

Wie kann unter diesen vorgegebenen Bedingungen realisiert werden,
dass für den 2-stündigen Auftritt von „Metallic Tuna“ genug elektrische
Energie erzeugt wird?

PlaNeT SimTech Wettbewerb

Team ID: 6892

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	2
3. Einleitung.....	3
4. Hauptteil.....	4
5. Schlussfolgerung.....	7
6. Quellen	7
7. Anhang.....	9

1. Zusammenfassung

Auf dem Tempelhofer Feld in Berlin soll ein Musikfestival stattfinden. Die Band „Metallic Tuna“ soll zwei Stunden lang abends auftreten. Da die Band eine möglichst klimaneutrale Energieerzeugung wünscht, musste eine kreative Lösung gesucht werden. So soll auf der nahegelegenen, stark befahrenen Stadtautobahn A100 auf 50 Metern Länge Pavegen-Platten verlegt werden, die durch die kinetische Energie der darüberfahrenden Fahrzeuge 3387kwh elektrische Energie für den Betrieb der aufwändigen Bühnenshow erzeugen. Dadurch fallen die Mehrkosten mit 9,33€, trotz klimaneutraler Energieerzeugung, für den einzelnen Festivalbesucher relativ gering aus. (gerechnet wird mit circa 45.000 Besuchern)

3. Einleitung

Unsere Erde erwärmt sich immer weiter, was Auswirkungen auf sämtliche Weltregionen hat. Etwa der steigende Meeresspiegel oder die Zunahme von Starkniederschlägen sind Folgen des Klimawandels. Deshalb ist es eine Notwendigkeit, dass in Zukunft etwas gegen diese Erwärmung unternommen wird. So muss auch darauf geachtet werden, dass Festivals möglichst umweltfreundlich stattfinden. Es stellt sich deshalb die Frage, wie für den zweistündigen Auftritt der Band „Metallic Tuna“ möglichst klimaneutral genug elektrische Energie erzeugt werden kann.

Hierfür bietet sich beispielsweise die an dem ehemaligen Gelände des Tempelhofer Flughafens angrenzende Autobahn an. Wer in Berlin vom Bezirk Mitte zum Bezirk Neukölln fahren möchte, kann die Berliner Stadtautobahn A100 nutzen. Auf dieser fahren ca. 130.000 Fahrzeuge pro Tag / 5416 pro Stunde. Beim Autofahren erzeugen die Räder viel kinetische Energie in Form von Reibung. Die so erzeugte Reibungsenergie kann mithilfe von Strom erzeugenden Platten des Start-Ups Pavegen, in elektrische Energie umgewandelt werden. **Der so produzierte Strom könnte einerseits langfristig in das regionale Stromnetz eingespeist werden** oder als regionale, umweltfreundliche Energiequelle für das Konzert auf dem nahegelegenen Gelände des alten Tempelhofer Flughafens genutzt werden.

Der Vorteil in der nahegelegenen Produktion des Stroms in der Autobahn, ist der relativ kurze Kabelweg von circa einem Kilometer und der damit verbundene geringe Übertragungsverlust und der dementsprechend hohe Wirkungsgrad.

4. Hauptteil

Material und Methoden:

Um das Projekt realisieren zu können, haben wir uns entschieden Platten zu verwenden die durch Reibung Strom erzeugen, dadurch wird kinetische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Solche Platten wurden von dem englischen Start-Up Pavegen entwickelt und wurden zum Beispiel auch beim Schneider Marathon in Paris verwendet. Die Platten bestehen aus recyceltem Material und sind lange haltbar.

Wir sind davon ausgegangen, dass eine Heavy-Metall Band während eines zweistündigen Auftritts circa 2500 kW Strom benötigt. Diese ergeben sich aus dem durchschnittlichen Verbrauch bei Festivals/Konzerten von 1000 KWh sowie der Annahme, dass die aufwendige Bühnenbeleuchtung weitere 500 kW verbraucht.

Des Weiteren haben wir angenommen, dass das Festival von circa 45000 Menschen besucht wird. Nach der Coronapandemie wäre dies ein gelungener Start, um wieder mit Festivals zu starten. Zudem haben wir auf unserer Angenommenen Festivals Fläche von 221.675m^2 mit einem möglichen Einzuhaltenden Mindestabstand von 1,5m gerechnet, wodurch Paare, Freunde, etc. ausgenommen wären und wir somit im Durchschnitt mit 1,1m Abstand gerechnet haben. Dadurch ergibt sich eine maximale Besucherzahl von 45240.

