

Team 0616, 12.06.2021

# PlaNeT SimTech

Nachdem durch die Corona-Pandemie sowohl in 2020 als auch in 2021 alle Musik-Festivals abgesagt wurden, soll es in 2022 ein großes Open-Air-Festival "Deich-Splish-Rock am Tempelhofer Park" auf dem Gelände des alten Tempelhof-Flughafens in Berlin geben. Es sollen natürlich möglichst viele Personen an dem Festival teilnehmen können, so dass das ganze Flugfeld für Bühne und Zuschauer zur Verfügung gestellt wird. Jeder Besuchende soll nach der langen Festival-Pause sehr gute Sicht und Ton-qualität und natürlich das Gefühl haben, in der ersten Reihe zu stehen. Am letzten Abend tritt die finnische Heavy-Metal-Band „Metallic Tuna“ auf, die für ihre aufwändige Bühnenshow berühmt ist. Diese Band besteht jedoch darauf, dass ihr Auftritt möglichst klimaneutral und mit „vor-Ort“ erzeugter elektrischer Energie stattfinden soll – bei möglichst geringem Aufpreis pro Eintrittskarte. Wie kann unter diesen Bedingungen realisiert werden, dass für den 2-stündigen Auftritt von „Metallic Tuna“ genug elektrische Energie erzeugt wird?

**Inhalt**

1	Zusammenfassung.....	1
2	Einleitung.....	1
3	Allgemeines zum Festival / Rahmenbedingungen .....	1
3.1	Wie viele Besucher und Besucherinnen können teilnehmen? .....	2
4	Energiebedarf .....	3
5	Umweltfreundliche .....	4
6	Energiegewinnung.....	4
6.1	Photovoltaik .....	4
6.2	Windenergie .....	5
7	Speichern der Energie Vehicle to Grid (V2G) .....	5
8	Bühnenerlebnis .....	6
8.1	Visuelles Erlebnis .....	7
9	Sound .....	8
10	Schlussfolgerung.....	9
11	Literaturverzeichnis .....	10

## 1 Zusammenfassung

In unserer Arbeit stellen wir einen Weg vor, wie es möglich ist, auf dem Gelände des alten Tempelhof-Flughafens in Berlin ein Open-Air-Festival zu veranstalten, bei dem der letzte Auftritt klimaneutral ist. Dazu wird über die Dauer des Festivals mit einer Photovoltaikanlage Strom gewonnen werden und in den Batterien von Elektroautos gespeichert.

Das Festivalerlebnis wird durch Tribünen und eine von allen Seiten einsehbare Bühne optimiert, so haben die 300 000 Besucher des letzten Konzertes eine gute Sicht und auch für einen guten Klang ist gesorgt, dafür wird auch der Wind genutzt.

## 2 Einleitung

Aufgrund der Corona-Pandemie war es lange Zeit nicht möglich Festivals zu veranstalten. 2022 aber soll es ein großes Open-Air-Festival, das „Deich-Splish-Rock am Tempelhofer Park“ auf dem Gelände des alten Tempelhof-Flughafens in Berlin geben. Allen Zuschauern soll sowohl visuell als auch auditiv das Gefühl gegeben werden, in der ersten Reihe zu stehen. Die Band „Metallic Tuna“ möchte außerdem am letzten Abend eine möglichst klimaneutrale, aber dennoch extravagante Bühnenshow veranstalten.

In dieser Arbeit möchten wir für diese Problemstellungen adäquate Lösungsansätze vorstellen.

## 3 Allgemeines zum Festival / Rahmenbedingungen

Zunächst stellt sich auch die Frage, wie lange das Festival dauern soll. Die häufigste Dauer eines Festivals beträgt drei Tage (Lutz, 2017). Daher soll auch das große Open-Air-Festival „Deich-Splish-Rock am Tempelhofer Park“ drei Tage dauern.

