

# Vernetzung gelingt auch mit low power

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

**Internet-basierte Steuerungs- und Kontrollsysteme erobern den Alltag. Die unter dem Schlagwort «Internet of Things» (IoT) bekannten Technologien sorgen für Komfort – und tragen oft zum haushälterischen Umgang mit Energie bei. Diesen Vorzügen steht der Eigenverbrauch der IoT-Infrastruktur gegenüber. Forscher am iHomeLab der Hochschule Luzern haben in einer Studie den Standby-Strombedarf abgeschätzt und dabei den Bereich Home Automation als grössten Verbraucher identifiziert. Wer die heute verfügbaren Vernetzungstechnologien richtig einsetzt, leistet einen massgeblichen Beitrag zur Energieeffizienz.**

Anwendungsgebiet	Anwendung	Endgerät	Stromquelle	Erwartete Verbreitung
Smart Home	Smart lighting	Smarte LED-Leuchten	Netz	stark
		Gateway	Netz	stark
	Home automation (Sicherheit, Komfort, Energie)	Netz-gebundene Sensoren (z.B. Lichtschalter)	Netz	stark
		Kamera	Netz	stark
		Gateway	Netz	stark
	Smarte Haushaltsgeräte (Komfort, Energie)	Aktor (z.B. intellig. Thermostat)	Netz	stark
		Waschmaschine, Geschirrspüler, Trockner, Kaffeemaschine, Backofen, Kühlschrank etc.	Netz	stark
	Gateway	Netz	stark	
Smart Mobility	Smarte Strassen	Gateway am Strassenrand	Netz	stark
	Smarte Strassenbeleuchtung	Strassenleuchten	Netz	stark

**Grafik 01: Übersicht über die IoT-Anwendungen, die von den Forschern des iHomeLab der Hochschule Luzern in ihrem Bericht zur Energieeffizienz des «Internet der Dinge» mit einbezogen wurden. Tabelle: Schlussbericht Energieeffizienz IoT**

«Maschinen, Fahrzeuge, Fahrstühle, Öltanks und viele Dinge kommunizieren heute automatisch und sorgen für mehr Effizienz und Sicherheit. Damit nicht genug: In Zukunft werden auch alltägliche Gegenstände wie Fahrräder, Briefkästen, Wasser- oder Zeitungs-Dispenser, Abfalleimer, Schuhe u.v.m. ganz selbstverständlich connected sein.» Dieses Statement stammt vom Swisscom – es ist Zukunftsvision und Werbebotschaft zugleich. Das Telekomunternehmen verfolgt das Ziel, das «Internet der Dinge» (Internet of things/IoT) massentauglich zu machen. Hierfür braucht es massgeschneiderte Technologien. Für einmal geht es nicht darum, immer grössere Datenmengen immer schneller zu übertragen. Im Gegenteil: Das «Internet der Dinge» umfasst hauptsächlich Anwendungen, bei denen geringe Datenmengen bei wenig Energieverbrauch kostengünstig übertragen werden.

Vor diesem Hintergrund baut Swisscom zur Zeit in der Schweiz ein Low-Power-Network (LPN) auf. LPN arbei-

ten mit einer relativ bescheidenen Bandbreite von 300 bit/s bis 11 kbit/s. Sie sollen dem «Internet der Dinge» insbesondere in Smart-City-Anwendungen, Logistik (Asset-Tracking), Gebäudemanagement und Landwirtschaft zum Durchbruch verhelfen. Konkret kann das beispielsweise bedeuten, Abfallcontainer mit Füllstandssensoren auszustatten, damit die Müllfahrzeuge nur jene Container anfahren, die wirklich geleert werden müssen. Weitere Beispiele sind IoT-Lösungen, die die Belegung von Parkplätzen erfassen und die Daten in ein Verkehrsleitsystem einspeisen. Oder Heizungssteuerungen, die den Betrieb dank Berücksichtigung von Abwesenheiten und Wettereinfluss optimieren. «Diese Beispiele illustrieren, dass IoT einen wichtigen Beitrag zur Förderung der Nachhaltigkeit leisten kann und leisten wird», sagt Res Witschi, Leiter Corporate Responsibility bei Swisscom.

