



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

**Schlussbericht 08.12.2015**

---

## **VisAsim-Demonstration**

Ein innovatives Kommunikations- und Planungsinstrument für Windenergieanlagen

---

**Subventionsgeberin:**

Schweizerische Eidgenossenschaft, handelnd durch das  
Bundesamt für Energie BFE  
Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramm  
CH-3003 Bern  
[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

**Subventionsempfänger:**

ETH Zürich  
Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung (IRL)  
Planung von Landschaft und Urbanen Systemen (PLUS)  
Stefano-Franscini-Platz 5  
CH – 8093 Zürich Hönggerberg  
[www.plus.ethz.ch](http://www.plus.ethz.ch)

Empa  
Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology  
Laboratory for Acoustics/Noise Control  
Überlandstrasse 129  
CH - 8600 Dübendorf  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

**Autoren:**

Dr. Ulrike Wissen Hayek, ETH Zürich, IRL, PLUS, [wissen@nsl.ethz.ch](mailto:wissen@nsl.ethz.ch)  
Reto Pieren, Empa, [reto.pieren@empa.ch](mailto:reto.pieren@empa.ch)  
Lisa Stähli, ETH Zürich, IRL, PLUS, [staehlli@student.ethz.ch](mailto:staehlli@student.ethz.ch)  
Prof. Dr. Adrienne Grêt-Regamey, ETH Zürich, IRL, PLUS, [gret@ethz.ch](mailto:gret@ethz.ch)

**BFE-Programmleitung:** Yasmine Calisesi, [yasmine.calisesi@bfe.admin.ch](mailto:yasmine.calisesi@bfe.admin.ch)  
**BFE-Projektbegleitung:** Lionel Perret, Planair SA, [linoel.perret@planair.ch](mailto:linoel.perret@planair.ch)

**BFE-Vertragsnummer:** SI/501261-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

## Zusammenfassung

Für einen nachhaltigen Ausbau der Windenergie ist es wesentlich, dass die Windenergieanlagen (WEA) von der lokalen Bevölkerung akzeptiert werden. In diesem Zusammenhang ist es notwendig, wichtige Aspekte wie die mögliche zukünftige Windenergielandschaft und die Geräusche der WEA mit geeigneten Kommunikationsmitteln zu veranschaulichen. Das im Rahmen eines SNF-Projekts von der ETH Zürich und der Empa gemeinsam entwickelte Instrument «VisAsim – Visuell-Akustische Simulation von Windparks» vereint realitätsnahe visuelle und akustische Eindrücke von repräsentativen Schweizer WEA-Landschaften in einer Simulation. Ziel des vorliegenden Projekts war es, einen ausleihbaren VisAsim-Demonstrator zu entwickeln, mit dem die VisAsim-Simulationen in verschiedenen Regionen der Schweiz vorgeführt werden können. Zudem wurde die Attraktivität der VisAsim-Demonstration evaluiert und mit einer Befragung untersucht, wie gut die VisAsim-Simulationen zur Unterstützung der Meinungsbildung sind. Der VisAsim-Demonstrator wurde für einen Piloteinsatz im Rahmen der Wanderausstellung «Windenergie, natürlich!» an der WEGA 2015 in Weinfelden (TG) entwickelt und eingesetzt. Er hat sich als attraktives Informationsmedium für die Bevölkerung erwiesen. Auch Investoren und Planungsbehörden sehen ein grosses Potenzial, mit den Simulationen den Dialog mit der Bevölkerung im Planungsprozess zu unterstützen. Die Evaluation, wie gut VisAsim die Meinungsbildung bezüglich WEA unterstützen kann, hat positive Tendenzen aufgezeigt. Allerdings stellten wir fest, dass eine Ausstellung für die korrekte Durchführung einer Studie zur Meinungsbildung nicht geeignet ist. Für eine fundierte Untersuchung der Qualität von VisAsim zur Unterstützung der Meinungsbildung sollte die Wirkung von VisAsim in tatsächlichen Planungsprozessen von Windparks analysiert werden. Der VisAsim-Demonstrator und die Simulationen stehen nun für weitere Einsätze der Wanderausstellung «Windenergie, natürlich!» sowie für andere Informationsveranstaltungen zur Ausleihe zur Verfügung. Sie bieten gute Medien für die Unterstützung des Dialogs mit der Bevölkerung bei der Planung von Windparks und für die weitere Untersuchung des Mehrwerts von VisAsim.

## Résumé

Pour un développement durable de l'énergie éolienne, il est essentiel que les générateurs d'éoliennes soient acceptés par les populations locales. Dans ce contexte, il devient nécessaire d'illustrer des questions importantes, telles que le possible paysage de l'énergie éolienne, tant visuel comme acoustique, avec des moyens de communication appropriés. L'outil "VisAsim – Simulation visuelle et acoustique des parcs éoliens", élaborée conjointement par l'ETH Zurich et l'Empa sous un projet du FNS, combine dans une simulation les impressions de l'impact visuel et auditif d'un parc éolien en Suisse. Le but de ce projet était de développer un démonstrateur de VisAsim prêt à l'emploi avec lequel les simulations VisAsim peuvent être présentées dans des différentes régions de la Suisse. En outre, l'attractivité de VisAsim a été évaluée et étudiée lors d'une enquête sur l'utilité des simulations vis-à-vis la formation de l'opinion publique. Le démonstrateur VisAsim a été développé pour une installation pilote dans le cadre de l'exposition itinérante «L'énergie éolienne, bien sûr!» et installé au WEGA 2015 à Weinfelden (TG). Il a prouvé être une source intéressante d'information pour le public. Aussi les investisseurs et les autorités de planification voient dans les simulations un grand potentiel pour aider le dialogue avec le public dans le processus de planification. L'évaluation de la façon dont VisAsim peut aider à se forger une opinion au sujet des parcs éoliens a montré des tendances positives. Cependant, nous avons constaté que le cadre d'une exposition n'est pas adapté à la bonne exécution d'une étude sur la formation de l'opinion publique. Pour un examen approfondi de la valeur de VisAsim pour soutenir la formation de l'opinion publique, l'effet de VisAsim doit être analysé dans les processus de planification actuels de parcs éoliens. Le démonstrateur VisAsim et les simulations sont maintenant disponibles pour d'autres opérations de l'exposition itinérante «L'énergie éolienne, bien sûr!» et disponibles pour le prêt dans le cadre d'autres événements d'information. Ils offrent de bons supports pour soutenir le dialogue avec la population locale à la planification de parcs éoliens et pour une étude plus approfondie de la valeur ajoutée de VisAsim.

## Abstract

For a sustainable development of wind energy, it is essential that the wind turbines are accepted by the local public. In this context it is necessary to illustrate important issues such as the possible future wind energy landscape and the sounds of the wind turbines with appropriate communication tools. The instrument «VisAsim - Visually-Acoustic Simulation of Wind Parks», which was jointly developed by ETH Zurich and Empa in an SNSF project, combines realistic visual and acoustic impressions of Swiss wind energy landscapes in one simulation. The aim of this project was to develop a VisAsim-demonstrator with which the VisAsim simulations can be presented in different regions of Switzerland. In addition, the attractiveness of the VisAsim-demonstration was evaluated and it was investigated with a survey how well the VisAsim-simulations are in support of public opinion forming. The VisAsim-demonstrator was developed and used for a pilot application within the traveling exhibition «Wind energy, of course!» at the WEGA 2015 in Weinfelden (TG). The VisAsim-demonstrator has proved to be an attractive source of information for the public. Also investors and planning authorities see great potential to assist with the simulations the dialogue with the public in planning processes of wind parks. The evaluation of how well VisAsim can help shape opinions regarding wind parks has shown positive trends. However, we found that an exhibition is not suitable for the correct execution of a study on the formation of opinions. For a thorough examination of the quality of VisAsim to support public opinion forming, the effect of VisAsim should be analyzed in actual planning processes of wind parks. The VisAsim-demonstrator and the simulations are now available for further applications of the traveling exhibition «Wind energy, of course!» and other information events. They offer suitable media for supporting the dialogue with the local public in the planning of wind parks and for further study of the added value of VisAsim.

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
Résumé .....	3
Abstract .....	4
<b>1 Ausgangslage .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Ziel der Arbeit .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Grundlagen - Randbedingungen .....</b>	<b>7</b>
3.1 VisAsim-Simulationen .....	7
3.2 Mobiles Visuell-Akustisches Lab (MVAL) .....	8
3.3 Integration der VisAsim-Demonstration in die Wanderausstellung zur Windenergie .....	9
<b>4 Methode.....</b>	<b>10</b>
4.1 Ausstellungsort .....	10
4.2 Material und Transport.....	12
4.3 Standgestaltung .....	14
4.4 Manuals für Planung, Aufbau und Betrieb des VisAsim-Demonstrators.....	15
4.5 Anpassung der VisAsim-Simulationen .....	16
4.5.1 Auswahl der VisAsim-Simulationen .....	16
4.5.2 Audio-Wiedergabetechnik.....	16
4.5.3 Mobile Wiedergabestation .....	22
4.6 Evaluation .....	23
4.7 Medienarbeit .....	25
4.7.1 Webseite.....	25
4.7.2 Informationstexte, Blog und Medienmitteilung.....	26
4.7.3 Interviews und Fachbeiträge .....	27
4.7.4 Leporello .....	28
4.7.5 Mediendossier .....	29
<b>5 Ergebnisse.....</b>	<b>30</b>
5.1 VisAsim-Demonstration .....	30
5.1.1 Aufbau des VisAsim-Demonstrators.....	30
5.1.2 Durchführung der VisAsim-Demonstration und Evaluation .....	31
5.2 Ergebnisse der Evaluation.....	33
5.2.1 Attraktivität der VisAsim-Demonstration: Besucherzählung.....	33
5.2.2 Besucher und ihre grundsätzliche Meinung zu Windparks .....	34
5.2.3 Unterstützung der Meinungsbildung .....	36
5.2.4 Rückmeldungen von Besuchern .....	39
5.2.5 Rückmeldungen von Fachpersonen .....	39
5.3 Weiterer Einsatz des VisAsim-Demonstrators.....	41
<b>6 Diskussion.....</b>	<b>42</b>
<b>7 Schlussfolgerungen .....</b>	<b>45</b>
<b>8 Ausblick .....</b>	<b>45</b>
<b>9 Referenzen .....</b>	<b>46</b>
<b>10 Anhang .....</b>	<b>48</b>
10.1 Faktenblatt.....	48
10.2 Fragebogen .....	50
10.3 Auswertungen der Fragebögen .....	52
10.4 Anforderungen zum Aufbau des VisAsim-Demonstrators .....	55

# 1 Ausgangslage

Mit der Energiestrategie 2050 (Schweizerischer Bundesrat 2013) hat die erneuerbare Energie, und hier vor allem auch die bereits ausgereifte Technologie der Windenergie, eine entscheidende Bedeutung für die Versorgungssicherheit in der Schweiz bekommen (BFE 2013). Für einen nachhaltigen Ausbau der Windenergie ist die soziale Akzeptanz der Windenergieanlagen (WEA) ein wesentlicher Faktor und soll durch die Verknüpfung von technischer und sozialwissenschaftlicher Kompetenz gefördert werden (BFE 2013). Die Zufriedenheit mit erhaltenen Informationen, Partizipationsangeboten und der erlebten Gerechtigkeit in der Gestaltung des Planungsprozesses hat nachweislich einen positiven Einfluss auf die Einstellung der lokalen Bevölkerung gegenüber WEA (Hübner et al. 2013). Informationsveranstaltungen, Aussendungen, Ausstellungen und Exkursionen zu bestehenden WEA haben sich als erfolgreiche Kommunikationsmassnahmen erwiesen. Jedoch wird insbesondere von der lokalen Bevölkerung mehr Information über Vor- und Nachteile von WEA in der eigenen Umgebung gewünscht (Hübner et al. 2013). Dabei hat es sich in anderen Standortfindungsprozessen als positiv erwiesen, die für die Bevölkerung wichtigen Aspekte mit geeigneten Kommunikationsmitteln zu veranschaulichen und auch sinnlich wahrnehmbar zu machen (Schenkel et al. 2009). Im Kontext der Windenergie sind insbesondere die subjektive Wahrnehmung der Beeinträchtigung des Landschaftsbilds und der Belästigung durch Geräusche von WEA wichtige Aspekte (Devine-Wright 2005; Wolsink 2007a; Pedersen und Larsman 2008). Zudem kann die Akzeptanz sowie die erlebte Belästigung von Windenergieanlagen durch eine transparente und partizipative Gestaltung des Planungsprozesses positiv beeinflusst werden (Hübner et al. 2013; Wolsink 2007b). In der Praxis werden deshalb innovative Kommunikationsmassnahmen benötigt, um die Information und Partizipation der Bevölkerung bei der Planung von WEA zu fördern.

Das im Rahmen eines SNF-Projekts entwickelte Instrument „VisAsim – Visuell-Akustische Simulation von Windparks“ hat grosses Potenzial, bei der Planung von Windenergieanlagen (WEA) die Meinungsbildung und damit die Einstellung bezüglich dieser Technologie zu unterstützen. Dazu werden realitätsnahe visuelle und akustische Eindrücke von repräsentativen Schweizer WEA-Landschaften in einer Simulation vereint. Im Rahmen öffentlicher Vorführungen können diese Simulationen mithilfe einer mobilen Installation einem breiten Publikum präsentiert werden.

## 2 Ziel der Arbeit

Ziel des vorliegenden Projekts war es, einen VisAsim-Demonstrator zu entwickeln, sodass dieses innovative Kommunikations- und Planungsinstrument im Rahmen einer von EnergieSchweiz initiierten Wanderausstellung zur Windenergie in verschiedenen Regionen der Schweiz vorgeführt werden kann. An der Pilotveranstaltung der Wanderausstellung sollten Rückmeldungen zum Demonstrator aus dem Publikum gesammelt werden, um die Qualität der VisAsim-Simulationen zur Unterstützung der Meinungsbildung und die Qualität der Durchführung der VisAsim-Demonstration zu analysieren. Nach der erfolgreichen Testphase soll der VisAsim-Demonstrator interessierten Kreisen zur Ausleihe zur Verfügung stehen.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Umsetzung, den Piloteinsatz sowie die Analyse der Qualität des VisAsim-Demonstrators. Im Folgenden werden die Grundlagen, Arbeitsschritte und Aktivitäten bezüglich der Planung und Umsetzung und der Evaluation des Demonstrators dargelegt. Kapitel 5 präsentiert den Einsatz des VisAsim-Demonstrators und die Ergebnisse der Besucherbefragung. Diese werden im Kapitel 6 diskutiert. In den abschliessenden Kapiteln 7 und 8 wird ein Fazit gezogen sowie ein Ausblick auf die nächsten Schritte gegeben.

# 3 Grundlagen - Randbedingungen

## 3.1 VisAsim-Simulationen

Aus dem VisAsim-Projekt<sup>1</sup> stehen sechs Videos mit simulierten Windenergielandschaften zur Verfügung. Die sechs Simulationen zeigen Windparks mit je fünf bzw. zehn Windturbinen vom Typ Vestas V90-2MW (95 m Nabhöhe, 90 m Rotordurchmesser) in drei Landschaftstypen der Schweiz: Ebene, Hügellgebiet, Gebirge (Abb. 1).

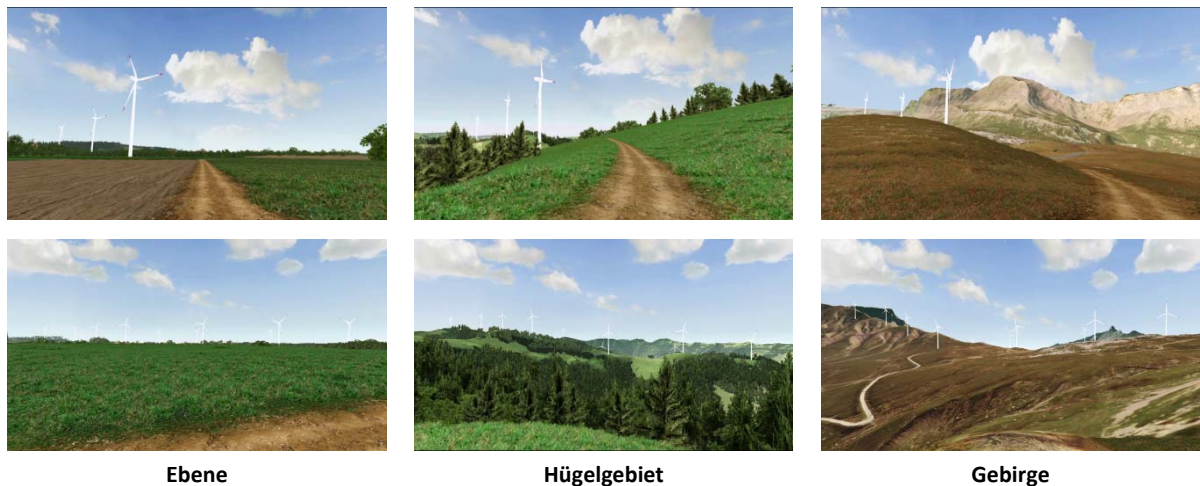


Abb. 1: Ansichten aus den sechs vorhandenen Simulationen des VisAsim-Prototyps.

Die visuellen Simulationen wurden mit der Game Engine CryENGINE 3 SDK<sup>2</sup> basierend auf Geodaten der amtlichen Vermessung generiert. Um keine aktuellen Planungsprozesse von WEA zu beeinträchtigen und möglichst typische Beispiele von den verschiedenen Landschaften zu präsentieren, wurde die Darstellung von lokal charakteristischen Landschaftselementen wie spezifischen Gebäuden oder lokalen Erholungsinfrastrukturen vermieden. Für die Gestaltung der Windparks und die ökonomisch-technisch plausible Positionierung der Windturbinen, wurden Winddaten von MeteoSchweiz und Experten für die Planung von WEA hinzugezogen. Die visuelle VisAsim-Simulation zeigt die Windenergielandschaft an einem gewöhnlichen Tag, an dem man sich auch zur Erholung in der Landschaft aufhalten würde. Der blaue Himmel ist leicht bewölkt und es herrscht eine niedrige bis mittlere Windstärke (9 km/h (= 2.5 m/s) bzw. 11 km/h (= 3 m/s) auf 10 m über Grund = Blätter und Zweige bewegen sich). Gemäss der Windgeschwindigkeit drehen sich die Rotoren der Windturbinen und die Vegetation bewegt sich.

In Videos von insgesamt 90 Sekunden Länge, wird zuerst der Windpark von einem Standort am Boden aus einer Distanz von 750 m gezeigt. Dann werden aus der Vogelperspektive die Gestaltung des Windparks und der grössere Landschaftskontext zur Orientierung präsentiert. Schliesslich erfolgt eine virtuelle Fahrradfahrt bis zur Mitte des Windparks, bei der man bis auf 150 m an eine Windturbine herankommt. Die Gestaltung der Windparks und der Videopfad durch die virtuelle Landschaft sind in allen Simulationen gleich. Lediglich der Landschaftstyp ändert sich.

<sup>1</sup> [www.visasim.ethz.ch](http://www.visasim.ethz.ch); <http://p3.snf.ch/Project-135555>

<sup>2</sup> Crytek GmbH, <http://www.cryengine.com>

### 3.2 Mobiles Visuell-Akustisches Lab (MVAL)

Damit möglichst viele Interessierte die simulierten Windparks erleben können, wurde im Rahmen des Projekts «VisAsim» das Mobile Visuell-Akustische Labor «MVAL» entwickelt. Aufgebaut bietet das «MVAL» einen Raum von 5 m x 5 m Grundfläche und 2.5 m Höhe (Abb. 2). Das Lab besteht aus einem Alugerüst (SystemTec, H.O.F. ALUTEC, HOFKON) sowie schwarzen, schallabsorbierenden Vorhängen. Im Innenraum werden fünf Lautsprecher auf Stativen in einem Kreis aufgestellt. Sie sind über ein Audiointerface (MOTU) mit einem Laptop verbunden. Die Videos der VisAsim-Simulationen werden mit einem Laptop und einem geräuscharmen Beamer (<35dB im Betriebsmodus) auf eine Leinwand projiziert und die Geräusche werden über die Lautsprecher wiedergegeben.

Die mobile Einrichtung lässt sich leicht in Einzelteile zerlegen und transportieren. So lassen sich die VisAsim-Simulationen einem breiten Publikum an beliebigen, einigermassen ruhigen Orten näherbringen.

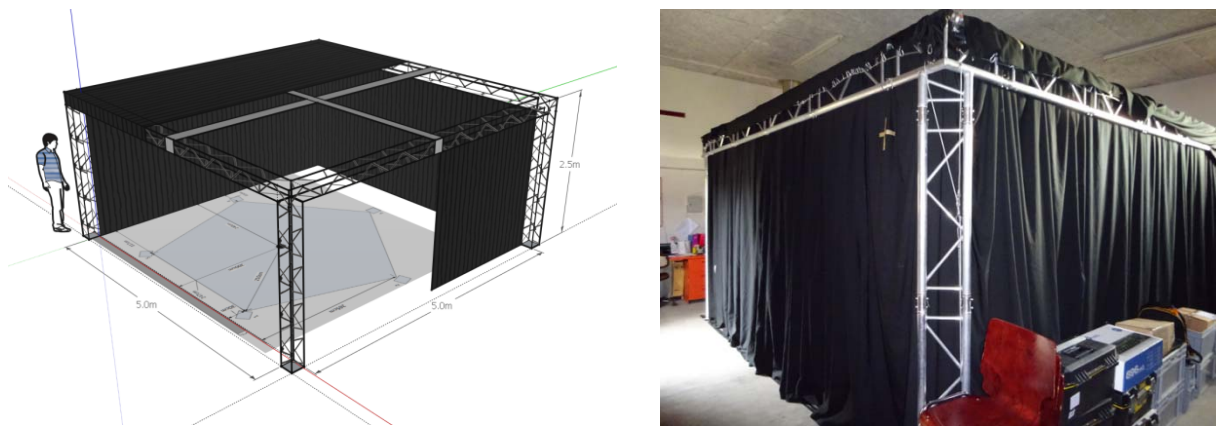


Abb. 2: Konstruktionszeichnung und Aussenansicht des Mobiles Visuell-Akustischen Labs (MVAL).

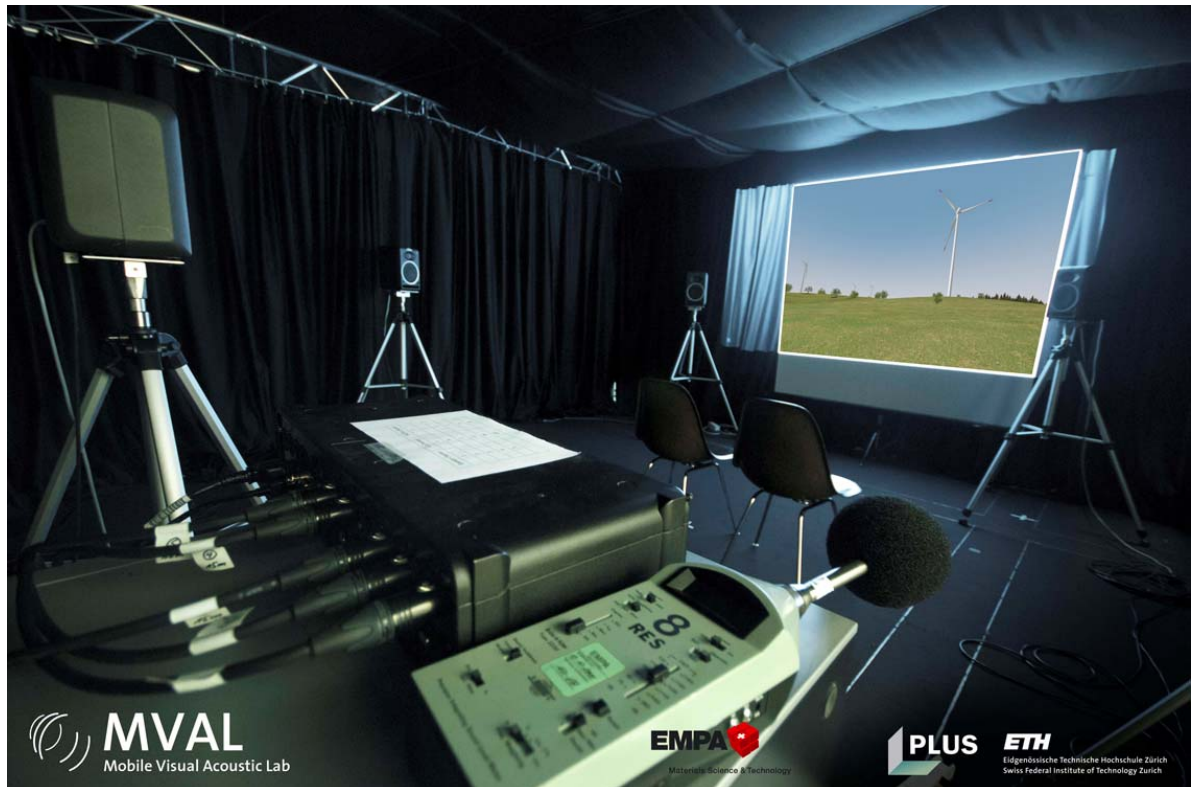


Abb. 3: Innenansicht des Mobiles Visuell-Akustischen Labs (MVAL).

