



Katastrophennetz zum Eigenbau

Meshtastic: Open-Source-Meshnetz im Betatest

Fallen Telekommunikationsnetze aus, werden Mobiltelefone in vieler Hinsicht nutzlos, denn für weitreichende Kommunikation ohne Netz sind sie nicht gemacht. Die Open-Source-Software Meshtastic löst das Problem mit günstiger Hardware für die Langstreckenfunktechnik LoRa – unser ausführlicher erster Eindruck.

Von Andrijan Möcker

Das Hochwasser im Ahrtal vor knapp einem Jahr zeigte, dass Deutschland kaum in der Lage ist, rechtzeitig vor Katastrophen zu warnen. Es zeigte aber auch, wie fragil die Kommunikationsinfrastruktur ist. Mobilfunkzellen fielen durch die Flutschäden an Strom- und Glasfaserleitungen nach kurzer Zeit aus. Über Wochen mussten Orte ohne oder mit dürftiger Mobilfunkversorgung auskommen.

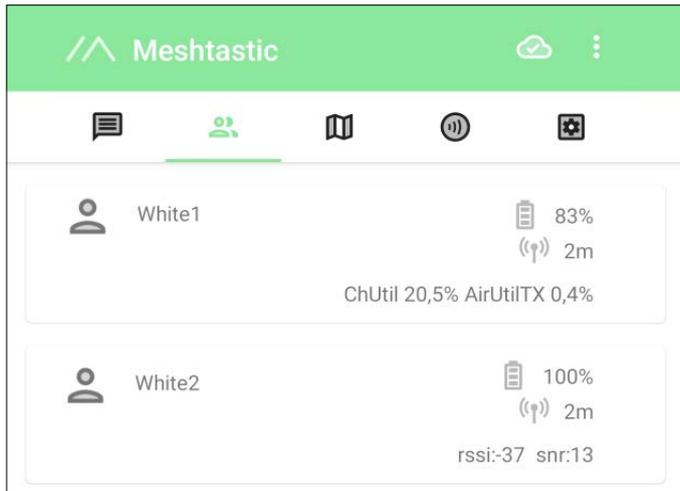
Wie kommuniziert man in solchen Situationen, ohne berittene Boten losschicken zu müssen? Der erste Schlüssel ist Vorbereitung: Mobiltelefone, auch Smartphones, sind für direkte Kommunikation ohne Netze kaum vorbereitet; zwar existieren Apps, um Bluetooth und WLAN

dafür zu nutzen, doch die Reichweite beträgt vielleicht etwas über hundert Meter, meist aber weniger. LTE, UMTS und GSM kennen derzeit gar keinen Direktmodus zwischen Endgeräten. Wollen Sie gewappnet sein, müssen Sie also mehr machen, als nur eine App zu installieren.

Analoge Handsprechfunkgeräte sind eine einfache Option, etwa solche für die lizenzfreien Frequenzbereiche bei 27 (CB) oder 446 MHz (PMR446). Sie verbinden Menschen innerhalb eines Dorfes oder einer Kleinstadt, reichen jedoch bei dichter Bebauung unter Umständen nicht einmal einen Kilometer weit. Relaisfunk-

Frisch aus
c't Nerdistan

Die Smartphone-Apps für Meshtastic erlauben per LoRa-Mesh zu chatten, Standorte zu teilen und grundlegende Board-Einstellungen zu ändern. Sie sind noch in der Entwicklung, arbeiten aber schon recht zuverlässig.



stellen, die das Signal auf einem Berg oder Hochhaus erneut aussenden und so die Reichweite erhöhen könnten, sind technisch vergleichsweise kompliziert und in den meisten Ländern in diesen Frequenzbereichen sowieso unzulässig – dementsprechend fehlt vielen PMR446- und CB-Funkgeräten der nötige Duplexmodus.

Mesh-Alternative

Die Open-Source-Firmware Meshtastic verfolgt dagegen einen ausgefuchsten Ansatz: Sie läuft auf günstigen akkubetriebenen Mikrocontroller-Boards mit LoRa-Modem und erzeugt ein autarkes Mesh-Netz. LoRa (Long Range) – eine Digitalfunktechnik für das Internet der Dinge mit 300 bis 5400 Bit pro Sekunde Datenrate – erzielt hohe Reichweiten (Rekord per Wetterballon: 832 Kilometer) bei geringem Energieverbrauch. Per Bluetooth, WLAN oder USB mit den Boards verbundene Rechner sowie Smartphones und Tablets (iOS/Android) können verschlüsselte Textnachrichten, Standortdaten und Weiteres versenden – das Meshtastic-Board ergänzt also sonst netzabhängige Geräte um eine direkte Funkschnittstelle mit hoher Reichweite. Boards mit Display können kurze Textnachrichten sowie Richtungspfeile und Entfernungen zu anderen Knoten anzeigen.

