2014

Energy Harvesting

SchüEx-Arbeit von Yannik Dumon

Quelle: pa/dpa

Yannik Dumon

01.01.2014

Inhaltsverzeichnis

- 1.Motivation
- 2.Zielsetzung
- 3. Bedeutung des Energy Harvesting
  - 3.1 Wie definiert man Energy Harvesting
  - 3.2 Harvester & ihre Eigenschaften
- 5. Realistische Pläne
- Bisher durchgeführte Tätigkeiten
- 6.Strömungssimulation
- 7. Versuche
  - 7.1 Radio
  - 7.2 Aufwärtswandler
  - 7.3 Blinkschaltung
  - 7.4 Gleichrichter
- 6. der Notrufsäule 1
  - 6.1 Versuche zur Notrufsäule
  - 6.2 Die Planungen
- 9. Projekte
  - 9.2 Autoabwärme
  - 9.3 Haushalt
- 8. Funktionen des EnOcean Starter Kit 1

1. Motivation

Meine Motivation ist meine Interesse an Physik, Elektronik, Elektrik und Elektrotechnik, sowie meine Neugierde, mein Wissensdurst und meine Lust am Experimentieren.

2. Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, mit möglichst einfachen Mitteln selbst ein System zu bauen, bei dem zumindest eine Komponente seine notwendige Energie aus seiner Umgebung „erntet", so dass keine zusätzliche Energieversorgung notwendig ist.

3. Bedeutung des „Energy Harvesting"

Energy Harvesting hat viele Anwendungsgebiete. Immer dort, wo ein elektrisches Netz nicht vorhanden ist und ein nachladen eines Akkus nicht jederzeit möglich ist, ist Energy Harvesting von großer Bedeutung.

Dies könnte z. B. ein Handy ohne Netzgerät für die Aufladung des Akkus sein, bei dem stattdessen das Akku beispielsweise über induktive Generatoren bei jeder Bewegung nachgeladen wird.

Ein anderes Beispiel kommt aus der Messtechnik: z.B. kontinuierliche Temperaturüberwachung: Ein Sensor gewinnt mit Hilfe von Harvestern kleine Strommengen aus der Umgebung. Der Sensor befindet sich zur Energeieeinsparung bis zu einer Messwertänderung in Ruhephase. Bei geänderten Messwerten wird die Messeinheit „geweckt" wird sendet dann, bei Bedarf, Signale an einen PC. Hierbei ist es notwendig, den Energieverbrauch der gesamten Sensoreinheit so weit zu reduzieren, dass nach der Montage der Sensor nicht mehr zugänglich sein muss.

Dies hat zum Beispiel in der Raumfahrt, z.B. in Satteliten große Bedeutung oder auch in Industriebetrieben, in denen z.B. ein Messgerät sehr schlecht oder gar nicht zugänglich ist. Auch in Gebieten, wo kein elektrisches Netz zur Verfügung steht kann Energy Harvesting von Bedeutung sein. So waren nach dem zweiten Weltkrieg einfache Rundfunkempfänger, die ihre Energie nur aus dem Radiosignal gewinnen, weit verbreitet. Dies sind auch Harvester.

3.1 Wie definiert man „Energy Harvesting"?

‚Energy Harvesting' (eng:"Energie Ernten") bedeutet geringe Mengen Strom aus der Umgebung zu „ernten". Es gibt verschiedene Möglichkeiten Energy Harvesting zu betreiben und verschiedene Energiequellen. Module, die diese Energie umwandeln nennt man ‚Harvester'.

3.2 Verschiedene Harvester und ihre Eigenschaften

Harvester	Wandelt … um	Eigenschaften
Solarzellen	Licht (Sonnenenergie)	➢ kostengünstig ➢ hohe Leistungsdichte ➢ Verfügbarkeit nur bei Sonne ➢ Leistung über längeren Zeitraum ➢ = Strom
Thermogeneratoren	Wärme (Wärmeenergie)	➢ teuer ➢ geringe Leistungsdichte ➢ Verfügbarkeit nur bei zwei sehr unterschiedlichen Temperaturen ➢ = Strom
Elektrodynamische Wandler	Induktion |Bewegung→Magnetismus ;Schall| (Bewegungsenergie)	➢ kostengünstig ➢ sehr hohe Leistungsdichte ➢ ständige Verfügbarkeit bei ständiger Bewegung ➢ ~ Strom
Piezo-Wandler	Druck (Bewegungsenergie)	➢ kostengünstig ➢ sehr geringe Leistungsdichte ➢ Verfügbarkeit nur bei Resonanzfrequenz ➢ hohe Spannung möglich ➢ ~ Strom
Strom Aus HF-Strahlung	Elektromagnetische Strahlung; Radiowellen	➢ kostengünstig ➢ geringe Leistungsdichte ➢ ständige Verfügbarkeit ➢ ~ Strom

4. Realistische Pläne

Ein vollständiges Harvesting System im aufzubauen ist sehr aufwändig, da hier viele Komponenten zusammenarbeiten müssen und in vielen Fällen ein speziell programmierten Mikroprozessor benötigt wird. Es ist aber möglich einen Teil eines Harvester Systems durch ein selbst gebautes Element zu ersetzen.

So könnte ich zum Beispiel versuchen einen Sender zu bauen, der von einem Piezo mit Strom versorgt wird und dann sendet. Dies ist dann ein Lichtschalter ohne Stromversorgung bei dem der Empfänger das Licht einschaltet. In einem weiteren Schritt könnte ich versuchen den passenden Empfänger zu bauen.