### 3.3 Integration der VisAsim-Demonstration in die Wanderausstellung zur Windenergie

Den Rahmen für die Demonstration von VisAsim bildete die Wanderausstellung «Windenergie, natürlich! Sonderschau zum Staunen und Erleben», die durch das Programm EnergieSchweiz finanziert wurde. Die Planung und Leitung dieser Wanderausstellung erfolgte durch die Firma ideja – Agentur für Kommunikation in Basel. Die Wanderausstellung Windenergie soll in verschiedenen Regionen in der Schweiz stattfinden. Als Pilot wurde die Wanderausstellung erstmals im Kanton Thurgau, an der Weinfelder Gewerbeausstellung WEGA ([www.wega.ch](http://www.wega.ch)), vom 24.-28. September 2015 in Weinfelden präsentiert.

Damit der Pilot der Demonstration von VisAsim optimal in das Konzept der Wanderausstellung integriert und Synergien mit den Zielen und Kommunikationsstrategien der beteiligten Partner des Gesamtprojekts «Wanderausstellung Windenergie» genutzt werden konnten, wurde das Vorgehen eng mit den weiteren Projektbeteiligten koordiniert (s. Abb. 4). Die Firma ideja hatte dabei die Gesamtleitung der Ausstellung und der Kommunikation inne.

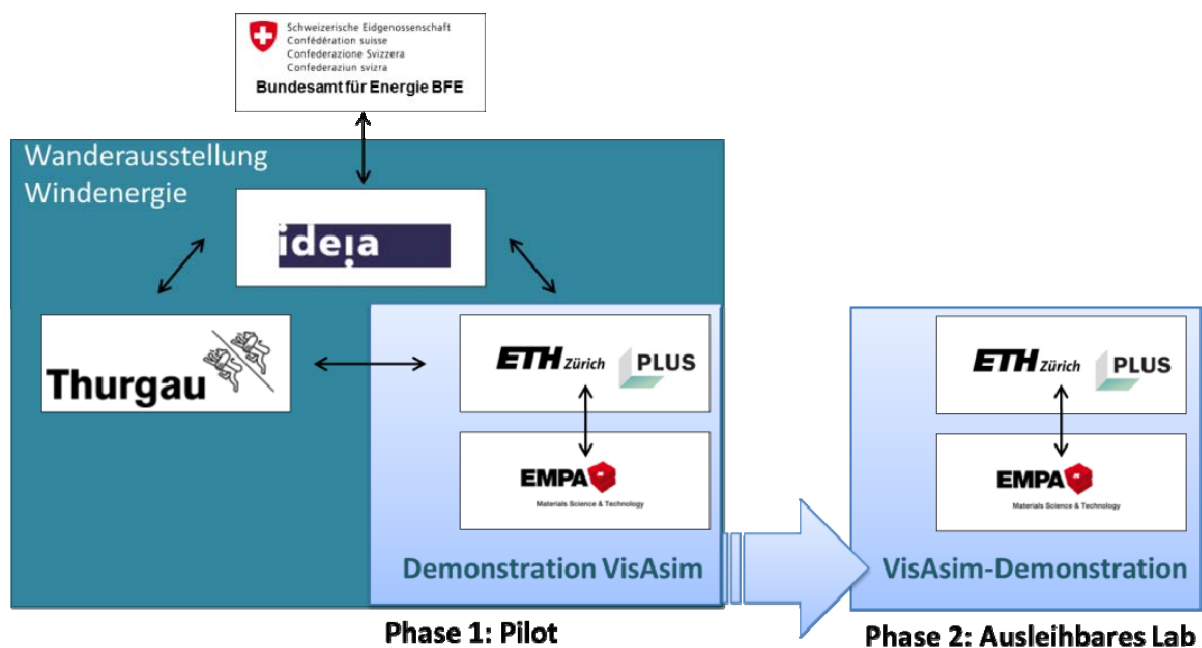


Abb. 4: Organigramm. Hierarchische Organisation der an der Durchführung des Projekts beteiligten Partner.

Für die Planung der Demonstration von VisAsim waren technische und logistische Abklärungen der Stromversorgung, der Logistik (Transport des VisAsim-Demonstrators zum Ausstellungsort/zur ETH Zürich), der zeitliche Ablauf des Auf- und Abbaus, sowie der Einsatzplan der Standbetreuer während der Ausstellung zu leisten. Hierbei war eine enge Koordination mit der Wanderausstellung Windenergie nötig.

## 4 Methode

## 4.1 Ausstellungsort

- **Rahmenbedingungen klären**

Für die Wanderausstellung Windenergie wurde bewusst eine Gewerbeausstellung als Ausstellungsort gewählt, da diese Messen sehr publikumsintensiv sind. Dadurch kann potenziell eine breite Zielgruppe sowohl an Fachleuten als auch der lokalen Bevölkerung verschiedenster Altersklassen erreicht werden. An der WEGA wird mit ca. 100'000 Besuchern pro Jahr gerechnet.

Am ersten Ortstermin, am 16. Juni 2015, wurden die räumlichen Gegebenheiten an der WEGA (Abb. 5) zusammen mit der WEGA Messeleitung, der Projektleiterin der Wanderausstellung vom BFE, dem Gesamtkoordinator der Wanderausstellung, den Ausstellungsmachern der Ausstellungsmodule des BFE und des Kantons Thurgau sowie einem Vertreter der Abteilung Energie des Kantons Thurgau besichtigt und das weitere Vorgehen sowie die Schnittstellen mit weiteren Partnern besprochen.

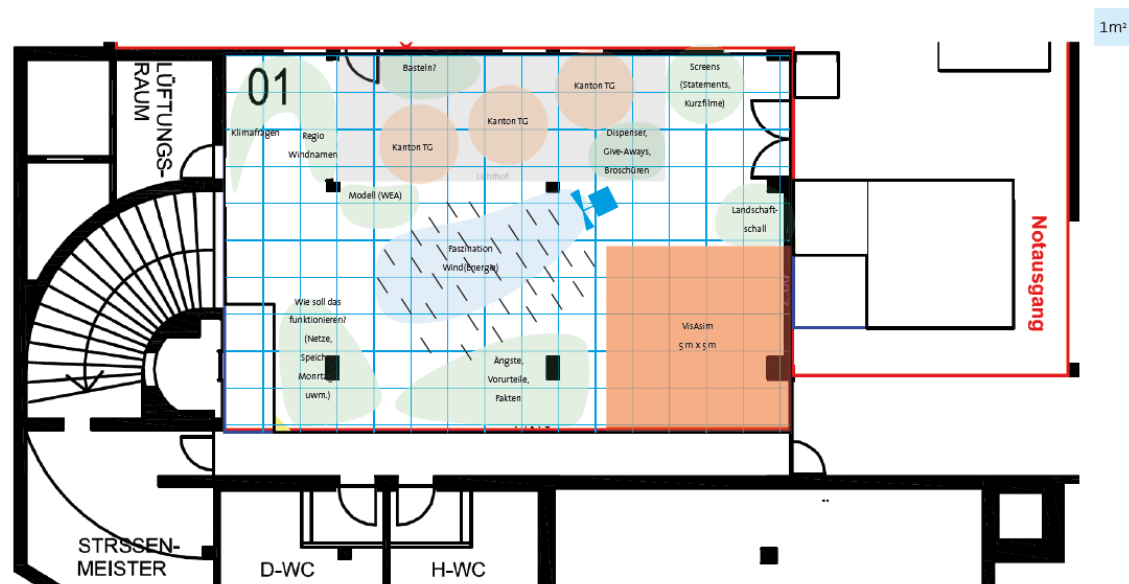


Abb. 5: Provisorische Skizze mit der Themenzuweisung für die an der WEGA Weinfelden zur Verfügung stehende Ausstellungsfläche (Quelle: Bernard Gutknecht).

Von der Messeleitung wurden die Rahmenbedingungen für die Wanderausstellung erläutert. Diese umfassten: Zugangswege bei Lieferung und Abtransport der Ausstellungsobjekte, Gestaltung von Zugangswegen, Lage und Breite des Fluchtwegs im Ausstellungsbereich, mögliche Innenraumgestaltung (Verdecken von Säulen / Wänden mit Stoff; Teppich am Boden), Beleuchtungsmöglichkeiten, Stromverfügbarkeit, Reinigung des Ausstellungsraums während der Messe, Verfügbarkeit eines abschliessbaren Raumes zur Sicherung von technischen Geräten über Nacht, das Verschliessen des Ausstellungsraums sowie Zeiten zur Anlieferung bzw. zum Abbau der Wanderausstellung.

Bezüglich der VisAsim-Demonstration wurden der verfügbare Raum und hierbei insbesondere die Deckenhöhe ausgemessen. Die Prüfung ergab, dass das Mobile Visual-Acoustic Lab (MVAL) genügend Platz hat und auch der nötige Raum für den Aufbau (ca. 35 cm um das MVAL herum sowie ca. 15 cm zwischen MVAL und Decke) gegeben ist. Zudem wurde mit der Messeleitung festgelegt, dass die Lampen, die sich direkt über dem MVAL befinden werden, abgenommen bzw. während des Messebetriebs ausgeschaltet werden. Da der verfügbare abschliessbare Raum von sehr viel verschiedenen Personen während der Messe genutzt wird und keine Sicherheit für die technischen Geräte gewährleistet werden konnte, wurde beschlossen, abschliessbare Boxen für die Lautsprecher anzuschaffen.

Als problematisch hat sich bereits am Ortstermin die akustische Situation am Ausstellungsort herausgestellt. Vor allem der offene Bereich des Lichthofs, der für den Ausstellungsbetrieb mit einer Holzdecke verschlossen wird, kann die Geräusche von draussen nicht genügend abhalten. Hinzu kommt die Geräuschimmission in das MVAL durch die Besucher der Windenergieausstellung. So wurde angemerkt, dass aufgrund der akustischen Verhältnisse die simulierten Geräusche zeitweise kaum oder sogar nicht zu hören sein könnten. Allerdings wurden auch ruhigere Betriebszeiten der WEGA erwartet (früh morgens und spät abends). Aus diesem Grund wurde beschlossen, keine weiteren, kostenintensiven Massnahmen zur Verbesserung der Immissionssituation zu treffen. Stattdessen wurde eingeplant, Kopfhörer zu organisieren, mit denen sich interessierte Besucher die Geräusche der simulierten Windparks anhören können. Die Kopfhörer haben jedoch den Nachteil, dass die Geräusche nur in mono wiedergegeben werden können. Eine räumliche Ortung der Windturbinen ist mit dieser Wiedergabetechnik nicht möglich. Zudem ist eine Kalibrierung der Geräusche mit Kopfhörern sehr aufwendig. Für die VisAsim-Demonstration wurde beschlossen, die Lautstärke nach Gehör, im Vergleich mit den kalibrierten Geräuschen im MVAL, einzustellen.



Abb. 6: Zugang zum Ausstellungsraum (links) und vorgesehener Standort für den VisAsim-Demonstrator (rechts).

- **Koordination der VisAsim-Demonstration mit der Windenergieausstellung**

Am Ausstellungsort wurde der Zugangsort zum MVAL erstmals besprochen. Unter Berücksichtigung der weiteren Ausstellungsobjekte sowie des notwendigen Fluchtwegs wurde eine Ecke des MVAL favorisiert. Auch das benötigte Mobiliar, z.B. zum Ausfüllen von Fragebögen und zum Deponieren und Präsentieren von Broschüren wurde diskutiert. Diesbezüglich wurde beschlossen, dass das Mobiliar für die VisAsim-Demonstration gemietet werden soll. Zudem sollten vom Design und Material her soweit wie möglich ein einheitliches Erscheinungsbild für die Module vom BFE und der VisAsim-Demonstration erstellt werden. Die Gestaltung wurde deshalb eng mit dem zuständigen Ausstellungsmacher des BFE-Moduls koordiniert.

Zudem wurde die Rolle der Windenergieausstellung an der WEGA von der Messeleitung erläutert. Die Sonderschau war als eines der Highlights der WEGA vorgesehen, die an gesonderten Terminen über die Medien bekannt gemacht werden. Die VisAsim-Demonstration sollte als eine besondere Attraktion der Sonderschau hervorgehoben werden.

- **Organisieren des Projektteams**

Bereits zu einem frühen Projektstadium wurde das Team für den Standauf- und abbau sowie für die Standbetreuung organisiert. Auf diese Weise wurden personelle Engpässe vermieden.

### **Standaufbau/-abbau**

Für einen effizienten Aufbau des MVALs hat sich ein Team von 5 Personen (1 erfahrender Leiter und 4 Helfer) bewährt. Im Minimum werden 4 Personen benötigt. Die Personen dürfen keine Rückenprobleme o. ä. haben, da viel Material, zum Teil auch über Kopf, gehoben werden muss.

Bei einem Probedurchlauf Anfang Juni 2015 wurde der Aufbau getestet. Dabei wurden die Personen eingewiesen und es wurden erste Entwürfe von Manuals zum Aufbau des VisAsim-Demonstrators (s. Kapitel 4.3) getestet.

## Standbetreuung

Für die Demonstration von VisAsim ist es wichtig, dass die Standbetreuung gesichert ist. Hier besteht ein Risiko, dass vorgesehene Standbetreuer z. B. durch Krankheit ausfallen können. Deshalb sollten wenigstens zwei Betreuer am Stand sein. Zwei Standbetreuer haben sich bewährt, um interessierte Besucher vor und im MVAL über die VisAsim-Demonstration zu informieren und Fragen zu den Simulationen zu beantworten. Für den qualifizierten Einsatz an der Ausstellung wurden die Standbetreuer im Vorfeld sowohl hinsichtlich technischer Aspekte als auch in Bezug auf die Führung durch die Demonstration und den Dialog mit den Besuchern vorbereitet.

## 4.2 Material und Transport

### • Anpassung des Mobiliars für den Ausstellungsbetrieb

Bis jetzt wurde das MVAL nur zu Forschungszwecken eingesetzt. Dazu wurde an der ETH vorhandenes Mobiliar wie Tische und Stühle eingesetzt und nach Bedarf wurden private Teppiche zur Verbesserung der Raumakustik verwendet. Für einen professionellen Auftritt des VisAsim-Demonstrators an der Wanderausstellung musste das Mobiliar angepasst werden.

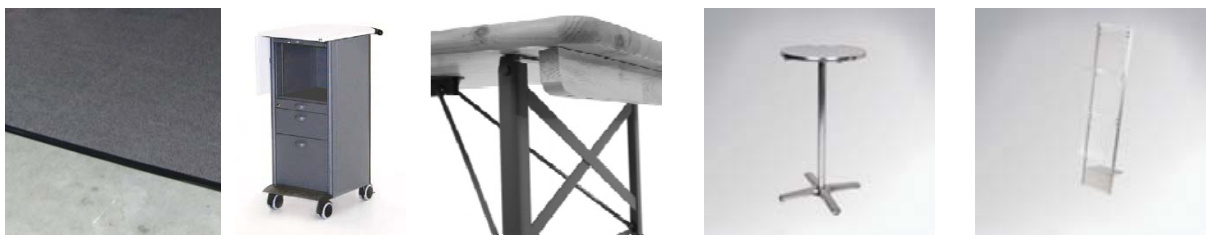


Abb. 7: Teppich und Mobiliar für den VisAsim-Demonstrator.

Der Boden am Ausstellungsstandort sollte möglichst eine schallabsorbierende Oberfläche wie z.B. einen Teppichboden aufweisen. Da dies am vorgesehenen Ausstellungsort nicht der Fall war, musste ein für Ausstellungen geeigneter Teppich beschafft werden. Dieser sollte im Hinblick auf den angestrebten ausleihbaren VisAsim-Demonstrator robust, gut transportierbar und wiederverwendbar sein. Im Ausstellungs- und Messebau haben sich zu diesem Zweck selbstliegende Teppichfliesen bewährt. Diese wurden mit den Massen 100 x 100 cm für die Bodenfläche des MVAL besorgt. Sie lassen sich „schwimmend“ verlegen und nur mit einem Textilklebeband am Rand der 25 m<sup>2</sup> grossen Fläche befestigen. Dies gewährleistet sowohl ein schnelles Verlegen als auch ein rückstandsfreies Aufnehmen der Teppichfliesen.

Als Möbel für die zentrale Technik wie das Laptop und das Audiointerface MOTU hat sich ein sogenannter Caddy (Breite: 45 cm, Länge: 60 cm, Höhe: 110 cm) bewährt. Dieser wurde aus dem ETH-Mobiliar gestellt. Ein Fach sowie zwei Schubladen bieten zudem verschliessbaren Stauraum für Anleitungen und technisches Material während der Ausstellung.

Als Sitzgelegenheiten für die Besucher sollten im MVAL zwei Festbänke zur Verfügung stehen. Diese wurden für den Piloten der Demonstration gemietet.

Vor dem MVAL wurden ein Prospektständer (Alugestell mit 3 Fächern A4) sowie zwei Stehtische zum Auflegen von Informationsmaterial, Fragebögen und Kugelschreibern vorgesehen. Die Tische dienten auch als Treffpunkt zum Gespräch mit Besuchern sowie zum Ausfüllen von Fragebögen. Dieses Mobiliar wurde von der WEGA-Messefirma für die Ausstellungsdauer gemietet, so dass es vor Ort verfügbar war.

### • Transport des MVALS

Das gesamte Material des MVALS passt in einen VW T5 Transporter. Die Innenmasse dieses Transporters betragen: 2.5 m Länge, 1.6 m Breite, 1.4 m Höhe (5.8 m<sup>3</sup> Volumen). Mit dem Transporter kann man auch in gängige Tiefgaragen reinfahren. Damit das Fahrzeug zur gewünschten Zeit zur Verfügung stand, wurde es in einer frühen Projektphase bei Europcar reserviert.



Abb. 8: Transportfahrzeug (VW T5) für das gesamte Material des MVALs.

Für die Dauer der Ausstellung vom 24. - 28. Sept. 2015 wurde von der Gesamtprojektleitung eine Versicherung für alle Ausstellungselemente abgeschlossen. Für die Versicherung wurde eine Schätzung des Wertes der Ausstellungselemente benötigt, aufgeteilt in: nicht bruchempfindliche Waren, bruchempfindliche Waren (Apparate der Unterhaltungselektronik) und besonders bruchempfindliche Waren (Möbel, Holzwaren, Bildschirme und Glas). Tabelle Tab. 1 gibt eine Übersicht über den Wert der Ausstellungselemente, die für die VisAsim-Demonstration benötigt werden.

Die Versicherung für die Ausstellung umfasste jedoch nicht den Transport der Ware. Dieser Teil musste vom Transporteur versichert sein. Die Transportversicherung wurde bei Europcar abgeschlossen. Sie versichert für 10.- CHF pro Tag den Verlust und die Beschädigung der transportierten Güter mit einer Versicherungssumme von CHF 40'000.- pro Fahrzeug / Transportgut. Auf- und Abladeschäden, Diebstahl und Beraubung sind jedoch von dieser Versicherung ausgeschlossen.

Tab. 1: Wert der Ausstellungselemente der VisAsim-Demonstration.

Warenbezeichnung	Wert (CHF)	Anzahl (Stk.)	Gesamtwert (CHF)
<b>a) nicht bruchempfindliche Waren</b>			
Alu-Gerüst (H.O.F. ALUTEC - 290 -2, 5x5m, Höhe 2.5m)	4000	1	4000
Vorhangstoff (Satin-Tschung, permanent flammhemmend)	5050	1	5050
Teppichfliesen (ZT 6105C1 ExpoGiant C Bodenfliese)	730	1	730
Transportboxen	50	4	200
<b>b) bruchempfindliche Waren (Apparate der Unterhaltungselektronik)</b>			
Lautsprecher (Focal Studio Monitor CMS 50)	700	5	3500
Stative (Alu. Kurbel-Stativ 67-188cm 5/8" mit Tragtasche)	100	5	500
Mehrkanal-USB-Audiointerface (MOTU 896 MK III Hybrid)	1100	1	1100
Laptop (EliteBook Mobile Workstation mit Firewire)	1700	1	1700
Beamer (ACER H6500)	900	1	900
Schallpegelmesser (Brüel & Kjaer Typ 2230)	1000	1	1000
Leinwand (DELUXX Cinema Frame Elegance, mikroperforiert, 16:9, 270x15)	720	1	720
Lautsprecherkabel (5x15m, ContriK Swissflex Premium Micro NKP 2, Cabl	500	1	500
Verlängerungskabel (diverse)	200	1	200
<b>c) besonders bruchempfindliche Waren (Möbel, Holzwaren, Bildschirme und Glas)</b>			
Bänke	60	2	120
Stehische (Tischplatte kunstharzbelegt; Gestell verchromt)	250	2	500
Caddy (Rollmöbel mit Schubladen; Gehäuse Stahlblech pulverbeschichte	1000	1	1000
Roll-Up Displays	75	8	600
Lampen	75	8	600
Prospektständer, Aluminium	200	1	200
<b>Warenwert gesamt:</b>			<b>23120</b>

## 4.3 Standgestaltung

Das Mobile Visuell-Akustische Lab (MVAL) ist von aussen betrachtet ein Kubus bestehend aus schwarzen Vorhangfronten (s. Abb. 2). Um das MVAL ansprechender zu präsentieren und Ausstellungsbesucher anzuziehen sowie zu informieren, wurde beschlossen, Poster aussen anzubringen. Für die VisAsim-Demonstration wurden insgesamt acht Roll-Up Displays gestaltet, die an den Aussenfronten des MVAL aufgestellt werden. Roll-Up Displays sind ein Präsentationssystem bestehend aus einer mit Standfüssen versehenen Kassette, aus der ein bedrucktes Banner mit einer Länge von 2 m gezogen und mit einem Stab befestigt wird.

Ziel von der Gestaltung her war es, dass sich die Roll-Up Displays gut in die Gesamtausstellung einfügen. Aus diesem Grund wurde beschlossen, dass für die gesamte Wanderausstellung dasselbe Modell für die Roll-Up Displays sowie ein einheitliches Layout verwendet wird. Das Musterlayout wurde vom Ausstellungsmacher des BFE-Moduls der Wanderausstellung erstellt und von uns bezüglich der Logos angepasst.

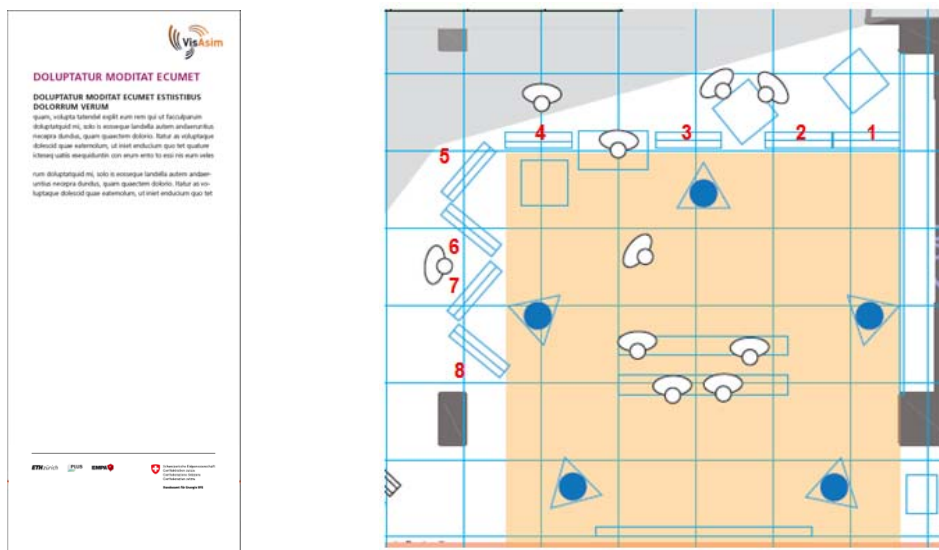


Abb. 9: Musterlayout der Roll-Up Displays für die VisAsim-Demonstration und Anordnung der 8 Displays entlang der Aussenwand des Mobilen Visuell-Akustischen Labs (MVAL).

Bezüglich der Inhalte, die auf den Roll-Up Displays präsentiert werden (Abb. 10), wurden zwei wesentliche Ziele verfolgt: Zum einen sollte der Eingangsbereich zum MVAL attraktiv gestaltet werden, so dass Ausstellungsbesucher auf das Innere des MVALs aufmerksam und neugierig gemacht werden. Zum anderen sollten technische Informationen zu den visuell-akustischen Simulationen und ihrer Einsatzmöglichkeiten in der Praxis dargestellt werden. Hierzu wurde ein Konzept ausgearbeitet und an die Projektleitung vom BFE und der Wanderausstellung zur Begutachtung geschickt. Mit den Rückmeldungen wurde der Text weiter überarbeitet, so dass er für Laien möglichst gut verständlich ist.

