

Ernst Ahlers

# Gigabit-Funker

Router der nächsten WLAN-Generation auf dem Weg zum Ethernet-Tempo

Mit mehreren technischen Tricks soll WLAN nach dem kommenden Standard IEEE 802.11ac endlich das Kabel überholen: 1300 MBit/s und mehr stehen auf dem Plan, also mindestens 30 Prozent mehr Bruttodatenrate als bei Gigabit-Ethernet. Wir haben mit den ersten vier 11ac-fähigen WLAN-Router die Probe aufs Exempel gemacht.



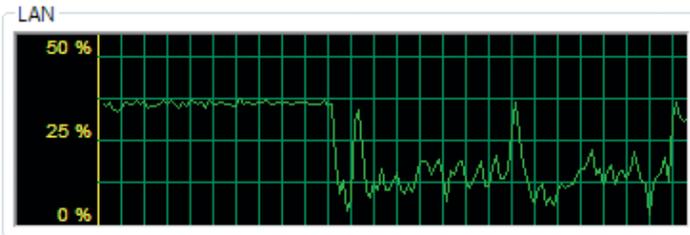
Noch ist der Standard für die nächstschnellere WLAN-Technik IEEE 802.11ac nicht abgesegnet, doch das hindert wie schon beim Vorgänger 802.11n die Hersteller nicht daran, jetzt WLAN-Chips und -Geräte auf Entwurfsbasis zu produzieren und auf den Markt zu werfen.

802.11ac soll mit mehreren Verbesserungen die auf dem Funkkanal verwendete Bruttodatenrate bis zu 6900 MBit/s hochtreiben (siehe Seite 92). In der ersten Ausbaustufe beschränken sich die Hersteller aber auf deutlich weniger: 1300 MBit/s gehen bei exzellenter Funkverbindung ganz real und nicht nur theoretisch durch die Luft, immerhin knapp das Dreifache dessen, was gute Vertreter der aktuellen WLAN-Technik 802.11n schaffen (450 MBit/s, [1]).

Dass davon auf Anwendungsebene deutlich weniger ankommt, liegt wie schon bei der älteren WLAN-Version 802.11 von 1997 am verwendeten Kanal-Zugriffsprotokoll CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) und der Tatsache, dass Funk ein geteilter Kanal ist (Shared Medium): Während der eine sendet, müssen alle anderen sich zurückhalten und anschließend eine zufällige Zeit lang Sendepause halten. Der „Ather“ ist also nie zu 100 Prozent belegt, und damit bekommt man netto stets weniger als brutto.

Wir haben vier Router von vier Herstellern erprobt, die die neue Technik einsetzen. Alle Prüflinge verwenden die gleiche Hardware-Basis, nämlich einen 600-MHz-Router-Prozessor (Broadcom BCM4706) sowie zwei WLAN-Chips: Die herkömmliche Technik repräsentiert ein BCM-4331, der im angestammten WLAN-Band 2,4 GHz mit 3 MIMO-Streams gemäß IEEE 802.11n arbeitet und maximal 450 MBit/s brutto erreicht. Er bedient auch alte WLAN-Clients (IEEE 802.11g, 54 MBit/s brutto). Das neue WLAN (IEEE 802.11ac) steckt im BCM4360. Er funkt bei 5 GHz mit ebenfalls 3 MIMO-Streams und schafft bis zu 1300 MBit/s brutto.

Trotz des gleichen Hardware-Fundaments verhielten sich die Router in den Benchmarks unterschiedlich, sowohl bei der NAT-Performance als auch beim WLAN-Durchsatz. Das ist einerseits der individuellen Firmware geschuldet und andererseits den unterschiedlichen Konstruktio-



**Beginnt Ihr Nachbar Daten über sein 11ac-WLAN zu schieben, dann sackt der Durchsatz bei Ihnen ungefähr auf die Hälfte, denn aktuell funken die Geräte zwangsweise auf demselben Kanal.**

nen. So hatten beispielsweise bei der 11ac-WLAN-Performance die Geräte von Asus mit ihren externen Antennen die Nase vorn, besonders deutlich bei der Messung über Distanz (276 MBit/s netto gegenüber 212 beim nächstbesseren).