Eine weitere Idee ist die Notrufsäule die ihren Strombedarf über den Fahrtwind der vorbeifahrenden Autos deckt. Hier könnte ich versuchen mit einem Lautsprecher die Luftenergie in elektrische Energie umzuwandeln und über einen (selbstgebauten) Aufwärtswandler diese Energie zum Aufladen eines Handys zu verwenden. Dazu habe ich bereits Experimente gemacht. Eine Strömungssimulation soll Aufschluss darüber geben, heraus zu finden, welche Energiemengen ein verbeifahrender LKW liefert und ob es rentabel ist hiermit Harvester zu betreiben.

Ich habe mich für mein Projekt für ein Modell einer Notrufsäule mit verschiedenen „Harvestern" entschieden

5. Bisher durchgeführte Tätigkeiten

Während meiner Vorbereitung habe ich mich in das Thema Energy Harvesting eingelesen und in Experimenten Strom über Photovoltaik, Induktion, Thermoelement, Piezo und aus HF-Strahlung „geerntet". Ich habe einen Piezokristall aus einem Feuerzeug in ein Schaltgehäuse eingebaut, einen HF-Strahlungempfänger in Form eines Rundfunkradios sowie einen Aufwärtswandler nachgebaut und mit einem Temperatursensor und Funkschalter aus einem „Energy Harvesting" Baukasten (EnOcean Starter Kit) experimentiert. Um Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln habe ich einen Gleichrichter gebaut. Ich habe an beispielhaften Messungen verschiedene Energieumwandler vermessen um eine Übersicht über mögliche Energieausbeute dieser Wandler zu bekommen um für mein Projekt geeignete Komponenten auszuwählen.

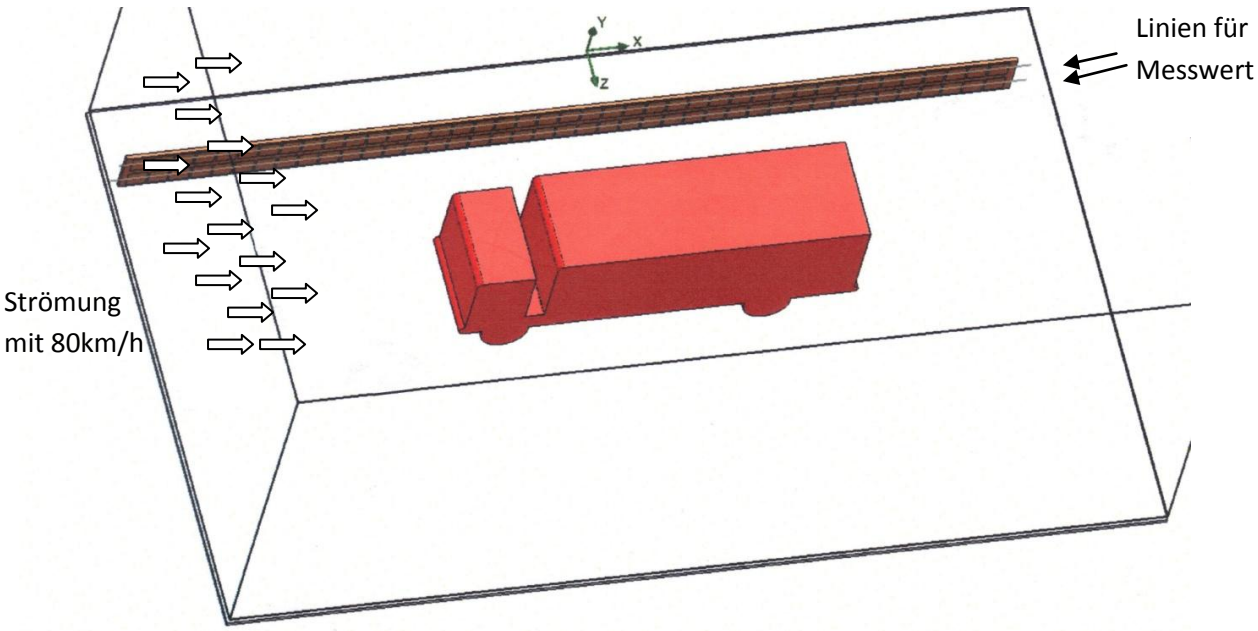
6.Strömungssimulation

Es wurde mir angeboten dass mir eine Strömungssimulation über die Strömungs- und Druckverhältnisse eines mit 80km/h auf der Autobahn fahrenden LKWs zur Verfügung gestellt wird.

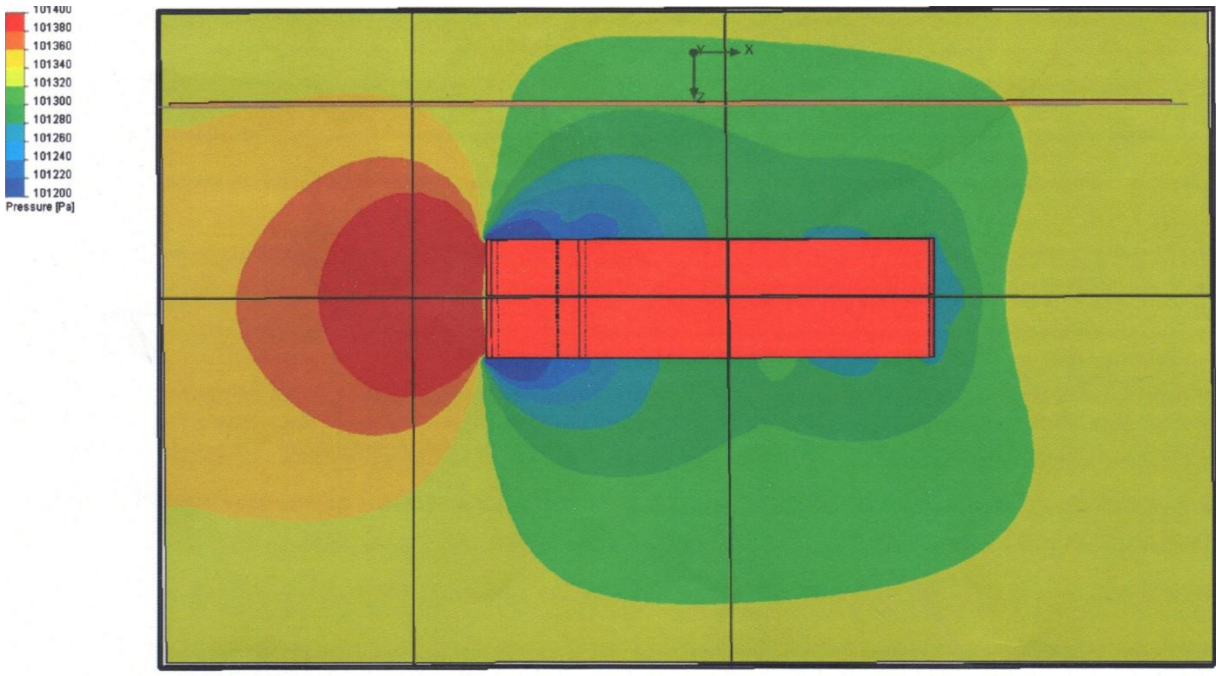
Es ist geplant, dass ich diese Simulation selbst durchführe. Hierzu werde ich in Solid Works (3D CAD Programm) das Modell der Simulationsumgebung erstellen und dann, unter Anleitung, die Strömungssimulation mit FlowWorks selbst durchführen und auswerten.