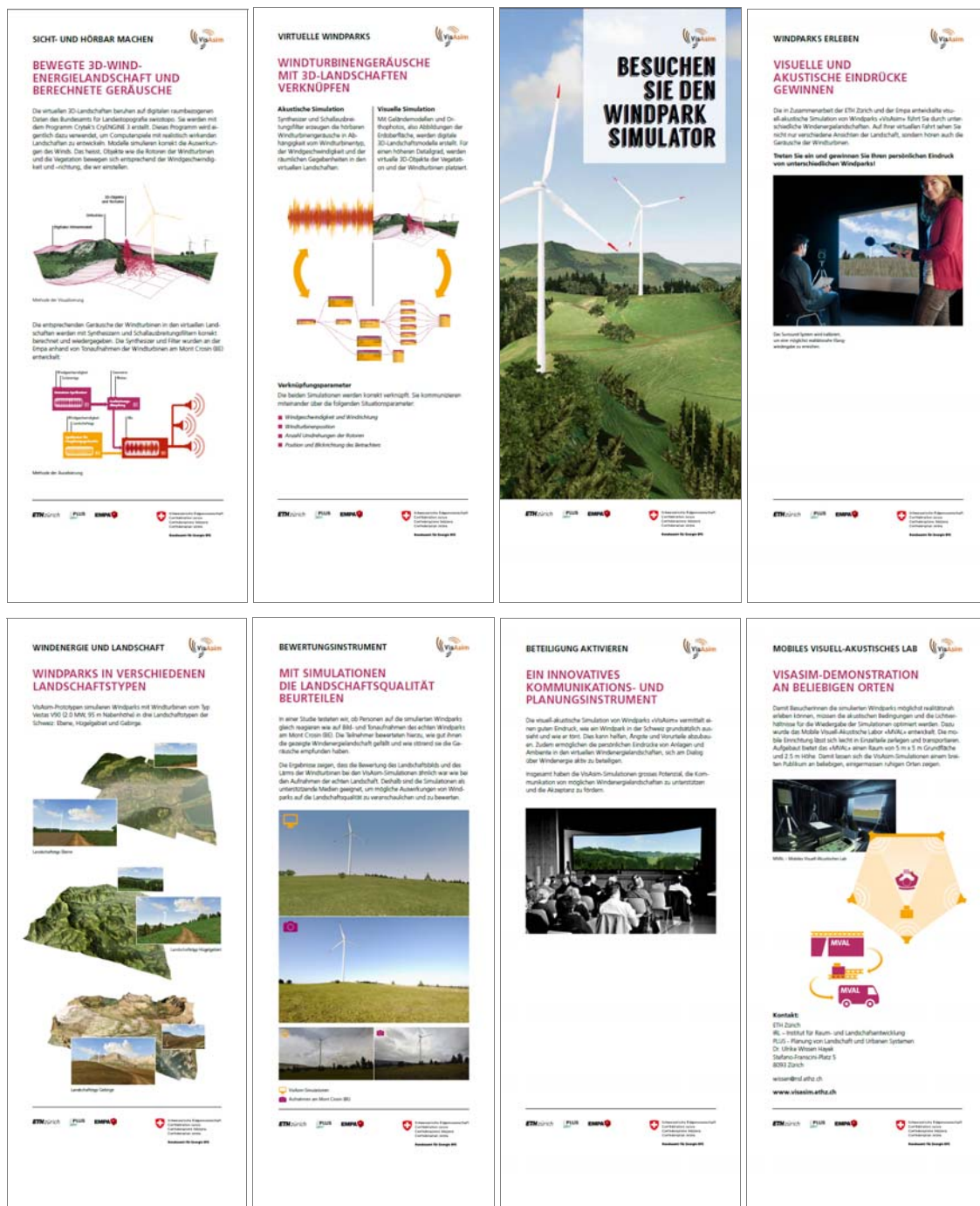


Abb. 10: Finale Gestaltung der 8 Roll-Up Displays für die VisAsim-Demonstration.

## 4.4 Manuals für Planung, Aufbau und Betrieb des VisAsim-Demonstrators

Es wurden verschiedene Manuals für den Aufbau und Betrieb des VisAsim-Demonstrators erarbeitet. Diese Manuals enthalten die benötigten Informationen, damit auch Dritte den VisAsim-Demonstrator aufbauen und die Demonstration der Simulationen durchführen können.

Folgende Manuals wurden verfasst:

- Planungshilfe / Checkliste der Anforderungen für die VisAsim-Demonstration (räumliche, technische, logistische und personelle Anforderungen)
- Aufbauanleitung MVAL inkl. Spezifikationen des Materials und der technischen Geräte
- Technische Bedienungsanleitung für die VisAsim-Demonstration
- Leitfaden für Führungen durch die VisAsim-Demonstration

## 4.5 Anpassung der VisAsim-Simulationen

### 4.5.1 Auswahl der VisAsim-Simulationen

Die Auswahl der Videos der VisAsim-Simulationen (s. Kapitel 3.1) wurde mit dem gesamten Projektteam der Wanderausstellung (Gesamtprojektleitung, Partner BFE, Partner Kanton Thurgau) diskutiert. Das Team vertrat die Ansicht, dass für die Bevölkerung, die an die Weinfelder Gewerbeausstellung WEGA kommt, vor allem die Simulationen in der Ebene und im Hügелgebiet relevant sind (s. Abb. 1). Zudem wurde im VisAsim-Projekt festgestellt, dass die Landschaften mit 10 Windturbinen in der Tendenz weniger akzeptiert wurden als die mit 5 Windturbinen (Manyoky 2015). Deshalb wurde beschlossen, dass während der Ausstellung nur die beiden Simulationen des Windparks mit 5 Windturbinen in der Ebene und im Hügелgebiet im VisAsim-Demonstrator in einer Endlosschleife gezeigt werden. Zusätzlich konnte ab und zu interessierten Besuchern die Simulation des Windparks mit 5 Windturbinen im Gebirge gezeigt werden.

### 4.5.2 Audio-Wiedergabetechnik

Die mit den Videos verknüpften akustischen Simulationen der Windturbinengeräusche beruhen auf einer räumlich expliziten Auralisierung, die neben dem Windturbinentyp auch den Landschaftskontext und die Wettersituation mit berücksichtigen (Heutschi und Pieren, 2013; Pieren et al. 2014; Heutschi et al. 2014). Für das SNF-Projekt VisAsim war eine ambisonische Wiedergabe der Geräusche notwendig, um die Geräuschsimulationen im Vergleich mit Geräuschaufnahmen im Feld validieren zu können. Streng genommen ist diese Wiedergabe nur für einen einzigen Zuhörer im VisAsim-Demonstrator valide. Für die Demonstration an der Ausstellung bot sich daher eine andere Technik an, die das Schallfeld in einem grösseren Bereich und somit für mehrere Personen reproduziert. Für diese Wiedergabetechnik, dem sogenannten «Panning», wurde von der Empa ein Programm entwickelt, mit dem die Lautsprecher signale mathematisch entsprechend aufbereitet werden. Zudem wurde die neue Wiedergabetechnik validiert und ihre Qualität mit der ambisonischen Wiedergabetechnik verglichen. Schliesslich wurden die neu generierten Audio-Dateien mit den Videos der visuellen Simulationen gemäss der Methode des VisAsim-Prototyps verknüpft, wobei sie korrekt mit den Bewegungen in der Landschaftssimulation synchronisiert werden (Manyoky et al. 2014). Zusätzlich wurden die Simulationen für eine Wiedergabe mit nur einem Lautsprecher bzw. mit Kopfhörern aufbereitet. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte zur Audio-Wiedergabe der simulierten Windturbinengeräusche detailliert beschrieben.

- **Entwicklung und Validierung der Audio-Wiedergabemethode**

Im Projekt VisAsim wurden die akustischen Signale über ein Ambisonics-System wiedergegeben. Mit dieser Strategie konnte das Schallfeld nur in einem kleinen Zuhörerbereich („Sweet Spot“) akkurat reproduziert werden. Unsere Erfahrung im VisAsim-Projekt sowie eine kürzlich erschienene Publikation (Stitt et al. 2014) zeigen, dass sich die Schallquellenortung ausserhalb des Zentrums rapide verschlechtert. Damit die Simulationen einer grösseren Anzahl Personen gleichzeitig präsentiert werden können, wird deshalb eine alternative akustische Wiedergabestrategie benötigt. Durch die Anzahl zur Verfügung stehender Lautsprecherkanäle bietet sich eine Panning-Methode an. Da der Demonstrator in unterschiedlichen Umgebungen (Raumvolumen, Schallabsorption, Position innerhalb des Raums) eingesetzt werden soll, sind zusätzliche Anpassungen, sogenannte Raumkorrekturen, angebracht.

## Entwicklung

### Lautsprecheraufstellung

Die Anordnung (Position, Höhe, Ausrichtung) der fünf Lautsprecher ist identisch wie im Projekt VisAsim (Abb. 11).

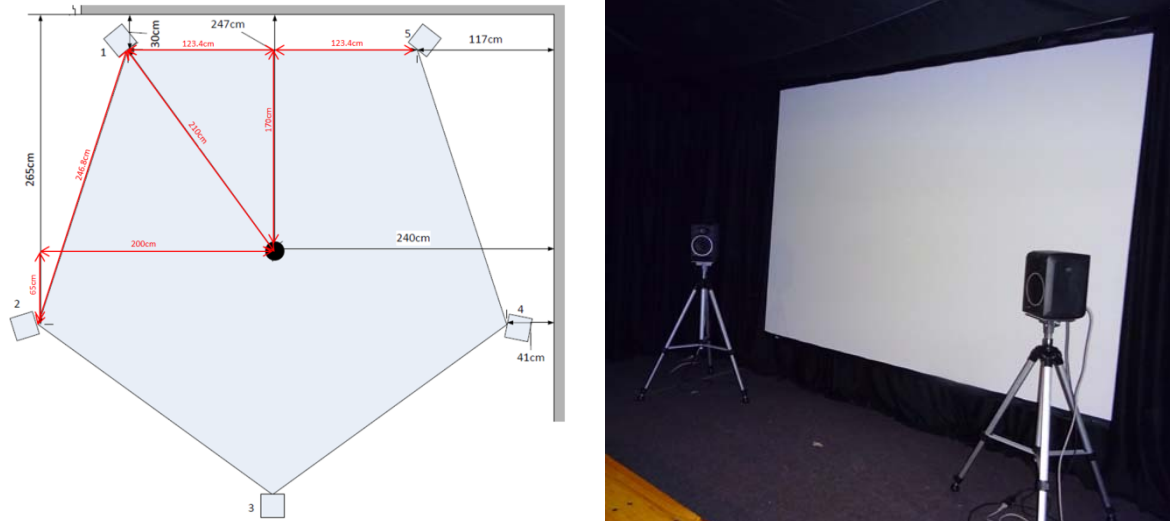


Abb. 11: Anordnung und Abstände der fünf Lautsprecher (1 – 5) gemäss VisAsim-Projekt (links). Lautsprecher auf Stativen, so dass sich die Membranhöhenmitte der Lautsprecher 120 cm über dem Boden befindet (rechts). Dies entspricht der ungefähren Ohrhöhe einer sitzenden Person.

Durch die neue Wiedergabestrategie soll jedoch ein grösserer Zuhörerbereich bei korrekter Richtungsinformation beschallt werden können. In der Entwicklung wurde die Wiedergabe für einen definierten Hörbereich um das Zentrum optimiert. Diese sogenannte Hörzone ist in der folgenden Abb. 12 eingezeichnet.

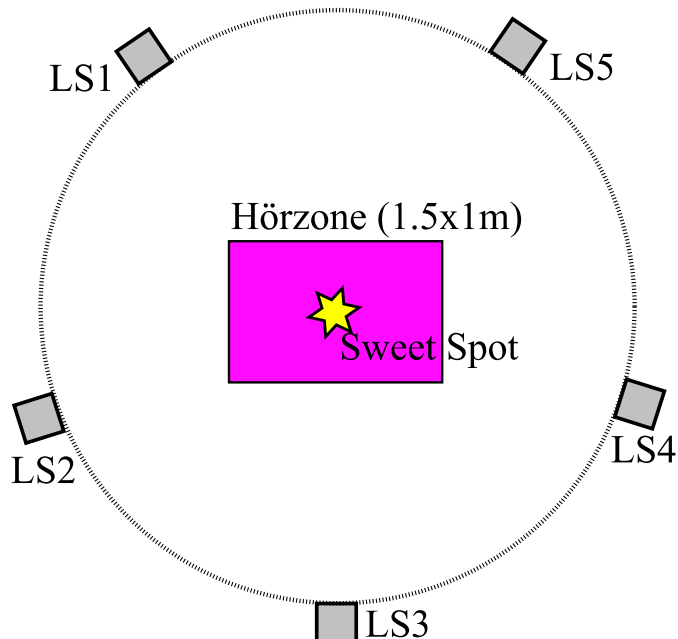


Abb. 12: Anordnung der fünf Lautsprecher (LS1-LS5) des VisAsim-Demonstrators mit dem Sweet Spot im Zentrum und dem erweiterten Zuhörerbereich „Hörzone“ (pink). Die visuelle Projektionsfläche befindet sich zwischen den Lautsprechern 1 und 5.

## RePRO

Für die Aufbereitung der Lautsprechersignale wurde im Projekt VisAsim von der Empa die Standalone-Software RePRO (Manyoky et al. 2014) programmiert. Die Version 1.6 (2014-07-28) erlaubt das Rendering von horizontalem Ambisonics erster Ordnung sowie die Mischung quellen- und damit richtungsbezogener Immissionssignale. Wichtige weitere Funktionalitäten sind die Ausgabe eines Kalibrationssignals, ein parametrischer Equalizer sowie eine Frequenzweiche, um die tiefen Frequenzen abzutrennen und einem geeigneten Lautsprecher zuzuführen. Es war also naheliegend, die Panning-Methode in RePRO zu integrieren, um vom bisherigen Funktionsumfang zu profitieren. Die dazu notwendigen Algorithmen wurden in der Programmiersprache Delphi geschrieben.

### Amplituden-Panning-Methode

Amplituden-Panning ist die am häufigsten verwendete Methode, um eine virtuelle Quelle wiederzugeben und nutzt das Phantomschallquellen-Prinzip (Havelock et al. 2008). Dabei ist in einem 2D-Wiedergabesetup im Gegensatz zu Ambisonics pro Quelle höchstens ein Lautsprecherpaar gleichzeitig aktiv. Als Amplituden-Panning-Methode für die Mehrkanalwiedergabe hat sich im letzten Jahrzehnt insbesondere Vector Base Amplitude Panning (VBAP) durchgesetzt (Pulkki 1997), u.a. da VBAP eine Verallgemeinerung eines etablierten zweikanal-stereo-Panninggesetzes ist (Havelock et al. 2008; Griesinger 2002). Aus diesem Grund wurde diese Methode ausgewählt, programmiert und in RePRO integriert. Sie steht ab Version 1.8 als zusätzliche Rendering-Methode („rendering scheme“) zur Auswahl.

### Mono-Renderings

Während des Projekts entstand der Wunsch nach einem Mono-Rendering, um die VisAsim-Simulationen auf einem Laptop oder Tablet mit Kopfhörern abspielen zu können. Unter Mono-Renderings verstehen wir ein monaurales Signal, das dem Schalldruck beim Empfänger entspricht und ergo keinerlei Richtungsinformation enthält. Das Signal wird erzeugt, indem die Immissionswinkeldaten der Quellensignale ignoriert werden und die Immissionsaudiodaten kalibriert summiert werden. Dieses Format kann auch als Ambisonics nullter Ordnung interpretiert werden. Diese Option steht als separate Rendering-Methode zur Verfügung.

### Multi-Subwoofer-Option

Bei der Wiedergabe von tiefen Frequenzen in Räumen bestimmen Raummoden die Schallübertragung. Da Raummoden ein sehr lokales Phänomen sind, lässt sich über die Positionierung der Schallquelle die Schallübertragung stark beeinflussen und kann entsprechend optimiert werden. Diese Möglichkeit wurde im Projekt VisAsim genutzt, indem für die Wiedergabe des tieffrequenten Schallanteils optional einem der fünf Lautsprecher die Zusatzfunktion des Subwoofers zugeschrieben wurde. Idealerweise wird dafür der Lautsprecher mit der linearsten Übertragungsfunktion im Tieftonbereich gewählt. Diese Information ist bei einem Demonstrator nicht per se vorhanden. Für solch unbekannte Raumsituationen kann es von Vorteil sein, den Tieftonkanal (LF) synchron über mehrere Lautsprecher gleichzeitig wiederzugeben. Diese Option steht ab Version 1.7 unter der Rubrik „subwoofer(s)“ zur Verfügung.

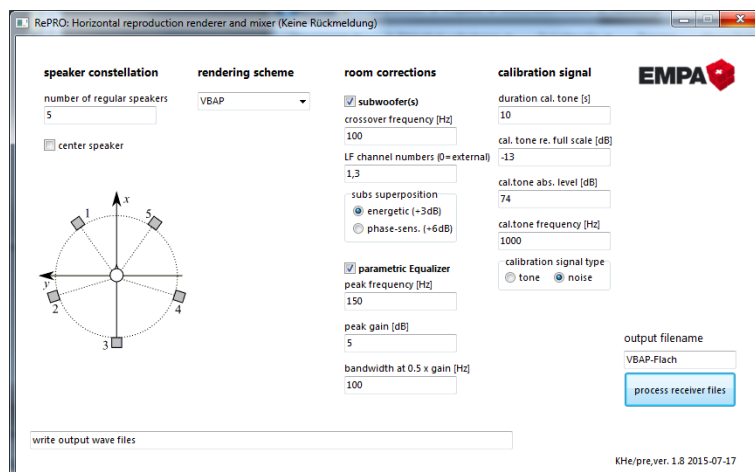


Abb. 13: Printscreen der an der Empa entwickelten Software RePRO v.1.8 mit aktivierter Rendering-Methode "VBAP" und der Multi-Subwoofer-Option (Kanäle 1 und 3 aktiviert).

## Programmierung

1. Für Pannings von mehreren Quellensignalen existiert kein kompaktes internes Format – im Gegensatz zum B-Format bei Ambisonics. Daher mussten bei der Einleseroutine der Quellensignale Anpassungen vorgenommen werden. Die maximale Anzahl Quellensignale wurde aus Kapazitätsgründen auf 10 beschränkt. So könnten auch die Simulationen mit grossen Windparks (10 Turbinen) aus VisAsim verarbeitet werden.
2. VBAP ist grundsätzlich 3D-fähig. Bei der planaren Wiedergabe (2D) vereinfachen sich jedoch die Ausdrücke für die Lautsprecher gains  $g$  und können in kompakter Form geschrieben werden (Gleichungen (26) und (27) in (Pulkki 1997)). Durch Transformation und Nutzung von Symmetrie wurde der Gain jedes Lautsprechers wie folgt berechnet:

$$g(t) = \begin{cases} \frac{\cos \varphi(t) \cdot \sin \varphi_0 + \sin \varphi(t) \cdot \cos \varphi_0}{2 \cos \varphi_0 \sin \varphi_0} & \text{für } -\varphi_0 \leq \varphi \leq \varphi_0 \\ 0, & \text{sonst.} \end{cases}$$

Dabei entspricht  $\varphi_0$  dem halben Öffnungswinkel eines Lautsprecherpaars, hier also  $36^\circ$ . Der Winkel  $\varphi$  berechnet sich nach

$$\varphi(t) = \varphi_0 - |\theta(t)|,$$

wobei  $\theta$  dem Winkel zwischen Lautsprecher und virtueller Quelle entspricht. Bei der Implementation musste insbesondere der Drehung des Empfängers relativ zu den Quellen Rechnung getragen werden. In ersten Versuchen wurden – angelehnt an die Implementation von Ambisonics – zwischen den Empfängerabtastzeitpunkten die berechneten Gains interpoliert. Jedoch führten sowohl eine lineare als auch eine logarithmische Interpolation zu hörbaren Artefakten (Klicks) beim Einsetzen der Lautsprecher. Als erfolgreich erwiesen hat sich schliesslich, in einem ersten Schritt die Immissionswinkel linear zu interpolieren und dann die Gains sampleweise zu berechnen.

3. Zur Implementation der Multi-Subwoofer-Option mussten im Programmcode Umstrukturierungen betreffend Signalfluss (Position der Frequenzweiche etc.) und Datenmanagement vorgenommen werden. Die Art der Schallüberlagerung (energetisch oder phasenrichtig) der Tieftonlautsprechersignale kann im GUI vom Benutzer gewählt werden.

- **Validierung**

### Messumgebung

Zur Validierung der neuen Wiedergabemethode wurde das akustische Wiedergabesystem des VisAsim-Demonstrators im semi-anechoischen Laborraum der Empa aufgebaut (siehe Abb. 14). Als Sitzgelegenheit wurden in der Hörzone zwei Festbänke aufgestellt.



Abb. 14: Bild des Messaufbaus im semi-anechoischen Labor der Empa.

## Raumkorrekturen

Im VisAsim-Projekt wurden zur Frequenzganglinearisierung der Wiedergabe u.a. Equalizer (EQ) eingesetzt. Die Bodenreflexion führt beispielsweise für den Empfangspunkt im Zentrum („Sweet Spot“) in der Folge destruktiver Interferenz zu einer Pegelminderung bei rund 150Hz. Dieser Raumeinfluss wurde zum Teil im VisAsim-Projekt mit einem parametrischen EQ kompensiert. Durch die neue Wiedergabemethode und die Ausdehnung des Hörbereichs wurden Anpassungen am EQ nötig.

In einem ersten Schritt wurden Frequenzgänge von repräsentativen Übertragungsstrecken zwischen Lautsprechereingängen und Empfangspositionen im Hörbereich gemessen. Die Messungen wurden mit einem Messmikrofon und einem Schallpegelmessgerät mit Terzbandanalysator vom Typ Norsonic Nor121 durchgeführt. Die Mikrofonhöhe betrug stets 1.2 m über Boden. Als Messsignal diente Rosa Rauschen. Die Grafik links in Abb. 15 zeigt die gemessenen Frequenzgänge und deren Mittelwert in Terzbändern. Aus dem mittleren Frequenzgang wurden die Einstellungen des parametrischen EQs abgeleitet (Peakfrequenz: 150 Hz, Bandbreite: 100 Hz, Gain: 5 dB).

Das tieffrequente Schallfeld wird in den Vorführungsräumen erwartungsgemäss stark von Raummoden dominiert sein, was eine ungleichmässige Schalldruckpegelverteilung zur Folge hat. Dieser Raumeinfluss soll im VisAsim-Demonstrator durch die Multi-Subwoofer-Option reduziert werden. Als Kompromiss zwischen der Streuung der Übertragungsstrecken und der Unsicherheit der Schallfeldüberlagerungsart wurde entschieden, für den Tieftonteil zwei Lautsprecher (Kanäle 1 und 3) einzusetzen. Es wird energetische Schallfeldüberlagerung angenommen.

Diese beiden Massnahmen sind als Raumkorrekturen zu verstehen. Deren Wirksamkeit wurde mit erneuten Frequenzgangmessungen validiert. Als Testsignal diente Rosa Rauschen, auf welches mit RePRO die genannten Raumkorrekturen angewendet wurden. Die Grafik rechts in Abb. 15 zeigt die gemessenen Frequenzgänge inkl. Raumkorrekturen. Im Bereich um die Terzbänder 160 Hz ist der Einfluss der parametrischen EQs zu sehen. Er führt zu einer Linearisierung des Verlaufs. Im Subwoofer-Bereich (unterhalb 100 Hz) zeigt der Frequenzgang jedoch eine Überhöhung von wenigen dB. Dies kann damit erklärt werden, dass die Annahme der energetischen Überlagerung im Laborraum nicht erfüllt ist. In realen Räumen hingegen dürfte der Pegel in diesem Frequenzbereich bis zu 3dB geringer ausfallen. In der Folge wäre auch in diesem Bereich der Frequenzgang relativ flach.

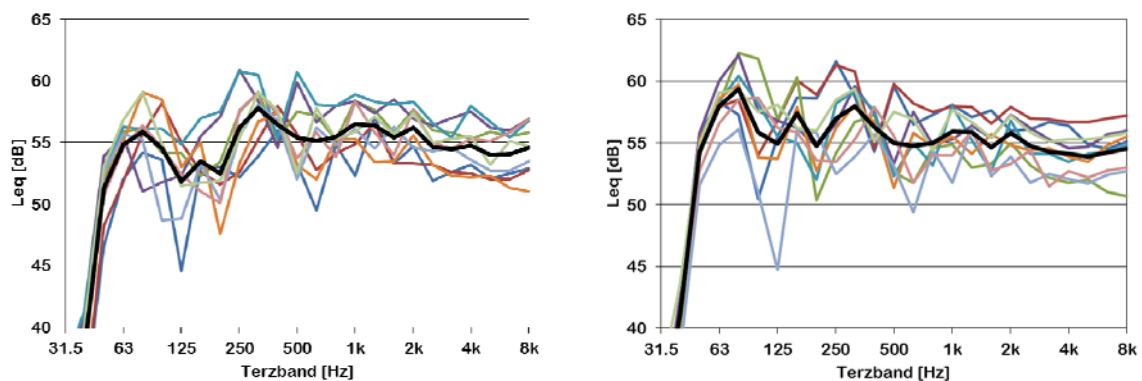


Abb. 15: Gemessene repräsentative Frequenzgänge des Wiedergabesystems ohne (links) und mit (rechts) Raumkorrekturen. Die schwarze, fette Linie zeigt den Mittelwert der 9 Einzelmessungen.

## Virtuelle Rotation

Durch die Bewegung und Rotation des Empfängers ändern sich während der Simulationen die Schalleinfallswinkel der Quellen. Für die realistische Reproduktion dieser virtuellen Rotationen ist es wichtig, dass die implementierte Panning-Methode gleichmässige Lautsprecher-signale, d.h. ohne hörbare Artefakte, erzeugt.