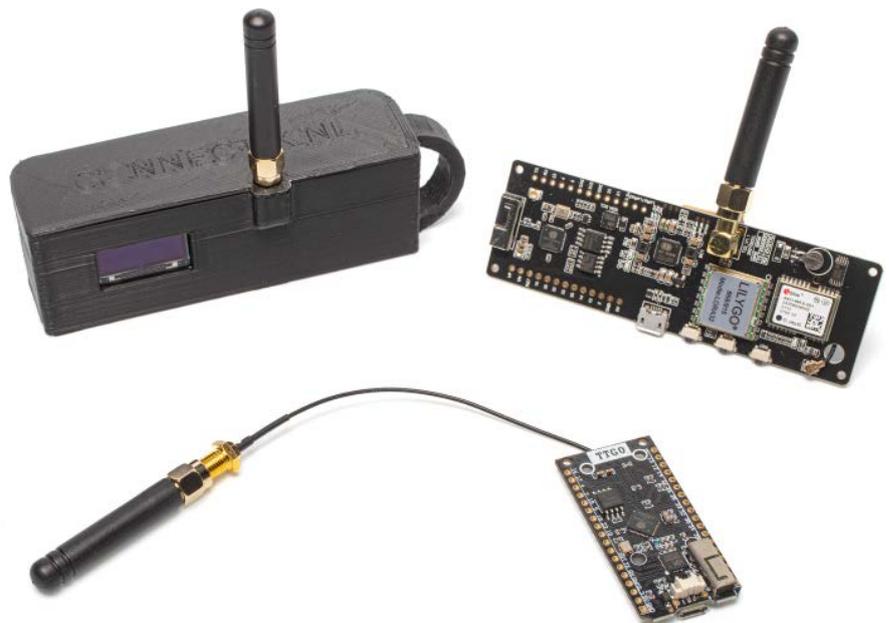
Der Clou: Namensgetreu ist jeder Meshtastic-Knoten (Board) auch ein Router für die Pakete anderer Knoten. Pakete können bis zu siebenmal geroutet werden; exponiert positionierte Router-Knoten, zum Beispiel auf Bergen, steigern die Reichweite im Bestfall auf über 100 Kilometer.

Derzeit befindet sich das Projekt noch im Betastatus, doch vieles schwuppt schon

prima und eine lebendige Community entwickelt es fleißig weiter. Auch Berichte erster besonderer Installationen gibt es – etwa aus brasilianischen Dörfern, fernab von Mobilfunk- und Festnetzversorgung, die solarbetriebene Meshtastic-Router zur Kommunikation untereinander einsetzen. Grund genug, sich Meshtastic einmal genauer anzusehen.

Hardwareauswahl

Derzeit läuft Meshtastic auf zwei Plattformen: Nordics nRF52840 – ein System-on-Chip (SoC) für schmalbandige 2,4-GHz-Anwendungen (beispielsweise Bluetooth 5.2, Zigbee) – und Espressifs ESP32, der



Momentan die erste Wahl für zuverlässiges LoRa-Chatten: Auf Bastel-Boards mit dem Espressif-Mikrocontroller ESP32 von Heltec, DollaTek oder Lilygo läuft Meshtastic schon recht rund. Um Gehäuse und Akku muss man sich jedoch selbst kümmern.

c't kompakt

- Mobilfunk- und Festnetze versagen im Katastrophenfall oft.
- Laptops, Handys und Smartphones richten ohne Netz nicht viel aus.
- Meshtastic nutzt günstige Hardware, um ein autarkes Meshnetz mit hoher Reichweite aufzubauen, über das man Textnachrichten und mehr versenden kann.

neben Bluetooth auch WLAN spricht. Beide Chips gibt es auf Bastelboards inklusive dem für die Sache obligatorischen LoRa-Modem und optionalen GNSS-Empfänger (GPS, GLONASS und so weiter). Sie sind günstig, flexibel und meist gut verfügbar.