In unseren Versuchen nutzten alle Testgeräte stets nur die 5-GHz-Kanäle 36 bis 48, selbst wenn ihre Kanalwahlautomatik aktiviert war. Offensichtlich ist noch nirgends DFS (Dynamic Frequency Selection) implementiert, mit der eine WLAN-Basis anderen Funksystemen automatisch ausweichen kann. Nur mit DFS und TPC (Transmit Power Control) dürfen 5-GHz-Basen nämlich Kanäle oberhalb von 48 verwenden. Wie von einem Firmware-Entwickler zu erfahren war, hat der WLAN-Chiphersteller Broadcom DFS und TPC jüngst in seinen Treiber eingebaut. So liegt es nun an den Router-Herstellern, ihre Firmware damit nachzubessern.

Bis es soweit ist, bringt das Fehlen von DFS zwei gravierende Einschränkungen für den 11ac-Betrieb: Zum einen könnten die Basen den optionalen, 160 MHz breiten Funkkanal nicht nutzen, um den WLAN-Durchsatz zu verdoppeln. Allerdings unterstützte das auch noch keines der Testgeräte. Zum anderen wird die Performance Ihrer WLAN-Zelle einbrechen, wenn Ihr Nachbar sich ebenfalls 11ac-Geräte kauft, denn beide müssen den gleichen 80-MHz-Kanalblock (36 bis 48) verwenden.

Das haben wir live ausprobiert: In der Nachbarwohnung ließen wir das Netgear-Pärchen im 5-GHz-Band mit Volldampf Daten von der Basis in Richtung Client transportieren und wiederholten dann mit den Asus-Mustern den 10-m-Benchmark. Deswegen sackte durch den Nachbarverkehr auf die Hälfte ab (133 statt 264 MBit/s). Bei 2,4 GHz zeigte sich sogar ein noch drastischer Einbruch (9 statt 56

MBit/s), was vermutlich an weiteren Nachbar-WLANs lag.

### 11ac-Markt

Mit vier Routern gibt es schon jetzt eine gewisse Auswahl. Die wird noch besser, wenn in den nächsten Monaten auch Belkin, Cisco, Edimax und Trendnet ihre angekündigten 11ac-Produkte herausbringen.

An Clients für das neue WLAN herrscht dagegen noch Mangel: Bislang liefert nur der Chiphersteller Broadcom überhaupt Bausteine aus. Qualcomm (Atheros) will im Winter folgen. Intel hat sich auf wiederholte Anfragen nicht geäußert, wann mit 11ac-Modulen für Centrino-Notebooks zu rechnen sei. Gerüchteweise will Asus im Herbst ein Notebook mit 11ac-WLAN anderer Provenienz vorstellen.

Einzelne Hersteller haben zwar schon USB-Adapter angekündigt. Die arbeiten bislang aber nur mit zwei Antennen und erreichen deshalb bestenfalls 867 MBit/s brutto, würden die schnelleren Router also nur teilweise ausreichen können. Deshalb haben wir zum Test jeweils ein zweites Exemplar der Router im Bridge-Modus genommen beziehungsweise bei Buffalo die dafür vorgesehene WLAN-Bridge WLI-H4-D1300.

Neben der WLAN-Performance im 11ac-Betrieb mit optimaler Kanalbreite (80 MHz) testeten wir im Keller des Verlagsgebäudes auch den 11n-Modus mit 3 MIMO-Streams bei 2,4 GHz, dann aber wegen des überlaufenen Spektrums mit praxiserem 20-MHz-Kanal. Das begrenzt

zwar die Bruttodatenrate auf 217 MBit/s, verspricht wegen weniger Interferenzen mit Nachbar-WLANs aber besseren Nettodurchsatz. Zum Vergleich mit der herkömmlichen Technik testeten wir einen guten 11n-Router (Asus RT-N66U) mit passender Bridge (EA-N66) in derselben Situation wie die aktuellen Prüflinge.

Beim Kurztest der Buffalo-Geräte in [2] fiel auf, dass der Nettodurchsatz deutlich kletterte, wenn man mehrere parallele Datenströme übers WLAN schickt. Das probierten wir nun systematisch mit dem Benchmark-Programm iperf aus. Tatsächlich stieg der Summendurchsatz bei allen 11ac-Prüflingen signifikant, beim 11n-System aber kaum (siehe Balkendiagramm „WLAN-Performance gegen Bridge“ auf der nächsten Seite).