Zur Überprüfung der Implementation diente ein konstantes Windturbinengeräusch einer einzelnen Windturbine für einen Empfänger im Abstand von 150 m als Testsignal. Diese Quelle wurde virtuell mit 42° pro Sekunde im Uhrzeigersinn um den Empfänger gedreht, was der gleichen Drehung des Empfängers um seine eigene Achse im Gegenuhrzeigersinn bei stationärer Quelle entspricht. Diese

Drehgeschwindigkeit ist für die VisAsim-Simulationen repräsentativ. Durch den Start zwischen den Lautsprechern 1 und 5 (=frontal), wird zudem sichergestellt, dass sowohl Immissionswinkel-Abtastwerte zwischen zwei Lautsprechern sowie exakt bei einem Lautsprecher (LS2 bei 108°) zu liegen kommen. Mit diesem Vorgehen wurde die Gleichmässigkeit der Übergänge von einem zum nächsten aktiven Lautsprecherpaar überprüft.

Abb. 16 zeigt die mit VBAP gerenderten Lautsprechersignale. Zu Beginn und am Ende der Simulation befindet sich die Quelle frontal und wird korrekt mit identischer Amplitude als Phantomquelle über die Kanäle 1 und 5 wiedergegeben. Bei Panning in planarer Wiedergabe dürfen pro Quelle zu jedem Zeitpunkt höchstens zwei Lautsprecher gleichzeitig aktiv sein, was gemäss Abb. 16 erfüllt ist. Dass die Kanäle in absteigender Reihenfolge stumm, resp. aktiv geschaltet werden, bezeugt, dass die Drehrichtung korrekt wiedergegeben wird. Ebenfalls können die gleichmässigen Ein- und Ausblendungen der Signale qualitativ visuell beurteilt werden. Diese Kriterien wurden auch für ein Testsignal mit in Gegenurzeigersinn drehender Quelle überprüft.

Als wichtiges Kriterium der Wiedergabe zählte insbesondere der subjektive Höreindruck an unterschiedlichen Empfängerpositionen innerhalb der Hörzone. Das Testsignal zeigte keine hörbaren Artefakte. Die Rotation der Quelle wurde als gleichmässig und gut ortbar wahrgenommen. Es wurden keine störenden Pegelschwankungen oder spektrale Verfärbungen festgestellt. Bezüglich Quellenortung gab es jedoch ein kleines Manko: Für seitliche Hörpositionen driftet die Ortung von frontalen Quellen leicht zum näher gelegenen Lautsprecher. Dieser Effekt ist auch im Zusammenhang mit Phantomquellen bei 2-Kanal-Stereo-Wiedergaben bestens bekannt und bei dieser Methode leider unumgänglich.

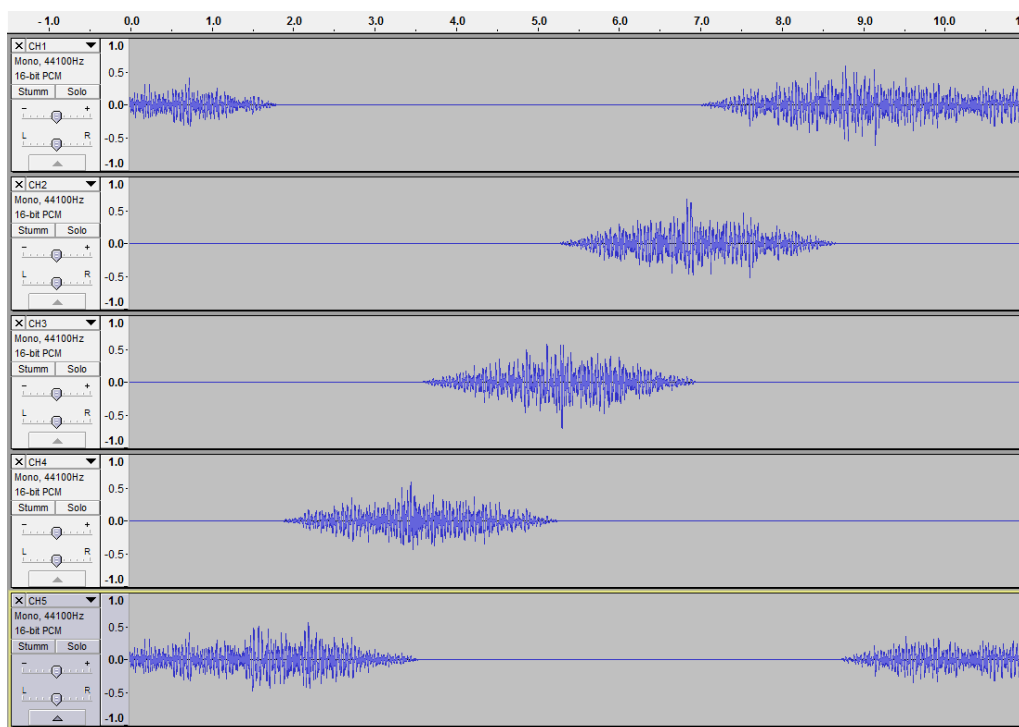


Abb. 16: Fünf mit VBAP gerenderte Lautsprechersignale (WAV-Dateien) für die virtuelle Drehung einer Quelle im Uhrzeigersinn, resp. des Empfängers in Gegenurzeigersinn.

## Vergleich mit Ambisonics

Als weiterer Test wurde ein Windpark-Szenario (5 Windturbinen im Hügellgebiet) aus der VisAsim-Akzeptanzstudie mit der neuen Methode gerendert und mit den Ambisonics-Renderings aus VisAsim verglichen. Im Direktvergleich wurde sowohl die Auralisation an einer festen Empfängerposition und -ausrichtung, als auch eine 360°-Rotation subjektiv beurteilt.

Bei Ambisonics werden insbesondere an Hörpositionen ausserhalb des Zentrums Quellen unnatürlich diffus und nicht präzise lokalisierbar wahrgenommen. Zudem wurde eine ungenügende Unterdrückung von Richtungen ohne Quelle konstatiert. Bei der neuen Methode hingegen ist die Quellenor-

tung innerhalb der Hörzone wie auch im Zentrum differenzierter. Wo bei Ambisonics das Ortungsbild bereits bei leichten, natürlichen Kopfbewegungen instabil wirkt, ermöglicht die neue Methode trotz Bewegungen eine deutlich robustere Ortung. Auch die bei Ambisonics auffälligen Klangverfärbungen (womöglich hervorgerufen durch destruktive Interferenzen) treten bei der neuen Methode kaum auf. Der subjektive Höreindruck zeigte, dass die neue Rendering-Methode eine deutliche Verbesserung der Quellenortung und des Klangs in der ganzen Hörzone ergibt.

### **Rendering der Audio-Files**

Schliesslich wurden nach der erfolgreichen Validierung die benötigten Audio-Files für die übrigen Windpark-Szenarios (5 Windturbinen im Flachland sowie im Gebirge) mit der entwickelten Panning-Methode gerendert.

## **Verknüpfung der Audio-Files mit den Videos**

Die neuen Audio-Files wurden mit der visuellen Simulation der Windparks im Videoschnittprogramm Adobe Premiere Pro zusammengefügt. Als Audiokanäle wurde das System 5.1 ausgewählt und die Audio-Files wurden den entsprechenden Audiokanälen zugewiesen. Zusätzlich wurde das Titelblatt geändert und die Übergänge mit Blenden (Audio- und Videoüberblendungen) gestaltet. Abschliessend wurden die Simulationen als Video exportiert.

Die fertigen Simulationen wurden dann mit dem Wiedergabesystem über die 5 Lautsprecher abgespielt. Dabei wurde kontrolliert, ob die Geräusche mit dem Bild übereinstimmen. Vor allem bei der Drehung um die eigene Achse kann bemerkt werden, ob die beiden Simulationen synchron sind. Dies ist in den fertigen Videos der Fall.

### **4.5.3 Mobile Wiedergabestation**

Zur Wiedergabe der Simulationen mit einer mobilen Station, an der man die Videos anschauen und über Kopfhörer die Geräusche der Windturbinen hören kann, wurden zusätzlich Videos der Simulationen mit den Mono-Renderings erstellt. Im Videoschnittprogramm Adobe Premiere Pro wurde das Mono-Rendering-File anstelle der Panning-Files geladen und als Audiokanäle wurde „Mono als Stereo“ eingestellt. Dann wurde das Audiofile an der richtigen Stelle im Video platziert (Bild mit „Start“-Position). Die Audioüberblendungen mussten anschliessend wieder neu generiert werden. Für den Export der Simulationen als Video wurde bei der Option Ausgabekanäle „Stereo“ angewählt. Schliesslich wurde überprüft, ob bei den fertigen Videos die Lokalisierung der Geräusche konsequent in der Mitte bleibt. Da dies der Fall war, sind die fertigen Videos gut für den angedachten Zweck.

Als mobiles Wiedergabegerät wurde ein iPad mit einem Kopfhörer gewählt. Um die Videos auf das iPad laden zu können, musste das Videoformat für iPad angepasst werden. Dazu wurden die Videos mit der Video Transcoder Software „HandBrake“ (<https://handbrake.fr/>) nochmals als Mp4 exportiert. So lassen sich die Videos vom Computer mit dem Programm „itunes“ auf dem iPad in der App „Videos“ speichern.

Das Mono-Rendering ist eigentlich für die Wiedergabe über einen einzigen frontalen Lautsprecher (ohne Richtungsinformation) vorgesehen. Wegen der externen Störgeräusche an der Wanderausstellung verwendeten wir stattdessen einen unkalibrierten und unkorrigierten Kopfhörer vom Typ Sony Stereo Headphones MDR-XB500. Er ist ohrumschliessend, mit dicken Ohrpolstern und hat eine ansprechende Schallisolierung. Der Wiedergabepegel des Kopfhörers wurde an der Ausstellung nach dem subjektiven Empfinden eingestellt (Abb. 17). Dazu wurden die Simulationen mit dem Lautsprecherwiedergabesystem abgespielt und der Wiedergabepegel des Kopfhörers anhand der subjektiven Lautstärke eingestellt.

Es muss betont werden, dass bei der Wiedergabe der Mono-Renderings über Kopfhörer weder die Lautstärke exakt kalibriert wird, noch die für binaurale Wiedergabe unerlässlichen Kopfübertragungsfunktionen (HRTF) enthalten sind. Die Wiedergabe der Geräusche mit der mobilen Station ist also

nicht physikalisch korrekt. Die Station dient einzig dazu, dass während des Ausstellungsbetriebs Besucher die Geräusche der Windturbinen mit etwas weniger Störgeräuschen wahrnehmen können.



Abb. 17: Einstellen des Wiedergabepegels am iPad anhand der subjektiven Lautstärke der Geräusche im MVAL.

## 4.6 Evaluation

Die Evaluation wurde durch die Hypothese geleitet, dass VisAsim die Meinungsbildung bezüglich Windparks unterstützen kann. Insbesondere können die visuell-akustischen Simulationen die Vorstellung unterstützen, wie ein geplanter Windpark in der Landschaft aussehen und sich anhören könnte. Dies kann Personen helfen, sich Windpark-Szenarien vorzustellen und Auswirkungen des Windparks einzuschätzen, was zur Meinungsbildung beitragen kann.

Die Qualität von VisAsim zur Unterstützung der Meinungsbildung wurde mittels einer Besucherbefragung erfasst. Zusätzlich wurde die Durchführung der VisAsim-Demonstration evaluiert. Hierzu wurden im Dialog der Standbetreuer mit den Besuchern qualitative Rückmeldungen zur Demonstration von VisAsim gesammelt. Darüber hinaus wurde eine Besucherzählung durchgeführt, um die Attraktivität von VisAsim zu messen und das Interesse an dem Ausstellungsmodul «VisAsim-Demonstration» abzubilden.

Das Evaluationskonzept wurde mit der wissenschaftlichen Projektbegleitung sowie dem Projektteam der Wanderausstellung (Gesamtprojektleiter, Partner BFE, Partner Kanton Thurgau) diskutiert. Mit dem Projektteam wurde festgelegt, welche Fragen zusätzlich für den Kanton von Interesse sind. Es wurde vereinbart, dass im Fragebogen zwei Fragen zur Einstellung bezüglich Windenergie in der Schweiz bzw. im eigenen Kanton gestellt werden sollen. Ziel war es, zu erfassen, ob die Besucher Windenergie als Teil der Lösung ansehen bzw. ob Windenergie für sie akzeptabel ist. In den folgenden Kapiteln werden der Ablauf der Befragung sowie die einzelnen Evaluationsmedien vorgestellt.

### • Ablauf Befragung

Grundsätzliches Ziel war es zu untersuchen, ob VisAsim die Vorstellung von Windpark-Szenarien sowie die Meinungsbildung bezüglich gezeigter Windpark-Szenarien unterstützen kann. Der Mehrwert wurde im Vergleich zu einem Faktenblatt erfasst, das dieselben Windpark-Szenarien wie in den VisAsim-Simulationen beschreibt.

Die Besucher der VisAsim-Demonstration wurden von einem Standbetreuer gefragt, ob sie an der Befragung teilnehmen möchten. Wenn ja, erhielten sie einen Fragebogen und eine kurze Erläuterung zum Ablauf. Vorgesehen war, dass die Teilnehmenden gebeten werden, zunächst die Einstiegsfragen zu beantworten. Anschliessend sollten sie entweder zuerst die Simulationen sehen und Fragen dazu beantworten und dann das Faktenblatt lesen sowie zugehörige Fragen beantworten oder umgekehrt. Durch die Umkehrung der Präsentationsreihenfolge von Simulationen und Faktenblatt können die Effekte auf die Bewertung erfasst werden, die sich eventuell dadurch ergeben, dass die Teilnehmenden mehr Zeit zur Beschäftigung mit dem Thema haben. In der Praxis hat sich allerdings herausgestellt, dass dieser Ablauf an einer Ausstellung nicht machbar ist. Die Besucher gingen in der Regel zuerst in den VisAsim-Demonstrator und haben sich die Simulationen angesehen. Beim Verlassen des

Demonstrators wurden die Besucher gefragt, ob sie einen Fragebogen beantworten möchten. So konnte eine Befragung, bei der zuerst auf das Faktenblatt eingegangen wird, nicht durchgeführt werden. Zum Schluss wurden die Teilnehmenden gebeten, einige statistische Angaben zu ihrer Person zu machen.

In Ergänzung zur quantitativen Befragung wurden Rückmeldungen zur Durchführung der VisAsim-Demonstration gesammelt. Dabei ging es darum, zu erfassen, wie attraktiv die VisAsim-Demonstration für die Ausstellungsbesucher ist und wie informativ sie den Stand finden. Für die Gespräche mit Besuchern wurden den Standbetreuern Leitfragen gegeben. Die Rückmeldungen der Besucher wurden von den Standbetreuern in Stichpunkten schriftlich festgehalten.

- **Faktenblatt zu den Windpark-Szenarien**

Das Faktenblatt (s. Anhang 10.1) beschreibt die Windpark-Szenarien so, dass die Besucher eine Vorstellung von den Windparks bekommen und sich eine Meinung darüber bilden können. Es enthält zum einen die wichtigsten technischen Informationen zu den Windpark-Szenarien, wie Anzahl, Typ und Grösse der Windturbinen, ihr Rotordurchmesser sowie die Flächengrösse des Windparks. Zum anderen werden Informationen zur möglichen Energiegewinnung pro Jahr, den Windbedingungen in dem Gebiet und dem Schalldruckpegel einer Windturbine gegeben. Es werden jeweils alltagsbezogene Beispiele angeführt, die eine anschauliche Bezugsgrösse für die angegebenen Werte bieten.

- **Fragebogen**

Der Fragebogen (s. Anhang 10.2) ist in drei Teile unterteilt: (1) Einstiegsfragen, (2) den eigentlichen Bewertungsfragen und (3) einem Schlussteil mit Fragen zu den Teilnehmern. Im ersten Teil wird die grundsätzliche Meinung der Besucher bezüglich Windparks in der Schweiz und in ihrem Kanton erfragt. Diese Einstiegsfragen sind für die Teilnehmer leicht zu beantworten und sie können hier bereits ihre Einstellung zur Windenergiegewinnung zeigen. Damit soll vermieden werden, dass Teilnehmer versuchen, bei den Antworten auf die folgenden Fragen ihre persönliche Einstellung zu verdeutlichen. Mit einer weiteren Zusatzfrage wird die Erfahrung der Teilnehmer mit Windenergieanlagen erfasst.

Bei den Bewertungsfragen geht es zum einen darum zu erfassen, wie gut sich die Teilnehmer die Windpark-Szenarien vorstellen können und zum anderen, wie gut die VisAsim-Demonstration im Vergleich zum Faktenblatt die Meinungsbildung über die Windpark-Szenarien unterstützt hat. Im Sinne einer Zusatzfrage wird darüber hinaus erfragt, wie die Windpark-Szenarien den Teilnehmern gefallen. Die Resultate zu dieser Frage können zeigen, ob es einen Unterschied in der Meinung gibt, die basierend auf dem Faktenblatt bzw. den Simulationen gebildet wurde. In Bezug auf das Faktenblatt und auf die Simulationen werden jeweils vier ähnliche Fragen gestellt. Die Antworten werden quantitativ anhand einer 11-teiligen, diskreten Skala mit Werten von 0-10 erfasst, die dem Standard ISO/TS 15666:2003<sup>3</sup> entspricht. Diese Skala hat sich bereits im VisAsim-Projekt sowohl für die Validierung der VisAsim-Simulation als auch für eine Akzeptanzstudie, bei der VisAsim eingesetzt wurde, bewährt (Manyoky 2015).

Mit den Informationen zu den teilnehmenden Personen können die Ergebnisse der Befragung detaillierter ausgewertet werden. Neben den Fragen zum Geschlecht und Alter wird auch danach gefragt, aus welchem Kanton die Teilnehmer kommen. Insbesondere war im Rahmen der WEGA 2015 interessant, wie die Ergebnisse zur generellen Akzeptanz der Windenergie in Bezug auf die Bevölkerung im Kanton Thurgau bzw. den angrenzenden Kantonen aussehen. Deshalb wurden bei der Frage nach dem Wohnkanton explizit diese Kantone zum Ankreuzen angegeben. Ein weiterer Grund, warum die übrigen 20 Kantone der Schweiz nicht angeführt wurden, war, dass der Fragebogen auf eine doppelseitig bedruckte A4-Seite passen sollte. Für Teilnehmer aus anderen Kantonen wurde deshalb ein Feld zum Ausfüllen angeboten. Darüber hinaus hat Manyoky (2015) gezeigt, dass die Akzeptanz von Windparks in unterschiedlichen Landschaften auch davon abhängt, welche Beziehung man zu einem

---

<sup>3</sup> «ISO/TS 15666:2003 Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys», [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=28630](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=28630)

bestimmten Landschaftstyp hat. Fragen danach machen beispielsweise eine differenziertere Auswertung des Gefallens sowie des Störpotenzials der Geräusche der Windpark-Szenarien möglich.

Im Gegensatz zur Durchführung eines Experiments unter kontrollierten Bedingungen, konnte nicht beeinflusst werden, wie viele Ausstellungsbesucher einen Fragebogen ausfüllen. Deshalb konnte erst nach erfolgter Befragung mit dem tatsächlichen Rücklauf der Fragebögen entschieden werden, welche Aspekte vertieft analysiert werden. Dazu wurden zunächst die Ergebnisse der Fragebögen digitalisiert und Auswertungen erstellt. Anhand der Diagramme liess sich erkennen, ob es Unterschiede in der Vorstellbarkeit der Windparks bzw. der Meinungsbildung über die Windpark-Szenarien im Vergleich der Antworten in Bezug auf die Simulationen und das Faktenblatt gibt. Anhand der ersten Auswertungen wurde entschieden, welche zusätzlichen Auswertungen Sinn machen, um den Einfluss verschiedener Variablen auf die Vorstellbarkeit der Windpark-Szenarien und die Meinungsbildung zu untersuchen.

- **Besucherzählung**

Mit der Besucherzählung wurde die Attraktivität der VisAsim-Demonstration erfasst. Diese sollte als Verhältnis der Besucher der VisAsim-Demonstration, der Besucher der Sonderschau „Windenergie, natürlich!“ und der gesamten Messebesucher ausgedrückt werden.

Gemäss der WEGA-Messeleitung hat die WEGA jährlich ca. 100'000 Besucher. Dieser Wert basiert auf Zählungen von Besuchern pro m<sup>2</sup> zu verschiedenen Zeiten an einer der vergangenen WEGA-Events, die dann auf die Gesamtdauer des Events hochgerechnet wurden. Für die WEGA 2015 war keine neue Besucherzählung vorgesehen und offiziell wird die Anzahl von 100'000 Besuchern als erreicht angesehen (WEGA 2015). Deshalb wurde mit diesem Wert als Bezugsgrösse gerechnet.

Zur Erfassung der Besucher der Wanderausstellung sowie der Anzahl Personen, die die VisAsim-Demonstration erlebt haben, wurden Einhandzähler eingesetzt. Zwei Standbetreuer erhielten hierzu je einen Handzähler. Ein Standbetreuer konzentrierte sich darauf, Personen zu erfassen, die sich die Wanderausstellung auch tatsächlich ansehen. Ein weiterer zählte die Personen, die den VisAsim-Demonstrator betreten haben.

## **4.7 Medienarbeit**

Die Medienarbeit für die gesamte Wanderausstellung wurde vom Gesamtprojektleiter koordiniert. Bereits beim ersten Treffen mit allen Projektpartnern wurde grundsätzlich vorgegeben, dass alle an der Ausstellung Beteiligten nicht von „Windkraft“ sprechen, sondern von „Windenergie“. Windkraft wird eher mit industrieller Nutzung assoziiert und Kraftwerke können Angst machen. Energie hingegen ist eher positiv konnotiert. Aus demselben Grund sollte von „Windenergie gewinnen“ gesprochen werden.

Im Folgenden wird die Medienarbeit für die VisAsim-Demonstration dokumentiert. Neben der Überarbeitung der VisAsim-Webseite wurden Informationstexte, Blogbeiträge und Medienmitteilungen verfasst und herausgegeben. Als Kurzinformation zum Mitnehmen für Besucher der Ausstellung wurde ein Leporello erstellt. Als Beitrag zur Medienmappe zur gesamten Wanderausstellung wurden aus diesen Materialien gezielt Informationen und Bildmaterial für Medienschaffende ausgewählt. Mit dieser Medienarbeit wurden Medienschaffende auf die VisAsim-Simulationen und die VisAsim-Demonstration aufmerksam. Dies führte vor und während der Ausstellung zu vertiefenden Interviews und Medienberichterstattung in Form von Radiobeiträgen, Zeitungs- und Online-Artikeln.

### **4.7.1 Webseite**

Die bestehende Webseite des VisAsim-Projekts ([www.visasim.ethz.ch](http://www.visasim.ethz.ch)) wurde laufend überarbeitet und mit Informationen zur VisAsim-Demonstration ergänzt. Es wurden Hintergrund, Ziel und Vorgehen der VisAsim-Demonstration erläutert sowie wichtige Eckdaten zur Sonderausstellung an der WEGA 2016 in Weinfelden ergänzt. Für weiterführende Informationen wurden Links zu den Webseiten der Projektpartner gesetzt.

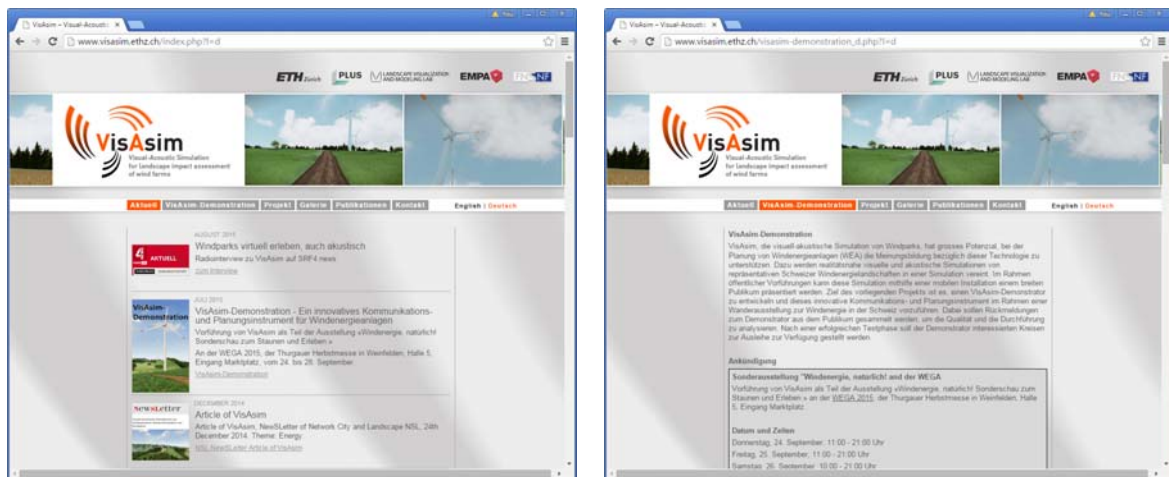


Abb. 18: Webseite des Projekts VisAsim, die mit Informationen zur VisAsim-Demonstration erweitert wurde.

#### 4.7.2 Informationstexte, Blog und Medienmitteilung

Die Information von Seiten der WEGA-Organisation über die VisAsim-Demonstration erfolgte zusammen mit der Werbung für die Wanderausstellung „Windenergie, natürlich!“. Zum Projektauftritt wurde gemeinsam mit ideja und dem Kanton Thurgau ein Text für den Flyer und die Webseite der WEGA zur Ankündigung der Sonderschau verfasst.