Das beliebteste Bastelboard ist das Lilygo T-Beam für 30 (China) bis 60 (EU) Euro: ESP32, LoRa-Modem mit SMA-Anschluss, GPS-Empfänger, Lithium-Ionen-Laderegler mit USB-Seriell-Wandler und Halterung für 18650-Rundakkus – alles ist fertig aufgelötet. Lediglich das vierbeinige OLED-Display muss man selber anlöten und ein Gehäuse ist selten dabei; ein 3D-Drucker oder eine beliebige Transportbox mit Sichtfenster aus dem Outdoor-Bedarf



Der T-Echo ist aktuell das einzige komplett aufgebaut bestellbare LoRa-Gerät für Meshtastic, mit dem man direkt loschatten kann. Im Test litt er noch an Kinderkrankheiten, doch die auf GitHub sichtbare Entwicklung lässt erhoffen, dass es bald zur ersten Wahl für Einsteiger wird.

löst das Problem. Ein besonderes Schmankekl ist der acht Megabyte fassende PSRAM, den Meshtastic als Briefkasten für temporär unerreichbare Mesh-Knoten nutzen kann – mehr dazu später.

Im Test erwies sich der T-Beam bereits als zufriedenstellend arbeitende Meshtastic-Hardware – sowohl per Bluetooth als auch per WLAN (Webinterface) und USB-Seriellschnittstelle. Je nach Sendebetrieb und Energiespareinstellung hält eine 2600-mAh-Zelle ein bis zwei Tage durch. Gelegentliche Neustarts und Trägheit im Webinterface gehörten zwar auch dazu, aber eine Beta darf das.

Der T-Echo – ebenfalls von Lilygo – ist ein Fertigerät im Plastikgehäuse inklusive SMA-Antenne. Er wird vom Nordic-Chip angetrieben und manche Entwickler bezeichnen ihn jetzt schon als „Meshtastic-Traumgerät“ für Einsteiger: An Bord ist alles, was man zum Betrieb benötigt, und Löten entfällt. Er hat zwei Taster, eine Touchtaste, ein 3,9-Zentimeter-E-Ink-Display und zwei LEDs zur Bedienung und Statusanzeige, sowie die Basisausstattung (GNSS, LoRa, Bluetooth). Der 850 Milliamperestunden große Lithium-Ionen-Akku ist über einen Laderegler mit der USB-C-Buchse verbunden, der gleichzeitig als Programmierschnittstelle dient; im Bootloader-Modus meldet sich das Gerät als Massenspeicher, auf den man die Firmware-Datei nur kopieren muss. Zwei M3-Muttern im Rücken erlauben beliebige Halterungen dranzuschrauben. Je nach Frequenzband und ob mit oder ohne Atmosphärensensor (Bosch BME280; Temperatur, Luftfeuchte, Druck) zahlt man zwischen 55 und 80 Euro pro Gerät. Allerdings konnte man ihn bis Redaktionsschluss ausschließlich aus China bestellen.

Der T-Echo zählt für uns aktuell als Alpha-Gerät in der Beta, denn unsere Test-

modelle standen auf sehr wackeligen Beinen: von unnötigen E-Ink-Aktualisierungen im Sekundentakt über nicht gefundene GPS-Module bis hin zu Bootschleifen oder Regungslosigkeit nach dem Tiefschlaf war alles dabei. Doch die Entwicklergemeinschaft arbeitet bereits an Lösungen und in einigen Alpha-Versionen fanden wir schon während der Testphase Verbesserungen.

DollaTek und Helltec liefern ebenso wie Lilygo auch nahezu nackte ESP32-Platinchen mit LoRa-Modem, aber ohne GNSS-Empfänger, PSRAM und Display. Sie lohnen sich entweder für individuelle Aufbauten – zum Beispiel, weil man ein spezielles GNSS-Modul und einen großen Akku haben will – oder als solarbetriebener Router-Knoten ohne energiehungrigen Schnickschnack.

Modulare Boards mit Nordic-Chip gibt es von Rakwireless. Da dieser energiesparsamer als der ESP32 ist, sind die Boards besonders für Router-Knoten ohne Netzspannungsversorgung interessant: ct.de/y8df. Zum Zeitpunkt unserer Akquise waren die Boards jedoch nicht verfügbar,

Der Meshtastic Flasher ist über die Python-Paketverwaltung pip erhältlich und integriert Firmware-Downloader und -Flasher in einem spielend leicht bedienbaren Klickibunti-Tool. Unter Ubuntu hatten wir nach nicht einmal fünf Minuten das erste Board geflasht.

sodass wir sie nicht testen konnten.