Ferner haben wir überprüft, wie gut die Router mit einem herkömmlichen 11n-Client harmonieren (Intels Centrino-Modul 6300agn für Notebooks). Kurz gesagt: Er funkte mit den Neulingen ungefähr genauso schnell wie mit einem guten 11n-Router, Kompatibilität ist also gegeben; Nachteile durch gemischten Betrieb sind nicht zu erwarten.

Schließlich wiederholten wir die Messungen mit dem besten 11ac-Router und dem 11n-Vergleichsgerät in einer Wohnung über verschiedene Distanzen (nah und 10 m) bis in die Nachbarwohnung (20 m), um das Verhalten in einer anderen Umgebung zu untersuchen.

### Routen und Dreingaben

Bei seiner Basisfunktion patzte keiner der Prüflinge: Die NAT-Performance beim Vermitteln zwischen (W)LAN und Internet war überall hoch genug, um schnelle Internet-Zugänge von Heute und Morgen weiterzuteilen. Bei IP-zu-IP-NAT schafften es alle Router, ihre Gigabit-Ethernet-Schnittstellen auszureizen (>900 MBit/s). Auch mit PPPoE etwa an VDSL50-Anschlüssen hätte keines der Geräte Proble-

### NAT-Performance und Leistungsaufnahme

Gerät	PPPoE [MBit/s] besser ▶	IP/IP [MBit/s] besser ▶	Ruheleistung [Watt] ◀ besser
Asus RT-AC66U	181	936	10,1
Buffalo WZR-D1800H-EU	110	927	9,4
D-Link DIR-685L	296	936	9,2
Netgear R6300	437	935	9,9
NAT-Performance nur Downstream			

**Asus RT-AC66U: beste WLAN-Performance im Test dank externer Antennen, weitgehend IPv6-tauglich, aber hakelig im Bridge-Modus**



me. Wer aber ein hypothetisches VDSL200 voll ausnutzen möchte, sollte auf die Details in der Ergebnistabelle achten (siehe S. 91).

Wie es sich für WLAN-Router der Oberklasse gehört, bringen die Prüflinge reichlich Extras mit, etwa USB-Schnittstellen für externe Massenspeicher, die sie per NAS-Funktion im (W)LAN bereitstellen.

Die NAS-Funktion taugt aber bestenfalls als langsamer Datentümpel im Heimnetz: Der gemessene Durchsatz mit großen Dateien bewegte sich je nach Zugriffsart (Windows-Share per SMB/CIFS oder FTP) und verwendetem Partitionstyp zwischen mageren 3 und erträglichen 23 MByte/s. Wer mehr will, sollte ein separates NAS-Gerät mit integrierten Platten neben den Router stellen.

### Asus RT-AC66U

Der RT-AC66U zeigte sich nahezu baugleich mit Asus' aktuellem 11n-Topmodell RT-N66U [1]. Der Hersteller hat lediglich den 5-GHz-WLAN-Chip gegen den BCM4360 ausgetauscht und den Flash-Speicher von 32 auf 128 MByte vergrößert. Das Gerät funkt ab Werk offen, obwohl es WPS zur einfachen WLAN-Konfiguration beherrscht. Der Konfi-

gurationshelfer schließt zwar diese Lücke, aber er vergisst, den Einrichter nach der korrekten Zeitzone zu fragen und gegebenenfalls die automatische Sommerzeitumstellung zu aktivieren. Ein zeitgesteuerter Internet-Zugang funktioniert dann natürlich nicht wie erwartet.

Der Bridge-Betrieb lief beim RT-AC66U mit der getesteten Firmware-Version 3.0.0.4.164 noch nicht stabil: Unser Muster geriet beim Wiedereinschalten oft in eine Reboot-Schleife, aus der ihm nur das Zurücksetzen auf Werkseinstellungen per Reset-Taster heraus half.

IPv4 und IPv6 in derselben PPPoE-Sitzung, so wie es voraussichtlich die Telekom einführen wird, beherrschte der RT-AC66U im Prinzip, aber noch nicht in der Praxis. An unserem rh-tec-DSL-Anschluss, der die gleiche Technik einsetzt, holte sich der Router zwar mit der Einstellung „Native (DHCP-PD)“ ein Präfix und verteilte diesen auch weiter. Dann klemmte aber die Vermittlung zwischen LAN und Internet: Der Router selbst konnte IPv6-Gegenstellen per Diagnose-Ping erreichen, ein Host im LAN aber nicht.