Um Kosten zu sparen, haben wir uns entschieden, nicht das Areal des alten Tempelhof Flughafens mit den Stromerzeugenden Pavegen-Platten auszustatten, sondern auf der direkt anliegenden Berliner Stadtautobahn A100, der meistbefahrenen Autobahn Deutschlands, die Platten anzubringen. Auf einer Strecke, die 100m umfasst, wollen wir auf jeder Fahrspur zwei Reifendicke Streifen mit den stromerzeugenden Platten bedecken. Somit müsste bei einer Plattengröße von $0,45\text{m} \times 0,6\text{m}$ nur eine Fläche von 541m^2 abgedeckt werden.

$$0,45\text{m} \times 0,6\text{m} = 0,27\text{m}^2$$

Für 50m Länge benötigt man bei einer Plattenlänge von 60cm 84 solcher Platten.

Die Autobahn ist an dieser Stelle 6-Spurig, somit benötigt man 12 Platten.

$$(84 \times 0,27\text{m}^2) \times 12 = 272,2\text{m}^2$$

Die Platten kosten bei der Verlegung pro Quadratmeter 1552€, somit Beträge der Preis für $272,2\text{m}^2$: $1552\text{€} \times 272,2\text{m}^2 = 422.392\text{€}$.

Da es auch möglich wäre, die Fläche des Rollfeldes mit dem Platten auszustatten, haben wir auch hier die anfallenden Kosten ausgerechnet. Bei einer Fläche für die Festivalteilnehmer von 221.675m^2 würde eine komplette Auslegung der Platten: $221.675\text{m}^2 \times 1552\text{€} = 346.256.350\text{€}$ kosten. Dies wäre um mehr als das Achthundertfache teurer als die Auslegung der Platten auf die Autobahn.

Auf der Autobahn fahren pro Stunde 5334 Autos, was über die Dauer des Konzertes von 2 Stunden 10668 Autos entspricht.

Eine Platte kann durch die Reibung einer Berührung 7 Watt Strom erzeugen. Was pro Fahrbahn 317,5 W pro Auto entspricht.

$$272,2\text{m}^2 : 6 = 45,36\text{m}^2 \times 7\text{W} = 317,5\text{W}$$

$$317,5\text{W} \times 10668 = 3.387.090\text{W}$$

Bei 10668 Autos in den 2 Stunden werden so durch die Reibung 3.387.090W also 3.387,09 kW produziert.

Das Festival „Rock im Park“ verbraucht heruntergerechnet auf die Dauer des Konzertes von Metallic Tuna 2424,24 kW.

$120.000\text{kW} : 33\text{h} = 3636,36\text{kWh}$ (für 3 Bühnen) : 3 = 1212,12kWh * 2h = 2424,24kW

Durch die Annahme, dass die Bühnenshow von Metallic Tuna deutlich aufwendiger ist, rechnen wir mit einem Bedarf von 2.700 kW.

Die 2.700kW können mit einem Sicherheitspuffer von 687kW durch die Reibung der Autoreifen auf die Straße erzeugt werden.

Die entstandenen Materialkosten von 422.392€ verteilen sich auf die maximale Besucherzahl von 45240 auf 9,33€.

$422.392\text{€} : 45240 = 9,33\text{€}$

Bühnenaufbau

Das Ziel ist es, den Zuschauern ein einmaliges Konzert-Erlebnis zu bieten, das in guter Erinnerung bleibt. Dazu wollen wir sicherstellen, dass jeder das Gefühl hat, in der ersten Reihe zu stehen. Dazu wollen wir uns die geographischen Gegebenheiten des Geländes zunutze machen. Wie in Abbildung xy zu sehen ist, gibt es einen Steigungsunterschied auf dem Tempelhofer Feld.



Abbildung xy: Steigung auf dem Gelände des alten Tempelhof-Flughafens

Wenn die Bühne südöstlich positioniert wird (vgl. xy2), so sind die Zuschauerplätze höher positioniert, je weiter sie von der Bühne entfernt sind. Dieser Höhenunterschied kann außerdem noch durch eine Tribüne verstärkt werden. So können die Zuschauer in den hinteren Reihen über die Köpfe der Zuschauer in den vorderen Reihen sehen.



