

Kommunikation von  
Windenergieprojekten mit  
Augmented Reality

# Danksagung

Ein Gelingen des Forschungsprojekts ar4wind wäre ohne die tatkräftige Mithilfe zahlreicher engagierter Unterstützer:innen aus der kommunalen Verwaltung, Stadt- und Regionalplanung, Prozessbegleitung, Projektentwicklung und aus anderen beteiligten Organisationen nicht möglich gewesen.

Ein herzlicher Dank gilt dabei insbesondere den folgenden Personen (in alphabetischer Reihenfolge): Lea Baumbach, Christoph Becker, Emanuela Boretzki, Sebastian Breitlauch, Ina Breuer, Matthias Bruhn, Carsten Busche, Kristof Franke, Manuela Frankenberg, Christoph Haucke, Wiebke Heider, Fridtjof Ilgner, Florian Kischka, Ansgar Kuschel, Lukas Leising, Christopher Lüning, Tomke Menger, Eike Müller, Claudia Niedersen, Dr. Wolfgang Paulus, Markus Pauly, Matthias Plehn, Philipp Richter, Karl Schmude, Stefan Thieme-Czach, Stephan Wiggeshoff, Markus Wolf, Stefanie Wolf

Danke für anregende Gespräche und Interviews, Vor-Ort-Termine, kritische Auseinandersetzungen mit den Forschungsfragen und vieles mehr!

Ein großer Dank gilt außerdem dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts (Förderkennzeichen O3EE3046A-D).

„Im Vergleich zu unseren eigenen Versuchen, Visualisierungen im Rat zu erstellen, erfüllte die Visualisierung hier unsere Erwartungen. Ich habe mich noch gar nicht festgelegt, war aber erstaunt, wie die Bewegung von 2 Metern die Perspektiven verändern kann. Diese Visualisierungen sollten allen zugänglich gemacht werden und bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.“

Bürger:in

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Wozu ar4wind?</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Wann ist ein Visualisierungstool nützlich?</b> .....	<b>6</b>
	Auf Ebene der Regionalplanung .....	6
	Während der kommunalen Bauleitplanung .....	6
	Im Zuge des Genehmigungsverfahrens .....	6
	Wer könnte das Visualisierungstool nutzen? .....	7
	Wie ein Visualisierungstool den primären Nutzergruppen hilft .....	7
	Wie ein Visualisierungstool sekundären Nutzergruppen hilft .....	7
<b>3</b>	<b>Fachliche Anforderungen zum Einsatz des Visualisierungstools</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Funktionale Anforderungen an das Visualisierungstool</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Was bedeutet Augmented Reality?</b> .....	<b>10</b>
	Grundidee des AR-Tools .....	10
	Technische Herausforderungen bei Outdoor Augmented Reality .....	11
	Wie lösen AR-Tools die Herausforderungen? .....	12
<b>6</b>	<b>Praktische Erfahrungen im Umgang mit dem AR-Tool</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Acht Handlungsempfehlungen für den Einsatz eines AR-Tools</b> .....	<b>17</b>
	Quellen .....	19
	Impressum .....	19

# Zusammenfassung

Der Begriff Augmented Reality (Erweiterte Realität, AR) steht für Technologien, mit deren Hilfe man virtuelle Objekte in Ansichten der realen Welt wirklichkeitsgetreu einblenden und diese somit „erweitern“ kann. Das 2023 abgeschlossene Forschungsprojekt **ar4wind** hat getestet, inwieweit sich AR-Anwendungen eignen, um geplante Windenergieanlagen (WEA) während der Planungs- und Beteiligungsphase möglichst realitätsgetreu zu visualisieren. Die übergeordnete Fragestellung lautete: Unter welchen Umständen kann AR-Technologie einen Beitrag zur Versachlichung von Diskussionen um Windenergieprojekte leisten, indem sie die Beteiligten in die Lage versetzt, sich ein eigenes, wirklichkeitsgetreues Bild der geplanten WEA zu machen?

Als potenzielle Nutzergruppen eines solchen AR-Tools identifizierte **ar4wind** in erster Linie die Vertreter:innen von Kommunen, Regionalplanung, Prozessbegleitung und Projektentwicklung. Damit sie einen Nutzen aus der AR-Technologie ziehen können, müssen jedoch einige fachliche Anforderungen an den Planungsfall und an das Format der Öffentlichkeitsbeteiligung erfüllt sein. Gemeinsam mit potenziellen Nutzer:innen konnten die funktionalen Anforderungen an das AR-Tool priorisiert werden.

Basierend auf Vorarbeiten des Projektpartners Land-Plan OS wurde während der Projektlaufzeit ein AR-Tool entwickelt, das geplante WEA als virtuelle Objekte in der Kameraansicht von mobilen Endgeräten platziert – dank Rotoranimation auch mit Betriebssimulation in verschiedenen Drehgeschwindigkeiten. Bei dieser Anwendung (im Folgenden meist als AR-Tool oder Visualisierungstool bezeichnet) handelt es sich um den optimierten Prototypen einer App, der zum Projektabschluss prinzipiell einsatzbereit ist, aber nicht bis zur Marktreife entwickelt wurde.