Die Simulation bietet die Möglichkeit die Druck- und Strömungsverhältnisse eines vorbeifahrenden LKW zu analysieren und ermöglicht eine Abschätzung der für die Energiegewinnung zur Verfügung stehenden Druck- und Strömungsenergie.

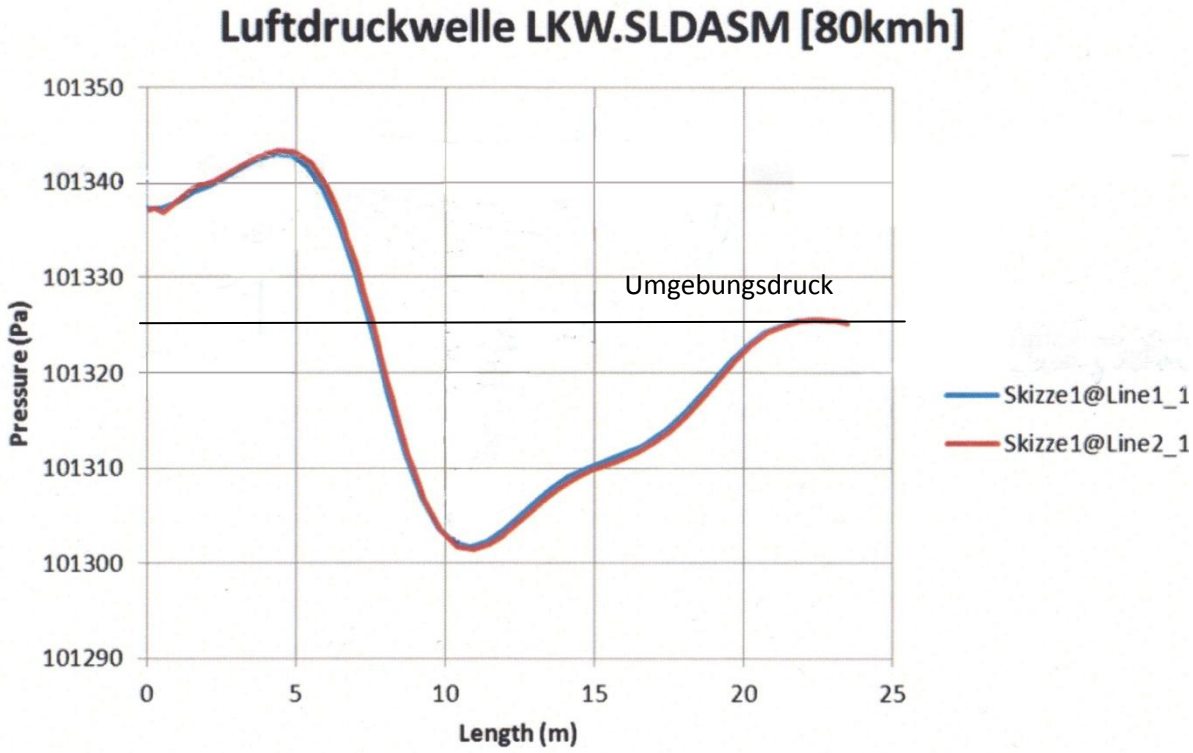
Da sich in dieser Software keine bewegten Teile simulieren lassen, wurde das Modell stehend aufgebaut und die Fahrgeschwindigkeit durch eine gleichmäßige Anströmung von vorne mit 80km/h nachgebildet. Dieser Aufbau erzeugt ähnliche Strömungsverhältnisse wie ein fahrendes Fahrzeug in ruhender Luft. Die auf dem Modellbild sichtbare „Leitplanke" ist in der Simulation ausgeschlossen, d.h. sie ist strömungstechnisch nicht vorhanden. Auf dieser Leitplanke sind zwei Linien erkennbar. Diese Linien sind für die Auswertung der Simulation notwendig. Entlang dieser Linien werden die Werte für die Excel Tabellen genommen.



