

# LTE – Der nächste Leistungssprung im Mobilfunk

Long Term Evolution, kurz LTE ist die Basis für die Mobilfunknetze der nächsten, der 4. Generation (4G). Diese neuen LTE-Netze ermöglichen mobile Datenübertragungsgeschwindigkeiten von 100 Mbit/s. Die dafür notwendigen Frequenzen wurden im Mai versteigert, die ersten Sendemasten im September in Betrieb genommen. Welche Vorteile der neue Mobilfunkstandard hat und wie er funktioniert, zeigt dieser Beitrag.

## Aktuelles

LTE ist eine Weiterentwicklung der bisher angebotenen Mobilfunktechnologien GSM und UMTS. LTE (Bild 1) ermöglicht mobile Datenübertragungsgeschwindigkeiten ähnlich dem heutigen Festnetz-Internet, die in Zukunft Grundlage für neue Dienste wie Videotelefonie, Musik- und Videostreaming, Spiele und andere Angebote sein wird. Die erforderlichen Endgeräte sind voraussichtlich ab Frühjahr 2011 verfügbar. Die Auktion der dafür notwendigen Mobilfunkfrequenzen fand im Mai statt. Die Deutsche Telekom, E-Plus, Tele-

fónica O2 und Vodafone ersteigerten Frequenzblöcke für insgesamt 4,38 Milliarden Euro, die an den Bund gezahlt werden. Die durch die Digitalisierung des terrestrischen Rundfunks frei gewordenen Frequenzen aus der sogenannten Digitalen Dividende waren besonders heiß umkämpft. Sie eignen sich besonders gut für eine Versorgung dünn besiedelter Regionen mit Breitband-Internet. In diesem Frequenzbereich sicherten sich die Unternehmen Deutsche Telekom, Telefónica O2 und Vodafone jeweils zwei Frequenzblöcke. Bald ist also Schluss mit den sogenannten weißen Flecken.



1 LTE-Sendemast

Quelle: Telekom

# Kommentar mit Anwendungsempfehlungen zur Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR/LAR/RbALei)

**TIPP**



■ Enthält den Richtlinien text der MLAR und den Hinweis zu den abweichenden Richtlinien texten der baurechtlich eingeführten Leitungsanlagen-Richtlinien (LAR/RbALei) in den Bundesländern

■ Die Kommentierung bezieht sich auf die einzelnen Absätze mit Praxisempfehlungen und die grafische Interpretation durch Zeichnungen und Maßangaben.

■ Ausführliche Praxisempfehlungen und Praxisbeispiele helfen die Leitungsanlagen-Richtlinien bei bundesweiten Baustellen in die Praxis umzusetzen.

Lippe/Wesche/Rosenwirth, Kommentar mit Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispielen zur Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR/LAR/RbALei)

3., akt. u. erw. Aufl. 2007, 260 S., mit zahlr. Abb. u. Tab., Broschur, Bestell-Nr. 586 881 4, € 96,00

### Die Geltungsbereiche:

- Leitungsanlagen in Flucht- und Rettungswegen
- Leitungsdurchführungen durch feuerwiderstandsfähige Wände und Decken
- Deckenabschottungsprinzip für Leitungsanlagen und Bodenabläufe
- Installationsschachtprinzip nach DIN 4102-4 und -11
- Elektrischer Funktionserhalt von Leitungsanlagen
- Systemböden-Richtlinie
- EitBau-Verordnung für elektrische Betriebsräume

**shop huss**  
HUSS-MEDIEN GmbH  
10400 Berlin

**Direkt-Bestell-Service:**  
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468  
E-Mail: [bestellung@huss-shop.de](mailto:bestellung@huss-shop.de)  
[www.huss-shop.de](http://www.huss-shop.de)

## Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim

huss-shop  
HUSS-MEDIEN GmbH  
10400 Berlin

KUNDEN-NR. (siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Titel	€/Stück
	586 881 4	Kommentar mit Anwendungsempfehlungen und Praxisbeispielen zur Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR/LAR / RbALei)	96,00

Firma/Name, Vorname

Branche/Position z. Hd.