Des Weiteren wurde über die VisAsim-Simulation auf der Webseite der ETH Zürich in einem Zukunftsblogbeitrag berichtet, in dem auch auf die Vorführung von VisAsim als Teil der Ausstellung „Windenergie, natürlich!“ an der WEGA 2015 hingewiesen wurde. Von der Empa wurde eine Medienmitteilung zu VisAsim und der Vorführung an der Thurgauer Herbstmesse herausgegeben. Die beiden Medienstellen wurden so koordiniert, dass der Zukunftsblog der ETH Zürich und die Medienmitteilung der Empa zeitgleich erschienen.

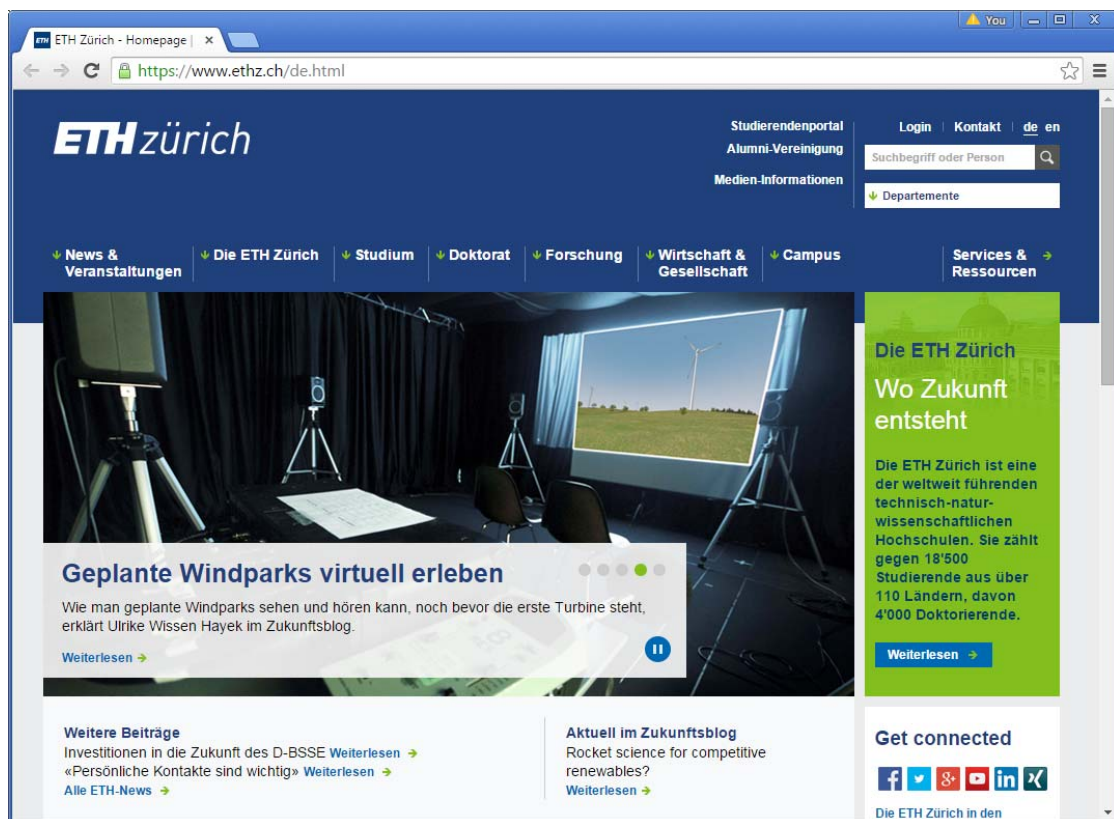


Abb. 19: Information zu VisAsim auf der Startseite der ETH Zürich mit Link zum Zukunftsblogbeitrag.

Die Informationen wurden von verschiedenen Medienschaffenden aufgenommen und sind in der Schweiz z.B. auf Blick.ch sowie in Google Alert erschienen. Auch in Deutschland wurde ein Hinweis unter „aktuelle Meldungen“ auf der Webseite „Windindustrie in Deutschland“ platziert und auf idw – Informationsdienst Wissenschaft publiziert.

Ausgewählte Internet-Adressen:

- WEGA-Ankündigung der Sonderschau „Windenergie, natürlich!“:  
<http://www.messen-weinfelden.ch/wega/ausstellung/sonderschauen.html>
- Beitrag zu VisAsim im Zukunftsblog der ETH Zürich:  
<https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/08/geplante-windparks-virtuell-erleben.html>
- Medienmitteilung der Empa zu VisAsim:  
<http://www.empa.ch/plugin/template/empa/1389/160678/---/l=1>
- Bericht zum VisAsim-Demonstrator auf Blick.ch:  
<http://www.blick.ch/life/wissen/windenergie-ein-simulator-macht-zukuenftige-windparks-erlebbar-id4109769.html>
- Beitrag zur VisAsim-Demonstration auf idw – Informationsdienst Wissenschaft:  
<http://www.windindustrie-in-deutschland.de/meldungen/seite/2/>
- Beitrag zur VisAsim-Demonstration im Monatsreport 09/2015 von IWR.de  
<http://www.iwr.de>

#### 4.7.3 Interviews und Fachbeiträge

Nachdem die Medienmitteilung der Empa sowie der Zukunftsblogbeitrag der ETH Zürich zu VisAsim erschien, interessierten sich weitere Medienschaffende für das innovative Simulationsinstrument. Das Schweizer Radio und Fernsehen führte ein Interview zu VisAsim durch, das am 31. August 2015 auf SRF4 news gesendet wurde (<http://www.srf.ch/sendungen/srf-4-aktuell/windparks-virtuell-erleben-auch-akustisch>).

Zum Auftakt der Wanderausstellung an der WEGA 2015 fand ein Medien-Meeting statt. Die Medienschaffenden wurden kurz die Inhalte der drei Ausstellungsteile vom BFE, Kanton Thurgau und der ETH Zürich / Empa präsentiert. Anschliessend fanden Führungen durch die Sonderschau statt und Medienschaffende führten Interviews durch.

In der Folge wurden Beiträge in verschiedenen Fachzeitschriften publiziert, wie «ChemieXtra» und «elektrobörse smarthouse». In der Newsplattform für erneuerbare Energien «ee news» wurde ein Artikel zur WEGA-Sonderschau veröffentlicht. Auch im Tagesanzeiger erschien ein Artikel zu VisAsim. Die folgenden Internetadressen führen zu den jeweiligen Beiträgen:

- Tagesanzeiger (28.09.2015, S. 40): Virtuelle Windparks gegen Ängste  
<http://www.tagesanzeiger.ch/zeitungen/virtuelle-windparks-gegen-aengste/story/23087711>
- ChemieXtra (10/2015, S. 38):  
[http://www.chemiextra.com/fachzeitschrift.php?t=Aktuelle%2BAusgabe&read\\_group=8](http://www.chemiextra.com/fachzeitschrift.php?t=Aktuelle%2BAusgabe&read_group=8)
- elektrobörse smarthouse (09/2015, S. 7):  
<http://www.elektroboerse-smarthouse.de/photovoltaik/energiespeicher/artikel/122867>
- ee news (25. Sep. 2015):  
<http://www.ee-news.ch/de/article/32053/wega-sonderschau-visuell-akustische-simulation-einer-windparkbegehung>
- intelligent bauen (10/2015, S. 44-45):  
<http://issuu.com/fachkom/docs/intelligent-bauen-10-2015>

## Leporello

Als Informationsbroschüre zum Mitnehmen an der Ausstellung wurde ein Leporello gestaltet, auf dem die wichtigsten Fakten zu VisAsim und dem VisAsim-Demonstrator zusammengefasst werden. Die Gestaltung des Leporellos wurde an die der Roll-Up Displays angepasst, die für die VisAsim-Demonstration erstellt wurden (s. Kapitel 4.3). Zudem wurde bei den Texten auf eine allgemein verständliche Sprache geachtet.

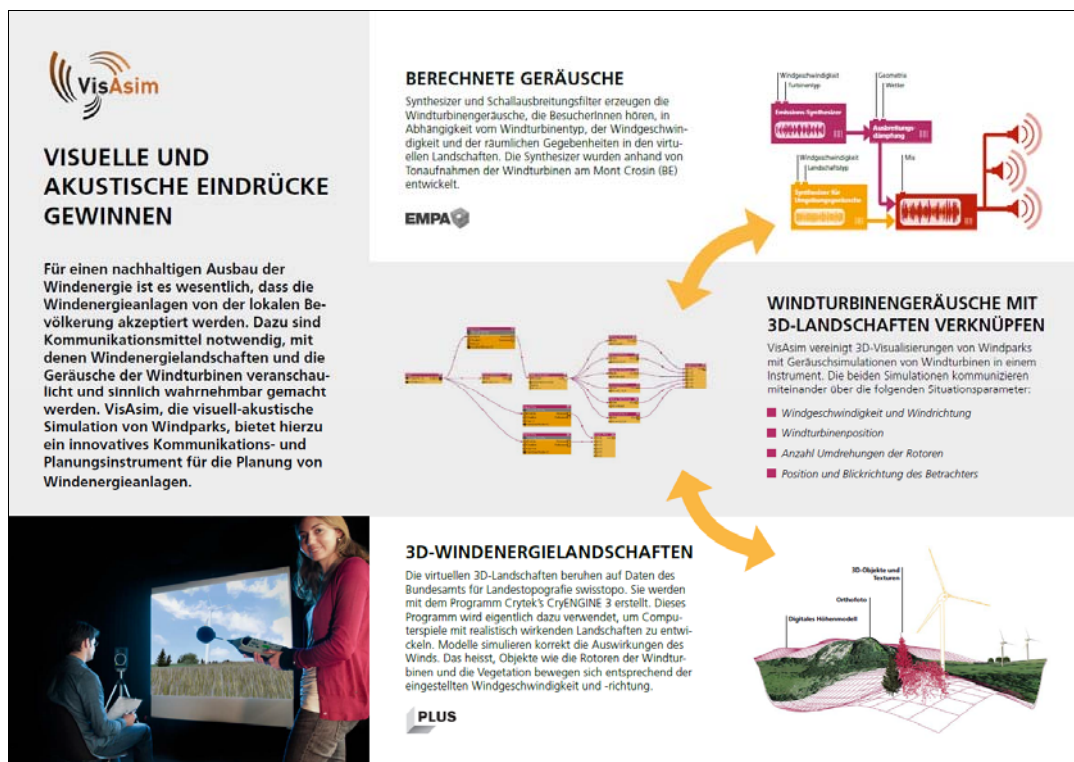


Abb. 20: Vorder- und Rückseite des Leporello. Das Leporello wird mit Wickelfalz gefaltet.

#### **4.7.4 Mediendossier**

Den Medienschaffenden, die an die Eröffnung der Wanderausstellung gekommen sind, wurde ein Mediendossier zur gesamten Ausstellung abgegeben. Dieses wurde vom Gesamtprojektleiter zusammengestellt und bestand aus Informationsmaterial zu den verschiedenen Ausstellungsteilen und einem USB-Stick mit Text- und Bildmaterial in digitaler Form. Zur Information über VisAsim wurden dem Mediendossier das Leporello (s. Kapitel 0) sowie ein Dokument mit dem Beitrag des Zukunftsblogs an der ETH Zürich (s. Kapitel 4.7.2) beigelegt. Auf dem USB-Stick wurde dieser Text sowie ausgewähltes Bildmaterial zu VisAsim zur Verfügung gestellt.

# 5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Resultate der Umsetzung des VisAsim-Demonstrators sowie die Ergebnisse der Evaluation vorgestellt. Im Kapitel 5.1 werden vor allem Impressionen vom Piloteinsatz des VisAsim-Demonstrators an der WEGA 2015 in Weinfelden gegeben. Im Kapitel 5.2 wird dann detailliert auf die Ergebnisse der Besucherzählung und der Befragung eingegangen.

## 5.1 VisAsim-Demonstration

### 5.1.1 Aufbau des VisAsim-Demonstrators

Der Aufbau des VisAsim-Demonstrators erfolgte wie geplant. Allerdings stellte sich vor Ort heraus, dass die Wandverkleidung mit Messewänden (s. Abb. 21) den Raum insgesamt zu klein werden liess. Ein genügend breiter Fluchtweg während des Ausstellungsbetriebs war nicht mehr gewährleistet. Deshalb mussten die Wände entfernt und das bereits aufgebaute Lab verschoben werden. Auch die zum VisAsim-Demonstrator gehörenden Teppichfliesen konnten nicht verlegt werden, da bereits ein Teppich im gesamten Ausstellungsraum verlegt war.

Es hat sich herausgestellt, dass Personen, die zum ersten Mal das MVAL aufbauen, sich schwer vorstellen können, wie das aufgebaute Lab tatsächlich aussieht. Dies erschwert den Zusammenbau der Einzelteile. Deshalb wird für ein neues Team eine erfahrene Leitung für den Standaufbau benötigt. So lässt sich das MVAL mit weiteren 4 Personen in ca. 5 Stunden aufbauen. Mit den Erfahrungen aus dem Piloteinsatz des VisAsim-Demonstrators wurden die Entwürfe der Manuals (s. Kapitel 4.4) weiter angepasst.

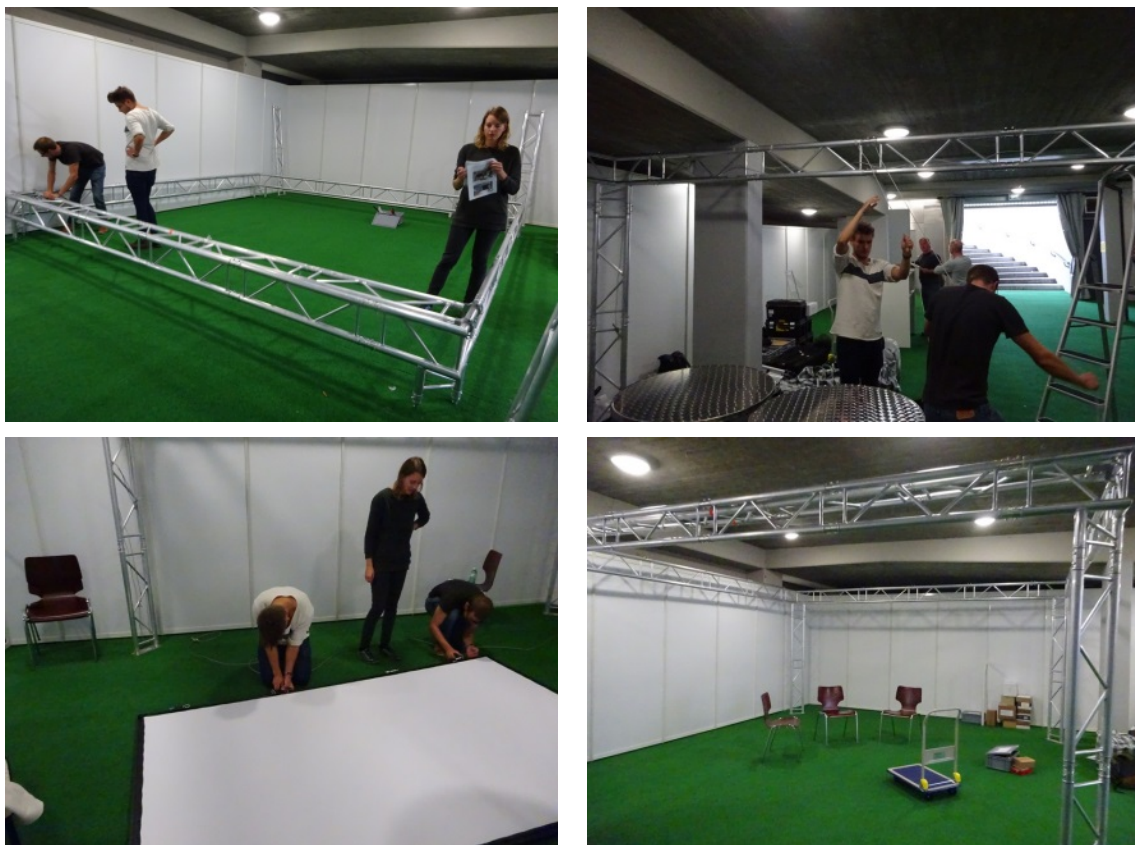


Abb. 21: Impressionen vom Aufbau des VisAsim-Demonstrators in Weinfelden. In den Fotos sieht man noch die aufgebauten Messewände auf der linken Seite, die entfernt werden mussten. (Fotos: U. Wissen Hayek)

## 5.1.2 Durchführung der VisAsim-Demonstration und Evaluation

Die WEGA 2015 fand bei sehr guten Wetterbedingungen statt und rund 100'000 Personen besuchten die Familien-Herbstmesse in Weinfelden (WEGA 2015).



Abb. 22: Impressionen von der WEGA 2015. (Fotos: U. Wissen Hayek)

Die verschiedenen Stationen der Sonderschau „Windenergie, natürlich!“ präsentierten sich als eine zusammenhängende Ausstellung. Die unterschiedlichen Informations- und Aktivitätsstände boten für alle Altersklassen etwas Interessantes.



Abb. 23: Impressionen von der Wanderausstellung „Windenergie, natürlich!“. (Fotos: U. Wissen Hayek)

An den ersten beiden Veranstaltungstagen wurde die gesamte Ausstellung Medienschaffenden und geladenen Gästen aus Politik, Verwaltung und Energieversorgungsunternehmen vorgestellt. Wie auch die anderen Ausstellungsteile wurde der VisAsim-Demonstrator im Rahmen von Führungen vorgestellt. Es wurden technische Details zu den Simulationen anhand der Roll-up Displays (s. Kapitel 4.3) erklärt. Zudem wurde die Vorführung der Simulationen kommentiert. Während der gesamten Ausstellung ging das Team der Standbetreuer auf Fragen von Besuchern und Besucherinnen zu den VisAsim-Simulationen ein. Darüber hinaus kamen viele Fragen auf zum Thema Vogelschutz, zu anderen Windturbinentypen wie vertikalen Windenergieanlagen sowie zur Zuverlässigkeit und Sicherheit der Windenergiegewinnung und dem Windenergiepotenzial im Kanton Thurgau. Die Standbetreuer verwiesen bei solchen Fragen soweit möglich auf Informationsmöglichkeiten an den anderen Ausstellungsstationen.



Abb. 24: Ansichten innerhalb (oben) und ausserhalb (unten) des VisAsim-Demonstrators. (Fotos: U. Wissen Hayek)

Der VisAsim-Demonstrator wurde rege besucht und etliche Besucher und Besucherinnen aller Altersklassen erklärten sich bereit, an der Umfrage teilzunehmen.



Abb. 25: Durchführung der Besucherbefragung. (Fotos: U. Wissen Hayek)

## 5.2 Ergebnisse der Evaluation

### 5.2.1 Attraktivität der VisAsim-Demonstration: Besucherzählung

Gemäss Besucherzählung haben fast 14'000 Personen die Wanderausstellung „Windenergie, natürlich!“ besucht (s. Abb. 26). Dies entspricht gut 14 % der WEGA-Besucher, wenn von insgesamt ca. 100'000 Besuchern ausgegangen wird (WEGA 2015). Von den Besuchern der Ausstellung haben über 1'900 Personen (bzw. 14 %) auch die VisAsim-Demonstration erlebt. Die Auswertung der Verteilung der Besucher über die fünf Messetage zeigt, dass die Besucherfrequenz am Wochenende am höchsten war (Abb. 27). Erwartungsgemäss kamen am Montag wesentlich weniger Besucher als an den übrigen Messetagen.

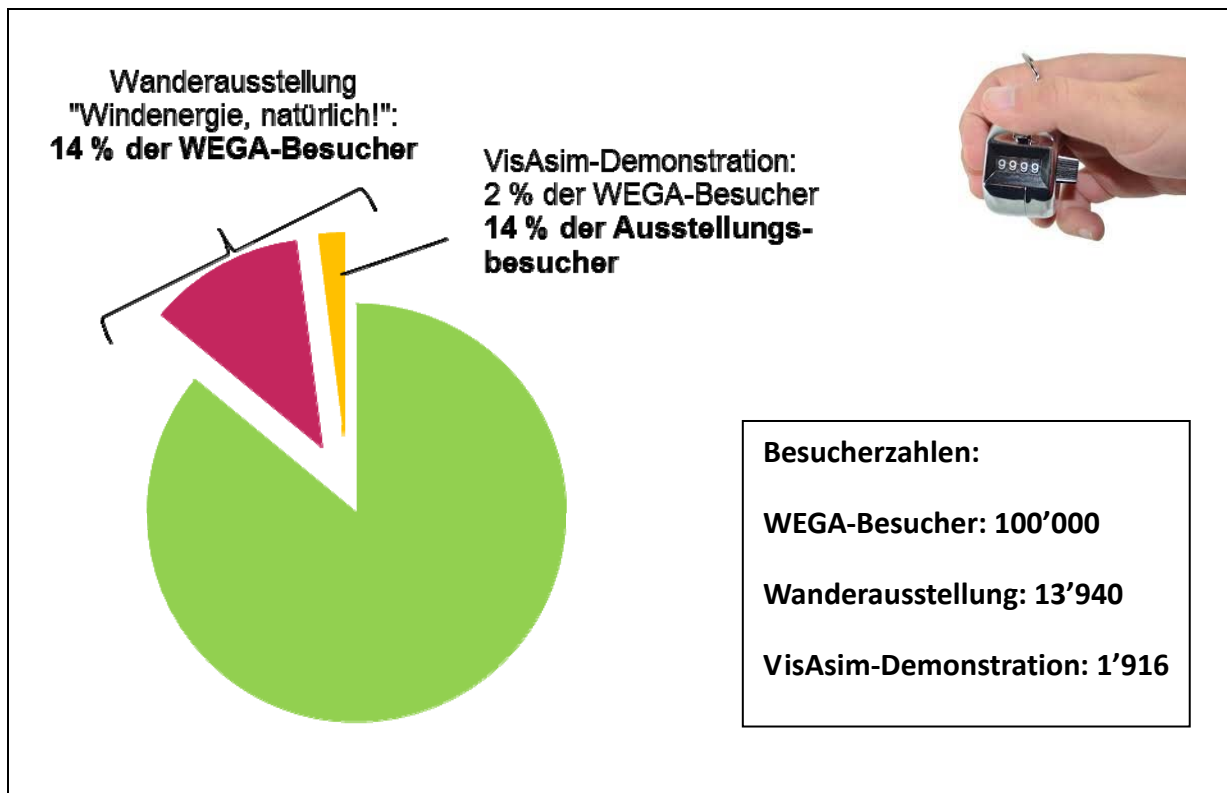


Abb. 26: Attraktivität der VisAsim-Demonstration: Besucher der WEGA 2015, der Wanderausstellung sowie der VisAsim-Demonstration.

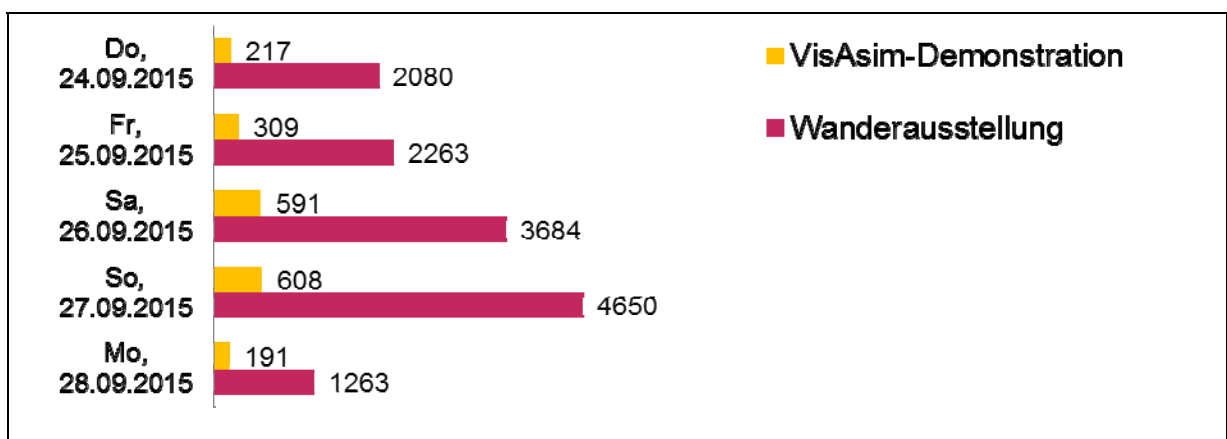


Abb. 27: Besucherzahlen an den verschiedenen Messetagen.

Am Donnerstag und Freitag setzte sich die Besuchergruppe hauptsächlich aus Personen im Pensionsalter (> 65 Jahre) und Müttern mit Kindern zusammen. Zusätzlich kamen auch einige berufstätige Personen gezielt an die Ausstellung, um sich zu informieren. Sie waren durch die Medienarbeit aufmerksam geworden und hatten zum Teil im Vorfeld der Ausstellung Termine für eine persönliche Führung durch die VisAsim-Demonstration vereinbart. Unter ihnen waren Vertreter von Energieversorgungsunternehmen (EVU) aus dem Kanton Zürich, dem Kanton Solothurn sowie aus Baden-Württemberg (D), Projektleiter von Windenergieprojekten aus dem Kanton Schaffhausen und dem Kanton Appenzell Innerrhoden und ein Vertreter des Raumplanungsamts des Kantons Jura, der mit der kantonalen Richtplanung zur Windenergie betraut ist. Am Wochenende setzte sich das Publikum aus allen Altersklassen zusammen. Am Montag, dem letzten Ausstellungstag, war auffällig, dass einige Personen ganz gezielt an die Ausstellung kamen und sich sehr viel Zeit für die Erkundung der einzelnen Ausstellungsteile genommen haben.

