

Franz Xaver
Kunstlabor
Halfbit.org
Neubaugasse 55/3/7
1070 Wien

Projekt: 7736

T-Router

11-Dezember-2009

Für Kunstlabor - Halfbit.org:

Franz Xaver: Koordination, Programmierung, Elektronik, Programmierung
Mikrocontroller

Roland Jankowski: Betriebssystem, Openwrt, X-WRT, Programmierung

Bernd Schroeckelsberger: Webdesign,

Armin Medosch: Theorie, Einsatzgebiete



INHALTSANGABE:

1. Planung des T-Routers

- 1.1 Übersicht
- 1.2. Die Probleme mit dem ersten Prototypen
- 1.3. Das 240Ah Experiment
- 1.4. Neuspezifizierung
 - 1.4.1 Berechnung der Kapazität
 - 1.4.2. Leistungsberechnung mit 1m² Solarfläche
 - 1.4.3. Berechnung der Windlast
 - 1.4.4. Das neue Gehäuse

2. Kooperationen und Standorte

3. Wichtige Entwicklungsschritte

4. Die Aufwandsrechnung für einen T-Router

5. Bedarf und Einsatzgebiete des T-Routers

- 5.1. Der Einsatz als Webcam
- 5.2. Der Einsatz als stromunabhängiger Server
- 5.3. An entlegenen Orten
- 5.4. Bei Naturkatastrophen
- 5.5. Auf dem Wasser

6. Die Umsetzung

- 6.1. Erste Version des T-Routers mit 50W Solarfläche
- 6.2. Zweite Version des T-Routers mit 100W Solarfläche
- 6.3. Die Stromversorgung
 - 6.3.1. Das Solarpanel
 - 6.3.2. Der Laderegler
 - 6.3.3. Die Batterien
 - 6.3.4. Der Internet Router
 - 6.3.4.1. Das Routerboard Alix 3c2
 - 6.3.4.2. Das Wireless-Interface
 - 6.3.4.3. Das Betriebssystem
 - 6.3.4.4. Die Antennen
 - 6.3.4.5. Die Kamera

7. Der T-Router Abschlussbetrachtung

1. Planung des T-Routers

1.1. Übersicht

Der T-Router ist ein solarbetriebener Funkrouter. Er kann sehr rasch und unkompliziert ans Netz gebracht werden kann. Notfalls kann er auch am nächsten Baum über seine beiden Gerüstschellen und Zurrgurte eingehängt werden. Deswegen entstand auch der Titel T-Router → TreeRouter. Er soll möglichst selbstständig Routingprotokolle erkennen und konfigurieren. Seinen Netzzugang bekommt er über eines der beiden Wireless Interfaces vom nächstgelegenen offenen Accesspoint. Er routet das Netz dann auf dem anderen Interface weiter. Durch den sehr einfachen Internetzugang kann auch die Kamera relativ leicht in Betrieb genommen werden. Ein Schwerpunkt in unserer Entwicklung lag in der Ausfallsicherheit. Die Voraussetzung dafür ist eine stabile Stromversorgung auch in den Wintermonaten genügend Strom für einen kontinuierlichen Betrieb zu liefern. Das Projekt wird mit drei funktionierenden T-Solarroutern, einer Preiskalkulation und einem Verwertungskonzept abgeschlossen. Die Erkenntnisse, Baupläne und Bezugsquellen sind im Netz öffentlich ZUGänglich. Der T-Router kann dadurch jederzeit nachgebaut und somit auch weiterentwickelt werden.

1.2. Die Probleme mit dem ersten Prototypen

Seit dem Zwischenbericht 2008 haben wir Erfahrungen gesammelt und es kam zu einer zweiten Variante des T-Routers. Wir haben gesehen, dass die Kapazität der Batterien im Donauroaum während der Wintermonaten nicht ausreicht, um durchgehend ein sicheres Routing zu gewährleisten. Der Grund lag an der etwas höheren Selbstentladung der Batterien, und an den beiden Wireless-Interfaces die bei einer durchschnittlichen Datentransferrate von 350 kb einen zusätzlichen Strom von 80mA aufnahmen. Die Gesamtleistungsaufnahme liegt nun bei ca 4,5 Watt, um fast 1 Watt mehr als ursprünglich angenommen wurde. Nun gab es für uns zwei Möglichkeiten, entweder wir erhöhen die Batteriekapazität, oder die Solarfläche. Da der Router mit den sechs Pb-Vlies-Batterien dem Routerboard und dem Laderegler schon relativ voll und schwer war, entschieden wir uns für die Verdoppelung der Solarfläche. Dadurch entstand gegebenenfalls mehr Platz für weitere Versuchsaufbauten. Dieser Platz kann auch für zusätzliche Batterien genutzt werden. Wir ließen vorerst die Ladekapazität bei 72 Ah, bei 0.5m² mehr Solarfläche.

Auch war die Position der Antennenanschlüsse des alten Gehäuses waren an der Unterseite des T-Routers nicht optimal. Durch das Gewicht von ca 30 kg musste der T-Router bei der Montage öfters abgestellt werden. Es kam dabei vor, daß der T-Router auf einer der beiden N-Buchsen aufgestellt wurde. Dieser Umstand bestärkte uns in der Entscheidung ein neues Gehäuse zu konzipieren.

1.3. Das 240Ah Experiment

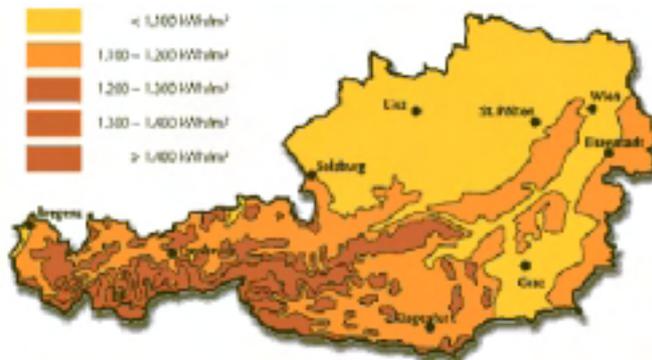
In unserer Entscheidung unterstützte uns auch ein Feldversuch, der in Kooperation mit Freifunk - Funkfeuer Linz durchgeführt wurde. Es wurde ein Solarrouter mit ähnlichen Komponenten als Micronode für ein freies Funknetz aufgebaut. Neben dem Alix-Routerboard wurde hier auch 1m² Solarfläche jedoch mit einer 240Ah Batterie eingesetzt. Der Aufbau erfolgte im Linzer Donaupark und ist auf einem Kunstwerk der Stadtwerkstatt (siehe Foto) montiert. Da der Turm im Besitz von Freunden ist, konnten die Solarpanele auf einem eingepassten Formrohrgerüst montiert werden. Die Batterien konnte in einer Box im inneren des Turms untergebracht werden. Die Batterie hat 63 kg!! und konnte nur von drei Personen ins Innere transportiert werden.