Telefon Fax

E-Mail

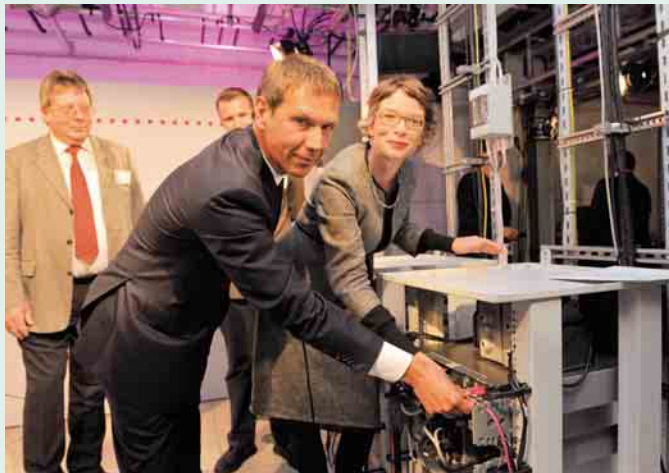
Straße, Nr. Postfach

Land/PLZ/Ort

Datum Unterschrift

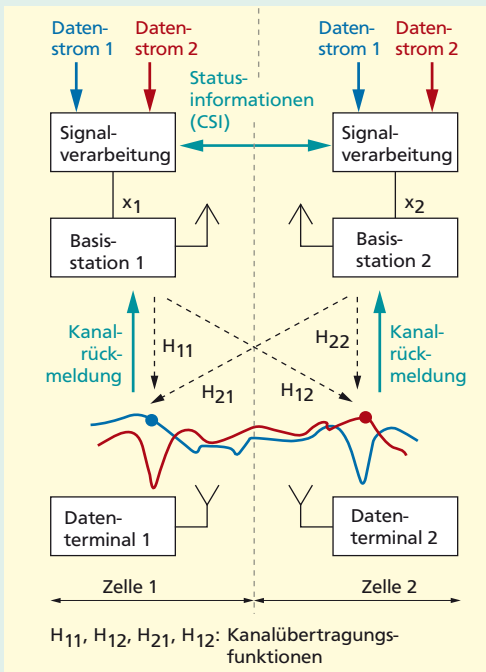
1011 ep

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

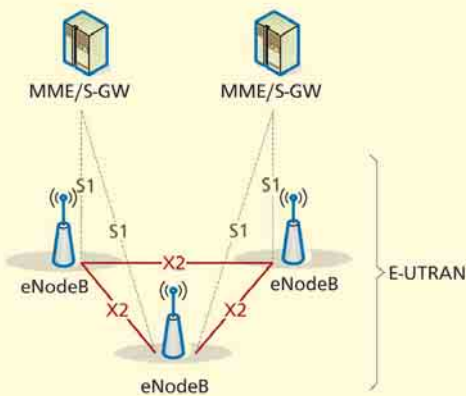


2 **Telekom-Chef Rene Obermann eröffnet LTE-Anlage in Kyritz/Brandenburg**

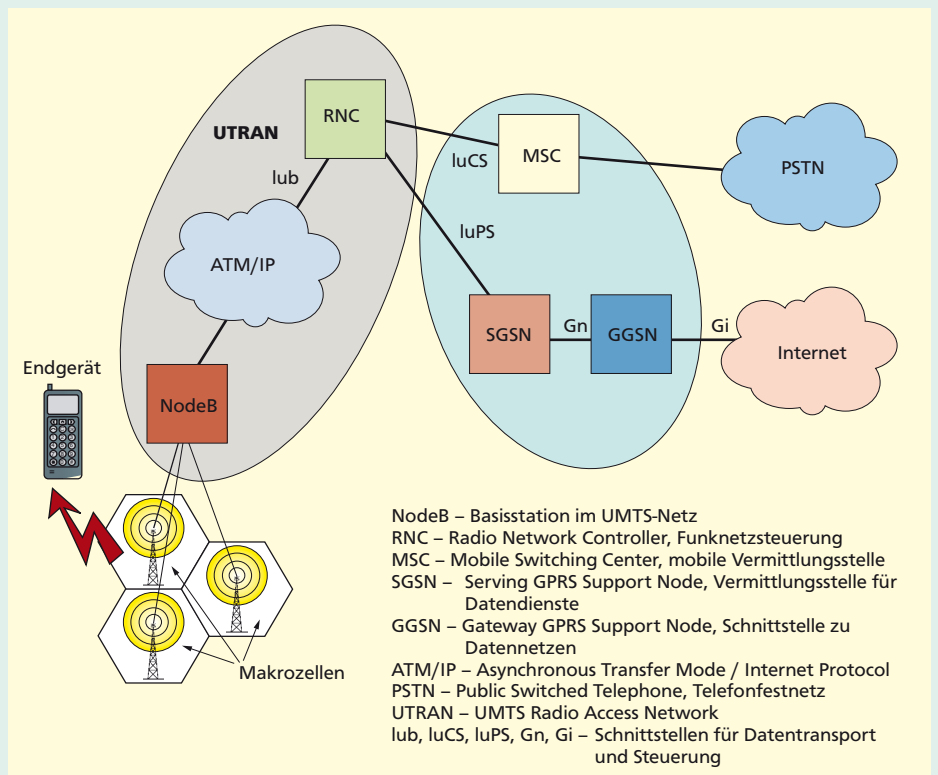
Quelle: Telekom



3 **Virtual MIMO**



5 **Netzarchitektur LTE**



4 **Prinzipschema UMTS-Netz**

In Alpirsbach, Munderkingen und Ochsenhausen hat die Telekom im Oktober erste LTE-Standorte aufgebaut. Im September wurde die erste 4G-Basisstation in Kyritz/Brandenburg (Bild 2) ihrer Bestimmung übergeben. Ab 2011, wenn die Endgeräteindustrie entsprechende Geräte an den Markt bringt, können Kunden dann von der drahtlosen Internetanbindung für zuhause profitieren. Mit dem Aufbau des 4G-Netzes sorgt die Telekom zusammen mit Technologiepartnern in großen Schritten für die Breitbandversorgung bisher unzureichend abgedeckter Regionen. Die neue Technik bietet Bürgern

und Unternehmen über Mobilfunk Bandbreiten von mindestens 2 Mbit/s. In Kyritz kam zum ersten Mal die LTE-Technik für die Nutzung der digitalen Dividende im 800-MHz-Bereich zum Einsatz. Damit ist eine effiziente Breitbandversorgung ländlicher Räume mit vergleichsweise wenigen