Es steht für das Festival das Gelände des alten Tempelhof-Parks zur Verfügung. Dieses erstreckt sich über eine Fläche von 355 ha. Das Tempelhofer Feld nimmt eine Fläche von 300 ha ein. Die restlichen 55 ha bestehen aus dem Flughafengebäude und seinem betonierten Vorfeld (Heim-Wenzler).

Von der Gesamtfläche des Gebiets ist nicht alles nutzbar: eingezäunte Bereiche wie Hundewiesen oder Gärten können nicht für das Festival als Campingplätze genutzt werden. Die tatsächlich nutzbare Fläche beträgt ungefähr  $2,7 \text{ km}^2$ .

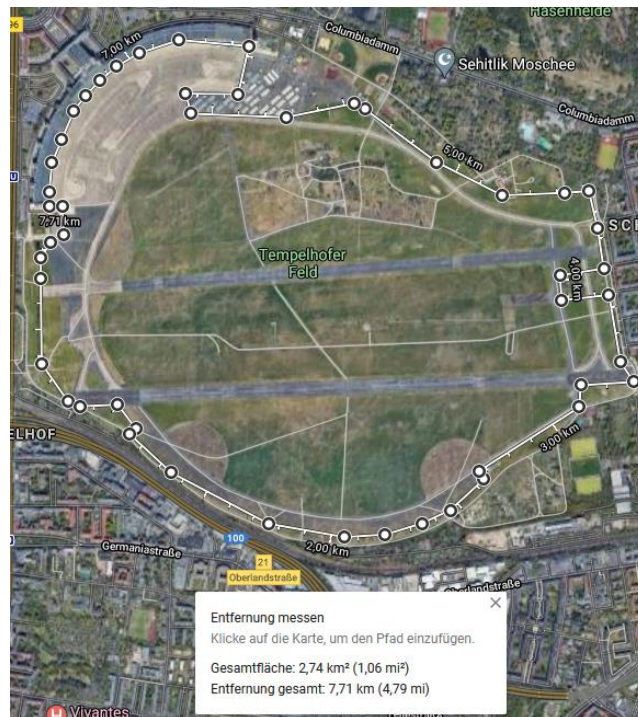


Abbildung 1. Lageplan. (Darstellung nach <https://goo.gl/maps/uEhenj7ktMRxNEG27> bzw. [google.com/maps](https://www.google.com/maps))

Die relativ zentrale Lage des Festival-Bereichs in Berlin ermöglicht die Anfahrt mit dem ÖPNV. Die Anreise ist auch ein Aspekt, der bei der Klimaneutralität beachtet werden sollte. Der Leitfaden für Open-Air-Festivals (Bundesamt für Naturschutz) empfiehlt Sonderkonditionen mit dem bestehenden ÖPNV zu vereinbaren, um auch die Anreise klimafreundlicher zu gestalten. Das wirkt sich nicht nur auf die Umwelt gut aus, sondern auch hat auch finanzielle Vorteile, so kann Platz im Bereich der Parkplätze eingespart werden.

Neben den Parkplätzen werden auch ein Campingbereich, Sanitärbereiche, eine Bühne mit Zuschauerbereich und sonstige Bereiche benötigt. Zu den sonstigen Bereichen kann man zum Beispiel einen Backstage-Bereich und Lagerbereiche zählen.

### 3.1 Wie viele Besucher und Besucherinnen können teilnehmen?

Als Ausgangspunkt für diese Frage nehmen wir die Gesamtfläche von 2,7 Quadratkilometern. Zwei Drittel der Fläche sollen für Camping, medizinische Versorgung und Sanitärbereiche genutzt werden:  $2,7\text{km}^2 \cdot \frac{2}{3} = 1,8\text{km}^2$