Es ist ein Experiment das wir genau verfolgen liefert uns praktische Erfahrungswerte.



1.4. Neuspezifizierung

1.4.1. Berechnung der Kapazität



Energie Sonneneinstrahlung:
(Bildquelle: ASSA 1985)

1.038 kWh St Pölten
1.044 kWh Linz
1.067 kWh Salzburg
1.138 kWh Innsbruck, Bregenz
1.166 kWh Klagenfurt
1.110 kWh Eisenstadt

Durch unsere Erfahrung zeigt sich, daß der Sonneneinstrahlungsatlas von Österreich korrigiert werden muss. Das Donaugebiet müsste speziell angeführt sein. Wir rechneten zwar weiter mit einer mittlere Sonneneinstrahlung von 1100 Wh/m² addierten aber einfach für das Nebelgebiet einen geschätzten Faktor dazu. Es geht aber nach wie vor um einen Mittelwert zwischen den Sommer- und den Wintermonaten. Normalerweise ist dies ein Faktor von 1/10. In Nebelgebieten jedoch wesentlich schlechter. Wir haben immer einen gewisse Vorratsspeicherung in den Sommermonaten mit einkalkuliert. Bei der T-Routerverion mit 100W Solarfläche sollte aber nun soviel Reserve sein, daß dies nicht weiter zu berücksichtigen ist.

1.4.2. Leistungsberechnung mit 1m² Solarfläche

Dauerleistung: $Q = (S \times A \times \eta) / UNenn$

Q= Ladung

S= Einstrahlung

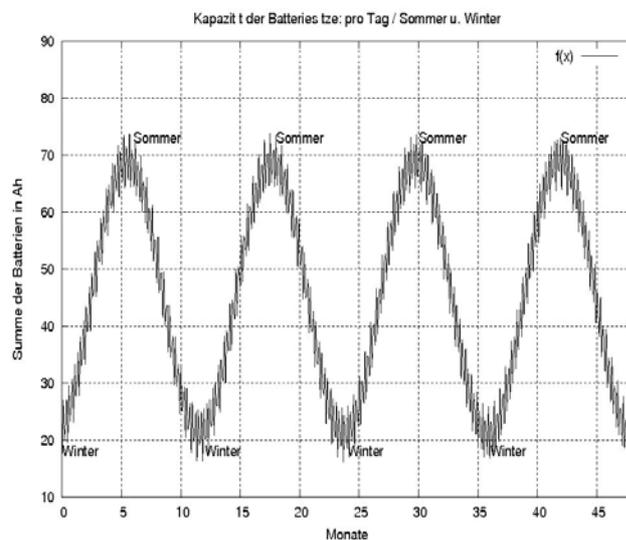
A= Fläche des Solarpanels

η = Wirkungsgrad bei monokristallinen
Panelen 15-20% (17%)

$$(S \times A \times \eta) / UNenn = Q$$

$$(1100\text{Wh/m}^2 \times 1\text{m}^2 \times 0,17) / 17\text{V} = 11\text{Ah/d}$$

$$PDauer = (Q \times UNenn) / 24\text{h} = 7.8\text{ Watt}$$



Ohne Berücksichtigung der Nebelgebieten würde sich rechnerisch eine Dauerleistung von 7.8 Watt ergeben. Da wir aber nur einen Bedarf an **4.5 Watt** haben müsste nun in jedem Fall genug Reserveenergie vorhanden sein. In der ursprünglichen Berechnung sind wir von einer Solarfläche von 0,5 m² ausgegangen dabei ergab sich eine Dauerleistung von **3.9 Watt**. Das war der Wert der sich aus dem oben abgebildeten Sonnenatlas ergab. Die Speicherung der überschüssigen Energie im Sommer ergab sich automatisch. Ein weiteres innovatives Experiment war die Aufteilung der Solarladung an verschiedene kleinere Batteriesätzen um so bei diffusen Lichtverhältnissen grössere Ladeströme zu erhalten. Damit soll eine Schonung der Batterien erreicht werden. Wir konnten dies aber bis jetzt noch nicht verifizieren, da die Batterien noch nicht in einem kritischen Alter sind. Weshalb wir auch bei in einem der beiden baugleichen Routern die Batterien in drei Batteriesätzen angeordnet haben und beim anderen Router sind sich die Vliess-Batterien über eine Diodenschaltung wie eine Gesamtbatterie verhalten. Dadurch erhoffen wir uns in Zukunft weitere Erkenntnisse um die vorhanden Sonnenenergie effizienter nutzen zu können.

1.4.3. Berechnung der Windlast

Durch die erweiterte Version des T-Routers brauchten wir auch eine Neuspezifizierung des Gehäuses.

1 m² Solarfläche bietet auch die doppelte Windangriffsfläche.
Wir errechneten den Winddruck:

$$\text{Winddruck} = (CW:2) \times P \times A \times V^2$$

CW = CW Wert; z.B. 1,10 bei einer Quadratplatte von 1m²

P= Dichte; 1,225 kg/m³ Normdichte bei 15°C auf Meereshöhe

A= Fläche der Solarpanele in m²

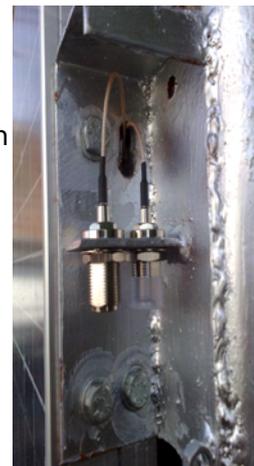
V= Windgeschwindigkeit in m/s

Was bei einem orkanartigen Sturm von **135 km/h** (ca 37m/s) einem seitlichen Druck auf den T-Router von ca **93 kg** entspricht. -> $1.1/2 \times 1.225 \times 1 \times 37 \times 37 = 922 \text{ N}$