### 5.2.2 Besucher und ihre grundsätzliche Meinung zu Windparks

Von den Besuchern der VisAsim-Demonstration füllten 134 Personen einen Fragebogen aus (Abb. 30). Die meisten Teilnehmenden der Befragung kamen aus dem Kanton Thurgau (75 %), weitere aus den benachbarten Kantonen Zürich (8 %), Sankt Gallen (6 %), Schaffhausen (1.5 %) und Appenzell (2.3 %). Die übrigen Teilnehmenden kamen aus anderen Kantonen. Es haben etwas mehr Männer (56 %) als Frauen (44 %) teilgenommen. Vertreter aller Altersklassen, von 10-19 Jahren angefangen bis zur Klasse der über 59jährigen, nahmen an der Befragung teil. Auffällig ist ein grosser Anteil (39 %) der Personen der Altersklasse über 59 Jahre (Abb. 28).

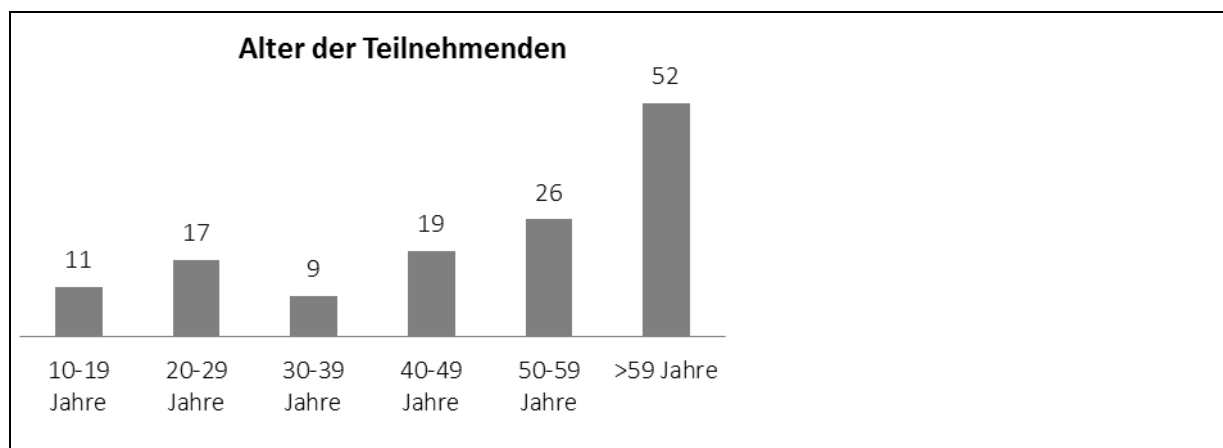


Abb. 28: Antworten (n = 134) auf die Frage „Wie alt sind Sie?“ Dargestellt ist die Teilnehmeranzahl je Altersklasse.

Die Auswertung der Antworten zur grundsätzlichen Meinung zu Windparks sowie der Erfahrung mit Windparks erfolgte jeweils für alle Teilnehmer und dann nochmals nur für die Teilnehmer, die aus dem Kanton Thurgau kommen (n = 99).

Der Grossteil der Teilnehmer findet Windparks sowohl in der Schweiz (93 %) als auch in ihrem Kanton (87 %) akzeptabel oder sehr akzeptabel (Abb. 29). Nur vereinzelte Teilnehmer meinen, dass Windparks grundsätzlich unakzeptabel oder sogar sehr unakzeptabel sind. Allerdings sieht man auch, dass einige Teilnehmer Windparks in der Schweiz generell akzeptieren, sie diese jedoch in ihrem Kanton nicht ebenso angemessen finden.

58 % der Teilnehmer bzw. 60 % der Teilnehmer, die Thurgauer sind, gaben an, dass sie schon einmal in einem Windpark waren (Abb. 30). Das heisst aber auch, ein grosser Anteil der Teilnehmer hatte keine Windparkerfahrung. Diejenigen Teilnehmer, die Windparks aus eigener Erfahrung kennen, haben zum grössten Teil (67 %) angegeben, dass sie die Windturbinen positiv empfunden haben (Abb. 31). Nur zwei Personen fanden die Windturbinen negativ und sieben Personen hatten gemischte Erfahrungen gemacht. Ein sehr ähnliches Bild zeigt sich auch für die Teilnehmer aus dem Kanton Thurgau.

### Wie angemessen sind Windparks ...

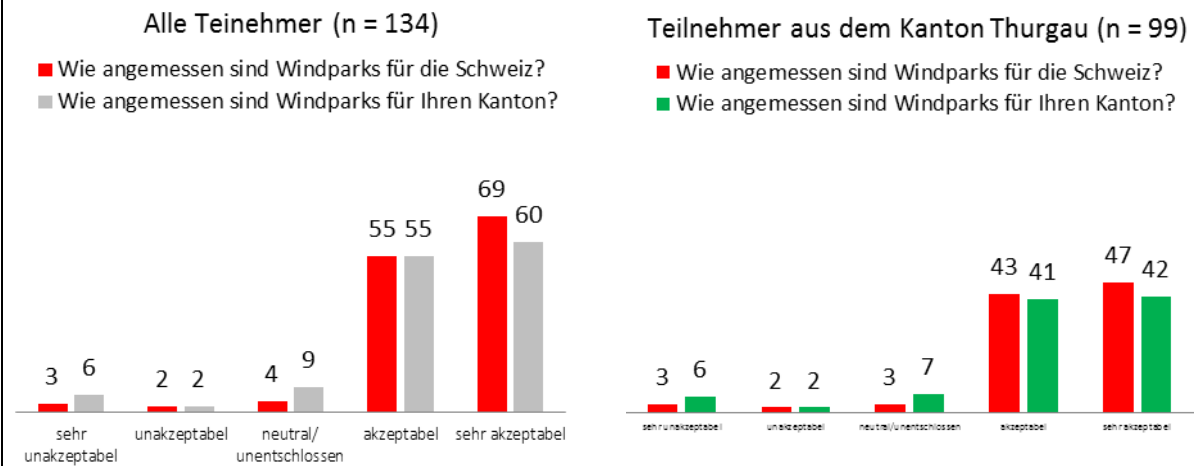


Abb. 29: Antworten auf die Fragen „Wie angemessen sind Windparks ... (a) für die Schweiz? (b) für Ihren Kanton?“ (links: alle Teilnehmer (n = 134); rechts: nur Teilnehmer aus dem Kanton Thurgau (n = 99).

### Waren Sie schon einmal in einem Windpark?

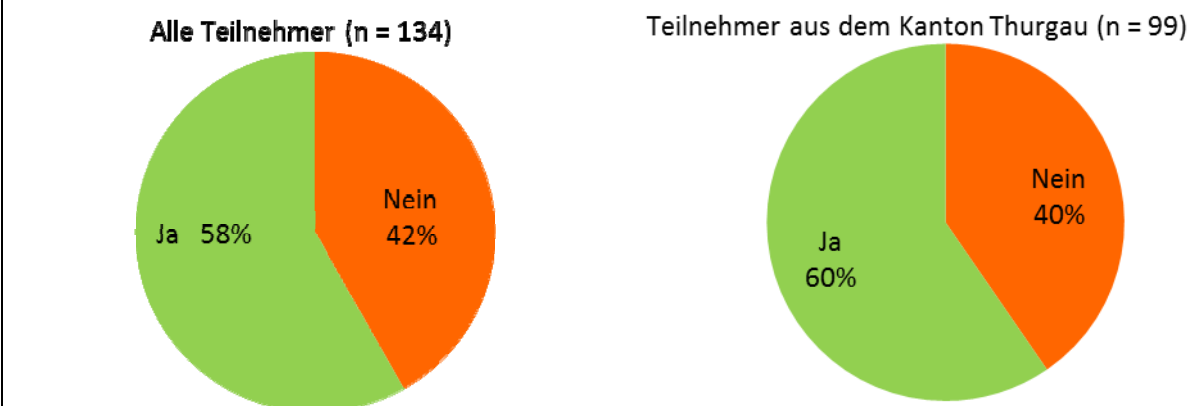


Abb. 30: Antworten auf die Frage „Waren Sie schon einmal in einem Windpark?“ (links: alle Teilnehmer (n = 134); rechts: nur Teilnehmer aus dem Kanton Thurgau (n = 99).

### Wie haben Sie dort die Windturbinen empfunden?

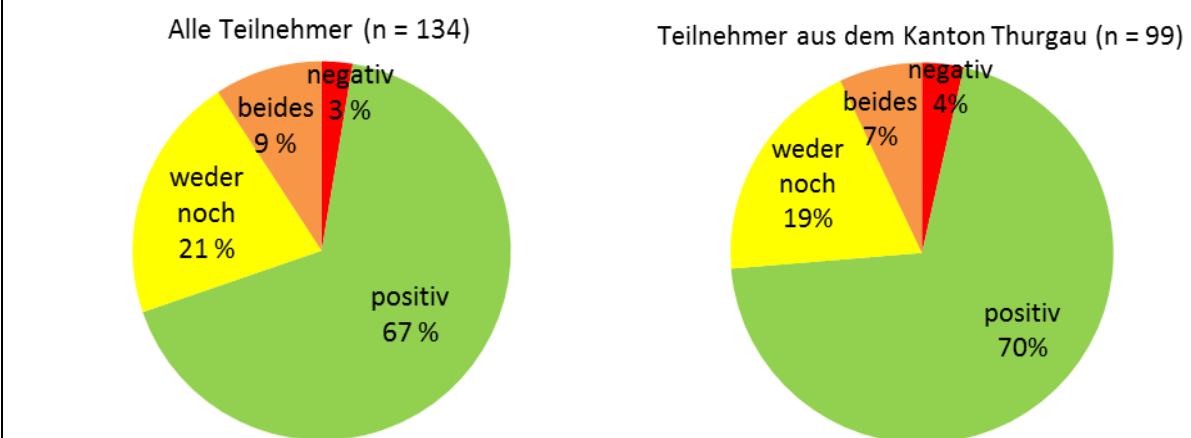


Abb. 31: Antworten auf die Frage „Wie haben Sie dort die Windturbinen empfunden?“ (links: alle Teilnehmer (n = 134); rechts: nur Teilnehmer aus dem Kanton Thurgau (n = 99).

Personen, die bereits in einem Windpark waren und die Windturbinen als negativ oder sowohl als positiv und negativ empfunden haben, gaben an, dass sie Windparks für sehr unakzeptabel oder unakzeptabel für die Schweiz und sehr unakzeptabel für ihren Kanton finden. Dies sind allerdings sehr wenige Teilnehmer. Ein anderer Teilnehmer hat Windturbinen in einem Windpark als positiv empfunden, trotzdem findet er Windparks sehr unakzeptabel für die Schweiz und für seinen Kanton. Diejenigen, die positive Erfahrungen gemacht haben, haben zum grössten Teil angegeben, dass sie Windparks akzeptabel bis sehr akzeptabel für die Schweiz und ihren Kanton finden. Nur fünf dieser Personen beurteilten die Angemessenheit in ihrem eigenen Kanton eine Stufe schlechter als in der Schweiz generell.

Diejenigen, die noch nie in einem Windpark waren, fanden Windparks zumeist akzeptabel oder sehr akzeptabel in der Schweiz und in ihrem Kanton. Vier von diesen Personen werteten die Angemessenheit in ihrem Kanton jedoch jeweils eine oder zwei Stufen geringer als in der Schweiz generell. Eine Person fand Windparks für die Schweiz zwar sehr akzeptabel, dafür aber unakzeptabel für seinen Kanton. Nur eine Person fand Windparks vollkommen unangemessen. Drei Personen, die neutral oder unentschieden in ihrer Beurteilung der Angemessenheit von Windparks in der Schweiz sind, tendieren bei ihrer Meinung zur Angemessenheit in ihrem Kanton zwischen unakzeptabel und akzeptabel.

### 5.2.3 Unterstützung der Meinungsbildung

Die Antworten auf die Fragen zum Gefallen der Windpark-Szenarien (Frage 1), dem Störpotenzial der Windturbinengeräusche (Frage 3) sowie der Unterstützung der Meinungsbildung (Frage 4) nachdem die Teilnehmenden die Simulation erlebt oder das Faktenblatt gelesen haben, unterscheiden sich nicht wesentlich (Abb. 32).

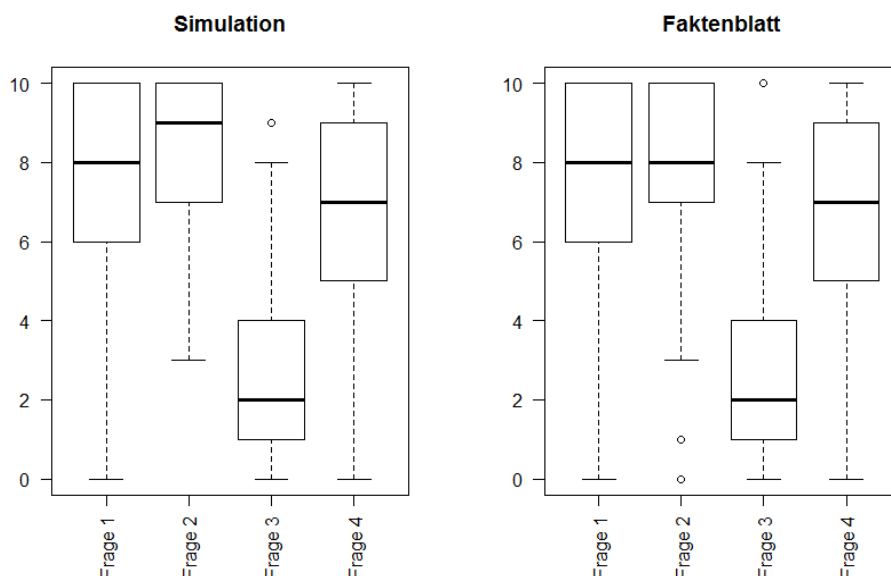


Abb. 32: Median und Standardabweichung der Antworten (n = 134) auf die Fragen 1 – 4 nachdem die Teilnehmer die Simulation erlebt haben (links) und nachdem sie das Faktenblatt gelesen haben (rechts).

- Frage 1: Wie gefallen Ihnen die vorgestellten Windpark-Szenarien? (0 = gar nicht, 10 = sehr)
- Frage 2: Wie gut können Sie sich die vorgeführten / beschriebenen Windparks vorstellen? (0 = gar nicht, 10 = sehr)
- Frage 3: Wie schätzen Sie das Störpotenzial der Geräusche des Windparks in 150 m Abstand ein?  
(0 = sehr gering, 10 = sehr hoch)
- Frage 4: Wie gut hat die Simulation / das Faktenblatt Ihre Meinungsbildung über die Windpark-Szenarien unterstützt?  
(0 = gar nicht, 10 = sehr)

Allerdings gibt es einen Unterschied in der Beantwortung der Frage 2 «Wie gut können Sie sich die beschriebenen Windparks vorstellen?». Hier liegt bei den Antworten in Bezug auf die Simulationen der Median bei 9, was bedeutet, dass die Hälfte der Teilnehmenden sich die Windpark-Szenarien sehr gut vorstellen konnten. Auch die meisten der übrigen Teilnehmer bewerteten ihre Vorstellungskraft der Szenarien relativ hoch (Stufe 7 oder 8 auf der 11-teiligen Skala). Bei den Antworten bezüglich des Faktenblatts hingegen liegt der Median etwas tiefer. Ansonsten unterscheiden sich die Ergebnisse jedoch nicht im Vergleich der Antworten basierend auf den Simulationen mit denen, die auf dem Faktenblatt basieren.

Bei Teilnehmern, die noch nie in einem Windpark waren, gibt es in Bezug auf die VisAsim-Simulationen eine sehr signifikante Korrelation ( $P < 0.01$ ) zwischen den Antworten auf die Frage 2 «Wie gut können Sie sich die vorgestellten Windparks vorstellen?» und auf die Frage 4 «Wie gut hat die Simulation Ihre Meinungsbildung über die Windpark-Szenarien unterstützt?». Bei Teilnehmern mit Windpark-Erfahrung ist hier jedoch keine Signifikanz zu erkennen ( $P > 0.05$ ).

### Gefallen der Windpark-Szenarien

Eine Auswertung der Antworten zu den Simulationen nach den Altersklassen der Teilnehmenden zeigt, dass den 50 – 59jährigen die Windpark-Szenarien im Vergleich am wenigsten gefallen haben (Abb. 33). Jedoch liegt die Bewertung des Gefallens nur ein bis zwei Punkte unter der Bewertung, die Teilnehmende der anderen Altersklassen vergeben haben. Die Simulationen haben alle Altersklassen mehr oder weniger gleich gut darin unterstützt, sich die Windpark-Szenarien vorzustellen. Das Störpotenzial der Geräusche wurde von den 30jährigen bis zu den über 59jährigen am geringsten bewertet. Die Teilnehmenden ab 50 Jahren aufwärts und zwischen 20 und 29 Jahren fanden sich am besten durch die Simulationen in ihrer Meinungsbildung unterstützt.

Diese Resultate dürfen nicht überinterpretiert werden. Die ANOVA-Analyse zeigt nämlich keine signifikanten ( $P > 0.05$ ) Unterschiede in den Antworten auf alle Fragen zwischen den Altersklassen. Man kann die Unterschiede also nur als Tendenz interpretieren. Um wirklich zu wissen, ob diese Tendenzen tatsächlich stimmen, wird eine grössere Stichprobe benötigt.

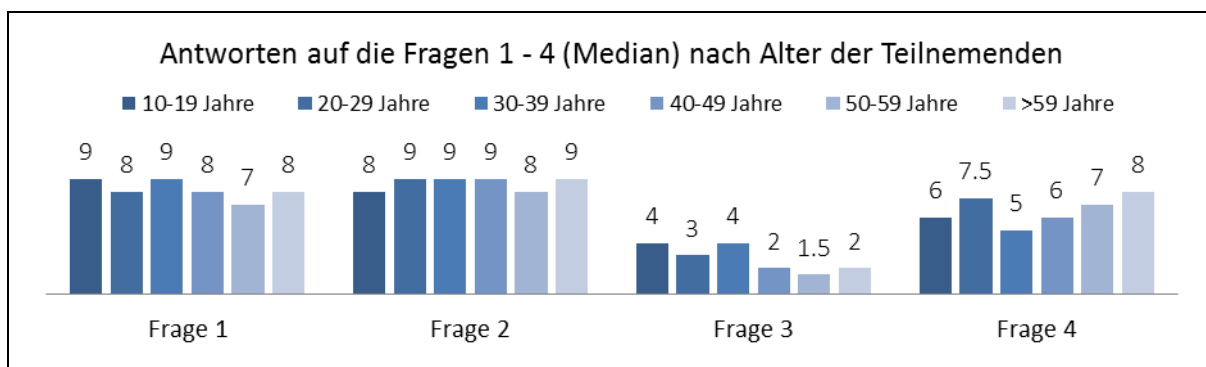


Abb. 33: Antworten auf die Fragen 1 – 4 (Median) nach Altersklassen der Teilnehmenden (n = 134), nachdem sie die Simulation erlebt haben.

Zusätzlich wurden die Antworten in Bezug auf den Landschaftstyp ausgewertet, in dem die Teilnehmenden am meisten Zeit (Wohn- / Arbeitsort) beziehungsweise am liebsten ihre Freizeit verbringen (Abb. 34). Der Grossteil der Teilnehmenden hält sich am meisten im Flachland auf (59%), gefolgt vom Hügelland (37 %). Nur wenige wohnen oder arbeiten im Gebirge (4 %). Die Freizeit verbringen die meisten Teilnehmenden am liebsten im Hügelland (43 %), gefolgt vom Gebirge (32 %). Es sind keine nennenswerten Unterschiede in den Antworten zum Gefallen der Windpark-Szenarien oder dem Störpotenzial der Geräusche in Abhängigkeit vom Landschaftstyp erkennbar (Abb. 35; Abb. 36). Nur diejenigen, die „anderer Landschaftstyp“ als bevorzugte Freizeitlandschaft angegeben haben, bewerteten das Störpotenzial der Geräusche höher als alle anderen (Abb. 36).

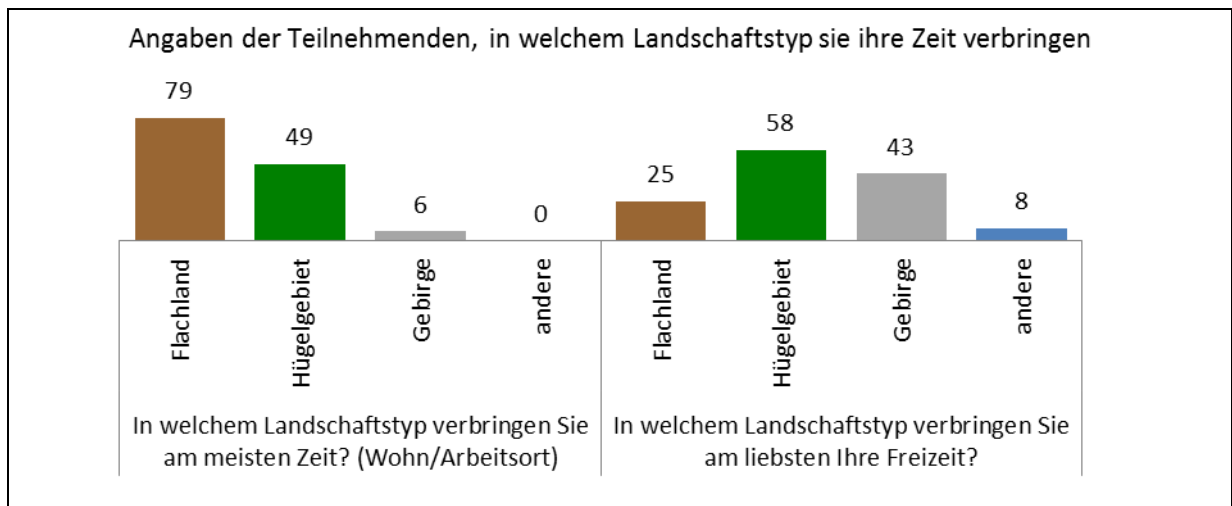


Abb. 34: Antworten auf die Fragen „In welchem Landschaftstyp verbringen Sie a) am meisten Zeit? und b) am liebsten Ihre Freizeit? (n = 134).

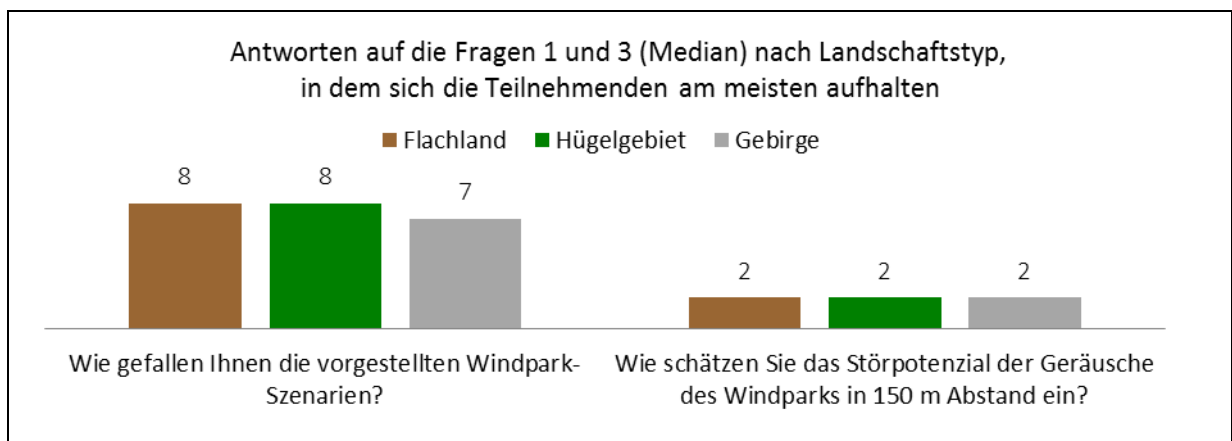


Abb. 35: Antworten (Medien) auf die Frage 1 „Wie gefallen Ihnen die vorgestellten Windparks?“ und die Frage 3 „Wie schätzen Sie das Störpotenzial der Geräusche des Windparks in 150 m Abstand ein?“, ausgewertet nach Landschaftstyp, in dem sich die Teilnehmenden am meisten aufhalten (n = 134).