## Verbrauch durch IoT-Geräte wächst stark

Die drei Buchstaben IoT sind ein Zukunftsversprechen. Sie sind aber auch schon Realität. Bereits heute entfällt auf jeden Erdenbewohner mehr als ein Internet-verbundenes Gerät, schätzen Experten. Laut Prognosen könnte die Zahl der vernetzten Geräte in Zukunft auf 200 pro Person steigen. Ein Teil dieser Geräte wird helfen, Energie zu sparen. Doch jedes Gerät hat auch einen zwar geringen, aber kontinuierlichen Standby-Eigenverbrauch. Forscher des iHomeLab an der Hochschule Luzern (HSLU) haben im Rahmen eines «Technology Collaboration Programs» der Internationalen Energieagentur den Stromverbrauch von IoT-Geräten gemessen und deren möglichen Einfluss auf den weltweiten Energieverbrauch ermittelt. Sie konzentrierten sich bei ihrer Untersuchung auf Anwendungen in Haushalt und Mobilität (vgl. Grafik 01).

Gemäss Marktvorhersagen wird sich die Zahl der IoT-Geräte in Haushalt und Mobilität bis 2025 weltweit von heute 700 Millionen auf rund 5.6 Mrd. Geräte vervielfachen (vgl. Grafik 02). Der von den Luzerner Forschern auf Grund von Messungen, Herstellerdaten und Schätzungen ermittelte zugehörige Standby-Stromverbrauch wird 46 TWh im Jahr 2025 erreichen. Das entspricht gut drei Viertel des aktuellen Jahresstromverbrauchs in der Schweiz (vgl. Grafik 03). «Diese Berechnungen zeigen: Der Stromverbrauch der IoT-Endgeräte wird alles andere als vernachlässigbar sein», sagt iHomeLab-Leiter Prof. Alexander Klapproth. «Allerdings relativiert sich diese Zahl, wenn man sie zum weltweiten Elektrizitätsverbrauch in Relation setzt. Effizienzmassnahmen bei IoT-Geräten sind zwar wichtig, doch stellen sie nur eine von vielen nötigen Massnahmen dar, um dem zunehmenden Stromverbrauch entgegenzuwirken. Zudem können IoT-Geräte einen wesentlichen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten, der in diesen Zahlen nicht abgebildet ist.» Die Forscher des iHomeLab konzentrierten sich in ihrer Untersuchung auf neuartige vernetzte Endgeräte, die ihre Energie aus dem Stromnetz beziehen.

**Bekanntere Technologien in der Low Power-Version**

Solche Verbrauchsprognosen sind naturgemäss mit Unsicherheiten behaftet und können nur Anhaltspunkte geben. Mindestens so wichtig ist deshalb eine zweite Hauptaussage der Luzerner Forscher in ihrem Bericht zur «Energieeffizienz im Internet der Dinge» Der Stromverbrauch von IoT-Anwendungen hängt stark von der eingesetzten Technologie und deren Betrieb ab. Anders ausgedrückt: Durch Wahl geeigneter Technologien und deren effizientem Betrieb lässt sich Energie sparen, da weniger leistungsfähige Technologien weniger Energie konsumieren (vgl. Grafik 04). «Geeignet» ist jene Technologie, die genau soviel Reichweite und Bandbreite unter Beachtung der gewünschten Ansprechzeit (Latenz) und Ansprechhäufigkeit (Frequenz) zur Verfügung stellt, wie für die jeweilige

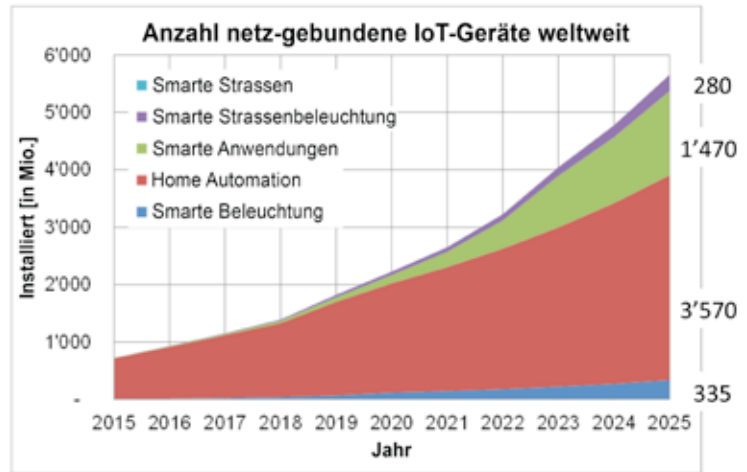
Anwendung tatsächlich benötigt wird. Das führt Swisscom mit ihrem Low-Power-Network vor Augen: Dieses basiert auf der LoRa-Technologie, die deutlich weniger Bandbreite bietet als moderne Mobilfunk-Netze, aber für die meisten IoT-Anwendungen ausreicht und damit eine effiziente Energienutzung ermöglicht.