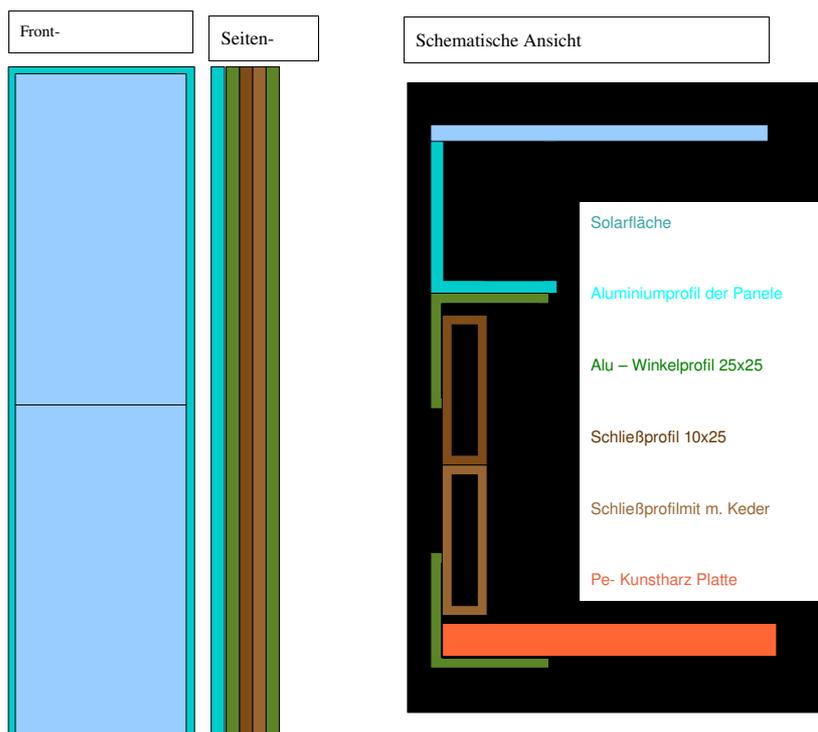
Um nun Druck auf den Masten, bzw auf unsere beiden Montageschellen besser verteilen zu können, entschieden wir uns die Solarpanele längseitig, übereinander anzuordnen. Durch die längliche Form von 50x 240cm konnten wir die Montageschellen in einem Abstand von 170cm montieren was eine zusätzliche Versteifung des Montagemastens bzw Montagerohrs bringt.

1.4.4. Das neue Gehäuse

An der Flightcasetechnik wurde nichts geändert. Bei der erste Version des Gehäuses wurden seitlich PE-Kunstharzplatten verwendet beim neuen Gehäuse sind nur mehr Aluminiumprofile im Einsatz. Es wurde auch auf gut geschützte Antennenanschlüsse geachtet, die ein schnelles wechseln der Antennen ermöglichen ohne das Wasser ins Innere Eindringen kann.



Schematischer Aufbau des Gehäuses:



2. Die Kooperationen und Standorte

Einige gute technische Diskurse konnten wir im Internetforum von Mikrocontroller.net führen. Dort werden alle Themen sehr schnell behandelt und aus verschiedenen Gesichtspunkten fachlich gut beleuchtet. Weiters fand auch ein reger Gedankenaustausch rund um Funkfeuer Bad Ischl und Funkfeuer - Freifunk Linz statt. Vorallem bei der Teststellung am Turm der Stadtwerkstatt mit der 240 Ah Batterie, und dem Messschiff Eleonore stand wir immer eine regen Diskussion um die Thematik eines Funkrouters.

Die langjährige Kooperation mit Roland Jankowski und Bernd Schroeckelsberger von Funkfeuer Bad Ischl brachte uns einen interessanten Aufstellungsort. Den gerader ein Standort auf 850 Höhenmeter bringt uns ganz andere Werte bei der durchschnittlichen Sonneneinstrahlung. Hier erwarten uns interessante Vergleichsmöglichkeiten.

Ein weiterer Solarrouter wurde im Linzer Winterhafen montiert. Wir verdanken des der Stadtwerkstatt Linz mit dem Kulturprovider servus.at, daß wir diesen Aufstellungsort auf dem Messschiff Eleonore nützen können.

An allen Aufstellungsorten werden derzeit noch keinen netzrelevanten Daten geroutet, es kann aber jederzeit auf „Echtbetrieb“ umgestellt werden.

Eine weitere Kooperationspartner ist Armin Medosch, er schrieb auch das Buch „Freie Netz“ (Heise Verlag) über ihn ist der Kontakt nach Brasilien zustande gekommen. Es hat sich aber bis zum heutigen Tag nichts Neues ergeben. Armin Medosch wird aber unser Projekt weiter begleiten.

3. Wichtige Entwicklungsschritte

Mit dem Betriebssystem Openwrt - Kamikaze und X-WRT - Luci erfüllte das Routerboard alle Anforderungen. X-WRT hat sehr gute Eigenschaften um die langfristig gespeicherten Betriebsdaten zu visualisieren, sowie den Router einfach über einen Browser zu konfigurieren. Die Rolle des Ladecontrollers hatten wir zu Beginn des Projekts ein wenig überschätzt. Aber die langfristige Idee ist es auch, diesen Ladecontroller der freien Szene (der „wireless-community“) näher zu bringen. Speziell in diesem Personenkreis könnte sich der Controller gut entwickeln. So könnten z.b. Funkknoten mit verschiedenen starken und verschiedenen alten Autobatterien betrieben werden.

Obwohl wir anfangs Probleme mit der Feuchtigkeit im T-Router hatten, war die Entscheidung ein Gehäuse aus dem professionellen Bühnenbau zu verwenden, die Richtige. Wir sahen auch nicht viele Alternativen. Eine Möglichkeit wares einen Elektrikerschrank zu verwenden, aber dann hätten wir Solarpanele, Batterien, Router sowie die Verkabelungen getrennt aufbauen müssen, das war aber nicht unsere Aufgabenstellung. Die Feuchtigkeit war mit der Neuspezifizierung des Gehäuses, bei dem fast ausssschliesslich Aluminiumprofile (teilweise mit Gummikeder) verarbeitet wurden, kein Problem mehr. Auch die Metallverstärkung der Rückwand für die Batteriefächer brachte der neuen Version des Gehäuses eine zusätzliche Festigkeit. Die durchgeschraubten normierten Montageschellen halten dadurch jeder erdenklichen Belastung stand (2 Stk M14 Stahlschrauben). Die geplanten Sensoren für die Batterie- Paneltemperatur sind nach wie vor noch nicht realisiert.