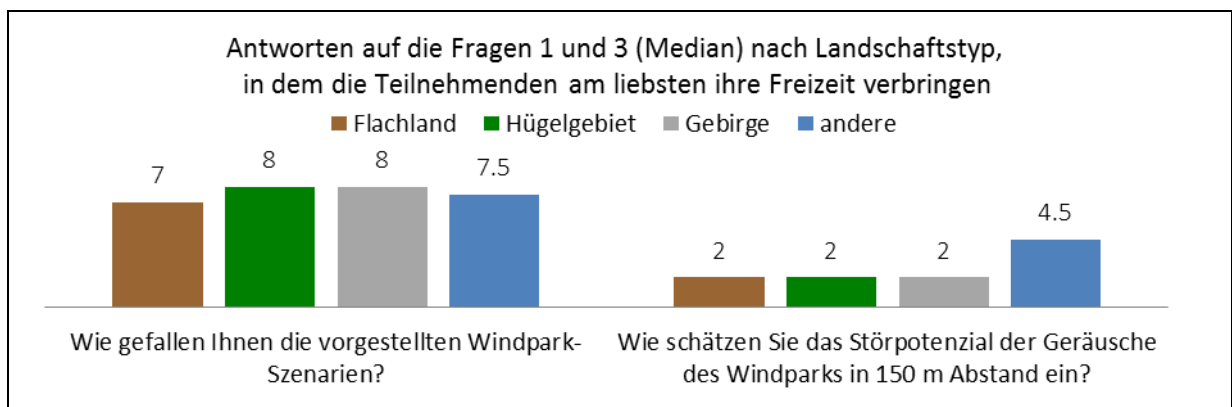


Abb. 36: Antworten (Medien) auf die Frage 1 „Wie gefallen Ihnen die vorgestellten Windparks?“ und die Frage 3 „Wie schätzen Sie das Störpotenzial der Geräusche des Windparks in 150 m Abstand ein?“, ausgewertet nach Landschaftstyp, in dem die Teilnehmenden am liebsten ihre Freizeit verbringen (n = 134).

## 5.2.4 Rückmeldungen von Besuchern

- **Durch die Simulationen ausgelöste Diskussionen**

Viele der Besucher der VisAsim-Demonstration haben sich spontan zu den Inhalten der Windpark-Simulationen geäußert. So wurde beispielsweise gesagt, dass die weissen Windturbinen einen zu hohen Kontrast darstellen und man grün eingefärbte Windenergieanlagen wahrscheinlich weniger sehen würde. Grün eingefärbte Windturbinen sähen aber eventuell im Winter nicht schön aus. Deshalb wurde überlegt, dass man in den Simulationen unterschiedliche Witterungen (Schlechtwetter, Winterszenario) darstellen sollte. Des Weiteren wurde die Simulation von anderen Typen wie den vertikalen Windturbinen oder Turbinen mit unterschiedlichen Nabenhöhen gewünscht. Auch Zufahrtswege sollten in der Simulation dargestellt werden, da sie ebenfalls einen Einfluss auf das Landschaftsbild haben.

- **Fragen der Besucher**

Darüber hinaus kamen sehr viele skeptische Fragen zum Thema „Beeinträchtigung von Vögeln und Fledermäusen“ sowie ökonomisch-technische Fragen zu Windparks allgemein: Wieso sind die Windturbinen so hoch? Was passiert, wenn es keinen Wind gibt? Wie zuverlässig ist die Energiegewinnung? Ab welcher Windstärke (Sturm) wird eine Windturbine abgestellt? Was sind die Kosten für einen Windpark?

- **Wiedergabe der Geräusche**

Bezüglich der Wiedergabe der Windturbinengeräusche wurde bemängelt, dass an der Ausstellung die Umgebungsgeräusche viel zu laut waren und man kaum etwas hören konnte. So konnten viele das Störpotenzial gar nicht einschätzen. Es wurde aber auch angemerkt, dass die Geräuschpegel nicht lauter gestellt werden sollten, da sie dann nicht mehr realistisch sind. Die korrekte Ortung der Geräusche spielte eher eine untergeordnete Rolle. Die Besucher wollten in erster Linie erfahren, wie laut die Windturbinen tönen. Einige nutzten die Möglichkeit, sich die Simulationen am iPad anzuschauen und die Geräusche mit den Kopfhörern zu hören. Hierbei mussten sich die Besucher immer noch sehr konzentrieren, um die Geräusche wahrzunehmen. Sie meinten, dass die Geräusche schon sehr leise seien. Die meisten nahmen sich jedoch nicht die Zeit für die iPad-Version und gingen weiter.

- **Ablauf der Demonstration**

Zum Ablauf der Demonstration hat ein Besucher gemeint, dass sie gerne einen Filmvorspann mit einem Kommentar zu den Simulationen gehabt hätten. Hingegen merkten andere an, dass in der ganzen Ausstellung zu viel Text bzw. zu viel Information angeboten wird. Allerdings nutzten viele die Möglichkeit, im Dialog mit den Standbetreuern mehr Details über VisAsim zu erfahren und ihre Meinung zu Windparks zu äussern. Sie sagten z.B., dass das Drehen der Windräder eine beruhigende Wirkung auf sie hätte. Andere fanden Windparks im Flachland weniger schlimm als im Hügellgebiet. Sie hätten beim Fragebogen auch gerne die Möglichkeit gehabt, ihre Bewertung der Windpark-Szenarien nach Landschaftstypen differenziert anzugeben. Ein Besucher erläuterte, dass er Windparks im Flachland nicht gut findet, da dies die weitere Siedlungsentwicklung zu sehr einschränke. Sechs bis sieben Personen meinten, dass Windparks auf jeden Fall besser seien als Atomkraftwerke.

## 5.2.5 Rückmeldungen von Fachpersonen

Die intensive Medienarbeit (s. Kapitel 4.6) löste direkte Anfragen von Energieversorgungsunternehmen und Projektleitern von Windenergieprojekten aus. Sie interessierten sich für eine Vorführung von VisAsim bzw. für die mögliche Ausleihe des VisAsim-Demonstrators. Darüber hinaus wurde von Messeorganisationen Kontakt aufgenommen, die am VisAsim-Demonstrator als Ausstellungsattraktion interessiert sind.

Mit sieben der Fachpersonen wurden Termine an der Ausstellung für eine persönliche Führung vereinbart. Zwei weitere Fachpersonen von der Energieagentur Sankt Gallen kamen zum angekündigten Spezialereignis am zweiten Ausstellungstag, an dem die ganze Ausstellung präsentiert wurde. Mit allen Fachpersonen wurden Gespräche geführt, in denen darauf eingegangen wurde, für welche Zwecke

der VisAsim-Demonstrator eingesetzt werden sollte. Zudem gaben die Fachpersonen Rückmeldungen zum Demonstrator und den Simulationen.

- **Einsatz des VisAsim-Demonstrators im Planungsprozess**

Am häufigsten wurde gesagt, dass die Simulationen als gut geeignet angesehen werden, um in einem sehr frühen Stadium des Planungsprozesses eines Windparks eingesetzt zu werden. Zum Beispiel nach den Windmessungen, wenn klarer ist, wie hoch die Windturbinen sein sollten und der Windpark somit konkreter wird. In diesem frühen Planungsstadium stehen der Windturbinentyp und die genaue Anzahl der Turbinen meist noch gar nicht fest. So kann der Bevölkerung vor Ort ein erster Eindruck von einem Windpark vermittelt werden, ohne dass bereits Details des geplanten Windparks gezeigt werden, die noch sehr unsicher sind.

Es wurde gesagt, dass es interessant wäre, Situationen bei Stark- und Schwachwind zu zeigen. Neben den Simulationen stehen als Material aus dem VisAsim-Projekt verschiedene Aufnahmen des Windparks am Mont Crosin (BE) bei Stark- und Schwachwind zur Verfügung. Diese wurden als wertvolles Material angesehen, um die Geräuschentwicklung zu veranschaulichen. Diese Videos (inkl. Ton) des existierenden Windparks können im VisAsim-Demonstrator ebenfalls kalibriert präsentiert werden.

Eine andere Idee war, VisAsim zu einem noch früheren Zeitpunkt als Medium zum Dialog mit der Bevölkerung zu nutzen. So wurde überlegt, den VisAsim-Demonstrator im Rahmen der Vernehmlassung des Sachplans Windenergie in einer Gemeinde aufzubauen, in der aktuell grosses Interesse an einem Windpark besteht. Allerdings wurde in diesem Zusammenhang festgestellt, dass dann nicht nur der VisAsim-Demonstrator geboten werden sollte. Er sollte eher eingebettet sein in eine grössere Veranstaltung wie z.B. eine Woche der erneuerbaren Energien.

Andere konnten sich vorstellen, VisAsim-Simulationen für die Planung von Windparks einzusetzen. In diesem Zusammenhang wurde diskutiert, ob es ausreicht, die vorhandenen Simulationen von mehr oder weniger generischen Landschaften nur leicht anzupassen, oder ob eine ortsspezifische Simulation notwendig ist. So wurde überlegt, ob die Simulation des Hügelsgebiets zum Beispiel als Basis verwendet werden kann und weniger Windturbinen sowie andere Standorte oder Pfade aufbereitet werden können. Als ein Beispiel für eine sinnvolle ortsspezifische Simulation wurde das in Deutschland nun vermehrt vorkommende «Repowering» genannt. Die Simulation könnte gut dazu eingesetzt werden, um den Windpark vor und nach der Massnahme zu demonstrieren. Beim Repowering ersetzen höhere Windturbinen die bestehenden Turbinen. Effekte davon können sein, dass der Windpark insgesamt ruhiger wird, da sich die Rotoren langsamer drehen. Allerdings verändert sich auch die Sichtbarkeit der Windturbinen. Deshalb sollte die Standortwahl nochmals neu beurteilt werden.

Aber auch für später Phasen im Planungsprozess, wenn das Layout des Windparks bereits feststeht, wurden die VisAsim-Simulationen als sinnvoll angesehen. In diesem Fall sollten es ortsspezifische Simulationen sein, die in den jeweiligen Gemeinden zur Information gezeigt werden.

- **Qualität des VisAsim-Demonstrators**

Generell wurde gesagt, dass der VisAsim-Demonstrator sehr attraktiv ist. Allerdings wurde auch von den Fachpersonen bemängelt, dass unter Ausstellungsverhältnissen wie an der WEGA die Geräusche kaum zu hören sind. Ein Vorschlag war es, für weitere Einsätze an der Wanderausstellung die Simulationen auf einem grossen Bildschirm zu zeigen und die Geräusche mit Kopfhörern erlebbar zu machen.

### 5.3 Weiterer Einsatz des VisAsim-Demonstrators

Bereits kurz nach dem Piloteinsatz an der WEGA in Weinfelden war der VisAsim-Demonstrator erneut im Einsatz. Er wurde vom 19. bis 21. Oktober 2015 in Hemishofen (SH) anlässlich einer Informationsveranstaltung zu einem Windenergieprojekt aufgebaut. Als Ort diente das Feuerwehrdepot, das sich direkt neben der Mehrzweckhalle befindet, in der die Veranstaltung stattfand.

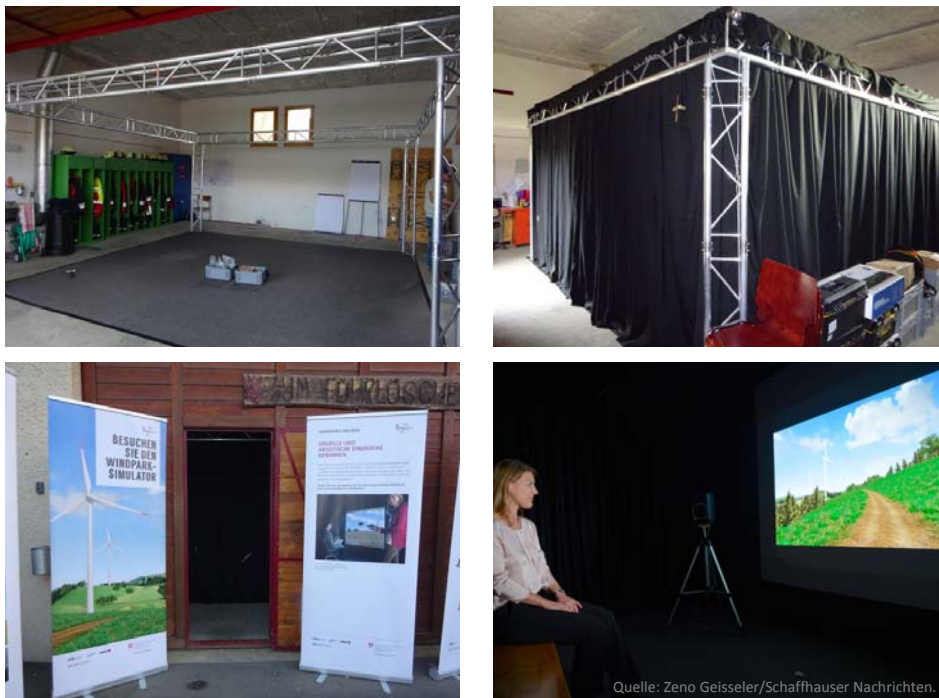


Abb. 37: Impressionen von der VisAsim-Demonstration in Hemishofen (SH). (Fotos oben und unten links: U. Wissen Hayek. Foto unten rechts: Zeno Geissler, Schaffhauser Nachrichten).

Im Kanton Schaffhausen wird aktuell ein Windenergieprojekt am Standort Chroobach vorangetrieben. Die Windmessungen sind abgeschlossen und für den Windpark kommen Windturbinen mit einer Nabenhöhe zwischen 135 m und 140 m in Frage (Chroobach Windenergie 2015a). Unter anderem ist der Wunsch aufgekommen zu simulieren, wie laut eine Anlage in etwa tönen würde. Der Faktor Lärm wurde als kritischer Punkt identifiziert und ist schwierig zu fassen. Mit den bestehenden VisAsim-Simulationen wurde an typischen Landschaften der Schweiz sowie an Aufnahmen im Windpark am Mont-Crosin (BE) veranschaulicht, wie ein Windpark aussehen könnte und wie sich die Geräusche der Windturbinen anhören.

Über 120 Personen kamen an die Informationsveranstaltung und die meisten von ihnen besuchten auch den VisAsim-Demonstrator (Chroobach Windenergie 2015b). Auch am Tag nach der Veranstaltung war der Demonstrator für zwei Stunden am Nachmittag geöffnet, bevor er wieder abgebaut wurde. Dieses Angebot wurde ebenfalls rege genutzt.

Die Besucher stellten vor allem folgende Fragen zu den gezeigten Simulationen und den Aufnahmen am Mont Crosin (2 Stark- und 2 Schwachwindsituationen): Wie hoch sind die Windturbinen (Nabenhöhe, Rotordurchmesser)? Wie weit ist die Distanz zur nächsten Windturbine? Wie stark ist der Wind in den jeweiligen Videos? Wie laut sind die jeweils gehörten Geräusche bei den Aufnahmen am Mont Crosin, wenn man es in Dezibel ausdrückt? Darüber hinaus kamen weitere Fragen zum geplanten Windpark am Chroobach auf, die von der Leitung des Windparkprojekts beantwortet wurden.

Im Gespräch mit den Besuchern wurde gefragt, wie sie die VisAsim-Demonstration finden. Die meisten erwiderten, dass sie das Angebot sehr geschätzt haben. Sie waren der Meinung, dass die gezeigten Simulationen und Aufnahmen vom Mont Crosin ihnen geholfen haben, sich vorzustellen, wie ein Windpark grundsätzlich tönt. Am Ausstellungsort war es auch ausreichend leise, um die Geräusche gut wahrnehmen zu können. Nur sehr wenige Besucher waren enttäuscht, dass die Simulationen nicht das Projekt am Chroobach zeigten.

## 6 Diskussion

Ziel war es, einen ausleihbaren VisAsim-Demonstrator zu entwickeln, mit dem die VisAsim-Simulationen in verschiedenen Regionen der Schweiz vorgeführt werden können. Zudem sollte die Qualität der Durchführung der VisAsim-Demonstration evaluiert werden, um sie gegebenenfalls anzupassen und Empfehlungen für weitere Einsätze des VisAsim-Demonstrators zu geben. Schliesslich sollte untersucht werden, wie gut die VisAsim-Simulationen zur Unterstützung der Meinungsbildung sind.

### **VisAsim-Demonstrator erfolgreich umgesetzt**

Der Piloteinsatz des VisAsim-Demonstrators im Rahmen der Wanderausstellung «Windenergie, natürlich!» an der WEGA 2015 in Weinfelden war erfolgreich. Das Mobile Visuell-Akustische Lab (MVAL) liess sich wie geplant aufbauen. Das für die Ausstellung zusätzlich beschaffte Material hat sich für den Betrieb des Demonstrators als geeignet erwiesen. Mit den erstellten Manuals konnte das MVAL zügig aufgebaut werden. Allerdings hat sich herausgestellt, dass ein neues Team für den Aufbau mindestens eine Person benötigt, die aus Erfahrung weiss, wie die Einzelteile tatsächlich zusammengefügt werden müssen. Denn trotz der reich bebilderten Manuals ist es zum Teil immer noch schwer vorstellbar, wie der Aufbau genau funktioniert. Dies liegt wohl daran, dass das MVAL eine Eigenkonstruktion ist. Die Manuals wurden im Anschluss an die Ausstellung nochmals weiter überarbeitet, um die einzelnen Schritte so klar wie möglich aufzuzeigen.

Die Standgestaltung spricht Besucher aller Altersklassen an. Sogar einige Kinder haben sich die Inhalte Roll-Up Displays genauer angesehen. Die Displays waren gut geeignet, um bei Bedarf technische Details zu den VisAsim-Simulationen vor Ort anschaulich zu erläutern. Die Roll-Up Displays sowie das Leporello sind so gestaltet, dass sie auch in einem anderen Kontext als der Wanderausstellung «Windenergie, natürlich!» verwendbar sind. Je nach Bedarf können alle Roll-Up Displays aufgestellt oder nur diejenigen ausgewählt werden, die an dem jeweiligen Ort Sinn machen und Platz haben.

Das in diesem Projekt zusammengestellte Material und die Manuals erlauben es, dass der VisAsim-Demonstrator an beliebigen, einigermaßen ruhigen Orten aufgebaut werden kann. Dass dies mit einem neuen, im Aufbau des MVALs ungeschulten Team unter einer erfahrenen Leitung tatsächlich funktioniert, wurde an einem weiteren Einsatz des VisAsim-Demonstrators in der Gemeinde Hemishofen (SH) bewiesen.

### **VisAsim-Demonstration an Ausstellungen**

Der VisAsim-Demonstrator wurde während der fünf Messetage von fast 2'000 Personen besucht. Das heisst, er hat sich durchaus als ein attraktives Ausstellungselement in der gesamten Wanderausstellung erwiesen. Die Besucher konnten selbst bestimmen, wie viel Information sie zu den Simulationen haben wollten und sich über die Roll-Up Displays eigenständig informieren. Darüber hinaus konnten sie Fragen an die Standbetreuer stellen, die dann spezifisch Auskunft gegeben haben. Der von einem Besucher gewünschte Filmvorspann mit Erklärungen zu den Simulationen, ist eine Möglichkeit der Erweiterung der VisAsim-Demonstration. Allerdings blieben einige Besucher für längere Zeit im Demonstrator und sahen sich die Simulationen mehrfach an. Wenn nun nach zwei Simulationen immer wieder der Vorspann läuft, wird das wahrscheinlich sehr schnell ermüdend und die Besucher gehen schneller wieder. Zudem müssten für Demonstrationen, an denen andere Simulationen ausgewählt werden, eventuell jeweils neue Inhalte für den Vorspann definiert werden. Aus diesen Gründen ist zu überlegen, ob ein Vorspann wirklich sinnvoll ist.

Durchgehend wurde von den Besuchern bemängelt, dass die akustischen Bedingungen an der Ausstellung es kaum erlauben, die simulierten Windturbinengeräusche zu hören. Der bereits beim ersten Ortstermin erkannte Mangel an genügend Ruhe, erwies sich insgesamt als hinderlich für die Demonstration der Geräusche. Durch das Verschliessen des Eingangsbereichs mit dem Vorhang, nachdem die Besucher in den Demonstrator eingetreten waren, wurde die akustische Situation im Innenraum etwas verbessert.

Ideal wäre es, wenn der VisAsim-Demonstrator in einem eigenen, ruhigen Raum aufgestellt werden könnte. Allerdings würde damit dieser Ausstellungsteil von der gesamten Wanderausstellung abgeschnitten. Wahrscheinlich würden Besucher den Demonstrator dann als eigenständige Ausstellung wahrnehmen. Wie sich das auf die Besucherzahlen auswirken würde, ist ungewiss.

Als Alternative wurde von einem der Fachleute, die den VisAsim-Demonstrator besucht haben, vorgeschlagen, die VisAsim-Simulationen auf einem grossen Bildschirm zu zeigen und Kopfhörer zum Erleben der Geräusche anzubieten. Unter Ausstellungsbedingungen könnte mit dieser Variante eventuell ein besserer Eindruck der Geräusche vermittelt werden als mit den Lautsprechern im MVAL. Kopfhörer lassen sich jedoch nicht einfach kalibrieren und die Lautstärke würde in einer einfachen Ausführung nur nach subjektivem Empfinden eingestellt werden. Je nachdem wie die räumlichen Bedingungen an einem neuen Ausstellungsort sind, sollte diese Variante auch diskutiert werden. Es ist dabei die Attraktivität des MVALs gegen die wahrscheinlich besser hörbaren Geräusche abzuwägen. Das MVAL bietet einen ungewöhnlichen, betretbaren Raum, in dem man etwas erleben kann, das eher Kinoatmosphäre bietet (grosse Leinwand) und in dem die Geräusche physikalisch korrekt präsentiert werden. Ein Bildschirm mit Kopfhörern hingegen ist eher ein Standardelement einer Ausstellung.

### **Empfehlungen für weitere Demonstrationen**

Der VisAsim-Demonstrator erfüllt seinen Zweck am besten, wenn er in einem einigermaßen ruhigen Raum aufgestellt wird. Deshalb sollte bei weiteren Einsätzen des VisAsim-Demonstrators an den jeweiligen Ausstellungsorten gut überlegt werden, welche Räumlichkeiten am besten geeignet sind für die Wanderausstellung. An der WEGA 2015 in Weinfelden war die Geräuschkulisse um den Demonstrator herum eindeutig insgesamt zu laut. Eventuell wären zwei neben- oder besser noch hintereinander liegende Räume für die Wanderausstellung eine bessere Lösung, so dass der VisAsim-Demonstrator in einen eigenen Raum gestellt werden kann. Ansonsten sollten die Vor- und Nachteile des MVALs mit denen einer einfacheren Präsentationsform (Bildschirm mit Kopfhörern) abgewogen werden.

Es ist wichtig, die Standbetreuer gut zu instruieren. Die Besucher haben sehr viele Fragen gestellt, die sich nicht nur auf die Simulationen bezogen, sondern auch auf die Nutzung von Windenergie generell und in ihrem Kanton. Für ein kompetentes Auftreten der Standbetreuer ist es deshalb sinnvoll, ihnen Faktenblätter zu den Simulationen mit den wichtigsten Daten zu den Windturbinen und den jeweiligen Windsituationen zu geben. Zudem sollten sie Hintergrundwissen zu den Fakten zur Windenergie haben, wie sie z.B. in der Broschüre «Windstrom gewinnen! Fakten zur Windenergie» (Energie-Schweiz 2015) zusammengestellt sind. Darüber hinaus weisen Besucher immer wieder auf lokale Windenergieprojekte hin. Es empfiehlt sich deshalb, vorgängig ein paar Informationen zu lokalen Projekten einzuholen.

Wenn der VisAsim-Demonstrator in einem anderen Rahmen als der Wanderausstellung «Windenergie, natürlich!» eingesetzt werden soll, so ist eine gute Einbindung in Informationsveranstaltungen wichtig. Der Einsatz in Hemishofen (SH) hat gezeigt, dass die lokale Bevölkerung grosses Interesse an den Simulationen hat, wenn eine Windparkplanung konkreter wird. Dann werden auch sehr konkrete Fragen zu den Geräuschen und der Geräuscentwicklung gestellt und die Besucher schätzen für sich die möglichen visuellen und akustischen Auswirkungen ein. Dazu eignen sich die Windpark-Simulationen in den drei mehr oder weniger generischen Landschaften der Schweiz sowie die Aufnahmen des Windparks am Mont Crosin (BE). Wenn die Diskussion danach mit der Bevölkerung jedoch nicht weitergeht, könnte die VisAsim-Demonstration eventuell weniger attraktiv sein. Deshalb sollte die VisAsim-Demonstration in ein Gesamtkonzept des Dialogs mit der Bevölkerung eingebettet werden.

### **Evaluation der Unterstützung der Meinungsbildung**

Die Besucherzählung mit den Einhandzählern hat sehr gut funktioniert. Auf diese Weise konnten auf effiziente Weise die Besucher der Wanderausstellung sowie des VisAsim-Demonstrators mit einer relativ hohen Genauigkeit (z.B. im Vergleich zur Anzahl verteilter Give Aways) erfasst werden. Insgesamt zeigen die Besucherzahlen, dass die Wanderausstellung und auch der VisAsim-Demonstrator

attraktiv waren und mit ihnen Teile der Bevölkerung für das Thema Windenergie interessiert werden konnten.

Nur ein kleiner Anteil der Besucher der VisAsim-Demonstration (7 %) erklärte sich bereit, einen Fragebogen auszufüllen. Trotzdem ist ein Rücklauf von 134 Fragebögen innerhalb von fünf Ausstellungstagen befriedigend, wenn man berücksichtigt, dass die Rekrutierung von so vielen Teilnehmern ansonsten mehrere Tage in Anspruch nimmt und auch Kosten für Zeitungsannoncen generieren kann.