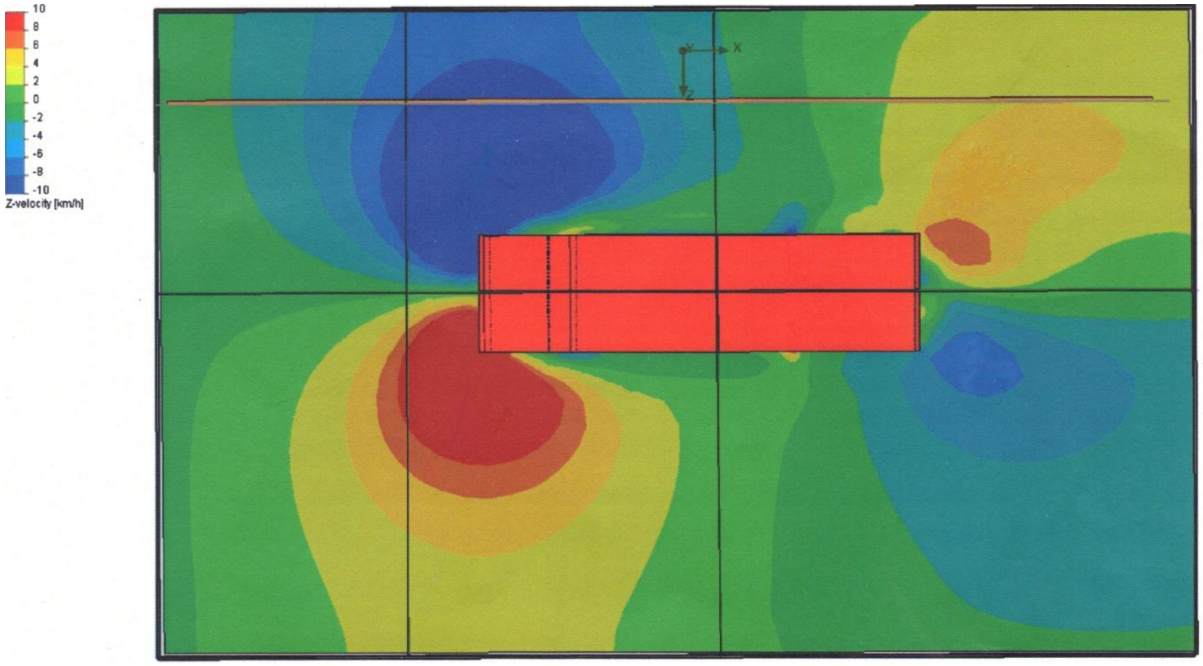
Ergebnisse:



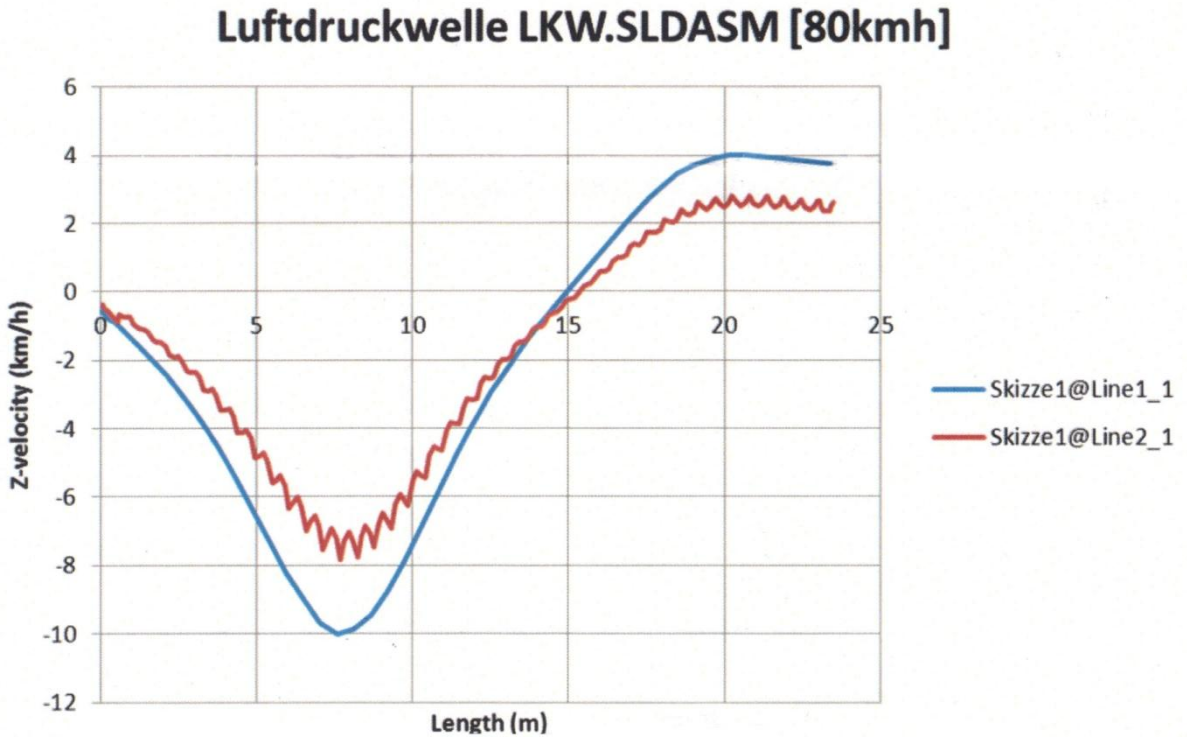
Dieses Bild zeigt die Druckverhältnisse um den LKW in Folge der Anströmung. Deutlich ist die Druckwelle erkennbar, die der LKW vor sich her schiebt (rot). Effektiver ist jedoch der lokale Unterdruck, der sich neben und hinter dem LKW ausbildet. Diese Druckunterschiede sollen eine Membran (Lautsprechermembran) zum Schwingen bringen und dadurch die Spule im Magnetfeld bewegen und dadurch Strom erzeugen. Es steht eine maximale Druckdifferenz von 40Pa zur Verfügung



Die zweite Auswertung zeigt die lotrecht zur „Leitplanke" auftretenden Geschwindigkeiten.