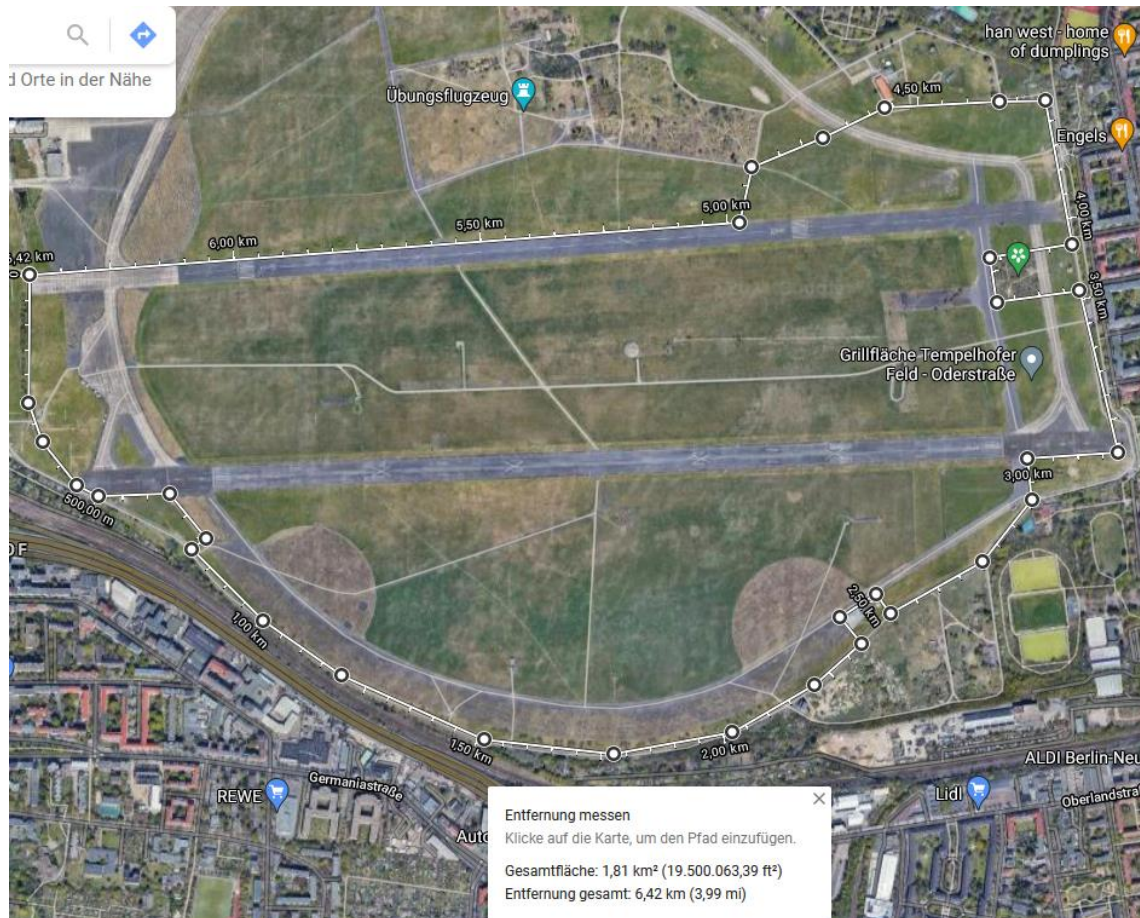


Abbildung 2. Bereich der Besucher und Besucherinnen inklusive Versorgung und Sanitärbereiche. Abgerufen unter <https://www.google.de/maps/@52.4709173,13.4062274,1919m/data=!3m1!1e3!5m1!1e4>.

Jeder Person sollen  $7,1\text{m}^2$  zustehen. Die  $7,1\text{m}^2$  enthalten neben dem Platz für ein Zelt (ca.  $5,5\text{m}^2$ ) auch Anteile an den Sanitärbereichen und den anderen sonstigen Bereichen.

$$1,8\text{km}^2 \div 7,1\text{m}^2 \approx 250.000$$

Wir gehen davon aus, dass 300 000 Personen bei der Show der Band „Metallic Tuna“ zusehen, da auch Personen, die nicht im Festivalbereich übernachteten teilnehmen können.