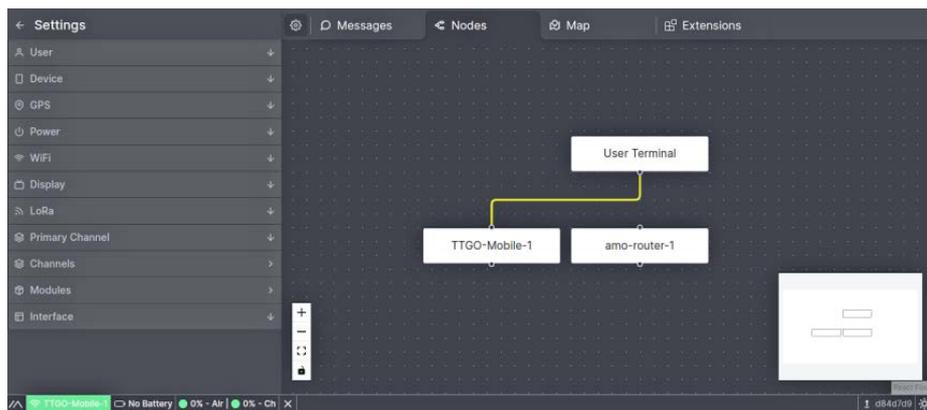
Unabhängig vom Board muss man sich vor dem Kauf für ein LoRa-Frequenzband entscheiden: In Europa stehen 433 und 868 MHz zur Verfügung; beide Bänder sind allgemein zugeteilt und somit lizenzfrei nutzbar. Da Boards in der Regel aber nur einen Frequenzbereich abdecken, muss man sich vor dem Kauf mit den Kommunikationspartnern abstimmen. Wir gewannen beim Lesen in Foren und der Netzrecherche den Eindruck, dass 868 MHz in Europa üblicher ist.

Installation

Zwar sind grundlegende Englischkenntnisse die Grundvoraussetzung, um mit Meshtastic loslegen zu können. Trotzdem gewinnt Meshtastic in puncto Einsteigerfreundlichkeit unsere Sympathie: Unerfahrene müssen sich nicht in der Kommandozeile mit Board-Flashwerkzeugen herumschlagen, und es gibt ein grafisches Tool namens „meshtastic-flasher“, das vom Firmware-Download bis zum Flashprozess alles übernimmt und Tipps sowie ein Menü für Boardeinstellungen enthält. Auch die Dokumentation enthält sinnvolle Tipps zum Einstieg.

Das Tool ist in der Programmiersprache Python geschrieben und läuft daher auf nahezu beliebigen aktuellen Desktop-Betriebssystemen. Weil es über die Python-Paketverwaltung Pip erhältlich ist, genügt ein Kommandozeilenbefehl zur Installation. Unter Ubuntu-Linux, wo Python zur Standardausstattung gehört, benötigten wir nicht einmal fünf Minuten, um unser erstes Board zu flashen. Manche Boards erkennt der Meshtastic-Flasher automatisch; ist der Boardtyp nicht ganz klar, fordert ein bebildertes Dialog-





ESP32-Boards dienen wahlweise als WLAN-Access-Point oder verbinden sich mit vorhandenen WLANs. Das dadurch aktivierte Meshtastic-Webinterface erlaubt komfortables Konfigurieren und Chatten per Browser.

feld dazu auf, ihn zu identifizieren und auszuwählen. Der Rest passiert automatisch.

Konfiguration

Ist das Board mit der Firmware versehen, läuft die Erstkonfiguration per Smartphone-App oder Kommandozeilentool; letzteres ist zwar derzeit mächtiger, die grundlegenden Schritte gelingen jedoch auch per App. Zwar gibt es keinen Assistenten, in der bereits recht ergiebigen Dokumentation fanden wir uns jedoch gut zurecht: Man muss lediglich das Frequenzband einstellen und einen Namen für das Board vergeben; die Identität und die Kommunikationsschlüssel liegen bei Meshtastic jeweils auf dem Board, sodass alle mit ihm verbundenen Geräte die gleichen Nachrichten sehen und mit dem glei-

chen Namen kommunizieren. Wirklich private Kommunikation erreicht man also nur, wenn jeder Teilnehmer ein eigenes Board hat. Jedoch können Boards mit Display eingehende Nachrichten auch ohne verbundenes Gerät anzeigen und solche mit GNSS-Modul autark ihre Position funken – hilfreich, um den Smartphone-Akku in Notsituationen zu schonen.