Hier ist die Strömungsgeschwindigkeit dargestellt, die in Richtung der Z-Achse des Koordinatensystems auftritt. Da die Strömungen von dem LKW zu beiden Seiten abströmen ist die Geschwindigkeit bezüglich der Z-Achse auf einer Seite positiv (gelb-rot) und auf der anderen Seite negativ (blau-grün)



Es entstehen Luftströmungen mit Geschwindigkeiten von 10km/h in der Bugwelle und 4km/h durch den Sog am Heck des LKW.

Die Geschwindigkeit von 80km/h entspricht 22,2m/s. Das heißt, dass die Strömungs- und Druckveränderungen in etwa 1,5 s vorbei sind.

Aus diesen Daten lässt sich abschätzen, wie viel Energie in der Druckwelle eines LKWs steckt.

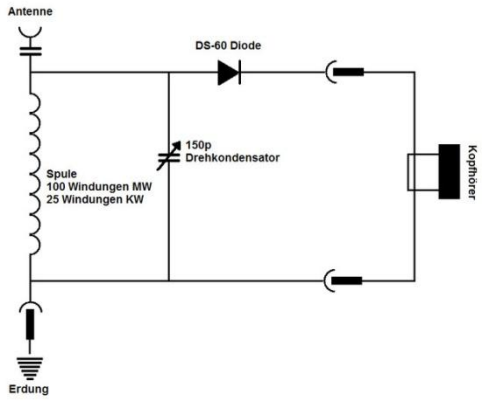
7. Versuche

Hier ist eine Liste der Experimente, die ich gemacht habe:

7.1 Radio

Das ist der Schaltplan für einen Schwingkreis. Ein Schwingkreis ist der Hauptbestandteil von jedem Radio. Der Schwingkreis filtert die Trägerfrequenz des Radiosenders raus. Übrig bleiben die Tonfrequenzen die vom Radiosender mit der Trägerfrequenz ausgesendet wurden. An diesen Schwingkreis muss man nur eine Soundkarte anschließen und kann ohne zusätzliche Stromquelle Radio hören.

Schaltplan:

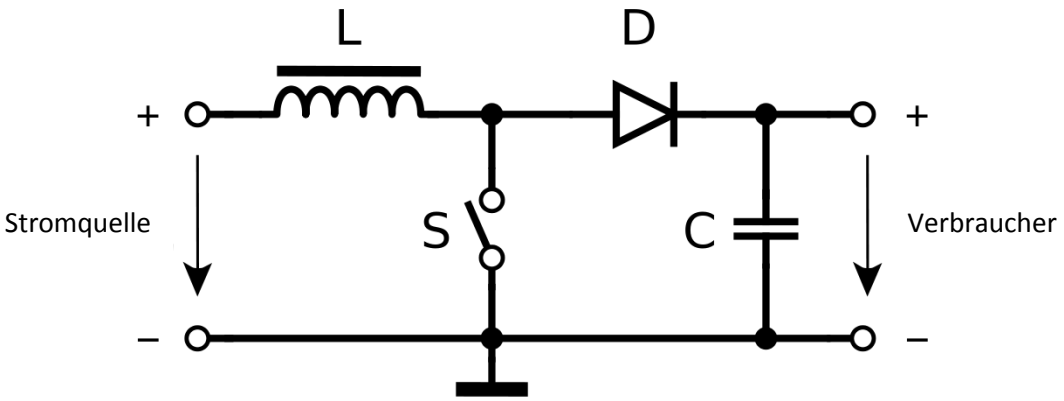


Quelle: heimwerker.de

7.2 Aufwärtswandler

Ein Aufwärtswandler setzt eine kleinere Spannung in eine größere um. Durch schließen des Schalters S steigt der Strom in der Spule L und damit die im Magnetfeld der Spule gespeicherte Energie. Wird der Schalter S geöffnet versucht die Spule den Stromfluss aufrechtzuerhalten dadurch induziert die Spule eine hohe Spannung. Ist diese Spannung höher als die Ladespannung des Kondensators schaltet die Diode durch und lädt den Kondensator weiter auf.

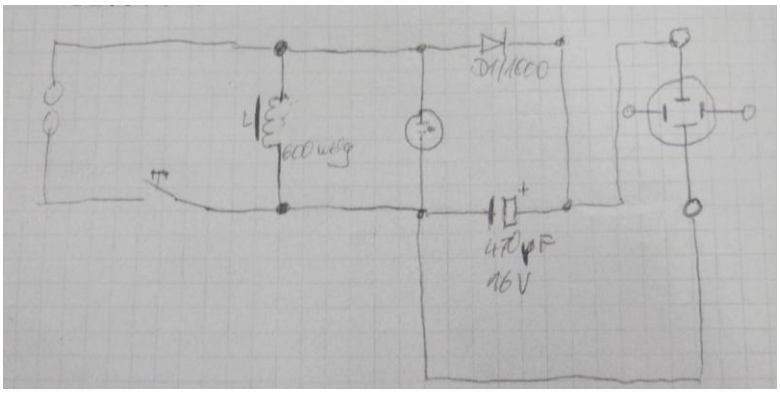
Schaltplan:



Quelle: Wikipedia

Meine Überarbeitung:

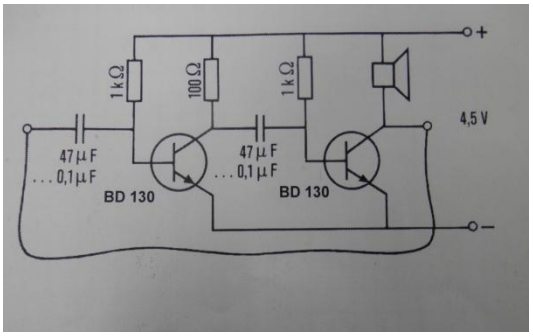
Angepasster Schaltplan für Messungen und zur Darstellung auf dem Oszilloskop.