#### 4 Energiebedarf

Benötigt werden für den Auftritt der finnischen Heavy-Metal-Band etwa 4MWh. Diese Zahl ergibt sich aus den Daten zum der Bühne „Volcano Stage“ des Rock am Ring Festivals (Bley, 2015). Die Bühne der Band, auf der die Band „Metallic Tuna“ auftreten soll, soll nämlich viermal der „Volcano Stage“ entsprechen.

## 5 Umweltfreundliche

Für die Pyrotechnik empfehlen wir, auf die Pyrotechnik von Pyrotechnix zurückzugreifen. Denn diese Firma hat es geschafft, die bei dem Abbrand entstehenden Gase und Schadstoffe zu binden, so dass diese nicht in das Grundwasser und die Luft kommen (Pyrotechnix 20.01.2021).

<https://www.pyrotechnix.de/umweltfreundliches-feuerwerk/>

## 6 Energiegewinnung

Für die Energiegewinnung für die Show der Band „Metallic Tuna“ werden schon die vorherigen Festivaltage genutzt. Der Auftritt soll klimaneutral sein, das bedeutet, dass „die Menge an klimaschädlichen Gasen in der Atmosphäre nicht erhöht wird“ (Deutsche Umwelthilfe, 2018).

### 6.1 Photovoltaik

Die große Fläche des Areals kann zum Teil für die Energiegewinnung genutzt werden. Im Juni kann man in Norddeutschland zum Beispiel mit 125 kWh rechnen (Madel).

Zum Sammeln der für die Bühnenshow benötigten Energie sind Photovoltaikpaneele aufgrund der großen Menge an Sonne im Juni, sowie der einfachen Installation und Unterbringung, zum Beispiel auf Zeltdächern, der Bühne oder einfach dem Boden ideal.

Da das Festival schon einige Tage vor Beginn aufgebaut wird, kann auch schon früher mit dem Sammeln der Sonnenenergie begonnen werden. Wir werden im Folgenden mit 5 Tagen rechnen:

Benötigte Energie = 4-5MWh

Photovoltaikanlage gibt im Juni pro kWp (KiloWattpeak) ca. 125kWh → 5Tage bringen knapp 21kWh pro kWp → ca. 192-240 kWp nötig

Beispielzelle 1: <https://solar-pac.de/solar-pac-9000-schraegdach-sma?curr=EUR>

9 kWp für 24 Zellen → 512 – 640 Zellen benötigt

512-640 Zellen benötigen bei einer Fläche pro Zelle von ca. 1,8m<sup>2</sup> also 922-1152m<sup>2</sup> und kosten bei einem Neupreis von 7000€ pro 24 Zellen ca. 150000 – 186000€

Beispielzelle 2: <https://www.photovoltaik-shop.com/solarmodul-ja-solar-jam66s-30-495-mr-495wp-mono-halbzellen.html>



495 Wp pro Zelle → 390 – 490 Zellen benötigt

390 - 490 Zellen benötigen bei einer Fläche von ca. 2,3 m<sup>2</sup> pro Zelle also 900-1120m<sup>2</sup> und kosten bei einem Neupreis von 186€ pro Zelle ca. 73000 - 91000€

Durch Faktoren wie Massenrabatt und einer Wiederverwendbarkeit durch den Festivalveranstalter wird der Preis jedoch deutlich günstiger.

Ideal ist eine Spende oder Bereitstellung durch den Zellenhersteller, einen Energiekonzern oder auch den Autohersteller, welche schon die Elektrofahrzeuge liefert.

Durch Effizienz bzw. Energieverlust beim Laden und Entladen sowie Verlust in Leitungen und Kabeln sind insgesamt eher mit 5MWh zu erzeugendem Strom zu rechnen.

## 6.2 Windenergie

Windenergie ist für das Festival nicht so gut geeignet, wie Solarpanelen zum Beispiel, denn es ist deutlich schwieriger eine Windkraftanlage aufzubauen als eine Photovoltaikanlage. Zudem ist es gefährlicher vor Ort Windenergie zu generieren, da sich die Rotorblätter der Windräder drehen und somit eine Gefahr für Menschen und Tiere in der Umgebung darstellen. Es gäbe „vor Ort“ auch keine bestehende Windkraftanlage, mit der man kooperieren könnte: Das Berliner Windrad zum Beispiel befindet sich nicht in direkter Nähe des Festivals (Schubert, 2020).