Nachdem wir IPv6 auf statische Adressierung umstellten und passende Adressen eintru-

gen, funktionierte dagegen alles. Das klappt freilich nur bei Providern, die ihren Kunden einen festen IPv6-Präfix zuteilen. Bei der Telekom wird der nach bisherigem Kenntnisstand aber dynamisch zugeteilt und wechselt, wenn man längere Zeit nicht online war.

### Buffalo WZR-D1800H

Anders als die Konkurrenten bietet Buffalo zwei verschiedene Geräte an: Der WZR-D1800H ist wie die anderen Geräte ein Breitband-Router mit Simultan-Dualband-WLAN, der alternativ als Access Point arbeiten kann. PCs, Medienabspieler, TV-Geräte und Ähnliches hängt man an die Bridge WLI-H4-D1300. Sie arbeitet mit einem dualbandfähigen Funkmodul, besitzt 4 statt 5 Ethernet-Ports, ist deshalb etwas billiger als der Router und braucht auch etwas weniger Leistung aus dem Stromnetz.

Mit Firefox und Chrome ließ sich die Konfigurations-Oberfläche nur nutzen, wenn kein Werbeblocker installiert ist oder man eine Ausnahme einrichtet. Bei uns hielt der verbreitete AdBlock Plus mit seinem Standardfilter „Easy List German“ die Inhalte etwa der Internet- und LAN-Einstellungen zurück, weil sie über das werbeverdächtige Seitenelement .ad\_body eingebunden werden.

Das Windows-Programm Airstation Configuration Tool zeigte eine Merkwürdigkeit: Änderten wir darüber die LAN-Adresse des Routers, dann schaltete es ungefragt den DHCP-Server ab. Weiteren Eingriffen war damit ein Riegel vorgeschoben. Denn das Windows-Notebook bekam keine Adresse per DHCP und fiel deshalb auf eine aus dem AutoIP-Bereich (169.254.0.0/16, auch APIPA oder Zeroconf) zurück, woraus der Router nicht zu erreichen war.

Bei externen Massenspeichern unterstützt der Router lediglich die Dateisysteme FAT32 und XFS. Mediendateien, die größer als



**Buffalo WZR-D1800H: 11ac-Durchsatz unterdurchschnittlich, weil Router und Bridge im Test oft nur 2 statt 3 MIMO-Streams nutzen**

4 GByte (minus 1 Byte) sind, muss man auf Letzterem unterbringen. Eine an einem Linux-Rechner mit XFS präparierte USB-Platte erkannte der Router aber als „nicht formatiert“. Beim Versuch, sie am Router zu formatieren, meldete der Browser lediglich „Die Webseite kann nicht angezeigt werden“. Deshalb müssen wir Messwerte für XFS schuldig bleiben. Der Medienserver zeigte sich im Test nicht sonderlich stabil, bei Zugriffen auf gespeicherte Bilder startete der Router gelegentlich neu.

### Knöpfchen

Will man den WZR-D1800H als Access Point nutzen, dann genügt ein Druck auf die rückseitige Router-Taste. Anschließend wird der WAN- zum fünften LAN-Port, das Gerät schaltet seine NAT-Funktion sowie den DHCP-Server ab. Unser Muster holte sich dabei aber nur vorübergehend eine IP-Adresse per DHCP und fiel nach ein paar Sekunden auf eine Adresse aus seinem Stammbereich zurück. Um das Gerät dann per Browser konfigurieren zu können, mussten wir ihm

WLAN-Performance gegen Bridge								
Gerät	2,4 GHz nah besser ▶	mehrere TCP-Streams besser ▶	20 Meter besser ▶	mehrere TCP-Streams besser ▶	5 GHz nah besser ▶	mehrere TCP-Streams besser ▶	20 Meter besser ▶	mehrere TCP-Streams besser ▶
Asus RT-AC66U	147	171	137	168	366	653	276	364
Buffalo WZR-D1800H-EU	125	143	114	121	268	447	153	213
D-Link DIR-685L	123	117	101	126	344	604	205	252
Netgear R6300	138	128	129	155	329	534	212	243
Asus RT-N66U <sup>1</sup>	122	91	109	115	232	250	108	112

alle Werte in MBit/s <sup>1</sup> zum Vergleich

Anzeige



**D-Link DIR-865L: gute WLAN- und NAT-Performance, zackig reagierende Konfigurationsoberfläche, einziger Router mit konfigurierbarer IPv6-Firewall**

erst mit dem Airstation Configuration Tool eine feste IP-Adresse aus dem vorhandenen LAN einprägen.