Auch bei kurzen Reichweiten stehen leistungsärmere und damit stromsparende Technologien als das verbreitete Wi-Fi zur Verfügung (vgl. Grafik 4). Bald wird eine Low-Power-Variante von Wi-Fi verfügbar sein, die sich zwar nicht für die Übertragung von TV-Signalen oder Computer-Downloads eignet, aber im Home Automation-Bereich gute Dienste leisten kann, etwa zur Steuerung von LED-Leuchten oder für

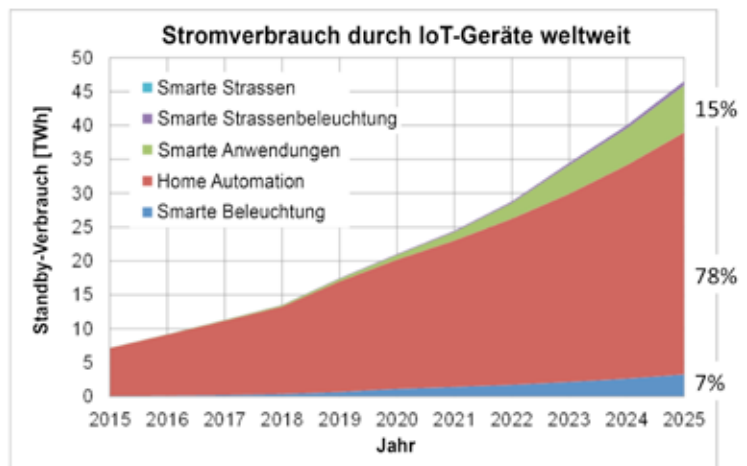
das ferngesteuerte Betätigen einer Jalousie. Low-Power-Wi-Fi steht damit in Konkurrenz zu bereits in diesem Bereich etablierten Technologien wie Zig-Bee, 802.15.4, EnOcean oder Z-Wave. Auch Bluetooth, das z.B. die Verbindung zwischen Smartphone und Headset sicherstellt, hat mit Bluetooth Smart unterdessen einen energieeffizienteren Sprössling bekommen. Ebenfalls die vom Schnurlos-Telefon bekannte DECT-Technologie liegt heute in einer Ultra Low Energy-Version (ULE) vor.

**Für jede Anwendung die passende Technologie**

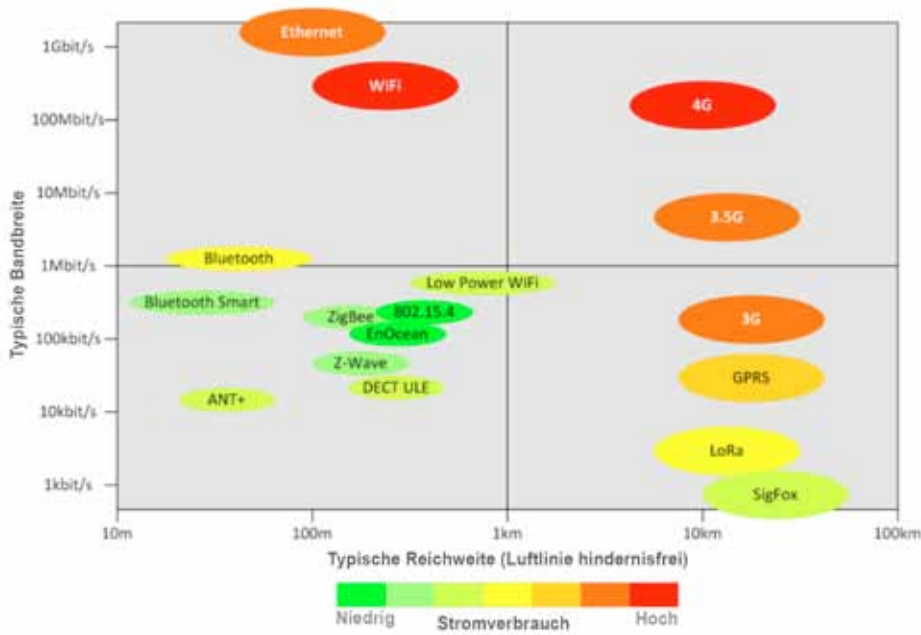
Eine Haupteckdaten der Luzerner Forscher: Die meisten IoT-Anwendungen im heimischen Bereich stellen keine hohen Anforderungen an die Datenübertragung und könnten darum



