten la cartelera y se muestran simultáneamente en un lugar mediante un mecanismo de intercambio. La rotación aumenta el efecto publicitario a través del movimiento. (Fuente: Wikipedia)



Esto se debe a que el pilar publicitario, con su cuerpo hueco bastante grande y no utilizado anteriormente, ofrece las mejores condiciones para alojar la tecnología del sistema y las antenas para las células pequeñas (Figs. 8-10). Dado que las antenas están situadas en la parte superior del pilar publicitario a una altura de aproximada de 4 m, el problema de la exposición muy fuerte hasta alcanzar los valores límite en las inmediaciones se atenúa aquí en comparación con las carcasas multifuncionales. Actualmente, las células pequeñas con tecnología LTE se instalan en los pilares publicitarios, que transmiten en la banda de frecuencias de 2600 MHz. Dentro de unos años, será posible contar con equipos adicionales con tecnología 5G.

Para más información, véase [8], [9] y [10].

Fig. 8: Célula pequeña (LTE) en el pilar publicitario de Berlín [10]



Fig. 9: Tecnología del sistema LTE en el interior del pilar publicitario; las líneas de alta frecuencia conducen a la antena en el techo [10].



Fig. 10: Antena LTE en el techo del pilar publicitario [10].

En [8] Telekom explica:

"Mientras los pilares publicitarios se desmantelan en muchos lugares de Alemania, Berlín conserva los clásicos en su paisaje urbano, e incluso coloca otros nuevos con el apoyo de Telekom. De ello se encarga la empresa Ilg- Außenwerbung, con la que Telekom colabora estrechamente en su proyecto piloto. En su fábrica del barrio berlinés de Treptow-Köpenick premona los pilares de hormigón y también instala allí los sistemas de antenas. A continuación, las piezas individuales se transportan a la nueva ubicación y se instalan allí..."

¿Qué hay en los pilares?

Tenemos un soporte para la tecnología del sistema en el centro, relativamente central. La electricidad y la conexión de fibra óptica salen del suelo en la parte inferior", dice el director del proyecto de Telekom, Lasse Tiede. También hay un contador de electricidad, fusibles y un punto de terminación de fibra óptica. Desde la tecnología del sistema, un cable de alta frecuencia sube hasta la antena, que está alojada en la cubierta del pilar publicitario.

Esto es lo que hacen las células pequeñas

Principalmente utilizamos antenas que proporcionan cobertura de telefonía en un círculo alrededor de todo el pilar publicitario. Pero también se utilizan antenas direccionales. Construimos Small Cells principalmente para aumentar la capacidad de nuestra red y aliviar los macroemplazamientos en los tejados. Y la característica especial de las células pequeñas es su diseño estandarizado, que nos facilita las cosas", dice el director del proyecto, Lasse Tiede.

En Berlín, abastecen a su entorno con LTE y con anchos de banda de hasta 150 megabits por segundo. Así pues, no debe sorprender a nadie que esté junto a un pilar publicitario y que, de repente, tenga una recepción de teléfono móvil aún mejor con más barras LTE en la pantalla. El teléfono inteligente reconoce por sí mismo dónde encuentra una mejor señal, y cambia automáticamente de una ubicación en el tejado a la red de pilares publicitarios si es necesario.

Cómo continúa el proyecto

La planificación de los pilares LTE está en marcha en Berlín desde 2020, y ahora se están instalando gradualmente en los pilares Litfass de toda la ciudad. Para finales de 2021, los 200 sistemas de la capital deberán estar en el aire. Es muy posible que se produzca una nueva expansión, también en toda Alemania. En el futuro, también podría utilizarse el 5G, según el director del proyecto, Lasse Tiede: "Hay espacio suficiente en los pilares publicitarios. Así que también podrías instalar otra tecnología". " [8]

La Fig. 11 muestra la ubicación de las columnas del ILG Litfass en el centro de Berlín [8].