Beim Test der 11ac-Performance fiel auf, dass Router und Bridge sich selbst bei exzellenter WLAN-Verbindung meist mit 2 MIMO-Streams begnügten und nur selten auf 3 Streams hochschalteten. Browser und Buffalo-Software meldeten jedenfalls oft eine Bruttoreate von 867 MBit/s. Dadurch ergab sich auch ein niedrigerer Nettodurchsatz als bei den anderen Geräten. Wahrscheinlich steckt noch ein Bug im 11ac-Treiber der Firmware, denn die Konkurrenten arbeiten mit derselben Hardware-Basis.

Buffalo will turnusmäßig im September eine neue Firmware herausbringen. Ferner ist für den Router eine Version der Third-Party-Firmware DD-WRT in Vorbereitung, die zahlreiche weitere Funktionen wie OpenVPN-Server, Multi-SSID oder Hotspot-Portale bringt. Sie soll im Lauf dieses Jahres erscheinen.

### D-Link DIR-865L

Die Browser-Oberfläche des DIR-865L reagierte gefühlt deutlich zackiger als bei anderen D-Link-Routern. Zwar steht der Konfigurationshelfer (Wizard) auch in Deutsch zur Verfügung, die eigentliche Konfigurationsoberfläche aber bislang nur in Englisch. Der hat D-Link ein praktisches Extra spendiert: Versuchen Ihres Nachwuchses, sich per Brute-Force-Angriff auf die Konfigurationsoberfläche an einer Inter-

net-Sperre vorbeizumogeln, können Sie einen Riegel vorschieben. Optional fordert der Router beim Einloggen das Lösen eines Captcha (grafische Authentifizierung).

Auf IPv6 ist der DIR-865L zwar vorbereitet, aber im Unterschied zu anderen D-Link-Modellen wie etwa dem DIR-857 [3] klappte IPv6 mit PPPoE-Same-Session in diesem Test nicht. Am rh-tec-Anschluss zog der Router sich kein Präfix und auch keine IPv6-DNS-Server. So konnte der Router zwar IPv6-Ziele im Internet erreichen, die Hosts im dahinterhängenden LAN aber nicht. Gleichwohl hat D-Link weiter an den Details gearbeitet: Die IPv6-Firewall ist jetzt mit eigenen Regeln konfigurierbar und der DynDNS-Client beherrscht auch schon IPv6.

### Netgear R6300

Vergesslichen Nutzern greift Netgear beim R6300 mit einer „Passwort-Wiederherstellung“ unter die Arme: Wer Gefahr läuft, das Konfigurationspasswort zu verbummeln, kann ersatzweise zwei einstellbare Fragen mit persönlichem Hintergrund wählen und die Antworten hinterlegen.

Der Router beherrscht auch den Repeater-Betrieb, mit dem man durch zusätzliche Geräte die eigene Funkblase ausdehnen und so die Funkabdeckung verbessern kann. Der Repeater-Modus arbeitet jedoch mit dem nicht standardisierten WDS (Wireless Distribution System), wobei nur das überholte WEP als Verschlüsselung angeboten wird. Die Behauptung in der Online-Hilfe, das wäre sicher, darf man getrost als Märchen abhaken.

Die NAS-Funktionen des R6300 kennen keine richtigen Konten: Man kann ein Share entweder zum Lesen oder Schreiben für alle ohne Passwort freigeben oder nur für den eingerichteten Admin. Der Zugang per FTP gelang uns nur, wenn alle Shares für alle freigegeben waren. Sonst scheiterte der FTP-Login immer an einem angeblich falschen Passwort.