Die Software für den Ladecontroller ist betriebsfertig und das Betriebssystem auf dem der T-Router läuft mit der Version 2.6.25.20

Beim neuen Gehäuse des T-routers ist das Kameragehäuse nicht mehr auf der Unterseite sondern oben montiert.

Die senkrechte Montage der Solarpanele ergab sich aus folgenden Überlegungen:

1. In kritischen Wintermonaten ist die Sonne die meiste Zeit nicht weit über dem Horizont. Durch eine senkrechte Montage ergibt sich fast eine 90 Grad Einstrahlung
2. Im Sommer wird eine Überhitzung die durch die elektrische Erwärmung und einer 90 Grad Sonneneinstrahlung erzeugt werden würde, vermieden.
3. Es kommt zu keiner so starken Verschmutzung durch Feinstaub. Diese Verschmutzung reduziert die Leistung von Solarpanelen um bis zu 10 %.
4. Durch einen schnelleren Wasserablauf wird eine Veralgung und Verpilzung der Solarpanele, vor allem bei den Übergängen von Glas auf den Aluminiumrahmen vermieden.
5. Kein Schnee im Winter

4. Die Aufwandsrechnung für einen T-Router

Aufgelistet sind alle Komponenten und eine Schätzung des durchschnittlichen Arbeitsaufwands, die Kosten und Beschaffungsmöglichkeit der Hardware.

Stk	Material	netto	Arbeiten	Std	Bezugsquelle
2	Solarpanele 55W	364.-	Nietzange	3	solexgmbh.de
1	Gehäuse	115.-	Nietzange, Kreissäge	11	www.t-case.at
1	Batterienfach	15.-	Schweissen	2	eigenbau
2	Montageschellen	19.-	Schraubenschlüssel	1	
1	Mikrocontroller AT169	25.-	LötKolben	4	sr-tronic.de
1	Platine + Bauteile	13.-	LötKolben	23	sr-tronic.de
1	Alix Routerboard 3c2	83.-	Aufsetzen	10	meconet.de
2	Wireless Interface	64.-	Aufsetzen	0	
1	SD - Card	8.-		0	meconet.de
2	Pigtails	25.-		0	meconet.de
2	Antenne	100.-	Montage	1	igs-electronic.at
1	Antennenhalterung	20.-	Schweissen	6	eigenbau
1	Kamera - Gehäuse	65.-	Montage		Conrad.at 191197
6	Batterien	124.-	LötKolben	2	bannerbatterien.com
	Verkabeln	20.-		3	

Der finanzielle Aufwand für einen T-Router beträgt ca 1000.- + ca 50 Std Montagearbeiten. Dazu kommen ca 10 Std Administration für Planung und die Bestellungen der Materialien.

5. Bedarf und Einsatzgebiete des Solarrouters

Leider sind die Kosten noch relativ hoch, deswegen ist der Einsatz des T-Routers bei Do-it-Yourself Freifunknetzwerken fragwürdig, denn die meisten Benutzer solcher Netzwerke investieren maximal die Hälfte dieses Betrages. Diese Erfahrungen haben wir in unseren 10 jährigen Aufbau Erfahrung von Wireless-Bürger Netzwerken gemacht. Auch der Meshcube (http://freifunk.net/magazin/technik_wirtschaft/meshcube), eine Entwicklung im Umfeld von Freifunk Berlin, hat sich wegen seinen hohen Preises von 450.- Euro nicht durchsetzen können. Das bedeutet aber nicht, dass nicht Teile des T-Routers in diesem Entwicklungsbereich des Internets einfließen können. Die Miniaturisierung wird sich weiterentwickeln und die Preise für Hardware werden zurückgehen. Es wird Hardware auf den Markt kommen, die eine Reduktion der Leistung um das zehnfache ermöglicht, wobei hier angemerkt werden sollte, dass die Grenze der Leistungsreduktion natürlich bei der physikalischen Sendeleistung der Funkendstufe liegt. Bei zwei Interfaces ist diese bei voller Sendeleistung ca 100 mW. Die Sendeleistung verringert jedoch durch weniger Daten oder auch einem geringeren Abstand zum nächsten Funkknoten.

5.1. Der Einsatz als Webcam

Wir sehen nach wie einen der interessantesten Einsatzbereiche des Solarrouters in der Verwendung der aufgebauten Webcam. Es ist sicher ein grundsätzliche Frage ob ein Livebild einen Webauftritt unterstützt. Aber falls man sich für ein Kamerabild vom Aussenbereich entscheidet, ist es sicher eine der wichtigsten Fragen, wie sich ein Betriebsobjekt im Web präsentiert. Es soll keinesfalls billig aussehen. Die Position der Kamera ist hier entscheidend, eine Totaleinstellung auf das Objekt fast unabdingbar. Aber die richtige Position der Kamera ist meist dort, wo keinen Internetanschluss und/oder kein Strom vorhanden ist. Der T-Router erfüllt damit alle Anforderungen für dieses Einsatzgebiet.

5.2. Der Einsatz als stromunabhängiger Server

Eine neue interessante Idee ergab sich im Gespräch mit Kolleginnen und durch die zweite Version des grösseren Gehäuses. Da nun wieder Platz ist, kann mehr experimentiert werden. Die Idee ist es einen energieautonomen Server zu betreiben ist alt. Daten könnten dort sicher und für lange Zeit erhalten werden. Es ist zwar vorerst nur eine Idee aber es sollten doch vermehrt Gedanken investiert werden. Der Stromverbrauch erhöht sich bei einem Server in Abhängigkeit der Festplattenzugriffe. Um die Idee zu konkretisieren müssten zuerst die Dienste des Servers genauer definiert werden um Eckdaten für das Projekt ermitteln zu können. Vor allem wäre es wichtig zu klären, ob es ein Stand-Alone- oder ein **Backupserver** sein soll. Ein **Backupserver** hat sicher viel weniger Festplattenzugriffe und braucht dadurch auch weniger Strom und bringt dieser Idee einen realistischen Umsetzungsfaktor. Es wird sich erst durch die Stabilität unseres Routers und nach dem Feldversuch mit der 240Ah Batterie zeigen ob an dieser Idee weitergearbeitet werden kann.

Weiter Einsatzgebiete:

5.3. Entlegene Orte

Es gibt nach wie vor Gegenden in weder von Mobilfunknetzen noch von Festnetzleitungen erreicht werden.