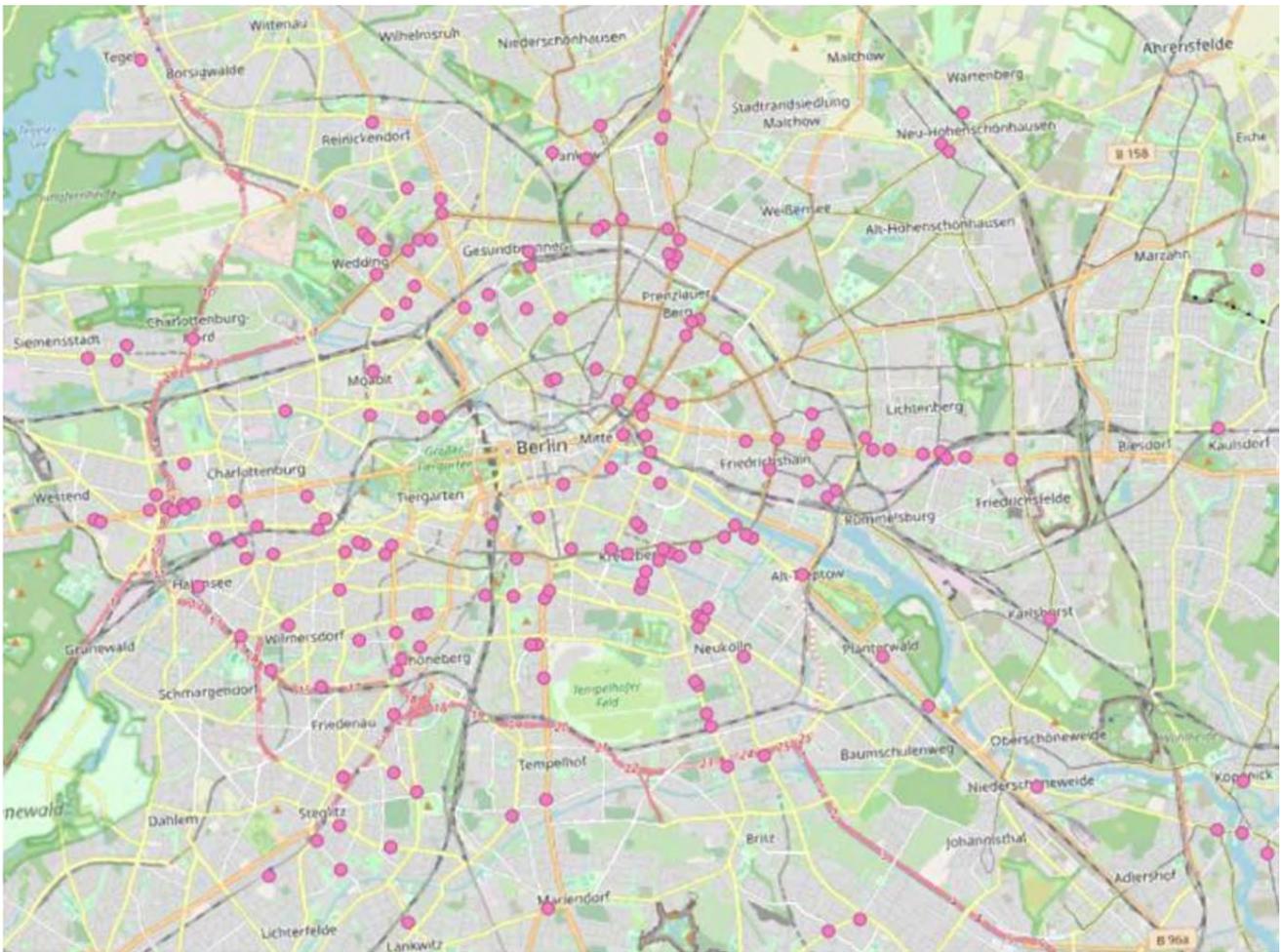


Fig.11: Ubicación de los pilares de ILG Litfass en el centro de Berlín (Fuente: Telekom [8])