Das Kanalkonzept von Meshtastic benötigt etwas Hirnschmalz: Es gibt die Modulationseinstellungen, die in der Firmware „Kanaloptionen“ oder „Primärer Kanal“ heißen, und darauf aufbauend die virtuellen Kanäle.

Die Modulationseinstellungen bestimmen den LoRa-Spreizfaktor, die Kanalbreite und die Fehlertoleranz – und damit auch die Nutzdatenrate und Reichweite. Auch dabei haben die Entwickler an

Einsteiger gedacht und die Reichweiten nur grob in „Short“, „Medium“ und „Long“ eingeordnet. Sie haben je zwei Datenraten: „Slow“ und „Fast“. Die Nutzdatenrate beträgt zwischen 130 und 1890 Bit pro Sekunde. Wichtig ist, und das stellt die Dokumentation auch klar: Kommunikationspartner müssen ihre Boards auf dieselbe Modulationseinstellung konfigurieren; „Long/Fast“ etwa kann nicht mit „Long/Slow“ kommunizieren. In puncto Modulationsauswahl greift die Beschreibung indes zu kurz; wichtige Hinweise gibt sie nicht – etwa, dass „Long/Slow“ im Innenstadtbereich durch andere Geräte im Frequenzband so häufig gestört werden kann, dass die Nachricht nicht ankommt und dass die Einstellung aufgrund der geringen Datenrate für den Meshbetrieb oft unbrauchbar ist.

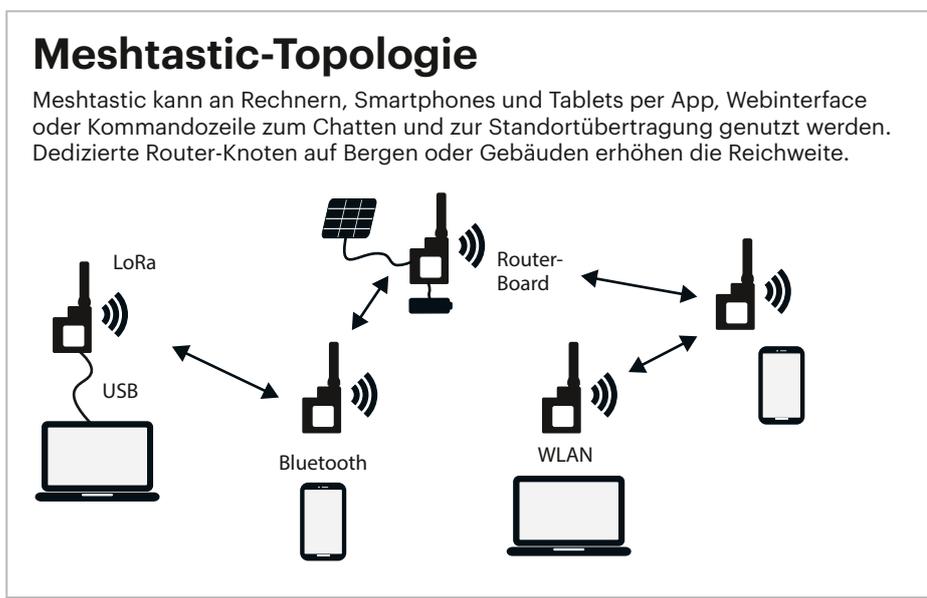
Den autark laufenden Meshtastic-Router auf Gebäuden oder Bergen haben die Entwickler bereits in der aktuellen Beta bedacht: In der Kommandozeile kann man für Konfigurationsbefehle auch ein Ziel innerhalb des Meshs angeben. Das Tool nutzt dann das angeschlossene Board nur als Weg ins Mesh, um das Zielgerät zu erreichen und Einstellungen zu ändern – ein mühsamer Aufstieg zum Gerät entfällt dann. Im Test arbeitete die Funktion aber nur sporadisch und auch nur mit den Medium-Datenraten.

Verschlüsselt vernetzt

Kanäle in Meshtastic muss man als Gruppenchats auf dem gleichen Medium verstehen; sie haben mit der genutzten Funkfrequenz nichts zu tun. Man vergibt nur einen Namen sowie einen 128 oder 256 Bit langen AES-Schlüssel. Wer an der Konversation teilnehmen möchte, muss den Namen mit dazugehörigem Schlüssel besitzen. Ein Kanal kommt vorprogrammiert mit einem allgemeinen, aber änderbaren Schlüssel, bis zu sieben weitere kann man anlegen.