## 7 Speichern der Energie Vehicle to Grid (V2G)

Hierzu bietet sich die Vehicle-to-Grid-Technik an: Autobatterien werden als dezentraler Energiespeicher genutzt.

“Vehicle to Grid” ist ein Konzept, bei welchem viele Elektroautos als Stromspeicher verwendet werden. Bei Anschluss vieler Elektroautos an z.B. das Stromnetz eines Landes kann somit “übriger” Strom für später zwischengespeichert werden, was dann “Produktionslücken” im Stromnetz, welche beispielsweise an windarmen Tagen entstehen würden ausgleichen. Hierzu ist allerdings nötig, dass die Menschen, welche E-Autos besitzen den Energieversorgern “freie Hand” über das Laden und entladen ihrer Fahrzeuge geben. ([https://de.wikipedia.org/wiki/Vehicle\\_to\\_Grid](https://de.wikipedia.org/wiki/Vehicle_to_Grid) bzw. [https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/vehicle-to-grid](https://www.mobilityhouse.com/de_de/vehicle-to-grid))

Im Rahmen eines großen Festivals kann diese Speichermöglichkeit also genutzt werden, um Bühne, Versorgung oder auch, wie beim Wacken Open-Air 2019 schon erprobt ([https://www.mobilityhouse.com/de\\_de/magazin/pressemeldungen/wacken-open-air-v2g.html](https://www.mobilityhouse.com/de_de/magazin/pressemeldungen/wacken-open-air-v2g.html)), die Besucher auf den Campingplätzen mit Strom zu versorgen. Hier ist es zudem möglich, die Technologie der Bevölkerung nahe zu bringen/vorzustellen, und den einzelnen Autoherstellern und Energieversorgern eine

effektive und nützliche Werbemöglichkeit zu bieten. Letzteres wäre ideal, da so die Kosten nicht vom Veranstalter und dadurch auch nicht von den Besuchern des Festivals getragen werden müssen und ein Preiszuschlag ausbleibt.

Der Strom (Energie) wird durch die oben genannten Photovoltaikanlagen erzeugt und am Abend des Konzertes dann nach Bedarf entladen.

Bei der Verwendung moderner Elektroautos mit Batterien von ca. 80-100kWh Speicherkapazität würden bei einem Energiebedarf von 5MWh also ungefähr 60 – 70 Fahrzeuge welche dann entsprechend auf dem Gelände und um die Bühne herum aufgestellt sind benötigt. ([https://de.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Model\\_S](https://de.wikipedia.org/wiki/Tesla_Model_S); [https://de.wikipedia.org/wiki/VW\\_ID.3](https://de.wikipedia.org/wiki/VW_ID.3); [https://de.wikipedia.org/wiki/Audi\\_e-tron\\_GT](https://de.wikipedia.org/wiki/Audi_e-tron_GT))

## 8 Bühnenerlebnis

Es soll nun für alle Zuschauer eine Sicht und Akustik „wie in erster Reihe“ ermöglicht werden.

Die Bühne soll einem großen Quadrat entsprechen. Die Zuschauer sollen in mehreren Rängen einen guten Blick auf das Geschehen erhalten und Lautsprecher und eine Übertragung der extravaganen Show auf Leinwänden sollen das „erste-Reihe-Erlebnis“ für alle Zuschauer erfahrbar machen (siehe Skizze). Zu zwei Tribünen soll es im Bereich 3 auch die Chance geben für die Besucher, vom Camping-Bereich aus dem Geschehen auf der Bühne zu folgen.

Der Backstage-Bereich ist unter der Bühne.