Abbildung xy2: Position der Bühne

Diskussion

Die Erzeugung von Strom mithilfe Pavegen Platten ist eine Möglichkeit, auf umweltfreundliche Art und Weise Strom zu erzeugen. Eine andere Möglichkeit, umweltfreundlich, vor Ort Strom zu produzieren, wäre zum Beispiel über Fahrrad Dynamos. Hierbei müssten die Zuschauer des Festivals während dem Festival die ganze Zeit Radfahren, was wiederum den Genuss der Musik einschränken würde, da man nicht die Möglichkeit hätte, wie das bei Festivals üblich ist, mitzusingen und auf und ab zu hüpfen.

Alternativ haben wir überlegt, den benötigten Strom durch den Aufbau einer Windkraft-Anlage zu produzieren. Hierbei ergeben sich allerdings folgende Nachteile: zum einen wäre der Aufbau von Windkraftanlagen teurer gewesen, als die Verwendung der Pavegen Platten, zum anderen beeinträchtigen sie das Stadtbild mehr auf negative Art.

Wir haben uns also für die Pavegen-Platten entschieden, da diese uns als innovative, zukunftsorientierte Lösung erschienen, welche auch schon in der Praxis verwendet wurden

Allerdings muss auch beachtet werden, dass Sonderanfertigungen der Pavegen-Platten mit leistungsstärkeren Stoßdämpfern und dickerer Hartgummischicht so noch nicht existieren und deshalb noch keine praktischen Testergebnisse bezüglich der Funktionstüchtigkeit und Haltbarkeit vorliegen.

Des Weiteren werden auch durch den Einbau der Platten in der Straßenbelag Mehrkosten verursacht. Wir haben diese allerdings nicht miteinberechnet, um den Aufpreis der Eintrittsgebühren festzustellen, da wir davon ausgegangen sind, dass sich auch die Stadt Berlin das Projekt unterstützt. Dies erschien uns plausibel, da auch die Stadt Berlin langfristig einen Nutzen an dem Projekt hätte, da der von den Autos produzierte Strom in das regionale Stromnetz eingespeist werden könnte. Pro Tag würden, wenn man davon ausgeht, dass ca. 128000 Autos pro Tag über die A100 fahren, ca. $3387\text{kW}/2 \text{ Stunden} \cdot 128000 \text{ Autos} = 40644\text{kW}$ produziert werden.

Die oben genannten Mehrkosten von 9,33€ pro Ticket würden, wenn das Projekt tatsächlich realisiert werden sollte vermutlich geringer ausfallen, da davon ausgegangen werden kann, dass das Land Berlin und weitere Sponsoren sich beteiligen. Es ist allerdings schwer, hierfür Werte anzunehmen.

5. Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann man sagen, dass für einen zweitsündigen Auftritt der Band „Metallic Tuna“ Stromplatten auf der Stadtautobahn A100 verlegt werden können. Die kinetische Energie, die durch die Reibungsenergie der Autos erzeugt wird, kann so in elektrische Energie umgewandelt werden. So kann möglichst klimaneutral Strom für das Konzert erzeugt werden. Zudem hat das Einbauen der Platten auf der Autobahn den Vorteil, dass dort immer Strom in ungefähr gleichen Mengen erzeugt wird, da dort, auch wenn kein Festival stattfindet, Verkehr herrscht. Außerdem steigt der Ticketpreis für den einzelnen Festivalbesucher, trotz klimaneutraler Energiegewinnung um lediglich 9,33€.

Außerdem könnte der so produzierte Strom auch langfristig in das regionale Stromnetz eingespeist werden. Somit hätte das Projekt auch einen dauerhaften nachhaltigen Nutzen und die Kosten würden sich so wieder kompensieren.

Um den Zuschauern während des Konzerts eine möglichst gute Sicht zu ermöglichen, kann die Steigung des ehemaligen Flugplatzes genutzt werden. Wenn die Bühne südöstlich positioniert wird (vgl. Abbildung xy), sind die Zuschauerplätze höher positioniert, je weiter sie von der Bühne entfernt sind. Außerdem kann dieser Höhenunterschied auch noch durch Tribünen verstärkt werden.