**Grafik 02: Die Zahl der IoT-Geräte in den Bereichen Haushalt und Mobilität wird sich bis 2025 versiebenfachen. Grafik: Schlussbericht Energieeffizienz IoT. Quellen: ON World, ABI Research, Machina Research, Schätzungen und Extrapolationen iHomeLab**



**Grafik 03: Der Bereich Home Automation hat am Standby-Energieverbrauch der untersuchten IoT-Geräte den grössten Anteil. Grafik: Schlussbericht Energieeffizienz IoT**



**Grafik 04:** Überblick über die heute verfügbaren Technologien zur drahtlosen Kommunikation: Rechts die Mobilfunkstandards von GPRS bis hinauf zu 4G, die Reichweiten von 10 km und mehr erreichen. Neuere Technologien wie LoRa und SigFox haben die gleiche oder eine sogar noch grössere Reichweite, brauchen aber – bei geringerer Bandbreite – weniger Energie. Auf der linken Seite die Technologien mit kurzer Reichweite: In der breiten Öffentlichkeit wohl am bekanntesten sind Wi-Fi und Ethernet (hier aufgeführt, obwohl keine Drahtlos-Technologie; bekannt etwa vom Ethernet-Kabel, das das TV-Signal vom Router zur Set-Top-Box überträgt, bevor es zum Fernseher gelangt). Ebenfalls beim Endkonsumenten bekannt sind Bluetooth und seine energieeffiziente Version Bluetooth Smart. Dazu kommen die Home Automation-Technologien ZigBee, 802.15.4, EnOcean, Z-Wave und DECT ULE, ebenso die Energiesparversionen von Wi-Fi (Low Power WiFi) und der Schnurlostelefon-Technologie DECT (DECT ULE). ANT+ sorgt z.B. in Pulsuhren für die Datenübertragung vom Sensor zur «Datenzentrale» der Uhr. Grafik: Schlussbericht Energieeffizienz IoT

mit stromsparenden Kommunikationstechnologien umgesetzt werden. Die Wissenschaftler des iHomeLab haben ihre Erkenntnisse in einer Matrix zusammengefasst, die für verschiedene Anwendungen in Haushalt und Mobilität die unter dem Gesichtspunkt des Standby-Energieverbrauchs geeigneten und weniger geeigneten Technologien ausweist (vgl. Grafik 05).



Forscher des iHomeLab an der Hochschule Luzern haben den Stromverbrauch von IoT-Geräten gemessen und berechnet. Im Bild: Wissenschaftler Lukas Kaufmann bei der Messung einer smarten LED-Lampe.

Foto: iHomeLab



Zum Internet of Things gehören zum Beispiel Sensoren, die die Belegung von Parkplätzen erfassen und die Information an das Parkleitsystem melden. Im Bild: Bohrarbeiten für die Verlegung der Sensoren in einen Pilotprojekt in Lenzburg. Die batteriebetriebenen Sensoren benötigen lediglich ein Bohrloch; eine weitere Verkabelung ist nicht nötig. Foto: Swisscom, André Portner