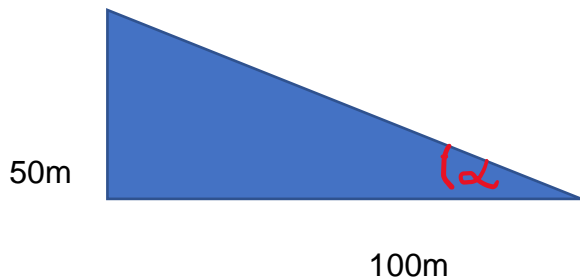
Abbildung 3. Skizze der Bühne. (Darstellung nach <https://goo.gl/maps/uEhenj7ktMRxNEG27> bzw. [google.com/maps](https://google.com/maps))



## 8.1 Visuelles Erlebnis

100 Meter von der Bühne entfernt kann man vom Boden aus der Band zusehen. Dann beginnen jeweils die zwei Tribünen im Abstand von 100m von der Bühne. Diese haben jeweils 50 Stufen, so kann gewährleistet werden, dass von allen Stufen aus, ein guter Blick auf die Bühne möglich ist: jede Stufe ist 30cm höher als die vorherige Stufe und jeweils mit einem Geländer gesichert, um Unfälle zu vermeiden.

Vereinfacht kann man die Tribüne mit einem Dreieck darstellen:



Skizze, nicht maßstabsgetreu

Für den Winkel  $\alpha$  gilt dann  $\tan(\alpha) = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{50\text{m}}{100\text{m}}$ . Mit dem WTR ergibt sich für  $\alpha$  dann ungefähr  $26,6^\circ$ . Damit entspricht der Winkel anderen Tribünen (vgl. Abbildung 4).

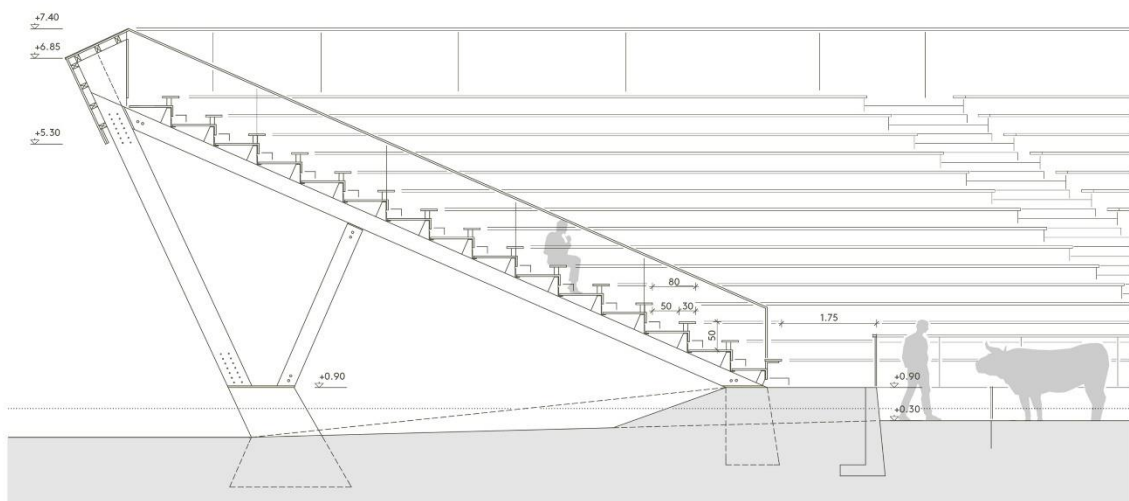


Abbildung 4. Tribüne. Christoph Standke. Abgerufen unter [https://ansgarstaudt.ch/cms18/wp-content/uploads/WET15\\_P\\_07.jpg](https://ansgarstaudt.ch/cms18/wp-content/uploads/WET15_P_07.jpg).