La intención con el mobiliario urbano, como el "Smartbench" o "Banco inteligente" (Fig. 12) de Strawberry Energy, es muy diferente a la de las pequeñas células en carcassas multifuncionales, pilares publicitarios y productos "InvisiWaveTM". Aquí no se trata de ocultar o camuflar las Small Cells, sino precisamente de su presentación pública y orgullosa como signo visible de participación en el progreso técnico y "social". Por ejemplo, el fabricante del Smart Bench describe su Techno Bench como un "lugar de encuentro social inteligente".



Fig. 12:
"Smartbench" como
"centro tecnológico
social" [11].

Smartbench es un ejemplo sucinto del modo en que la generación de los teléfonos inteligentes ha adaptado esta tecnología como algo natural y central en sus vidas. Esto queda muy claro en una entrevista a Strawberry Energy presentada en Basecamp, el "espacio de debate y blog de asuntos públicos de Telefónica Deutschland" [11], que merece la pena citar ampliamente por esta claridad -aunque uno no pueda evitar sonreír siempre por la ingenuidad y el evidente esfuerzo de algunos de los argumentos:

*"Strawberry Energy es una **empresa tecnológica especializada en ciudades inteligentes (Smart Cities)**. Queremos mejorar la calidad de vida en los espacios urbanos y transformarlos paso a paso en ciudades inteligentes reinventando el mobiliario urbano. Empezamos con el llamado Smartbench, que presentamos en la inauguración del Campus 5G en el BASECAMP de Berlín. Este es un banco inteligente.*

*Un banco es una de las piezas de **mobiliario urbano** más antiguas que se pueden encontrar en cualquier parte del mundo y no ha cambiado en miles de años. Por eso hemos reinventado el banco para el siglo XXI, para que sea más útil para los y las habitantes de la ciudad y las empresas locales. Nuestro Smartbench es **un lugar de encuentro social inteligente** para quienes habitan la ciudad y satisfará las necesidades de la ciudadanía. Y funciona: En la actualidad, nuestros Smartbenches se encuentran en 50 ciudades de todo el mundo.*

¿Qué puede hacer el Smartbench de Strawberry Energy? ¿Qué ventajas ofrece como elemento de mobiliario urbano?

*Externamente, nuestro Smartbench parece un **banco moderno**. Así que puedes sentarte en él y hablar con otros/as internautas: ese es el aspecto social de nuestro Smartbench. También es un **pequeño centro tecnológico**. El banco puede equiparse con diferentes módulos y funciona con **energía solar**. Ofrece **Wi-Fi rápido** y una **estación de carga** para teléfonos móviles, tablets y similares. Los **pequeños vehículos eléctricos urbanos**, como los patinetes, también pueden cargarse en nuestro banco. Además, se pueden integrar **sensores climáticos** para medir la calidad del aire, la humedad, la temperatura y otros aspectos de la calidad ambiental. Además, es posible conectar el banco con **asistentes de voz** como Alexa o Google Assistant. Con esta función, los/as usuarios/as pueden preguntar al banco cualquier cosa que resulte importante durante su estancia en la ciudad: cómo llegar a lugares emblemáticos famosos, dónde encontrar un restaurante indio o la estación de metro más cercana. Por último, el banco puede estar equipado con una **opción de pago sin contacto** para que sus usuarios/as puedan realizar pagos en él.*

¿Cómo puedo imaginarlo? ¿Podré en el futuro sentarme en el Smartbench para comprar en línea y pagar los productos que he pedido directamente con el pago sin contacto?

Exactamente - o entradas para el teatro municipal, el autobús o el cine. También realizamos un proyecto para el que colaboramos con una **organización benéfica**. Los/as usuarios/as pudieron **donar** en el banco mediante el pago sin contacto. Cuando pasaban por nuestro banco, se detenían un momento, ponían su tarjeta de crédito en el banco y podían donar fácil y rápidamente dos o tres euros.