7.3 Blinkschaltung

Die Blinkschaltung habe ich gebaut um beim Aufwärtswandler den Unterbrecherkontakt automatisch zu schalten.

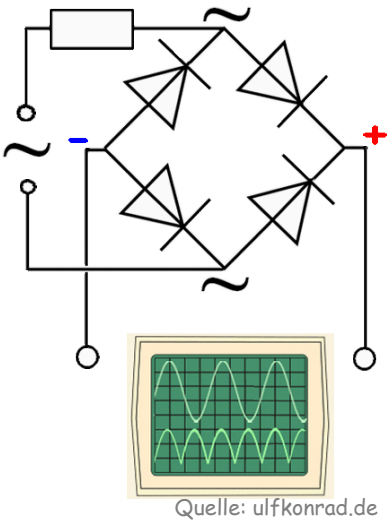
Schaltplan:



Quelle: R .Götz Physik Elektronik

7.4 Gleichrichter

Ein Gleichrichter wandelt Wechselstrom in Gleichstrom um. Dieser Gleichrichter ist sehr leicht zu bauen da er nur aus vier Dioden besteht. Die Schaltung klappt den negativen Anteil eines Wechselstromes in den positiven Bereich. Dadurch ist der entstehende Gleichstrom nicht konstant wie der einer Batterie, sondern pulsiert (ungeglätteter Gleichstrom).



Quelle: ulfkonrad.de

8. Bau der Notrufsäule

8.1 Versuche zur Notrufsäule

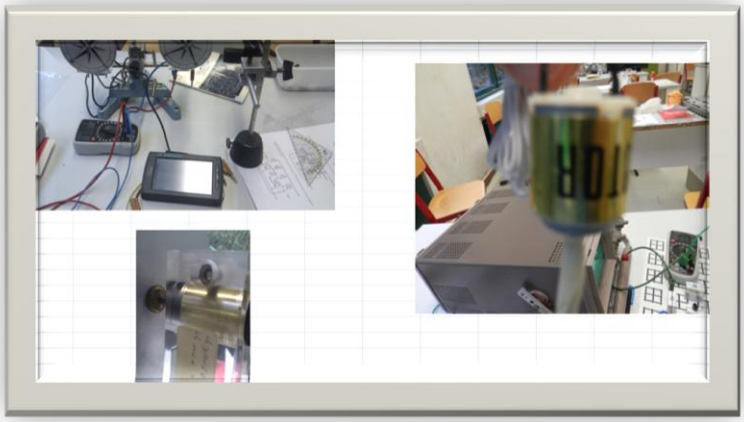
Dies sind die Messwerte von den Harvestern die ich selber für den Einbau in eine Notrufsäule untersucht habe und, bei vielversprechenden Ergebnissen, einbauen möchte:

Energiegewinnung	**Energiequellen**	**Randbedingungen**	**Eigenschaften des Wandlers**	**Drehzahlen [U/min]**	**Spannung [mV]**	**Stromstärke [mA]**	**Leistung [W]**
Solarzelle	Sonne	nur im Hellen	10x10cm|Glühbine 60W|5cm <->	---	550	800	0,44
Induktion (Membran)/ Lautsprecher	Druck-/Schallwellen	im Tunnel möglich (noch nicht getestet)		---			
Induktion (Windrad)	Druckwellen [LKW]	im Tunnel möglich	Generator "MAPHY" bei 154,6 Umdrehungen/min	154,6	17	300	0,0051
			Motor "SOLAR" bei 153 Umdrehungen/min	153	55	3	0,000165
			Motor "SOLAR" bei 173 Umdrehungen/min	173	70	15	0,00105
			Motor "SOLAR" 229 bei Umdrehungen/min	229	100	20	0,002
			Fahraddynamo bei 160 Umdrehungen/min	160	470	3	0,00141
			Fahraddynamo bei 222 Umdrehungen/min	222	850	15	0,01275
Thermoelement	Motor-/ Auspuffwärme	gehört nicht zum Thema -> Auto-abwärme	Heizplatte "MEDAX" 80°C|Kühler 20°C |2 Thermoelemente (4x4cm) in Reihe	---	460	155	0,0713
Piezo (unter Schwelle)	(Gewicht des Fahrzeuges beim überfahren)/ Schalter	(Straßen-belag muss verändert werden)/-	Piezo [Hersteller unbekannt] bei Druck mit dem Finger	---	150	0,0002	0,00000003
Induktions-schleife	Auto, das vorbeifährt	Straßenbelag muss verändert werden	21.000 Wdg.|Erdmagnetfeld	---	10	0,0004	0,000000004

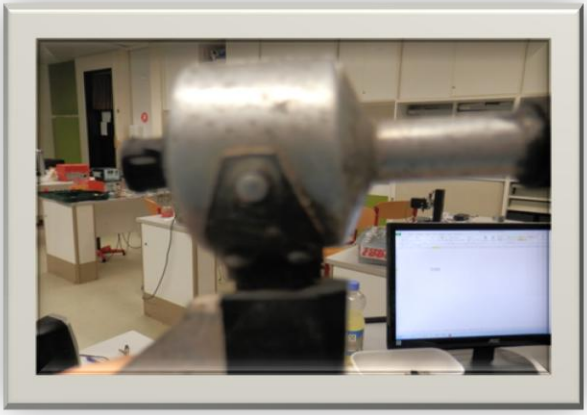
Hier sind die Fotos zu den Durchgeführten Experimenten:

Solarzelle:

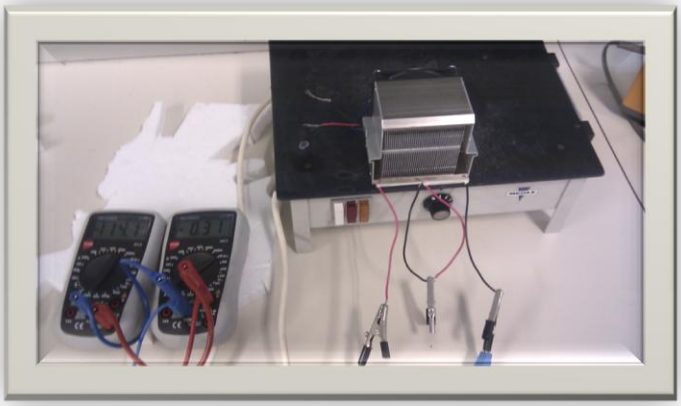
Generator:



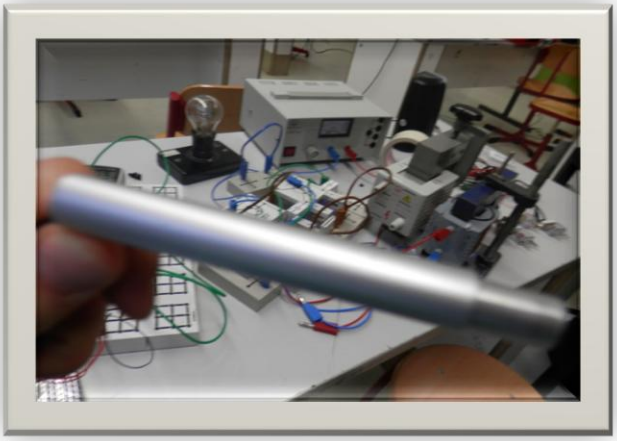
Fahrrad- Dynamo:



Thermoelement:

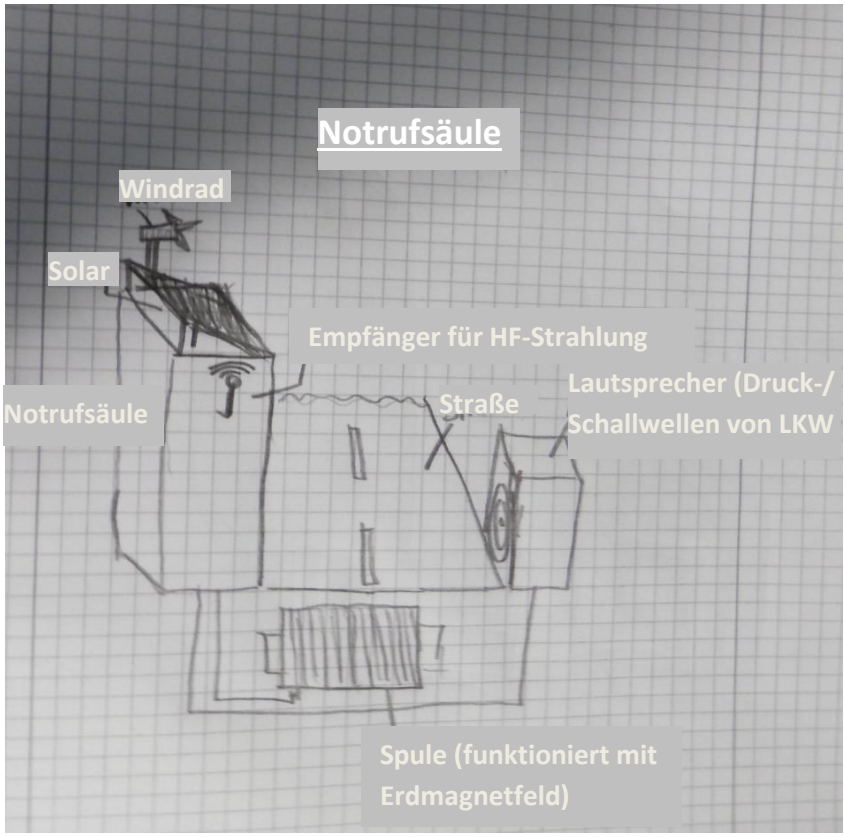


Piezo:



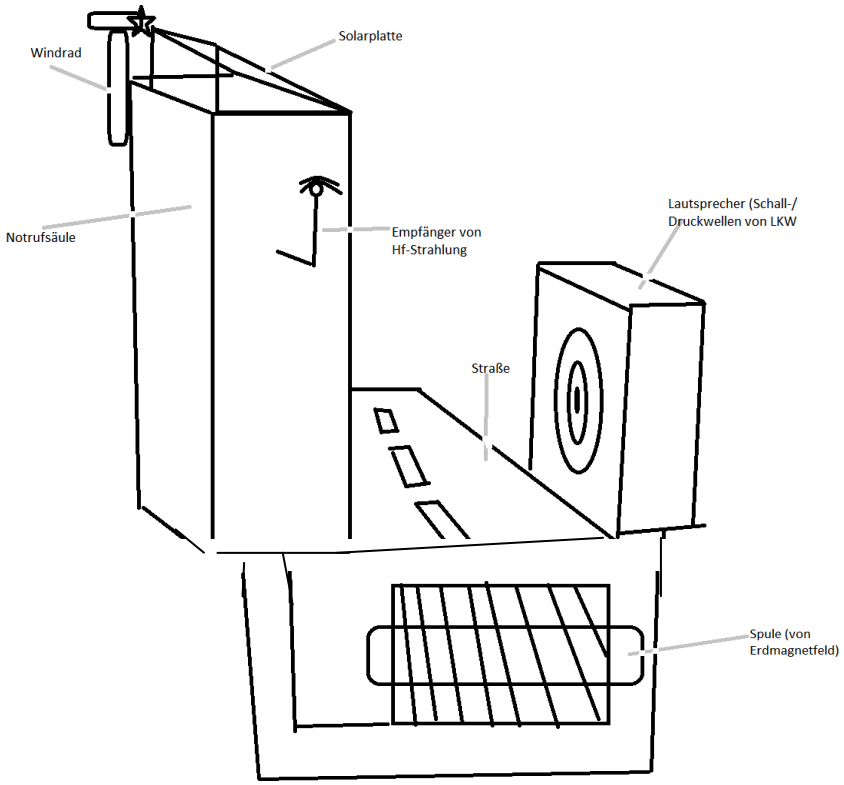
Induktionsschleife:

8.2 Die Planungen



Die erste Zeichnung

Ich möchte ein Modell einer Notrufsäule aus Karton bauen. Als Telefon soll ein herkömmliches Handy verwendet werden, dass über die Konfigurationsmöglichkeiten auf minimalen Energieverbrauch eingestellt wird. Der hierzu nötige Energiespeicher soll das Akku des Handys sein. Heutige Handys werden über die USB Schnittstelle geladen. Die hierzu spezifizierte Spannung liegt bei 4,65 V und 5,25 V allerdings ist ein Spannungsabfall bis auf 4,40 V am Ende eines USB-Kabels zulässig. Um Ladestrom zu erzeugen benötigt die Notrufsäule einem Aufwärtswandler (siehe → 7.2 Aufwärtswandler) und, je nach Stromquelle, einem Gleichrichter (siehe →7.4 Gleichrichter). Als Stromquellen möchte ich ein Windrad, eine Solarplatte und eine Membran mit Spule (ein Lautsprecher) verwenden. Obwohl sich in den Vorversuchen die Induktion in eine Spule durch ein vorbeifahrendes Fahrzeug als sehr leistungsschwach gezeigt hat möchte ich trotzdem eine Modellstraße bauen, unter der ich eine Spule stelle. Auf dieser Straße soll ein Modelauto mit aus Metall (oder: mit angeklebter Metallplatte) durch das Überfahren Strom induzieren.



Die Überarbeitete Version am PC

9. Ausblick

Im Rahmen meiner Untersuchungen haben sich weitere Anwendungen für Energy Harvesting ergeben, die ich gegebenenfalls in weiteren Projekten untersuchen möchte.

9.1 Autoabwärme

Ein anderes Projekt ist mithilfe von Thermoelementen aus der Abwärme vom Motor oder auch Auspuff eines Autos Energie zu gewinnen.

9.2 Haushalt

Dieses Projekt befasst sich damit, Energie Harvesting im Haushalt einzusetzen. Eine Möglichkeit ist es Funkschalter mit beispielsweise Piezos anzutreiben. Die Energie die ein Piezo erzeugt ist zwar zu schwach etwas anzutreiben, reicht aber aus ein Funksignal zu senden, das ein Empfänger verwerten kann.

10. Funktionen des „EnOcean Starter Kit"

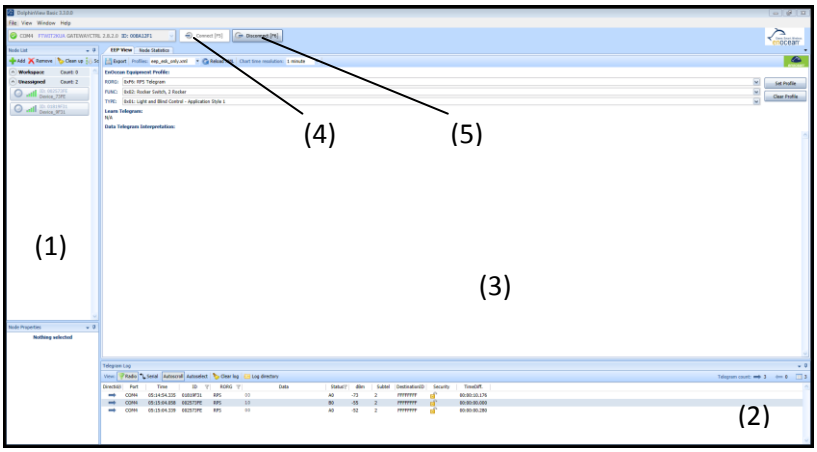
Das „EnOcean Starter Kit" ist ein Einführungs-Set ins Energy Harvesting. Ich habe dieses Kit verwendet um mich in das Thema einzuarbeiten.

Es enthält verschiedene Harvester, die ein Funksignal abgeben, das von einem beiliegenden USB-Empfänger empfangen wird. Mit der passenden Software (DolphinView Basic 3.3.0.0) kann dann das Signal ausgewertet werden.

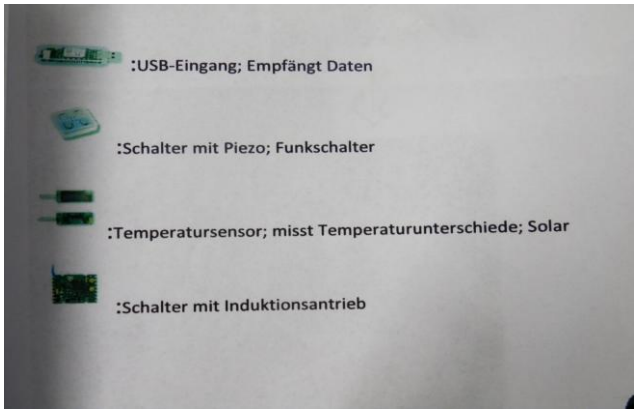
Unten: Seitenansicht von „DolphinView Basic 3.3.0.0"

Legende:

(1) Übersicht der verbundenen Harvester mit Signalstärke
(2) Eingegangene Daten mit Uhrzeit
(3) Informationen über die Harvester
(4) Verbinden
(5) Verbindungen Trennen



Übersicht der Enthaltenen Module mit Funktion:



Gehe zum Anfang