Anwendungsgebiet	Anwendung	Endgerät	Technologie																
			ANT+	Bluetooth	Bluetooth Smart	DECT ULE	Z-Wave	ZigBee	802.15.4-2011-based	EnOcean	WiFi	Low Power WiFi	Ethernet	GPRS	3G (UMTS)	3.5G (HSPA)	4G (LTE)	LoRa	SigFox
Smart Lighting	Smarte LED-Leuchten	Gateway	y	n	b	y	y	y	y	y	n	y	x	x	x	x	x	x	x
		Gateway	x	x	x	x	x	x	x	x	y	b	y	y	n	n	n	x	x
	Home Automation	Sensoren	y	n	y	y	y	y	b	b	n	y	n	x	x	x	x	x	x
		Aktoren	y	n	y	y	y	y	b	b	n	y	n	x	x	x	x	x	x
		Kameras	x	x	x	x	x	x	x	x	y	x	b	x	y	y	y	x	x
Smarte Haushaltsgeräte	Gateway	x	x	x	x	x	x	x	x	y	b	y	y	n	n	n	x	x	
	Gateway	x	x	x	x	x	x	x	x	y	b	y	y	n	n	n	x	x	
Smart Mobility	Smarte Strassen	Gateway am Strassenrand	x	x	x	x	x	x	x	x	b	x	x	x	x	x	x	x	x
	Smarte Str-Beleuchtung	Strassenleuchten	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	y	n	n	n	b	b

**Grafik 05:** Die Haupteigenschaften der Studie tabellarisch dargestellt: Die verfügbaren Technologien (oben) sind für die Anwendungen (links) mehr oder weniger geeignet. Die Farbfelder zeigen, ob eine Technologie sehr gut geeignet (dunkelgrün) oder zumindest akzeptabel (hellgrün) ist. Die mit hellrot markierten Feldern bezeichneten Anwendungen bestimmter Technologien werden dagegen aus Sicht Energieverbrauch nicht empfohlen. Tabelle: Schlussbericht Energieeffizienz IoT

Werden die energieeffizienten Technologien konsequent ausgeschöpft, werde das eine spürbare Verbrauchsreduktion nach sich ziehen, sagt Wissenschaftler Klapproth. Durch konsequente Verwendung der besten Technologie liesse sich von dem bis 2025 prognostizierten Mehrverbrauch im Bereich Smart Lighting rund 45% einsparen, so eine Abschätzung der iHomeLab-Forscher.



**Zum Internet of Things gehören zum Beispiel Sensoren, die die Belegung von Parkplätzen erfassen und die Information an eine Verkehrsleitzentrale melden. Im Bild: Ein Parkfeld, das im Rahmen eines Pilotprojekts in Lenzburg mit Sensoren ausgerüstet wurde.** Foto: Swisscom, André Portner



**Das Foto zeigt eine mögliche Anwendung des Internet of Things: Ein in den Asphalt eingelassener Sensor erfasst die Belegung von Parkplätzen und übermittelt die Information an das Parkleitsystem.**

Foto: Swisscom, André Portner

### Technisches Potenzial ausschöpfen

Die Chancen für ein energieeffizientes «Internet der Dinge» stehen also günstig. Da Smartphones und andere Endgeräte im «Internet of Things» batterie-betrieben sind, ist die Energieeffizienz ein starker Technologietreiber. Davon profitieren heute die stromnetz-

gebundenen IoT-Anwendungen. «Angesichts des erwarteten riesigen IoT-Wachstums muss das Effizienzpotenzial aber auch tatsächlich ausgeschöpft werden», sagt Mihaela Grigorie vom BFE. Dazu müssen die jeweils geeignetsten Technologien eingesetzt, diese aber auch durch die verschiedenen Hersteller so in ihre Produkte imple-

Den Bericht «Energy Efficiency of the Internet of Things» finden Sie unter: [edna.iea-4e.org/news/energy-efficiency-of-iot](http://edna.iea-4e.org/news/energy-efficiency-of-iot) und weitere Informationen unter [edna.iea-4e.org/](http://edna.iea-4e.org/)

Weitere Auskünfte zu dem Projekt erteilt Roland Brüniger (roland.brueeniger[at]r-brueeniger-ag.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Elektrizitätstechnologien finden Sie unter: [www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom).

mentiert werden, dass das Potenzial zur Verbrauchsminderung realisiert werden kann.

---

**[www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom)**

---