Mobilfunk-Basisstationen möglich, denn die Reichweite der LTE-Masten beträgt 10 km. Daneben ergänzt LTE auf Basis der höheren Frequenzen optimal UMTS/HSPA, den Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G), und wird die maximal erreichbaren Bandbreiten netzweit nochmals erhöhen.

Auch Telefónica O2 Germany startete in diesem Jahr zwei städtische LTE-Netze in München und Halle. Auf Basis der 2,6-GHz-Frequenz wird dabei die nächste Mobilfunkgeneration für mobiles Hochgeschwindigkeitsinternet in einem Pilotbetrieb angeboten. Zusätzlich nutzt das Unternehmen wie die Telekom Frequenzen der sogenannten Digitalen Dividende (800 MHz) für zwei weitere LTE-Piloten. Für die neuen Mobilfunknetze werden bestehende Basisstationen umgerüstet, neue Standorte sind nicht geplant. Auch Vodafone begann mit dem Ausbau des LTE-Netzes, schon im Dezember will Vodafone mehr als 1000

deutsche Gemeinden mit dem neuen Mobilfunkstandard versorgen.

### Entwicklung der Mobilfunknetze

Die mobile Kommunikation hat sich in wenigen Jahrzehnten mit ungeheurer Rasanzt entwickelt. Im Zeitalter der Digitalisierung sind Sprache, Bilder und Programme Daten in Form von Nullen und Einsen. Diese Entwicklung hat vor allem in den letzten beiden Jahrzehnten immer leistungsfähigere Mobilfunknetze hervorgebracht. Immer noch in Betrieb sind die GSM-Netze, die