Dabei muss es sich nicht immer um einen humanoiden Endpunkt handeln. Immer häufiger brauchen auch Maschinen oder Messinstrumente einen Netzzugang. Der T-Router kann relativ einfach das Netz transportieren und Strom für Messungen bereitstellen.

5.4. Bei Naturkatastrophen

Ein weiterer Einsatzbereich liegt bei der Errichtung von Kommunikationsnetzwerken während Naturkatastrophen.

5.5. Auf dem Wasser

Weiters könnte wir unsere Erfahrung die wir beim Aufbau von Netzen mittels der T-Router gemacht haben, in ein Netzaufbau auf offenen Seegebiet einfließen. In diesem Sinn hatten wir eine Anfrage eines italienischen Yachtbauunternehmens, bei der es um die Vernetzung des thyrrenischen Meeres (Stromboli - Sizilien - Neapel) geht. Jedes Segelboote soll mit einem solarbetriebenen Funkrouter ausgestattet werden, und wird gleichzeitig zum micronode, Das Boot hat dadurch Internet für den privaten Gebrauch und es können im Gefahrenfall schnell Positionsdaten aller Nodes an die Küstenwache übermittelt werden. Eine wunderschöne und klassische Aufgabe für ein Mesh-Netzwerk. Aber die Umsetzung hat sich leider als komplett unrealisitsch herausgestellt.

Ein weiteres Einsatzgebiet auf dem Meer oder Seen oder flüssen, sehen wir auf Bojen und/oder Seetonnen

6. Die Umsetzung

6.1. Erste Version des T-Routers mit 50W Solarfläche

Auf den Bildern sieht man den ersten, die kleinere Version unseres Routers. Die kleinere Version ist durchaus für Gebiete mit hoher Sonneneinstrahlung geeignet .

Die Frontplatte ist abgenommen, man sieht auf die drei Batteriensätze. Diese Version ist auch auf einem 5 1/4 Zollmast oder über ein Stück Rohr und Zurrgurte überall montierbar



Gewicht: 29 kg.
Vorderseite: 9 kg
Rückwand: 20 kg

Abmessungen:
Höhe: 108 cm
Breite: 45 cm
Tiefe: 13 cm



Die 5 1/4 Zoll Befestigungsschellen sind um 90 Grad drehbar. Dadurch entsteht auch eine Montagemöglichkeit für waagrechte Rohre

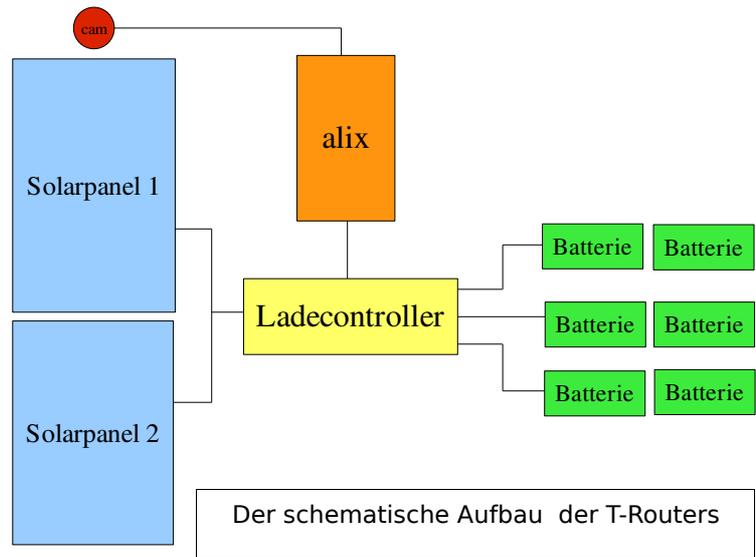


6.2. Zweite Version des T-Routers mit 100W Solarfläche:



Gewicht: 42 kg
Vorderseite: 16kg
Rückseite: 26kg

Abmessungen:
Höhe: 2,40 Meter
Breite: 50 cm



Rückwand des 100W Routers mit voll ausgebauter Ladekapazität. In die Batteriefächer passen insgesamt 14 Batterien mit einer Ladekapazität von 168Ah. Durch das hohe Gewicht der Bleibatterien sollten die Batterien erst nach der Montage der Rückwand eingebaut werden.

6.3. Die Stromversorgung

Die wichtigsten Teile unseres Systems sind die Solarpaneele und der Laderegler an den mehrere verschiedene Batterien angeschlossen werden können. Der Grund mehreren Batterien zu verwenden zu können liegt im Vorteil eines modularen ausbaufähigen Systems. Es kann auch nur eine Batterie, auf einem Ladeausgang verwendet werden. Bei Bedarf können aber zusätzliche Batterien an den anderen Ladeausgängen verwendet werden, diese werden automatisch erkannt und mit einer individuellen IU-Ladekurve geladen. In der Praxis könnte hier auch eine Autobatterie angeschlossen werden, ohne dass die eingebauten Batterien einen Schaden nehmen würden. In einem unserer Router haben wir standardmässig 6 Stück 6 Volt Vliess-Batterien in drei Batteriegruppen angeordnet. Der Vor- oder Nachteil dieser Gruppenanordnung liegt in der Verlängerung der Batterienlebensdauer.

6.3.1. Das Solarpanel

Wegen dem höheren Wirkungsgrad wurde ein monokristallines Solarpanel ausgewählt. Dieses hat gegenüber einem polykristallinen Panel einen höheren Wirkungsgrad (15-20% zu 10-15%). Für unsere Leistungsberechnungen haben wir einen Wirkungsgrad von 15% eingesetzt.