Um die Ergebnisse noch weiter zu verbessern, könnte man in der Zukunft noch die optimale Auslegung der Platten bestimmen, damit trotz eines Einzug haltenden Sicherheitsabstandes zwischen den Verkehrsteilnehmern genügend Strom erzeugt werden kann.

6. Quellen

<https://de-de.topographic-map.com/maps/649q/Deutschland/>

https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Aktuell/zaehl_aktuell_node.html

<https://www.entega.de/solarstrom/solarspeicher-batterie-tarifrechner/>

https://www.google.com/search?q=chf+in+euro&safe=active&ei=kH7EYNayIli9lwSVyato&oq=chf+in+euro&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyDAgAELEDEEMQRhCCAjICCAAyBAGAEEMyAggAMgIIADICCAAyAggAMgIIADICCAAyAggAOgsILhCxAXDHARCjAjoFCAAQsQM6CAgAELEDEIMBOgIIJoHCAAQsQM6Q1CifliuIAFg55cBaABwAngAgAFeiAH4BpIBAjEymAEAoAEbqgEHZ3dzLXdpesABAQ&sclient=gws-wiz&ved=0ahUKEwjWuuOh5JHxAhWI3oUKHZXkCg0Q4dUDCA0&uact=5

<https://www.maschinenmarkt.ch/strom-per-fusstritt-a-539411/>

<https://www.stern.de/kultur/musik/open-air-festivals-wenn-die-musik-im-muell-versinkt-3272470.html>

[Pop-Musik - Wie Bands ihre Klimabilanz verbessern wollen \(deutschlandfunkkultur.de\)](#)

[Flughafen Tempelhof: Das Wichtigste im Überblick \(thf-berlin.de\)](#)

<https://www.scinexx.de/news/technik/nachhaltiger-strom-aus-fusstritten>

<https://gruen-berlin.de/projekte/parks/tempelhofer-feld/ueber-den-park>

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/fussgaenger-koennen-schritt-strom-daten-erzeugen/>

https://www.deutschlandfunk.de/strom-aus-dem-fussboden-wenn-jeder-schritt-energie-erzeugt.697.de.html?dram:article_id=411122

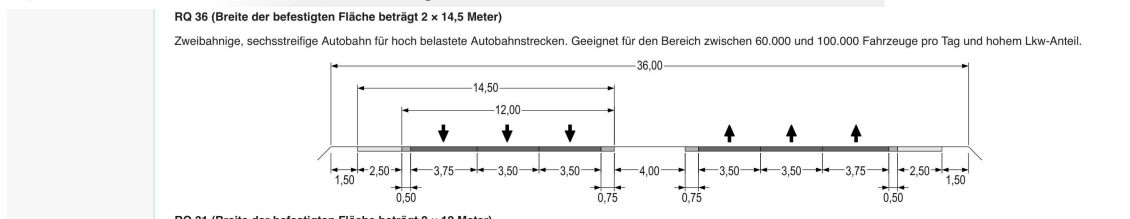
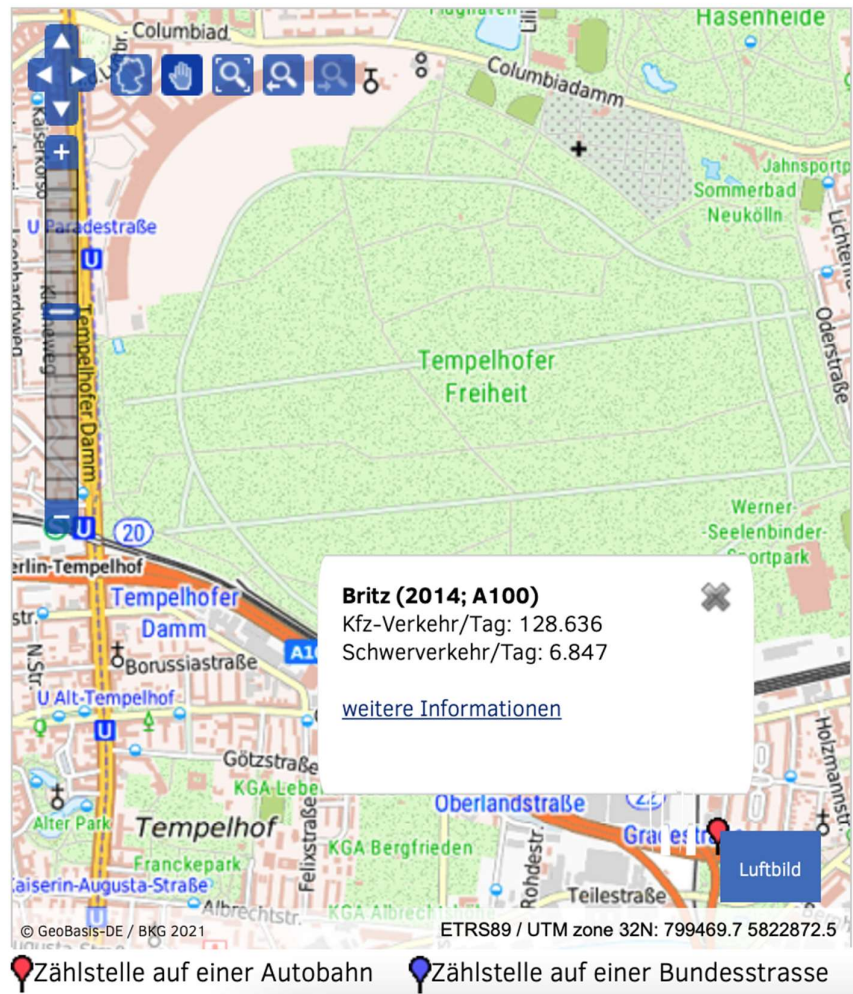
<https://www.maschinenmarkt.ch/strom-per-fusstritt-a-539411/>