in Europa die Frequenzbereiche um 900 MHz (D1: T-Mobile, D2: Vodafone) und 1800 MHz (E1: Eplus, E2: O2) nutzen. Als Modulationsverfahren wird GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) verwendet, der Datentransport erfolgt im Zeitmultiplex (TDMA = Time Division Multiple Access). Ab der 2. Mobiltelefoniegeneration werden Gespräche digital übertragen. Damit stehen auch der Übermittlung von Daten aller Art zusätzlich zur Sprache oder anstelle der Sprache keine prinzipiellen Schwierigkeiten im Weg. Bei Standard-GSM war die Übertragungsraten mit 9600 bis 14400 bit/s auf einem Sprechkanal für multimediale Anwendungen natürlich zu niedrig. Als evolutionäre Stufe (2,5G: 2,5te Generation) zwischen GSM und UMTS ist EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution) gedacht. Durch Verwendung einer höherwertigen Modulation (8PSK) und Bündelung mehrerer Zeitschlitze ist ein Vielfaches der Datenraten (theoretisch 473 kbit/s) von GPRS möglich. Der EDGE-Ausbau begann in Deutschland 2006 durch T-Mobile erst relativ spät. Die Netzanbieter setzten stattdessen auf den direkten Übergang zu UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), das in Deutschland ab 2004 kommerziell verfügbar war. Die zu erwartende schnelle Verfügbarkeit der 4. Mobilfunkgeneration LTE wird die Bedeutung von EDGE als Zwischentechnologie schwinden lassen. UMTS bringt die im Standard maximal vorgesehenen 1,92 Mbit/s nicht flächendeckend, sondern nur im Bereich der kleinsten Netzzellen (Pikozellen) mit weniger als 100 m Ausdehnung für ruhende Teilnehmer (je höher die Teilnehmergewindigkeit, desto geringer die Datenrate) und das nur, wenn nicht mehr als ein Anwender darin funkt. Die Pikozelle ist also ein Flaschenhals, der nur durch kostspielige Feinstsegmentierung des Netzes und Nutzung mehrerer Frequenzen aufzuweiten ist. UMTS beruht auf WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), einer adaptiven Modulations- und Codierungstechnik. Im sogenannten FDD-Modus (Frequency Division Multiplex) ermöglicht UMTS Datenübertragungsraten im Downlink von 384 kbit/s. Mit

der abwärtskompatiblen UMTS-Aufsatztechnologie HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) sind in entsprechend aufgerüsteten UMTS-Netzen Downlink-Datenraten von 2 bis 3 Mbit/s möglich. Seit Ende 2007 wird in Deutschland HSDPA auch mit 7,2 Mbit/s angeboten, wenn auch noch nicht flächendeckend. Obwohl HSDPA noch erhebliche Datenratenreserven hat, leidet der Nutzer unter einer erheblichen Abhängigkeit der Datenrate von der Netzauslastung und seinem Standort in der Funkzelle. Das UMTS-Netz (Bild 4) besteht im Wesentlichen aus einem Kernnetz (Core Network) und dem UMTS-Funkzugangsnetz (UTRAN, UMTS Radio Access Network), das über Basisstationen (NodeB) die Sektor-Zellantennen speist.

#### LTE – Der Weg zur 4. Generation

LTE (Long Term Evolution, etwa: langfristige Entwicklung) erlaubt den Bau zellularer Hochgeschwindigkeits-Funknetze für Echtzeitanwendungen. Die Zusammenschaltung der Funktionsblöcke und der Datentransport im Netz beruht jetzt ausschließlich auf dem Internetprotokoll. Das erlaubt bezüglich der örtlichen Anordnung der wichtigen Komponenten nahezu unbegrenzte Freiheiten und vermeidet überflüssige Technologie- und Protokollbrüche. Ein wesentlicher Ansatz bei LTE besteht darin, die Netzarchitektur zu vereinfachen. Das gelingt durch die Verlagerung von Funktionen in den NodeB (Bild 6), der deshalb in LTE-Netzen eNodeB (evolved NodeB, weiterentwickelte Basisstation) heißt. Die eNodeBs kommunizieren über schnelle Datenleitungen miteinander (X2) und mit den Einheiten für Mobility Management (MME, Mobility Management Entity) und Serving Gateway (S-GW), über das die Nutzdaten ausgetauscht werden. Das ergibt eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit und extrem kurze Signallaufzeiten zwischen Absender und Empfänger (Latenzzeit). So werden neue Applikationen wie Videostreaming, Spiele, standortbezogene Dienste (LBS, Location Based Services) usw. möglich, bei zugleich geringeren Anschaffungskosten und Betriebsausgaben.