Nennleistung P _{max}	55,0Wp
Max. Abweichung von P _{mpp}	-5%/+5%
Spannung bei Maximalleistung (U _{mpp})	17,0V
Spannung bei P _{mpp} -10°C (U _{mpp})	19,02V
Spannung bei P _{mpp} 70°C (U _{mpp})	14,40V
Leerlaufspannung (U _{oc})	21,00V
Strom bei Maximalleistung (I _{mpp})	3,24A
Kurzschlussstrom (I _{sc})	3,53A
Temp.Koeff. I _{sc} (%/K)	+0,07
Temp.Koeff. U _{oc} (%/K)	-0,34
Zellenwirkungsgrad	14,5%
Maximale Systemspannung	715,0V
Solarzellen 5" pro Modul	36,0Stck
Anschlussdose	1,0Stck
Bypassdioden	2,0Stck
Modullänge	987mm
Modulbreite	452mm
Modulfläche	0,446m ²
Höhe inkl. Rahmen	40,0mm
Gehärtetes Glas	4,0mm
Gewicht ca.	6,0kg

Alle Werte gelten unter Testbedingungen:
Einstrahlung von 1000W/m², Zelltemperatur 25°C, AM 1,5

6.3.2. Der Laderegler

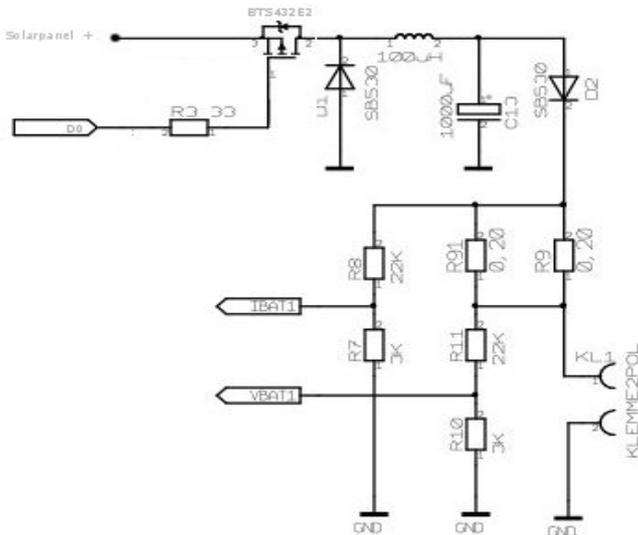
Der eingesetzte Microcontroller ist ein Atmel 169, er bietet im Aufbau auf einer Butterfly-Platine ein zusätzliches 5-stelliges LCD- Display das auch vom Linux Betriebssystem des Routers verwendet werden kann. Empfangsparameter können dort ausgegeben werden. Falls bei der Montage oder einer Nachjustierung kein Notebook verfügbar ist kann über dieses Display die Ausrichtung der Antennen erfolgen. Die Leistungsaufnahme liegt bei nur 32 uA mit eingeschaltetem LCD-Display. Nach 5 Minuten wird der Screenblinker aktiviert, dadurch sinkt die Stromaufnahme auf 8 uA. Durch die Vorhandene Energiekapazität von über 70Ah ergibt sich ein System bei dem der Laderegler fast immer funktionieren wird. Er schaltet bei Energieengpässen das Alix-Routerboard ab um die Batterien zu schonen. An einer Email-Benachrichtung wird derzeit noch gearbeitet. Als Leistungsschalter der die Batterien bzw das Routerboard schalten kann wird der Bauteil BTS472E2 verwendet. Dieser kann einen Strom bis 11A schalten und ist direkt über einen CMOS - Pegel zu bedienen. Er ist über eine MOSFET

Endstufe aufgebaut und hat unzählige Schutzmechanismen, die eine elektrische Zerstörung fast unmöglich machen.

Die Strom- bzw Spannungsmessung- erfolgt über einen 0.2 Ohm Shuntwiderstand, an dem der Spannungsabfall gemessen wird.

Die Ladung erfolgt derzeit über eine UI Ladekennlinie mit einer Ladungserhaltung. Die Spannung und der Strom werden über drei der 8 AD Wandler des Microcontrollers eingelesen. Die Schaltung ist umfangreich in dem Forum <http://www.mikrocontroller.net> diskutiert worden.

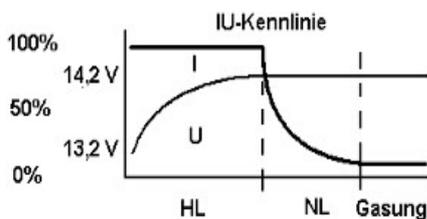
Pro Ladeausgang und Batterie ist in folgende Schaltung notwendig:



Die Software ist derzeit auf die integrierten Pb-Vlies-Akkus abgestimmt (Ladeschlussspannung bei 13,4 Volt). Falls der Laderegler für NICD Batterien verwendet wird, müssten kleine Softwareadaptionen vorgenommen werden. Werden die eingebauten Vlies-Batterien nicht in getrennten Gruppen geladen, können die 2 freien Ladeausgänge mit den elektronischen Schalter anderwertig verwendet werden.

Die Software soll noch weiter entwickelt werden, da der Joystick auf der Platine eine gute Interaktionsmöglichkeit für Ladecontroller oder Routerboard da der Ladecontroller über eine RS232 mit dem Alixboard spricht

Die Ladekennlinie:

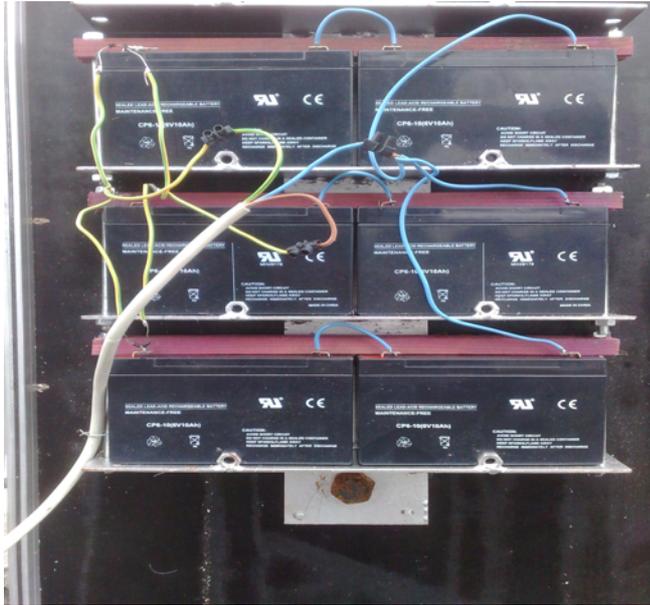


Der offene 100W T-Router



6.3.3. Die Batterien

In allen T-Router werden standardmässig 6 Pb-Vlies-Batterien mit je 12 Ah verwendet.



Gesamt: 72 Ah

Es sind sechs Batterien an der Rückwand des Solarrouter eingebaut. Die Rückwand kann von der Vorderseite auf dem das Solarpanel mit der gesamten Elektronik montiert ist komplett getrennt werden.