<https://pavegen.com/brand-activation/>

<https://blog.rheinenergie.com/index.php/detailseite-themaaktuell/pavegen-smarte-platten-erzeugen-strom.html>

<https://www.scinexx.de/news/technik/nachhaltiger-strom-aus-fusstritten/>

7. Anhang



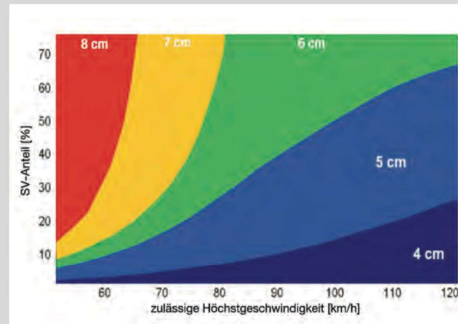


Bild 3: Bestimmung der akustisch wirksamen Schichtdicke in Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und dem Schwerverkehrsanteil (H 50)

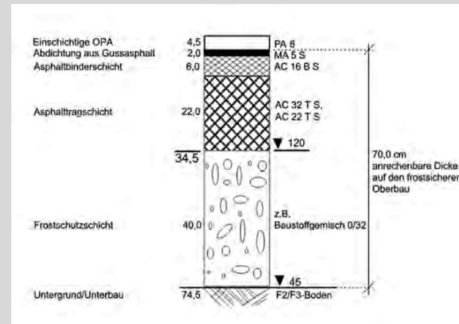


Bild 4: Beispiel für die Ausführung bei einschichtiger Bauweise mit dichter Unterlage aus Gussasphalt in der Belastungsklasse Bk100, Einbaudicken (in cm) und EV2 (in MPa) [1]

Reifenbreite

Die Reifenbreite wird grundsätzlich in Millimetern (hier: 225 mm) angegeben. Bei Pkw-Reifen reichen die Querschnittsbreiten von nominell 125 mm bis ca. 335 mm. Die Breiten steigen in 10-mm-Schritten.

Die tatsächliche Reifenbreite kann von den nominellen Angaben geringfügig abweichen. Außerdem ist sie natürlich abhängig von der Breite der Felge, auf der der Reifen montiert ist.

Die Normung der Reifen erlaubt es, die meisten Reifen auf Felgen verschiedener Breiten zu montieren. Allerdings kann es sein, dass auf bestimmten Fahrzeugen nur Reifen in Kombination mit bestimmten Felgen zulässig sind. Auch der Einsatz von Schneeketten kann an bestimmte Reifen- und Felgenbreiten gebunden sein. Zu beachten sind hierzu die Hinweise in den Fahrzeugpapieren und in der Bedienungsanleitung des Fahrzeugs.