# Mehr Elektropraxis geht nicht!



**ep PLUS**

Ein Service der Fachzeitschrift **ELEKTRO PRAKTIKER**

## Das Zusatzpaket im Internet

- ▶ monatlich aktuelle Fachinformationen mit der Zeitschrift **ELEKTRO PRAKTIKER**
- ▶ 4.700 Fachbeiträge von 1999 bis zur aktuellen Ausgabe im Online-Gesamtarchiv
- ▶ Überblick über 6.000 Regelwerke und ihre Zuständigkeit
- ▶ Aktualisierungsmeldung bei Normenänderungen
- ▶ jährlich 6 Ausgaben der Zeitschrift ep Photovoltaik



**Jetzt anmelden und gratis testen!**  
**[www.elektropraktiker.de](http://www.elektropraktiker.de)**



Kooperative Übertragung

Ein leistungslimitierender Faktor bei heutigen Mobilfunknetzen ist die Interferenz zwischen benachbarten Funkzellen. Diese ist in deren Randgebieten naturgemäß am stärksten ausgeprägt. Eine Möglichkeit zur Verringerung von Interferenzen ist „Virtual MIMO“ (Bild 6). Anders als bei herkömmlichen MIMO-Systemen (Multiple Input Multiple Output), die an der Basisstation und am mobilen Endgerät mit mehreren Antennen arbeiten, wird hier die Kommunikation über mehrere breitbandig gekoppelte Basisstationen mit je einer Antenne derart abgewickelt, dass die Auswirkungen von Interferenzen für den aktiven Anwender so gering wie möglich sind. Man formt gewissermaßen die Interferenzen durch großflächig verteilte Antennensysteme und Relaisstationen. In Funkzelle 1 befindet sich Datenterminal T1, in Funkzelle 2 das Datenterminal T2. Die Basisstatio-

nen in den Zellen senden beide zwei Datenströme D1 und D2 aus. D1 ist für T1 und D2 für T2 bestimmt. Die Terminals senden nun an die jeweiligen Basisstationen die Information, wie stark sie ihr Signal aus der eigenen und aus der Nachbarzelle empfangen. Die Basisstationen tauschen diese Informationen aus und erzeugen Ausstrahlungen, die am Ort von T1 einen Einbruch des mit D2 modulierten HF-Signals D2 und bei T2 einen Einbruch des mit D1 modulierten HF-Signals bewirken. Diese verteilte, kooperative Übertragung wird als „distributed joint transmission concept“ bezeichnet. Sie unterdrückt am Ort des Empfängers Störsignale aus der eigenen oder aus den Nachbarzellen. Natürlich ist die Technik und Mathematik dahinter hoch kompliziert und nur mit leistungsfähiger digitaler Echtzeit-Signalverarbeitung zu realisieren. Dieser Ansatz zur Verringerung der Interferenzeffekte kann durch ein abgestimmtes wiederholtes Aus-



6 800-MHz-eNodeB



7 T-Mobile testet das LTE-Netz  
Quelle: Telekom

LTE kann für Gleichwellennetze eingesetzt werden und hat eine deshalb hohe Frequenzeffizienz bei der Verteilung von Rundfunkprogrammen. Technisch gesehen kann LTE die Aufgaben von DVB-T, DVB-H und DAB übernehmen und bietet zusätzlich noch den Vorteil der Interaktivität. LTE kann durch Nutzung der „Digitalen Dividende“ (Frequenzbereich um 800 MHz) die weißen Flecken auf der Breitband-Landkarte schließen. LTE bietet teilweise deutliche Verbesserungen bei Bandbreite, Latenzzeit, Quality of Service und Energieeffizienz. LTE-Netze lassen sich durch ausschließliche Nutzung der UMTS-Sendestandorte realisieren und parallel zu diesen betreiben. Das macht LTE kostengünstig für die Netzbetreiber und erlaubt einen sanften Generationenwechsel. LTE-Netze verwalten sich dank SON-Technologie (SON: Self Organizing Networks) weitgehend selbst. So können sich neue Mobilfunkzellen automatisch in ein bestehendes LTE-Netz integrieren und ihre Betriebsparameter ihrer neuen Umgebung optimal anpassen. LTE erlaubt wegen der hohen Datenraten und niedrigen Reaktionszeiten neue Dienste und damit Geschäftsmodelle. So z.B. „Digital Signage“, die elektronische Variante des Plakats. Auch der Spaß am „Online-Gaming“ wird nicht mehr durch träge Reaktionen getrübt.