Zur Montagereihenfolge:

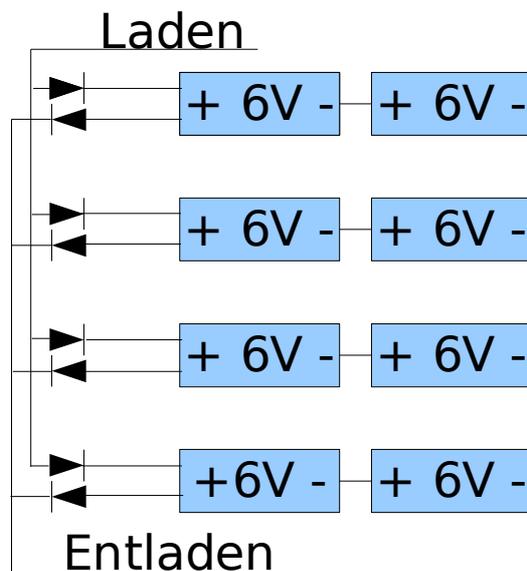
Zuerst wird die schwere Rückwand montiert anschliessend die Vorderseite über Butterflyverschlüsse daraufgeklippt.

Die Verschlüsse sind mit einem Vorhängeschloss sperrbar

In einer Ausführung eines 100W Router werden die Batteriesätze nicht getrennt mit Ladestrom versorgt, sondern der Ladestrom verteilt sich über eine Diodenschaltung auf die einzelnen Batterien.

Diese Schutzdioden verhindern eine gegenseitige Entladung bei Stromzuführung und bei der Stromentnahme. Der Grund warum in den T-Routern 6 Volt Batterien verwendet werden liegt in der geforderte Einbautiefe von 60 mm. Zwei 6V Batterien werden immer zu einer 12V Batterie zusammenschaltet.

Die Diodenschaltung:



6.3.4. Der Internet Router

6.3.4.1. Das Board Alix 3c2

Technische Beschreibung

Hardware:

CPU: Geode LX800, 500MHz

RAM: 256MB

Speichermedium: CF-Card 2Gig

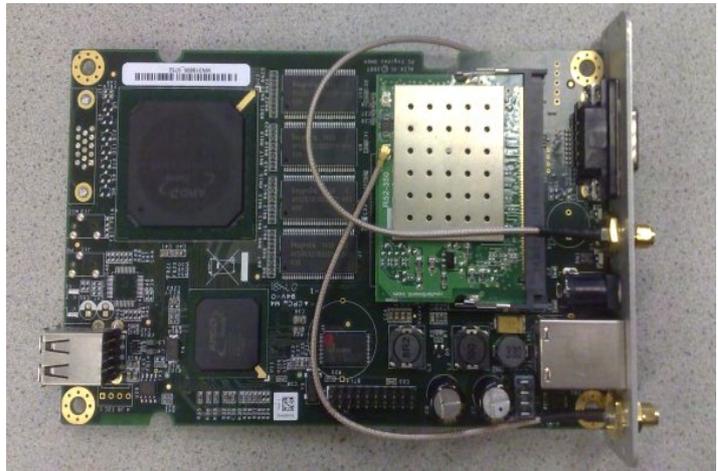
Ethernet 10/100

Power over Ethernet

2 Stück Mini-PCI-Sockets

Serieller Port RS232

USB 2.0



6.3.4.2. Das Wireless-Interface

Folgende MiniPci Karten wurden getestet

Mikrotik:

DCMA-82 - 802.11a/b/g - 25dBm – 316mWatt

Mikrotik:

R52N – 802.11a/b/g/n – 25dBm - 316mWatt

COMPEX:

WLM54G-23 – 802.11b/g – 23dBm - 200mWatt

Bei den Mikrotik Karten hatten wir Probleme beide Interfacekarten gleichzeitig zu laden. Zum Einsatz kam das Compex Interface, da es ein gutes Preis/Leistungsverhältnis hatte. Der Stromverbrauch war auch am geringsten. Als Treiber können die Atheros- oder die Madwifi- Treiber eingesetzt werden.



6.3.4.3. Das Betriebssystem

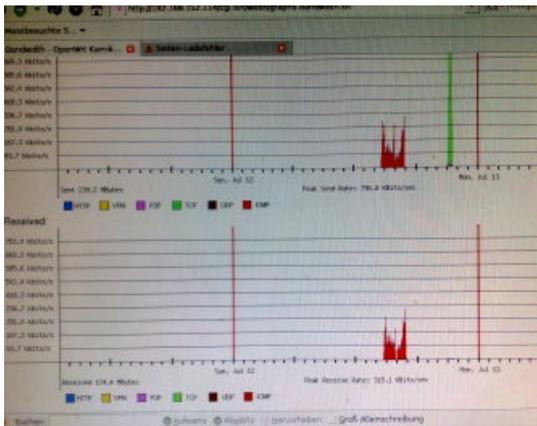
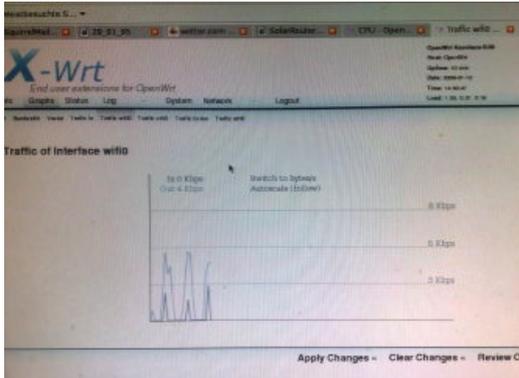
Openwrt : Kamikaze

<http://openwrt.org>

<http://x-wrt.org>

<http://luci.subsignal.org/>

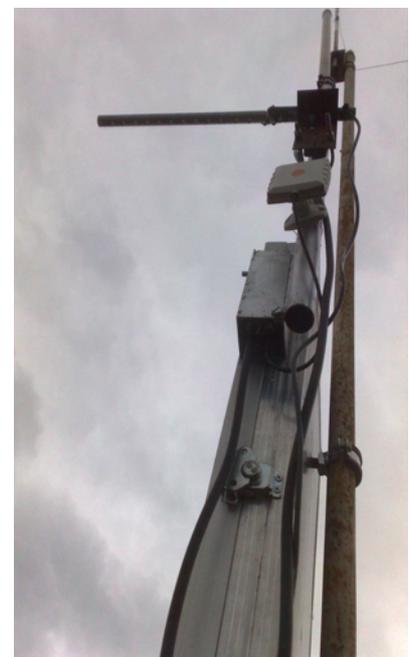
Openwrt ist ein Linux basierendes System, daß sich ganz den Router spezialisiert hat. Das System wird von einen großen Community betreut und bietet ständig updates sowie neue Treiber. Mit X-Wrt bzw Luci kann das System über den Browser verwaltet werden bzw können Visualisierungen von Langzeitmessreihen durchgeführt werden.