Die geplante Durchführung der Befragung in zwei Gruppen scheiterte, da die Besucher zuerst die Simulationen sehen wollten. Erst danach konnte man sie für das Ausfüllen des Fragebogens gewinnen und dann auch auf das Faktenblatt zu den Windpark-Szenarien eingehen (s. Kapitel 4.6 → Faktenblatt). So ist unter Ausstellungsbedingungen eine saubere Durchführung einer wissenschaftlichen Versuchsanordnung nicht möglich.

Der Fragebogen hat gut funktioniert, um generelle Einstellungen zur Windenergie in der Schweiz und im Kanton der Befragten zu erfassen. Die Ergebnisse bestätigen die Resultate anderer Studien in der Schweiz, dass die Einstellung zur Windenergie allgemein wie auch vor Ort deutlich positiv ist (vgl. z.B. Hübner et al. 2013: 10; Spiess et al. 2015). Nur sehr wenige finden Windparks unakzeptabel oder sehr unakzeptabel. Basierend auf den Ergebnissen kann keine Aussage dazu getroffen werden, warum Windparks im eigenen Kanton von ein paar wenigen Teilnehmenden geringer akzeptiert werden als in der Schweiz generell. Spiess et al. (2015) haben in ihrer Studie jedoch festgestellt, dass eine ablehnende Haltung nicht unbedingt egoistischer Natur ist, sondern ein Reflex darauf, dass man ohne ein konkretes Windparkprojekt nicht weiss, wozu man genau Ja oder Nein sagt. Um die konkreten Gründe für die Einstellung der Teilnehmenden herauszufinden, müsste eine vertiefende Studie durchgeführt werden.

Wie erwartet, waren tatsächlich viele der Teilnehmer (42 %) noch nie in einem Windpark. Gerade diesen Personen sollten die VisAsim-Simulationen helfen, sich die Windpark-Szenarien vorzustellen und so die Meinungsbildung zu unterstützen. Dass dies anscheinend der Fall ist, wird durch die Ergebnisse unterstützt. So scheint es bei dieser Teilnehmergruppe einen Zusammenhang zwischen der Vorstellung der Windpark-Szenarien und der Unterstützung der Meinungsbildung zu geben. Zudem scheint es einen Unterschied zu geben in dem Grad der Unterstützung der Meinungsbildung von Teilnehmern mit und ohne Windpark-Erfahrung. Denn bei Teilnehmern mit Windpark-Erfahrung ist der Zusammenhang zwischen diesen beiden Faktoren nicht signifikant. Wie in anderen Studien bereits aufgezeigt wurde, spielen viele weitere Faktoren bei der Meinungsbildung bezüglich Windparks eine Rolle, z.B. wie gut die ökonomisch-technischen Kenntnisse über Windenergie und die möglichen ökologischen Auswirkungen sind (Klick and Smith, 2010; Firestone und Kempton 2007). Auch das Gefühl, wie gerecht die Lasten und der Nutzen der Windenergie regional verteilt sind (Walter 2014) oder sozial konstruierte Aspekte wie die Ansicht, dass Windturbinen nicht in die lokale Landschaft passen oder die Gemeindeidentität schädigen (Firestone et al. 2015), können einen Einfluss auf die Meinung haben. Mit dem Fragebogen konnten diese Aspekte nicht erfasst werden. Die VisAsim-Demonstration im MVAL und die gezeigten Windpark-Simulationen haben sich jedoch als gutes Medium erwiesen, um mit den Besuchern ins Gespräch über Windparks zu kommen. Auf diese Weise wurden Ansichten und Befürchtungen der Teilnehmer bezüglich Windparks erfasst. Das heisst, mit VisAsim lässt sich ein Dialog mit der Bevölkerung initiieren, in dem die Meinungen und Fragen thematisiert werden können.

Um die Wirkung der VisAsim-Simulationen in Bezug auf die Meinungsbildung fundiert zu untersuchen, ist deshalb eine vertiefende Studie sinnvoll, in der die Einflüsse weiterer Aspekte auf die Meinungsbildung mit berücksichtigt werden. Dies ist am besten im Rahmen von tatsächlichen Windparkprojekten möglich, da dann die Charakteristiken des jeweiligen Windparks klarer sind und so die Grundlage für die Meinungsbildung der Teilnehmer sicherer wird.

## 7 Schlussfolgerungen

Der Einsatz des VisAsim-Demonstrators an der WEGA 2015 in Weinfelden hat gezeigt, dass die visuell-akustischen Simulationen von Windparks (VisAsim-Simulationen) ein attraktives Informationsmedium für die Bevölkerung sind. Auch Investoren und Planungsbehörden sehen ein grosses Potenzial, mit den Simulationen den Dialog mit der Bevölkerung im Planungsprozess zu unterstützen. Die Evaluation, wie gut VisAsim die Meinungsbildung bezüglich Windparks unterstützen kann, hat positive Tendenzen aufgezeigt. Insgesamt konnten sich die Teilnehmer der Befragung die Windpark-Szenarien aufgrund der Simulationen recht gut vorstellen und die Mehrheit der Teilnehmer gab an, dass die Simulationen sie gut in ihrer Meinungsbildung unterstützt haben. Vor allem bei Teilnehmern, die noch keine Windpark-Erfahrung haben, gibt es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Vorstellungsvermögen der Windpark-Szenarien und ihrer Meinungsbildung. Allerdings hat sich auch gezeigt, dass eine Ausstellung für die korrekte Durchführung einer Studie zur Meinungsbildung nicht geeignet ist. Für eine fundierte Untersuchung der Qualität von VisAsim zur Unterstützung der Meinungsbildung sollte die Wirkung von VisAsim in tatsächlichen Planungsprozessen von Windparks analysiert werden.

Der VisAsim-Demonstrator und die Simulationen stehen nun für die Wanderausstellung «Windenergie, natürlich!» sowie für andere Informationsveranstaltungen zur Ausleihe zur Verfügung. Sie bieten gute Medien für die Unterstützung des Dialogs mit der Bevölkerung bei der Planung von Windparks und der weiteren Untersuchung des Mehrwerts von VisAsim.

## 8 Ausblick

Einige Energieversorgungsunternehmen und Projektleiter von Windenergieprojekten zeigten grosses Interesse an einem Einsatz von VisAsim im Planungsprozess von Windparks. In einem nächsten Schritt sollte deshalb gemeinsam überlegt werden, für welche Einsätze von VisAsim eine wissenschaftliche Begleitung sinnvoll ist und welche Schwerpunkte gesetzt werden sollten. Für die vertiefte Untersuchung der Unterstützung der Meinungsbildung beispielsweise macht ein mehrjähriges Projekt (3 – 4 Jahre) Sinn, bei dem Probanden mit und ohne Einsatz von VisAsim miteinander verglichen werden. Mit interessierten Projektpartnern sollten weitere Ideen gesammelt und das Projekt konkretisiert werden.

## 9 Referenzen

- BFE (2013). Energieforschungskonzept 2013 – 2016. Bundesamt für Energie, Bern.  
[http://www.bfe.admin.ch/themen/00519/index.html?lang=de&dossier\\_id=00798](http://www.bfe.admin.ch/themen/00519/index.html?lang=de&dossier_id=00798)
- Chroobach Windenergie (2015a). Windenergie Chroobach – Fakten zum Windkraftprojekt Chroobach. <http://chroobach.ch/projektueberblick/windenergie-chroobach>
- Chroobach Windenergie (2015b). Wissen, woher der Wind weht. <http://chroobach.ch/36-aktuelles/113-wissen-woher-der-wind-weht>
- Devine-Wright, P. (2005). Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. *Wind Energy*, 8(2), 125-139. doi: 10.1002/we.124
- EnergieSchweiz (2015). Windstrom gewinnen! Fakten zur Windenergie. 12 Fragen – 12 Antworten. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Bern.
- Firestone, J., Bates, A., Knapp, L. A. (2015). See me, Feel me, Touch me, Heal me: Wind turbines, culture, landscapes, and sound impressions. *Land Use Policy* 46, 241-249.
- Firestone, J., Kempton, W. (2007): Public opinion about large offshore wind power: Underlying factors. *Energy Policy* 35, 1584-1598.
- Griesinger, D. (2002). Stereo and Surround Panning in Practice. Proceedings of the 112th Convention of the Audio Engineering Society, Munich, Germany.
- Havelock, D., Kuwano, S., Vorländer, M. (2008). Handbook of Signal Processing in Acoustics – Volume 1. Springer Verlag, New York.
- Heutschi, K., Pieren, R. (2013). Auralization of Wind Turbines. In AIA-DAGA 2013 on Acoustics Merano, Italy.
- Heutschi, K., Pieren, R., Müller, M., Manyoky, M., Wissen Hayek, U., Eggenschwiler, K. (2014). Auralization of Wind Turbine Noise: Propagation Filtering and Vegetation Noise Synthesis. *Acta Acustica united with Acustica* 100, 13-24. doi: 10.3813/AAA.918682
- Hübner, G., Löffler, E., Hampl, N., Wüstenhagen, R. (2013). Wirkungen von Windkraftanlagen auf Anwohner in der Schweiz: Einflussfaktoren und Empfehlungen. Abschlussbericht, Institut für Wirtschaft und Ökologie der Universität St. Gallen und Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle.
- Klick, H., Smith, E.R.A.N (2010). Public understanding of and support for wind power in the United States. *Renewable Energy* 35, 1585-1591.
- Manyoky, M. (2015). Visual-acoustic simulation for landscape impact assessment of wind parks. PhD Thesis, ETH Zurich, <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-010497623>
- Manyoky, M., Wissen Hayek, U., Heutschi, K., Pieren, R., Grêt-Regamey, A. (2014): Developing a GIS-based visual-acoustic 3D simulation for wind farm assessment. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 3(1): 29-48. doi: 10.3390/ijgi3010029
- Pedersen, E., Larsman, P. (2008). The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. *Journal of Environmental Psychology*, 28(4), 379-389.
- Pieren, R., Heutschi, K., Müller, M., Manyoky, M., Eggenschwiler, K. (2014). Auralization of Wind Turbine Noise: Emission Synthesis. *Acta Acustica United with Acustica* 100, 25-33. doi: 10.2813/AAA.918683
- Pulkki, V. (1997). Virtual Sound Source Positioning Using Vector Base Amplitude Panning, *Journal of the Audio Engineering Society* 45/6: 465-466.

- Schenkel, W., Gallego Carrera, D., Renn, O., Dreyer, M. (2009). Sachplan geologische Tiefenlager - Forschungsprojekt „Kommunikation mit der Gesellschaft“: Wissenschaftlicher Schlussbericht. Auftragnehmer/in: synergo, Mobilität-Politik-Raum, DIALOGIK gemeinnützige GmbH, Kommunikations- und Kooperationsforschung.  
<http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000010203.pdf&name=000000290065>
- Schweizerischer Bundesrat (2013). Botschaft zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050. <http://www.admin.ch/opc/de/federal-gazette/2013/7561.pdf>
- Spiess, H., Lobsiger-Kägi, E., Carabias-Hütter, V., Marcolla, A. (2015). Future acceptance of wind energy production: Exploring future local acceptance of wind energy production in a Swiss alpine region. Technological Forecasting & Social Change,  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.06042>
- Stitt, P., Bertet, S., van Walstijn, M. (2014). Off-Centre Localisation Performance of Ambisonics and HOA for Large and Small Loudspeaker Array Radii, Acta Acustica united with Acustica 100: 937-944.
- Walter, G. (2014). Determining the local acceptance of wind energy projects in Switzerland: The importance of general attitudes and project characteristics. Energy Research & Social Science 4, 78-88.
- WEGA (2015). Rückblick WEGA 2015. <http://www.messen-weinfelden.ch/wega/news/rueckblick-wega-2015-12.html> (abgerufen am 12.11.2015).
- Wolsink, M. (2007a). Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of 'backyard motives'. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(6), 1188-1207. doi: 10.1016/j.rser.2005.10.005
- Wolsink, M. (2007b). Planning of renewables schemes: Deliberative and fair decision-making on landscape issues instead of reproachful accusations of non-cooperation. Energy Policy, 35(5), 2692-2704.

# 10 Anhang

## 10.1 Faktenblatt

**ETH** zürich



### Faktenblatt

#### «Windpark im Flachland / Hügelgebiet»

Anzahl Windturbinen:	5
Windturbinen-Typ:	Vestas V 90, 2 MW
Nabenhöhe:	95 m
Rotordurchmesser	90 m
Grösse des Windparks:	20 ha
Energiegewinn pro Jahr:	7 GWh/Jahr = ausreichend für 2050 Haushalte (H), dies entspricht etwa: Münchwilen TG (ca. 2030 H) oder Geroldswil ZH (ca. 2070 H)
Windbedingungen:	moderater Wind (9 km/h auf 10 m über Grund) = Blätter und Zweige bewegen sich
Schalldruckpegel einer Windturbine:	46 dBA (bei moderatem Wind, im Abstand von 150 m) = dies entspricht einer leisen Unterhaltung

#### Flachland




#### Hügelgebiet



**NSL** Netzwerk Stadt und Landschaft  
Network City and Landscape



 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
  
Bundesamt für Energie BFE

## Faktenblatt «Windpark im Gebirge»

Anzahl Windturbinen:	5
Windturbinen-Typ:	Vestas V 90, 2 MW
Nabenhöhe:	95 m
Rotordurchmesser	90 m
Grösse des Windparks:	20 ha
Energiegewinn pro Jahr:	14 GWh/Jahr = ausreichend für 3900 Haushalte (H), dies entspricht etwa: Aadorf TG (ca. 3600 H) oder Lenzburg AG (ca. 3900 H)
Windbedingungen:	moderater Wind (11 km/h auf 10 m über Grund) = Blätter und Zweige bewegen sich
Schalldruckpegel einer Windturbine:	46 dBA (bei moderatem Wind, im Abstand von 150 m) = dies entspricht einer leisen Unterhaltung

### Gebirge



## 10.2 Fragebogen

### Einstiegsfragen

Zum Einstieg interessiert uns Ihre grundsätzliche Meinung:

1) Wie angemessen sind Windparks...

	sehr unakzeptabel	unakzeptabel	neutral/ unentschieden	akzeptabel	sehr akzeptabel
a) ... für die Schweiz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ...für Ihren Kanton?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Zusatzfrage:

2) Waren Sie schon einmal in einem Windpark?

☐ Nein ☐ Ja

2a) Wenn Ja, wie haben Sie dort die Windturbinen empfunden?

☐ negativ ☐ positiv ☐ weder noch ☐ beides

### Nachdem Sie die Simulation erlebt haben:

3) Wie gefallen Ihnen die vorgestellten Windpark-Szenarien?

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10  
gar nicht sehr

4) Wie gut können Sie sich die vorgeführten Windparks vorstellen?

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10  
gar nicht sehr

5) Wie schätzen Sie das Störpotenzial der Geräusche des Windparks in 150 m Abstand ein?

☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10  
sehr gering sehr hoch

6) Wie gut hat die Simulation Ihre Meinungsbildung über die Windpark-Szenarien unterstützt?

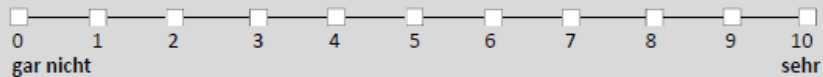
☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10  
gar nicht sehr

Bitte wenden Sie den Fragebogen!

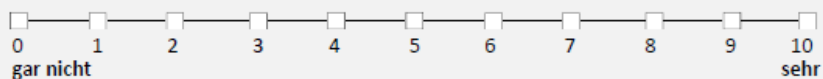


## Nachdem Sie das Faktenblatt gelesen haben:

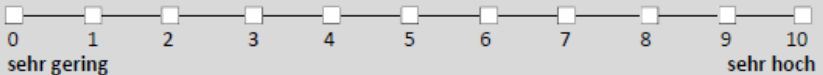
7) Wie gefallen Ihnen die vorgestellten Windpark-Szenarien?



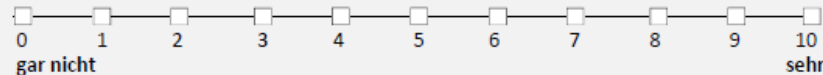
8) Wie gut können Sie sich die beschriebenen Windparks vorstellen?



9) Wie schätzen Sie das Störpotenzial der Geräusche des Windparks in 150 m Abstand ein?



10) Wie gut hat das Faktenblatt Ihre Meinungsbildung über die Windpark-Szenarien unterstützt?



## Statistische Angaben zur Person

Zum Schluss bitten wir Sie noch um einige Informationen zu Ihrer Person:

1) Was ist Ihr Geschlecht? ☐ weiblich ☐ männlich

2) Wie alt sind Sie?

☐ 10 – 19 Jahre ☐ 20 – 29 Jahre ☐ 30 – 39 Jahre  
☐ 40 – 49 Jahre ☐ 50 – 59 Jahre ☐ älter

3) In welchem Kanton wohnen Sie?

☐ TG ☐ SH ☐ SG ☐ AR ☐ AI ☐ ZH  
☐ anderer Kanton \_\_\_\_\_

4) In welchem Landschaftstyp verbringen Sie ....

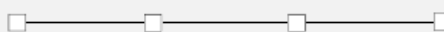
Flachland | Hügelgebiet | Gebirge | anderer Landschaftstyp

a) ... am meisten Zeit

(z.B. Wohn-/Arbeitsort)?



b) ... am liebsten Ihre Freizeit?



## 10.3 Auswertungen der Fragebögen

### Einstiegsfragen / grundsätzliche Meinung

Wie <b>angemessen</b> sind Windparks für die Schweiz?					
	sehr un- akzeptabel	unakzeptabel	neutral/ un- entschlossen	akzeptabel	sehr ak- zeptabel
Total	3	2	4	55	69
Prozent	2.26%	1.50%	3.01%	41.35%	51.88%
Wie <b>angemessen</b> sind Windparks für Ihren Kanton?					
Total	6	2	9	55	60
Prozent	4.55%	1.52%	6.82%	41.67%	45.45%

### Zusatzfrage

	Waren Sie schon einmal in einem <b>Windpark</b> ?		Wenn Ja, wie haben Sie dort die Windturbinen empfunden?			
	Nein	Ja	negativ	positiv	weder noch	beides
Total	56	78	2	51	16	7
Prozent	41.79%	58.21%	2.63%	67.11%	21.05%	9.21%

### Auswertung der Einstiegsfragen nach Kanton

Wie <b>angemessen</b> sind Windparks für die Schweiz?							
	TG	SH	SG	AR	AI	ZH	andere
sehr unakzeptabel	3	0	0	0	0	0	0
unakzeptabel	2	0	0	0	0	0	0
neutral/unentschlossen	3	0	0	0	0	1	0
akzeptabel	43	1	3	1	0	5	2
sehr akzeptabel	47	1	5	1	1	5	7
<b>Total</b>	99	2	8	2	1	11	9

Wie <b>angemessen</b> sind Windparks für Ihren Kanton?							
	TG	SH	SG	AR	AI	ZH	andere
sehr unakzeptabel	6	0	0	0	0	0	0
unakzeptabel	2	0	0	0	0	0	0
neutral/unentschlossen	7	0	1	0	0	1	0
akzeptabel	41	1	4	1	0	5	2
sehr akzeptabel	42	1	3	1	1	5	7
<b>Total</b>	99	2	8	2	1	11	9

## Auswertung der Zusatzfrage nach Kantonen

	Waren Sie schon einmal in einem <b>Windpark</b> ?						
	TG	SH	SG	AR	AI	ZH	andere
Nein	40	0	7	2	0	6	1
Ja	59	2	1	0	1	5	8
Total	99	2	8	2	1	11	9

	Wenn Ja, wie haben Sie diesen <b>empfund</b> en?						
	TG	SH	SG	AR	AI	ZH	andere
negativ	2	0	0	0	0	0	0
positiv	40	1	0	0	1	2	5
weder noch	11	1	1	0	0	1	2
beides	4	0	0	0	0	2	1
Total	57	2	1	0	1	5	8

## Nachdem Sie die Simulation erlebt haben

<b>Skalenwerte:</b> 0 = gar nicht / sehr gering; 10 = sehr / sehr hoch	Wie <b>gefallen</b> Ihnen die vorgestellten Windpark-Szenarien?	Wie gut können Sie sich die vorgeführten <b>Windparks vorstellen</b> ?	Wie schätzen Sie das <b>Störpotential der Geräusche</b> des Windparks in 150m Abstand ein?	Wie gut hat die Simulation <b>Ihre Meinungsbildung</b> über die Windpark-Szenarien unterstützt?
0	2	0	22	9
1	0	0	18	2
2	2	0	32	2
3	2	2	18	3
4	3	3	7	3
5	8	5	13	24
6	18	7	6	13
7	19	17	4	12
8	30	26	4	26
9	12	22	2	12
10	37	51	0	26

<b>Max</b>	10	10	9	10
<b>Q75</b>	10	10	4	9
<b>Median</b>	8	9	2	7
<b>Q25</b>	6	7	1	5
<b>Min</b>	0	3	0	0

## Nachdem Sie das **Faktenblatt** gelesen haben

<b>Skalenwerte:</b> 0 = gar nicht / sehr gering; 10 = sehr / sehr hoch	Wie <b>gefallen</b> Ihnen die vorgestellten Windpark-Szenarien?	Wie gut können Sie sich die vorgeführten <b>Windparks vorstellen</b> ?	Wie schätzen Sie das <b>Störpotential der Geräusche</b> des Windparks in 150m Abstand ein?	Wie gut hat die Simulation <b>Ihre Meinungsbildung</b> über die Windpark-Szenarien unterstützt?
0	1	1	24	9
1	0	2	21	2
2	1	0	30	4
3	3	1	20	6
4	2	3	7	3
5	14	8	13	16
6	16	8	4	16
7	23	16	8	14
8	29	33	3	23
9	10	21	0	13
10	35	38	1	26

<b>Max</b>	10	10	10	10
<b>Q75</b>	10	10	4	9
<b>Median</b>	8	8	2	7
<b>Q25</b>	6	7	1	5
<b>Min</b>	0	0	0	0

## Statistische Angaben zur Person

	<b>Geschlecht</b>		<b>Alter</b>					
	weiblich	männlich	10-19 Jahre	20-29 Jahre	30-39 Jahre	40-49 Jahre	50-59 Jahre	>59 Jahre
Total	56	72	11	17	9	19	26	52
Prozent	43.75%	56.25%	8.21%	12.69%	6.72%	14.18%	19.40%	38.81%
	<b>Kanton</b>							
	TG	SH	SG	AR	AI	ZH	andere	?
Total	53	70	11	16	9	19	25	
Prozent	40.15%	53.03%	8.33%	12.12%	6.82%	14.39%	18.94%	
	<b>In welchem Landschaftstyp verbringen Sie am meisten Zeit? (Wohn/Arbeitsort)</b>				<b>In welchem Landschaftstyp verbringen Sie am liebsten Ihre Freizeit?</b>			
	Flachland	Hügelgebiet	Gebirge	andere	Flachland	Hügelgebiet	Gebirge	andere
Total	52	67	10	14	9	19	25	49
Prozent	38.81%	42.14%	6.29%	8.81%	6.72%	14.18%	18.66%	36.57%

## 10.4 Anforderungen zum Aufbau des VisAsim-Demonstrators

### Raumanforderungen

- **Raum:**
  - ☐ Dimensionen MVAL: Innenraum: 5x5m, Höhe 2.5m
  - ☐ Wandabstand: mind. 30 cm
  - ☐ Nicht in Turnhalle; System sollte den Raum in etwa ausfüllen; Aula ist Maximalgrösse
  - ☐ Der Raum sollte einigermaßen ruhig sein.
- **Boden:**
  - ☐ Der Boden muss trocken sein.
  - ☐ Es werden selbstliegende Teppichfliesen auf dem Boden verlegt. Diese haben einen weissen Rücken für rückstandsfreies Aufnehmen (dienen auch als Sportbodenschutz).
- **Decke:**
  - ☐ Lampen direkt über dem MVAL müssen abgeschaltet (ggf. abmontiert) werden.
- **Strom:**
  - ☐ min. 1 Steckdose mit 230 V (Stromverbrauch aller Geräte ca. 1300 Watt)

### Transportfahrzeug

- ☐ min. VW Transporter T5 5.8 M3 (Innenmasse: Länge 2.5 m, Breite 1.6m, Höhe 1.4m).

### Versicherung

- ☐ Transportversicherung von Europcar (CHF 10.- pro Tag, Versicherungssumme CHF 40'000.- pro Fahrzeug/Transportgut).
- ☐ Versicherung der Materialien und Geräte des MVAL (Sachversicherung) für Auf- und Abbau sowie während der Ausstellung. Der gesamte Materialwert beträgt ca. 23'000.- CHF.
- ☐ Ggf. ist eine Haftpflichtversicherung für den Aussteller sinnvoll (falls jemand im MVAL stolpert oder einen Beamer auf den Kopf bekommt etc.).

### Auf- und Abbau

- ☐ min. 4 Personen werden für den Aufbau und den Abbau benötigt und eine im Aufbau des VisAsim-Demonstrators erfahrene Person (PLUS, ETH Zürich)
- ☐ Zeitaufwand: Aufbau ca. 4-5h, Abbau ca. 1-2h

### Betrieb

- ☐ min. 1 Person wird für den Betrieb des MVALs benötigt (Bedienung Beamer, Laptop, Lautsprechersystem, Schallpegelmessgerät; Schulung einer Person vor Ort durch PLUS (ETH Zürich) möglich)