den der gestörten Symbole über benachbarte Basisstationen (cooperative retransmission) ergänzt werden. Ein solches kooperatives Vielpunkt-konzept (CoMP: Cooperative MultiPoint) bewirkt deshalb als zentrale Komponente für die aktuellen Entwicklungen der 4. Mobilfunknetztechnologie geringe Latenzzeiten von weniger als 5 ms, die Erhaltung einer hohen Übertragungsrate (theoretisch bis zu 300 Mbit/s im 20-MHz-Kanal) auch in den Grenzbereichen einer Zelle und eine beträchtliche sende- und empfangsseitige Energieeinsparung.

Wie geht's weiter?

Für den schnellen Erfolg von LTE ist die richtige Einführung in den Massenmarkt von größter Wichtigkeit. Parallel zum Ausbau der LTE-Funknetze müssen daher auch dem Endanwender die Vorzüge der neuen Technik nahe gebracht und die zu ihrer Nutzung erforderlichen Endgeräte und Tarife preiswert zur Verfügung gestellt werden. LTE ermöglicht eine Vielzahl neuer Geräte und Anwendungen und wird der mobilen Kommunikation einen gewaltigen Schub verleihen.

Vorteile der LTE-Technologie im Überblick

LTE ist skalierbar, d.h. erlaubt die Verwendung eines skalierbaren Rasters von Kanälen mit 1,4, 3, 5, 10, 15 und 20 MHz Bandbreite. Damit und mit vielen weiteren Stellschrauben ist LTE optimal an die lokalen Gegebenheiten (Nutzerdichten, Topographie) anpassbar. LTE kann mit GSM und UMTS sowie W-LAN (IEEE 802 b/g) und WiMAX (IEEE 802.16) zusammenarbeiten. LTE (Bild 7) mit seiner All-IP-Technologie für paketorientierte Datenübertragung senkt die Übertragungskosten über die Luftschnittstelle sowie den Energieverbrauch der mobilen Endgeräte. LTE-Handys werden deshalb eine längere Betriebsdauer mit einer Akkuladung aufweisen.

Autor

Karsten Jungk, Straubenhardt, ist freier Fachjournalist und Mitglied der internationalen Vereinigung für Elektronik-Fachjournalisten UIPRE.



Erstmals widmet sich **Moderne Gebäudetechnik** mit einer am Markt einzigartigen Sonderpublikation der wichtigen Thematik des Objektgeschäfts im öffentlichen Bereich, im Wirtschafts- und Industriebau.

Vorgestellt werden Beispiel- und Referenz-Objekte aus den Bereichen

- » Büro/Verwaltung
- » Hotellerie/Gastronomie
- » Bildung und Gesundheit
- » Wohnungs- und Immobilienwirtschaft
- » Industrie

In dem Sonderheft wird beleuchtet, wie in der Modernisierung und im Neubau unter den Aspekten der Energieoptimierung, der Kosteneinsparung für Wasser, Heizung und Betrieb sowie für Hygiene- und Behaglichkeitsanforderungen Optimierungspotenziale wirksam werden.

Im Teil „Grundlagen“ finden Sie Informationen, Statements, Erfahrungsberichte von und Interviews mit Experten. Anhand konkreter Beispiele werden in „Projekte“ dazu Innovationen und wirtschaftliche Lösungen vorgestellt. Und wer innovative Partner für künftige Aufträge sucht, wird bei „Firmenprofile“ fündig.



Das Objektgeschäft

Eine Sonderpublikation der Fachzeitschrift **Moderne Gebäudetechnik**  
Vorteilspreis: 24,80 €  
zzgl. 1,80 € Porto und Versand.  
Bestellung unter Tel.: 030 42151-212  
oder per Fax: 030 42151-232 oder  
[www.tga-praxis.de](http://www.tga-praxis.de)



HUSS-MEDIEN GmbH  
Am Friedrichshain 22,  
10407 Berlin