Mesh-Routing klappt auch ohne den passenden Schlüssel, solange die Modulationsparameter gleich sind. Praktisch, denn so muss man unter Umständen leicht zugänglichen Routern nicht die Schlüssel für potenziell sensible Kanäle mitgeben.

Im Test funkte Meshtastic sowohl Textnachrichten als auch Standorte ohne Probleme: Wir testeten das Mesh-Routing über rund 1,5 Kilometer Entfernung mit zwei stationären Routern zwischen unseren mit Smartphones verbundenen mobilen Boards in der Modulationseinstellung „Medium/Fast“.



Meshtastic

Autarke LoRa-Mesh-Software	
Entwickler, URL	Geeksville Industries, meshtastic.org
Lizenz	GPL v3
Plattformen	Espressif ESP32, Nordic nRF52840
Apps	Android, iOS, Web, CLI
Testversionen	v1.2.52/59, v1.2.62, v1.3.10
Preis	kostenlos

Die Entwickler liefern die Firmware voreingestellt auf drei Mesh-Hops pro Nachricht, wobei erst die erste Wiederausendung als Hop zählt und nicht die anfängliche Nachrichtenaussendung; zwischen Gerät A und Gerät B können also drei Router sein. Bis zu sieben Hops erlaubt das Protokoll derzeit; das Hop-Limit konnten wir jedoch nur per Webinterface und Kommandozeile einstellen, nicht per App.

Sinnvolle Erweiterungen

Neben den Kernfunktionen hat Meshtastic auch optional aktivierbare Module: Über das Telemetrie-Modul können angeschlossene Atmosphärensensoren ausgelesen und ins Mesh geschickt werden. Das Modul unterstützt verbreitete Modelle wie den DHT11, DHT22, den DS18B20 oder den BME280. Aktiviert man die Funktion auf einem Router-Knoten, wird dieser ganz nebenbei zur kleinen autarken Wetterstation.

ESP32-Boards mit PSRAM, also zusätzlichem externen Arbeitsspeicher, werden über das „Store and Forward“-Modul zu einer Art Briefkasten im Mesh-Netz. Sie speichern bis zu 11.000 Nachrichten für Mesh-Knoten, die temporär außer Reichweite oder nicht auf Empfang sind – etwa weil sie gerade im Schlafmodus sind, um Akku zu sparen. Derzeit ist das Modul noch in Entwicklung.

Fazit

Die Idee von Meshtastic – günstige Hardware für ein autarkes Mesh-Netz zu nutzen, das auch Stromausfälle überleben kann – ist genial. Die Grundfunktionen liefen in unserem Test schon sehr gut und das Projekt bewegt sich augenscheinlich zügig in die richtige Richtung. Nur gelegentlich gewannen wir den Eindruck, dass Meshtastic Gefahr laufen könnte, im Angesicht der vielen Zusatzfunktionen den Fokus zu verlieren.

Wir glauben, dass das Projekt tatsächlich eine Chance hat, große Verbreitung zu finden – anders als manch proprietäres Produkt, das entweder gerade vom Markt verschwindet (goTenna mesh) oder gar nicht erst startete (goTokyo, Sonnet). Mesh-

tastic wird zwar den lokalen Sprechfunk – mit seiner Einfachheit und den robusten Handfunkgeräten – in Sonderlagen nicht ersetzen, kann aber als unkompliziertes Bindeglied mit hoher Reichweite dienen.

Bis zum ersten Stable Release haben die Entwickler noch etwas Weg vor sich. Das sollte einen aber nicht davon abhalten, sich mit Meshtastic vertraut zu machen, es zu unterstützen und mit anderen Interessierten über den Aufbau eines Net-

zes zu grübeln – oder sich in den IuK-Einheiten der Hilfsorganisationen zu beteiligen. Katastrophenschutz lebt schließlich von der Vorbereitung.

Auch Informationsgewinnung ist im Katastrophenfall enorm wichtig; ab Seite 106 lesen Sie unseren Kurbelradio-Test.

(amo@ct.de) **ct**

Dokumentation, Hardware und Weiteres:
ct.de/y8df

Store-and-Forward-Modul

Das Store-and-Forward-Modul speichert Nachrichten an Meshtastic-Knoten, die gerade außer Reichweite oder im Energiesparmodus sind und stellt sie auf Kommando erneut zu.