## 9 Sound

Für ein gutes Sounderlebnis im gesamten Zuschauerbereich gibt es mehrere Dinge die Beachtet werden müssen. Wir haben hierfür extra die Tribüne Nordwestlich ausgerichtet. Also in der Richtung, aus der im Juni dort der Wind kommt. Denn somit dient die Tribüne als eine Art Windschutz. So wird der Wind ausgebremst. Aufgrund der Tribüne sind die nach oben gekrümmten Schallstrahlen (s. Abbildung) auch kein Problem, denn die Tribüne geht auch nach oben, so umgeht man den durch den Gegenwind entstandene Raum am Boden, wo der Schall aufgrund seiner Krümmung nach oben nicht hinkommt (Werner Stalder 31.12.2004).

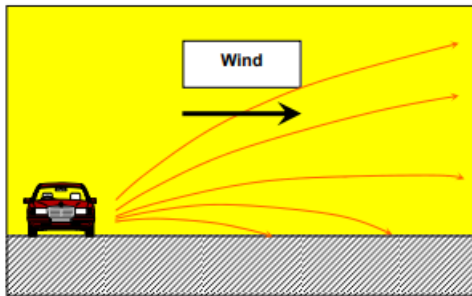


Abb. 4.4 Mitwind: Gegen unten gekrümmte Schallstrahlen („förderlich“)

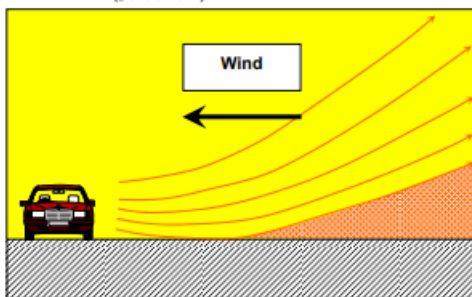


Abb. 4.5 Gegenwind: Gegen oben gekrümmte Schallstrahlen („hinderlich“)

Diesen Wind kann man auf der anderen Seite der Tribüne dann als Schallträger benutzen. Denn der Wind dient als Trägermedium und verteilt den Schall dann. So braucht man auf dieser Seite weniger Lautsprecher und kann somit Energie einsparen (Welt 11.02.2011).

Das Festival im Juni durchzuführen, hat den Vorteil, dass im Juni hauptsächlich eine normale Temperatúrausrichtung vorherrscht. Denn eine Inversionslage kommt hauptsächlich nur im Frühling und Herbst vor. Bei der normalen Temperatúrausrichtung ist eine Tribüne ebenfalls von Vorteil, denn hier sind die Schallstrahlen ebenfalls nach oben gekrümmt (s. Abbildung) (Werner Stalder 31.12.2004).

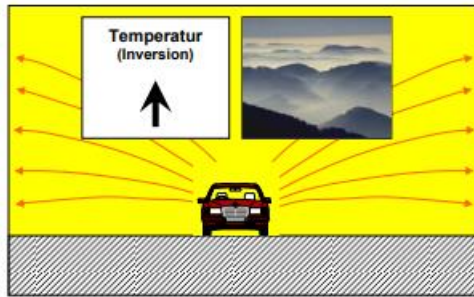


Abb. 4.6 Inversionslage: Gegen unten gekrümmte Schallstrahlen („förderlich“)

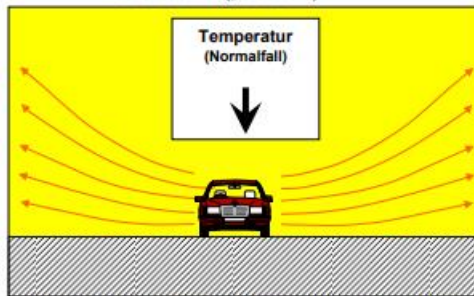


Abb. 4.7 Normale Temperaturschichtung: Gegen oben gekrümmte Schallstrahlen („hinderlich“)

Wichtig ist außerdem, dass in regelmäßigen Abständen Lautsprecher montiert sind, denn die Schallintensität nimmt quadratisch zum Radius  $r$  ab.

Denn  $I_S = \frac{P_S}{A}$  ;  $P_S$ =Schalleistung in Watt.