**Netgear R6300: bester PPPoE-NAT-Durchsatz im Test, aber als einziges Gerät ohne brauchbare Nutzerverwaltung bei der NAS-Funktion**

### Fazit

Echten Gigabit-Durchsatz auf Anwendungsebene können wir ihr noch nicht bescheinigen, aber die neue Funktechnik IEEE 802.11ac bringt tatsächlich nicht nur auf dem Papier einen enormen Durchsatzschub: In unmittelbarer Nähe schaffte sie je nach Modell etwas (16 Prozent) bis deutlich (58 Prozent) mehr Nettodatenrate als ein vergleichbarer, guter Vertreter der 11n-WLAN-Technik. Auf Distanz war es im Bestfall mit 276 gegen 108 MBit/s sogar mehr als das 2,5-Fache.

Anders als der Vorgänger drehten die getesteten 11ac-Funker auch noch mal um weitere 70 Prozent auf, wenn sie mehrere parallele Datenströme – beispielsweise gleichzeitige Downloads vom Heimserver – transportieren durften. So maßen wir im Bestfall immerhin 653 MBit/s Nettodurchsatz. Da wird der Abstand zum Gigabit-Ethernet-Kabel mit seinen 930 MBit/s netto schon sehr viel kleiner als bei 11n, dem wir in dieser Situation höchstens 250 MBit/s entlocken konnten.

Allerdings zeigten alle Prüflinge noch mehr oder weniger viele, darunter auch unschöne Bugs,

allen voran das Fehlen der Frequenzwechsellautomatik DFS, was sinnvollen Einsatz im 5-GHz-Band erschwert, weil sich alle 11ac-Router so denselben, 80 MHz breiten Funkkanal teilen müssen. Es gibt aber begründete Hoffnung, dass DFS und das zugehörige TPC mit in den nächsten Monaten kommenden Firmware-Updates nachgerüstet werden.

Wer heute schon das schnellstmögliche WLAN nutzen will, greift am ehesten zu Asus' RT-AC66U, der dank seiner externen Antennen in unseren Messungen an den Konkurrenten von D-Link und Netgear vorbeizog. Buffalos WZR-D1800H krankte dagegen an einem Firmware-Bug, der den Durchsatz drückte. Trotzdem war auch dieser Router mit der zugehörigen Bridge noch schneller als alles bisher Dagewesene. (ea)

### Literatur

- [1] Ernst Ahlers, Schnellfunk, Router mit extra flinkem WLAN, c't 6/12, S. 120
- [2] Ernst Ahlers, Erstes Gigabit-WLAN, Kurztest Buffalo WZR-D1800H und WLI-H4-D1300, c't 13/12, S. 60
- [3] Ernst Ahlers, Rasante Umschlagstelle, Kurztest des DIR-857, c't 11/12, S. 57

WLAN-Performance in Wohnung						
Gerät	2,4 GHz nah besser ▶	10 Meter besser ▶	20 Meter besser ▶	5 GHz nah besser ▶	10 Meter besser ▶	20 Meter besser ▶
Asus RT-AC66U/i6300	82	44	42	127	65	39
Asus RT-AC66U/Bridge	118	56	67	348	264	201
Asus RT-N66U/i6300 <sup>1</sup>	106	62	42	186	51	37
Asus RT-N66U/Bridge <sup>1</sup>	109	91	69	231	122	106
alle Werte in MBit/s <sup>1</sup> zum Vergleich						