¡Una gran idea! ¿Por qué es necesario el 5G para todas estas funciones?

Como centro tecnológico social, el Smartbench ofrece tres cosas: energía, conectividad y espacio: por un lado, espacio para las personas que se sientan en él y, por otro, espacio para integrar las tecnologías. El 5G nos permite ofrecer conexiones más potentes y rápidas y admitir más funciones que nos permitan utilizar ese espacio. Cuanto mayor sea el ancho de banda, más prestaciones podrá ofrecer nuestro banco.

Además, Smartbench no solo utiliza el 5G para sus diversas funciones, sino que también pone el nuevo estándar móvil a disposición de todos los/as usuarios/as. De este modo, el banco se convertirá en un punto de acceso 5G en la ciudad, lo que ayudará a las empresas de telecomunicaciones a garantizar una red 5G a nivel nacional." [11]

El papel del gobierno y municipios en la provisión de soportes para las células pequeñas

La política insta a los municipios a que ayuden a los operadores de redes a situar las estaciones base 5G y, en particular, a que proporcionen de buen grado los soportes municipales (farolas, semáforos, señales de

	ampliación de ubicaciones macro	emplazamiento de nuevas ubicaciones macro	emplazamiento de ubicaciones para las celdas pequeñas
mástiles de antenas	muy aptas	muy aptas	menos aptas
postes de catenarias		menos aptas	aptas
farolas		menos aptas	muy aptas
instalaciones de señales luminosas (semáforos)		menos aptas	menos aptas
soportes de (grandes) señales de tráfico o letreros		menos aptas	aptas
carteles informativos para usuarios/as de medios de transporte y rótulos indicadores ("Metro")		menos aptas	muy aptas
cubiertas de edificios, aleros	muy aptas	muy aptas	aptas
fachadas de los edificios		aptas	muy aptas

Tabla 1: Evaluación ejemplar de la idoneidad de las infraestructuras municipales como emplazamientos 5G [6].

Esto se ilustra claramente, por ejemplo, en un manual sobre los "potenciales de co-utilización de las infraestructuras municipales para el despliegue de la tecnología 5G" editado por el Ministerio Federal de Transporte e Infraestructura Digital (Alemania) [6]. En la Tabla 1 figura una evaluación resumida que este manual hace de las posibilidades de uso compartido de las infraestructuras municipales como posibles soportes de infraestructura de tecnología inalámbrica.

Algunos municipios son muy complacientes con los operadores de telefonía móvil a la hora de proporcionarles emplazamientos. La ciudad de Colonia, por ejemplo, alquila a Vodafone solares, tuberías vacías, farolas y mobiliario urbano en un único acuerdo marco:

"La ciudad de Colonia está ganando velocidad con el 5G. La alcaldesa Henriette Reker, junto con Vodafone, Vantage Towers, así como las empresas municipales de servicios públicos, RheinEnergie AG y NetCologne, puso la primera piedra para una amplia cooperación en la expansión del nuevo estándar de comunicaciones móviles de alto rendimiento en la metrópoli de NRW. La correspondiente declaración de intenciones fue firmada por la alcaldesa Henriette Reker, el Dr. Dieter Steinkamp, portavoz de la dirección de la empresa de servicios públicos y director general de RheinEnergie, así como Gerhard Mack, director de tecnología de Vodafone Alemania, y Matthias Mause, de Vantage Towers. Sus asociados/as quieren que la expansión de la red sea más rápida y rentable con un modelo único en Alemania. Las zonas y edificios de la ciudad, la fibra óptica y los conductos vacíos de NetCologne, las farolas de RheinEnergie AG y todos los demás objetos, zonas y mobiliario urbano posibles se arrendarán a Vodafone agrupados mediante un único acuerdo marco. Esto va mucho más allá de los requisitos legales y mejora los procesos de coordinación, a menudo largos, de otros lugares. Además de las conocidas antenas de telefonía móvil, que se encuentran en mástiles independientes o en los tejados de los edificios, las llamadas "células pequeñas" también se activarán más rápidamente con la ayuda del modelo, por ejemplo en las farolas". [12]