Da sich der Schall in der Form einer Halbkugel ausbreitet ergibt sich für  $A = 2 \cdot r \cdot \pi$ .

$$\rightarrow I_S = \frac{P_S}{2 \cdot r \cdot \pi}$$

→ Die Schallintensität nimmt quadratisch mit dem Radius  $r$  ab.

(Grund-Wissen 04.01.2018)

## 10 Schlussfolgerung

Durch unsere an die Umgebung angepasste Geländeplanung, die möglichst vielen Zuschauern ein ideales Festival-Erlebniss bietet, unser Energiekonzept, aus Erneuerbarer Energie, welche mit Hilfe von gesponserten Elektroautos bis zum Auftritt der Band gespeichert wird, steht einem klimaneutralen Festival-Auftritt der Band nichts mehr im Wege.

## 11 Literaturverzeichnis

Lutz, Joachim. Musikfestivals und Musikfestspiele in Deutschland. Abgerufen unter [http://miz.org/downloads/dokumente/863/2017\\_Musikfestivals\\_Hessisches\\_Staatistisches\\_Landesamt.pdf](http://miz.org/downloads/dokumente/863/2017_Musikfestivals_Hessisches_Staatistisches_Landesamt.pdf).

Bundesamt für Naturschutz. Leitfaden für Open-Air-Festivals. Tipps und Anregungen Open-Air-Festivals Ökologischer zu gestalten. Abgerufen unter [https://www.globalnature.org/bausteine.net/f/7825/SfN-Leitfaden\\_fuer\\_Open-Air-Festivals.pdf?fd=2](https://www.globalnature.org/bausteine.net/f/7825/SfN-Leitfaden_fuer_Open-Air-Festivals.pdf?fd=2).

Heim-Wenzler, Jutta. Interessantes Über den Flughafen Tempelhof. Abgerufen unter <https://www.thf-berlin.de/standortinfos/interessante-fakten/>.

Deutsche Umwelthilfe. Klimaneutral – was bedeutet das eigentlich?. 25.09.2018. Abgerufen unter <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/klimaneutral-was-bedeutet-das-eigentlich/>.

Madel, Andreas. Photovoltaik. Ertrag in Sommer und Winter. Abgerufen unter <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-leistung/photovoltaik-ertrag-in-sommer-und-winter>.

Bley, Udo. Technik. 2015. Abgerufen unter <https://rockamring.eifelvista.com/technik/>.

Schubert, Thomas. 160 Meter! Sechstes Windrad in Pankow 2020 in Betrieb. 04.02.2020. Abgerufen unter <https://www.morgenpost.de/bezirke/pankow/article228326293/Sechstes-Windrad-in-Pankow-geht-schon-2020-in-Betrieb.html>.

<https://www.grund-wissen.de/physik/akustik/eigenschaften-von-schall.html>

<https://www.uni-due.de/ibpm/BauPhy/Schall/Buch/25.00-vor26.htm>

[https://uwe.lu.ch/-/media/UWE/Dokumente/Themen/Laermschutz/auszug\\_Schall\\_im\\_Freien.pdf?la=de-CH#:~:text=Eine%20gleichm%C3%A4ssige%20Schallausbreitung%20ist%20nur,Sc hallpegelabnahme%20weitere%2C%20zus%C3%A4tzliche%20D%C3%A4mpfungen%20addieren](https://uwe.lu.ch/-/media/UWE/Dokumente/Themen/Laermschutz/auszug_Schall_im_Freien.pdf?la=de-CH#:~:text=Eine%20gleichm%C3%A4ssige%20Schallausbreitung%20ist%20nur,Sc hallpegelabnahme%20weitere%2C%20zus%C3%A4tzliche%20D%C3%A4mpfungen%20addieren)

<https://www.welt.de/wissenschaft/article12507789/Wie-der-Wind-Musik-davontragen-kann.html>

Hinweis: Manche Quellen befinden sich schon im Text, alle Links wurden am 12.06.2021 abgerufen.