IPName	Total	Total Sent	Total Received	FTP	HTTP	P2P	UDP	ICMP
88.152.21	779.24	304.24	304.24	0	0.24	0	225.14	249.86
88.152.21	363.24	124.44	238.24	0	4.14	0	112.04	0
88.152.114	363.24	208.24	155.04	0	6.14	0	112.04	0
88.152.44	1.24	42.24	1.24	0	1.24	0	1.24	2.40
88.152.21	489.24	489.24	0	0	0	0	0	454.24
88.152.51	218.24	218.24	0	0	0	0	0	218.24
88.152.1	34.24	32.24	1.24	0	0	0	0	19.24
88.152.1	32.24	32.24	0	0	0	0	0	32.24
88.152.255	12.24	0	12.24	0	0	0	0	12.24
88.152.67	9.64	9.64	0	0	1.24	0	3.04	4.36
88.152.25	624	272	452	0	0	0	0	308

6.3.4.4. Die Antennen

Auf dem über der Kabeldurchführung befestigten kurzen Antennenmast können die alle gängigen Antennen problemlos befestigt werden.



Die

6.3.4.5. Die Kamera

Nach einer längeren Testphase kam eine Logitech Quickcam S5500 zum Einsatz. Eine USB – Kamera die aber zuerst in ein Außengehäuse eingebaut werden muss. Die Kamera hat 1.3 Mega Pixel mit einer Auflösung von 640 x 480 Bildpunkten. Die Kamera wird zuerst über die normalen USB – Treiber und dann mit dem spezifischen spca5xx Treiber angesprochen. Das Programm uvc-streamer liefert in der Defaulteinstellung ein Bild auf Port 8080. Das Kontroll-Led der Kamera ist von aussen sichtbar, und kann als Indikator für das laufende System verwendet werden



7. Der T-Router

Die Förderung die unser Projekt (T-Router) durch die IPA erhalten hat ermöglichte uns die Schaffung von drei Prototypen solarbetriebener Internetrouter, sowie viele Experimente und Teststellungen. Die Erkenntnisse die wir durch den Betrieb gewonnen haben, werden sicher in unsere weitere Arbeit und in den Aufbau von freien Bürgernetzen einfließen. Es ist abzusehen das früher oder später ein kabelloses Informationsnetz überall gratis verfügbar sein wird. Ein Kabelgebundenes Internet ist viel zu kompliziert. Von der Information wird neben der hohe Verfügbarkeit mit Redundanz erwartet. Bürgernetze mit autonomen Mikronodes verteilen die Verantwortung auf Viele und gewährleisten somit einen sicheren Transport von Information. Im Sinne der industriellen Aufklärung, wird die Entwicklung der Technologie nicht aufzuhalten sein. Verschiedenste Ansätze von Informationsnetzen wurden und werden konzipiert. Das einfachste und effizienteste wird übrig bleiben. So auch in den frühen 90iger Jahren, als mit dem Siegeszug des World-Wide-Web, proprietäre Netzplanungen immer weiter zurück gedrängt wurden. Wie von Geisterhand formte sich in wenigen Jahren ein Informationsnetz das in allen Bereichen der Wirtschaft und der Technologie ihre Spuren hinterließ. Jeder Versuch kommerzielle, und angeblich sichere Privatnetze am Markt einzuführen, scheiterten. Selbst eigene Satellitensysteme, wie es Microsoft plante, scheiterten an der Übermacht der Selbstorganisation. Einzig kommerziellen Nutzen hatten Firmen bei der Vermietung von Kabelwegen. Mit Überseekabel, sowie mehr oder weniger große Netzen aus Fiber- oder Kupfer die für den untersten Layer des Internets verwendet wurden, waren zu Beginn des aufkommenden Netzes auch gutes Geld zu verdienen. Die Kabel wurden schnell abgeschrieben, und das „Darkfiber“ lag ungenutzt in der Erde. Jetzt sorgte ein einzigartiger Wettbewerb für eine Preisspirale nach unten. Zusätzlich öffneten sich Bereiche im sonst so stark regulierten Frequenzband - das ISM-Band wurde für das Internet entdeckt. Dies war sofort eine Alternative zu den immer noch verhältnismäßig teuren kabelgebundenen Übertragungswege. Neben den ersten Frequencyhopping Systemen im Funkbereich kam die Spread Spectrum Technologie. Ich kann mich noch an die ersten 50 Stück Spread-Spectrum Funkmodems erinnern, die von Franz Penz und Oskar Obereder, 1997 in Taiwan gekauft wurden. Leider konnten bei den Funkübertragungen in diesem Frequenzbereich nie Bandbreitengarantien abgegeben werden, deshalb war der Internetfunk in diesem Frequenzband für kommerzielle Anwendungen ungeeignet. Auch Routingprotokolle wie OSPF konnten dabei nicht helfen. Es waren meist zu wenig Ausweichknoten in Reichweite. Weiters funktionierte damals beim OSPF keine gradielle Abstufung für die Linkqualität. Erst mit den Routingprotokollen OLSR oder Batman entwickelte sich brauchbare Systeme. Es müssen jedoch auch hier genug gleichberechtigte Knoten vorhanden sein. Aber die Idee, Internet immer und überall und scheinbar über den Äther verfügbar zu machen ist gut, und wird sich auch durchsetzen. Die Miniaturisierung schreitet voran - die Systeme werden kleiner - der Stromverbrauch weniger und der Bedarf an Routingknoten höher. Wir haben in der zweijährigen Entwicklungszeit die Erfahrung gemacht, daß einige Male durch updates der Software und Neuerungen bei der Hardware unser Idee eines autarken Internetknotens entgegen kamen. Der T-Router soll in Zukunft das stabile Umfeld für diese Entwicklungen bieten. Alle Fakten sprechen für autonome Netzknoten die sich über erneuerbare Energie in die Umwelt einordnen. Wir hoffen unseren Teil zur Entwicklung des Internets beigetragen zu haben.