Visualización de las células pequeñas en el directorio de emplazamientos de la Agencia Federal de Redes (mapa de CEM)

Desde 2021, también es posible visualizar en el directorio de emplazamientos (mapa de CEM [13]) de la Agencia Federal de Redes (BNetzA) las células pequeñas cuya potencia de transmisión (EIRP) es inferior a 10 W, que por lo tanto no requieren la aprobación y la certificación del emplazamiento por parte de la BNetzA y sólo tienen que ser notificadas allí (Fig. 13).

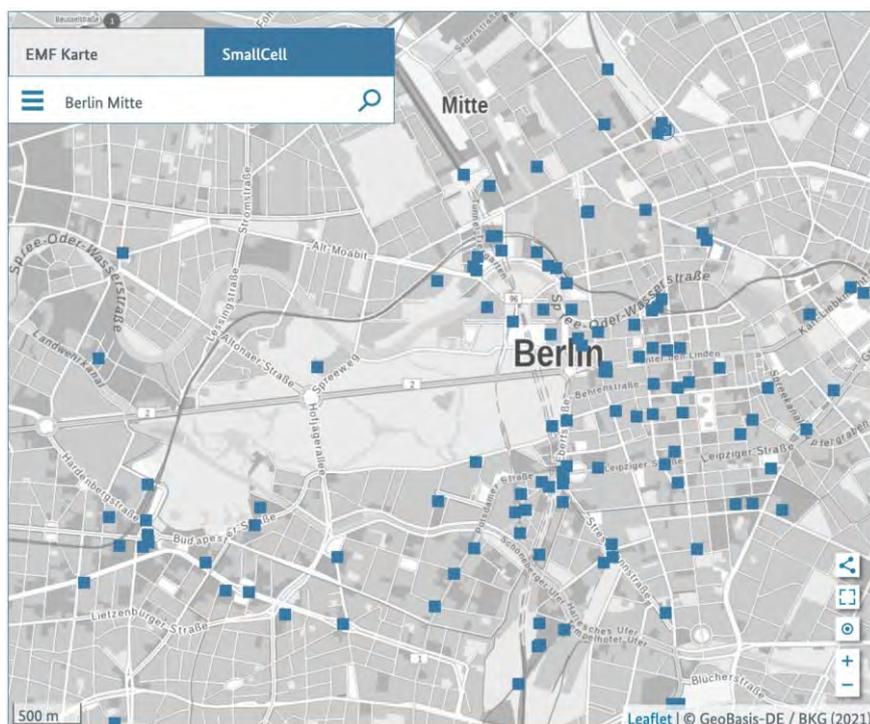


Fig. 13: Ejemplo de una sección del mapa de células pequeñas de la BNetzA para Berlín Mitte

Celdas pequeñas y valores límite de protección personal

En particular, con celdas pequeñas instaladas cerca de las personas y a escasa altura (por ejemplo, en carcassas multifuncionales), a menudo ya no es posible garantizar que los y las transeúntes mantengan una mayor distancia; las antenas pueden tocarse casi en la superficie cuando están instaladas a baja altura. Esto puede llevar a problemas con el cumplimiento de los valores límite según la 26ª Ordenanza Federal de Control de Inmisiones (BImSchV). En las proximidades de esas celdas de radio tan pequeñas pueden producirse intensidades de campo muy elevadas -a pesar de que la potencia de transmisión sea inferior a 10 W EIRP³, de manera que no se requiere ningún certificado de localización de la Agencia Federal de Redes (BNetzA)-, las cuales son claramente más altas que en las anteriores localizaciones de mástiles y

³ EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power, potencia isotrópica radiada equivalente teniendo en cuenta la ganancia de la antena y, por tanto, el "factor de agrupación" de la misma.

tejados, con sus distancias significativamente mayores. A frecuencias superiores a 2 GHz y una potencia de 10 W EIRP, el valor límite del 26º BImSchV de 61 V/m se alcanza a una distancia de 28 cm de la antena

Otro efecto de las pequeñas celdas pequeñas: En ubicaciones en mástiles y tejados, los pisos inferiores y planta baja de un edificio están significativamente menos expuestos que los pisos superiores. Esta proporción se invierte para las small cells instaladas en la calle.