Gigabit-WLAN-Router – technische Daten und Testergebnisse				
Hersteller/Marke	Asus	Buffalo	D-Link	Netgear
Typennummer	RT-AC66U	WZR-D1800H-EU	DIR-865L	R6300-100PES
getestete Firmware-Version	3.0.0.4.164	1.87	1.0.1b06	1.0.2.26_1.0.26
Software-Beilagen	Setup-Helfer, Drucker-Tool	Setup-Helfer, Treiber für Device-Server, beides für Windows und MacOSX	–	–
<b>Anschlüsse / Hardware</b>				
WAN / LAN / USB	1 / 4 / 2	1 / 4 / 1	1 / 4 / 1	1 / 4 / 2
Bedienelemente	Hauptschalter, Reset-, WPS-Taster	Hauptschalter, Tasten für Reset, WPS/AOSS, USB-Eject, Router	Hauptschalter, Reset-, WPS-Taster	Hauptschalter, Reset-, WLAN-, WPS-Taster
Statusanzeigen	9	10	2	5
CPU / Takt	BCM4706 / 600 MHz	BCM4706 / 600 MHz	BCM4706 / 600 MHz	BCM4706 / 600 MHz
Flash / RAM	128 / 256 MByte	128 / 128 MByte	16 / 256 MByte	128 / 128 MByte
<b>Konfiguration</b>				
auch per https / Telnet / SSH	✓ / ✓ / –	– / – / –	✓ / – / –	– / – / –
Oberfläche auch deutsch / brauchbare Online-Hilfe / Wizard/Assistent	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Fernwartung / default aus / Port änderbar / https	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Konfigurationshelfer übergeht	Zeiteinstellungen	Konfigurations-Passwort, Zeitzone	Sommerzeit	Konfigurations-Passwort, Sommerzeit
UPnP / default aus / Port einstellbar	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –	✓ / – / –
Fernüberwachung: SNMP / Syslog / E-Mail	– / ✓ / –	– / ✓ / –	– / ✓ / ✓	– / – / ✓
NTP-Server frei einstellbar / Sommerzeit korrekt	✓ / ✓	✓ / ✓	– / ✓	– / ✓
<b>WAN</b>				
Protokolle (nebst DHCP, Fix IP, PPPoE) / MAC einstellb.	PPPT, L2TP / ✓	– / ✓	PPPT, L2TP, DS-Lite / ✓	PPPT, L2TP / ✓
Passthrough: PPPT / IPsec	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
Always on / DNS-Server einstellbar / DynDNS	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
stat. Routen / Dyn. Routing / zeitgeste. Internet	✓ / – / ✓	✓ / – / –	✓ / – / ✓	✓ / ✓ (RIP1/2) / ✓
IPv6: T-Online-kompatibel <sup>1</sup> / Modi	(✓) / Native (DHCP-PD), 6to4, 6in4, 6rd, Statisch	– / IPv6-Passthrough	(✓) / Autodetect, Statisch, SLAAC/DHCP, PPPoE, 6in4, 6to4, 6rd	– / Autodetect, 6to4, Passthrough, Courier, DHCP, PPPoE, Automatik
IPv6-Firewall / abschaltbar / eigene Regeln setzbar	– / – / –	– / – / –	✓ / ✓ / ✓ (20)	k. A. / – / –
<b>LAN</b>				
DHCP: IP nach MAC / Exposed Host / Server abschaltb.	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓
Port Forwardings (Anzahl) / Change / Bereiche	>20 / ✓ / ✓	32 / ✓ / ✓	24 / ✓ / ✓	20 / ✓ / ✓
SMB-Server (Samba-Vers.) / Konten / Partitionstypen	3.0.37 / ✓ / FAT32, NTFS, ext2/3	3.0.24 / ✓ / FAT32, XFS	3.0.24 / ✓ / FAT32, NTFS	3.0.13 / – / FAT32, NTFS, ext2/3, HFS(+)
FTP-Server / Konten / USB- / UPnP-AV-Server	vsftpd 2.0.4 / ✓ / ✓ / ✓	– / – / ✓ / ✓	– / – / ✓ / ✓	bfptd 1.6.6 / – / ✓ / ✓
Besonderes	QoS, iTunes-Server, VPN-Server (PPPT, max. 10 Nutzer)	QoS, VPN-Server (PPPT, max. 8 Nutzer), Bittorrent-Client	QoS, iTunes-Server, IPv6-Routen, Webdav(s)	QoS
<b>WLAN</b>				
Anzahl Antennen / abnehmbar	3 / ✓ (RP-SMA)	intern / –	intern / –	intern / –
Version (802.11...)	n-450 / ac-1300	n-450 / ac-1300	n-450 / ac-1300	n-450 / ac-1300
Chipsatz	BCM4331+4360	BCM4331+4360	BCM4331+4360	BCM4331+4360