5G en cinco capítulos

El autor ha tratado el extenso y polifacético tema del "5G New Radio " en un total de cinco artículos que fueron publicados conjuntamente bajo el título general de "5G en cinco capítulos" en "baubiologie magazin" del Instituto de Bioconstrucción y Sostenibilidad IBN (Rosenheim) [9].

El presente artículo trata el tema especial de las celdas pequeñas.

Otros temas de profundización son:

- Telefonía 5G e Internet por satélite: ¿la parrilla de radiación desde arriba?
- 5G Mediciones de inmisión con dispositivos de medición de banda ancha de la técnica de medición en bioconstrucción
- 5G NR Aspectos técnicos y metrológicos (proyecto de la nueva directriz de la VDB "5G NR")

El artículo

- Aceleración total con 5G - Campos de aplicación, objetivos y características del sistema de telefonía móvil del 5. Generation, sirve de introducción general al tema.

Bibliografía y enlaces de Internet

- [1] Deutsche Telekom: Vor Ort: So sieht es in einem Kabelverzweiger (Kvz) der Deutschen Telekom aus; YouTube Video; <https://www.youtube.com/watch?v=OTTMomp-694>
- [2] Deutsche Telekom: MFG: So sieht ein Multifunktionsgehäuse der Telekom von innen aus; YouTube Video; <https://www.youtube.com/watch?v=Pn-pD9S0ABl>
- [3] STG Group: Aufstellen eines Multifunktions Gehäuses; YouTube Video; <https://www.youtube.com/watch?v=g4lTgmRYau4>
- [4] Multifunktionsgehäuse (Outdoorgehäuse) von Berthold Sichert aus Berlin-Marienfelde mit der Option zum Einbau von Mikrozellen; www.sichert.com; <https://www.golem.de/news/berthold-sichert-5g-fuer-die-telekom-aus-dem-berliner-multi-funktionsgehaeuse-1901-138907.html>
- [5] Raycap – Produkte für Telekommunikationsnetze: Stadtmöbel für Small-Cells und e-Mobility; <https://raycap.de/wp-content/uploads/2020/03/Products-Solutions-for-Telecom-DE.pdf>
- [6] Jay, Stephan; Jost, Rüdiger; Kriegeskotte, Nick; Lemke, Michael; Pauli, Olaf; Schramm, Frank; Veith, Ingobert (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.)): Mitnutzungs- potenziale kommunaler Träger-Infrastrukturen für den Ausbau der nächsten Mobilfunkgeneration 5G – Eine Handreichung der AG Digitale Netze des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur; Juli 2019; <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/ag-digitale-netze-mitnutzungspotentiale-kommunale-traegerinfrastrukturen-5g.html>
- [7] Schréder: E-Katalog „Smart Lighting solutions – Lösungen für sichere, belebte und vernetzte Umgebungen; <http://ecatalogue.schreder.com/de/m/index.html#/page/24>
- [8] Basecamp, Debattenraum und Public-Affairs-Blog von Telefónica Deutschland: 5G verstehen: Smarte Stadtmöbel – so verändert ein Start-up urbane Räume; <https://www.basecamp.digital/5g-verstehen-smarte-stadtmoebel-so-veraendert-ein-start-up-urbane-raeume/>
- [9] Virnich, Martin: 5G in fünf Kapiteln; baubiologie magazin des IBN – Institut für Baubiologie und Nachhaltigkeit, Rosenheim; Juli 2020; <https://baubiologie-magazin.de/5G-in-fuenf-Kapiteln>