manuell wählbare 5-GHz-Kanäle / Automatik wählt höhere als 48	36–48 / –	36–48 / –	36–48 / –	36–48 / –
ab Werk sicher / WPS / Radius (IEEE 802.1x)	(✓) / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –
zeitgesteuert / Gastnetz / WDS / mit WPA	✓ / ✓ / – / –	✓ / – / – / –	✓ / ✓ / – / –	✓ / ✓ / ✓ / –
AP-Modus / IPv6-transparent / WAN-Port im LAN / Server aktiv	✓ / ✓ / ✓ / ✓	– / ✓ / ✓ / ✓	– / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓
Bridge-Modus / IPv6-transparent / WAN-Port im LAN / für mehrere PC	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – / ✓	✓ / ✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / – / ✓
<b>Filter</b>				
URL-Teile / zeitgesteuert / MAC-Filter	✓ / ✓ / –	– / – / –	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –
Pakete nach Dienst / Quelle / Ziel	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / ✓	✓ / ✓ / –
WAN-Ping-Block / ab Werk aktiv	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓	✓ / ✓
<b>Messwerte</b>				
max. NAT-Durchsatz PPPoE Down/Upstream	181 / 157 MBit/s	110 / 67 MBit/s	296 / 201 MBit/s	437 / 200 MBit/s
max. NAT-Durchsatz IP/IP Down/Upstream	936 / 932 MBit/s	927 / 901 MBit/s	936 / 929 MBit/s	935 / 911 MBit/s
WLAN-Durchsatz 2,4 GHz nah / 20 m (i6300, 20 MHz)	120 / 66–85 MBit/s	117 / 53–77 MBit/s	113 / 47–79 MBit/s	110 / 54–85 MBit/s
WLAN-Durchsatz 5 GHz nah / 20 m (i6300, 40 MHz)	105 / 37–58 MBit/s <sup>4</sup>	212 / 28–58 MBit/s	197 / 27–50 MBit/s	234 / 45–78 MBit/s
WLAN-Durchsatz 2,4 GHz nah / 20 m (Client <sup>2</sup> , 20 MHz)	147 / 117–137 MBit/s	125 / 66–114 MBit/s	123 / 78–101 MBit/s	138 / 90–129 MBit/s
WLAN-Durchsatz 5 GHz nah / 20 m (Client <sup>2</sup> , 80 MHz)	366 / 268–276 MBit/s	268 / 133–153 MBit/s	344 / 106–205 MBit/s	329 / 141–212 MBit/s
SMB-Durchsatz FAT32, NTFS, ext3 (Lesen/Schreiben)	10/9, 13/10, 10/14 MByte/s	12/7, – / –, – / – MByte/s	8/7, 3/6, – / – MByte/s	10/8, 10/11, 11/10 MByte/s
FTP-Durchsatz FAT32, NTFS, ext3 (Lesen/Schreiben)	12/13, 12/23, 12/18 MByte/s	–	–	13/7, 13/10, 13/9 MByte/s
Leistungsaufnahme Router- / Bridge-Mode <sup>3</sup>	10,1 / 9,7 Watt	9,4 / 8,6 Watt	9,2 / 8,2 Watt	9,9 / 8,9 Watt
jährliche Stromkosten (Dauerbetrieb, 23 ct/kWh)	20,36 / 19,56 €	18,95 / 17,34 €	18,55 / 16,53 €	19,96 / 17,94 €
Straßenpreis	170 €	150 / 130 € (Router/Bridge)	166 €	152 €
<b>Bewertung</b>				
Funktionen / Sicherheit	⊕ / ○	⊕ / ⊕	⊕ / ⊕	○ / ⊕
NAT-Durchsatz PPPoE / IP-zu-IP	○ / ⊕⊕	○ / ⊕⊕	⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
WLAN-Durchsatz 20 m 2,4 / 5 GHz (i6300)	⊕⊕ / ⊕ <sup>4</sup>	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕⊕
WLAN-Durchsatz 20 m 2,4 / 5 GHz (Bridge)	⊕⊕ / ⊕⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕	⊕⊕ / ⊕

<sup>1</sup> nach gegenwärtigem Kenntnisstand: IPv4 und v6 in derselben PPPoE-Sitzung  
<sup>2</sup> Gegenstelle: 2. Testgerät im Client/Bridge-Modus

<sup>3</sup> Router: WAN (FE) und 1 LAN-Port (GE) belegt, 1 WLAN-Client angemeldet, keine USB-Geräte, kein Datenverkehr; Bridge: 1 LAN-Port belegt (GE)

<sup>4</sup> schaltete im Test nicht auf 40-MHz-Betrieb, lief mit max. 217 MBit/s brutto

⊕⊕ sehr gut ⊕ gut ○ zufriedenstellend ⊖ schlecht ⊖⊖ sehr schlecht ✓ vorhanden – nicht vorhanden k. A. keine Angabe