Als anspruchsvollste technische Hürde bei der Nutzung des AR-Tools stellte sich die Kalibrierung des Endgeräts heraus. Um eine präzise Geolokalisierung und die korrekte (Teil-)Verdeckung der virtuellen Objekte zu gewährleisten, erwiesen sich sowohl die Kalibrierung mit manuell gesetzten Referenzpunkten in der Umgebung und farbbasierter Segmentierung des Himmels als auch die Nutzung von virtuellen 3D-Landschaftsmodellen als grundsätzlich praktikabel.

Zum Ende der Erprobungsphase testete **ar4wind** mit dem Einsatz von vorproduzierten AR-Videos eine Alternative zur Ad-hoc-Visualisierung per AR-Tool. Ergebnis u. a.: Das Betrachten von vorproduzierten Videos gestaltete sich für die Beteiligten zwar komfortabler als die Nutzung des AR-Tools, konnte aber nicht den gleichen Grad an Wirklichkeitstreue und Transparenz in der Darstellung wie das AR-Tool erreichen.



# 1 Wozu ar4wind?

Windenergie an Land spielt in Deutschland eine große Rolle, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Die Entscheidungen über mögliche Standorte geplanter Windräder (auch Windenergieanlagen, kurz WEA) sind oftmals von langwierigen und kontroversen Debatten auf lokaler Ebene begleitet. Anwohner:innen kritisieren etwaige akustische und visuelle Beeinträchtigungen ebenso wie die Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Um eine möglichst transparente Kommunikation mit der ortsansässigen Bevölkerung sicherzustellen und damit auch höhere Akzeptanz zu erreichen, können praxisnahe Visualisierungswerkzeuge in die Bürgerbeteiligung eingebunden werden.

Inwiefern können quifizierte Visualisierungen von WEA mittels Handy oder Tablet faktenbasierte Debatten um Windenergieprojekte vor Ort unterstützen? Dies zu klären, war das zentrale Ziel des 2023 abgeschlossenen Forschungsvorhabens **ar4wind**. Im Mittelpunkt des Vorhabens stand der Einsatz mobiler Augmented-Reality-Technologien (mAR), die im Rahmen informeller Bürgerbeteiligungsverfahren geplante Windräder als 3D-Modelle erfahrbar machen. Die WEA werden dabei als digitale Elemente im Kamerabild eines mobilen Endgeräts eingeblendet – und zwar positions- und realitätsgetreu.

Das Forschungsprojekt **ar4wind** hat eine mAR-Anwendung im Einsatz vor Ort getestet. Sie wurde mit Blick auf ihre Praxistauglichkeit im Planungsalltag sowie ihre Bedeutung für Bürgerbeteiligungsverfahren evaluiert. Ergebnis: Insbesondere die informelle Beteiligung in frühen Planungsphasen lässt sich durch innovative Instrumente zur Visualisierung effizienter und transparenter gestalten. Diese Instrumente sollen bedarfsorientiert einsetzbar sein. Sie dienen dem Ziel, dass sich Akteur:innen mit unterschiedlichen Positionen in Bürgerdialogprozessen gegenseitig informieren und konstruktiv austauschen können.



# 2 Wann ist ein Visualisierungstool nützlich?

## AUF EBENE DER REGIONALPLANUNG

- **Im ersten Planungsstadium:** Mit einem Visualisierungstool können Regionalplanungsverantwortliche bereits bei der Erarbeitung des Planentwurfs die Öffentlichkeit, z.B. betroffene Bürger:innen, darüber unterrichten, wie ein Windparkszenario auf einer bestimmten Windvorrangfläche aussehen würde. Auch bei Vor-Ort-Terminen in von Planungen betroffenen Kommunen können die Planenden mithilfe eines solchen Tools zu einem sehr frühen Zeitpunkt zeigen, welche Standorte für WEA ausgewiesen werden könnten und warum sie diese für geeignet gehalten.
- **Sichtbarkeitsanalysen für Gutachten:** Wenn sie Gutachten für Landesdenkmalschutzbehörden erstellen, können Regionalplanungsverantwortliche u.a. Sichtbarkeitsanalysen mit dem Tool anfertigen oder Fragen nach der optisch bedrängenden Wirkung auf ein Baudenkmal abprüfen.
- **Wenn der Planentwurf öffentlich ausliegt:** Es lassen sich einzelne Fragen klären, die nach öffentlicher Auslage des Regionalplanentwurfs in Infoveranstaltungen zur Sprache kommen, z.B. wie die neue Anlagengeneration optisch wirkt.

## WÄHREND DER KOMMUNALEN BAULEITPLANUNG

- **Plankonzept:** Verantwortliche in kommunalen Bauämtern können schon bei der Erstellung eines Plankonzepts die Gemeinderatsmitglieder und andere Schlüsselakteur:innen informieren, wie WEA auf den noch auszuweisenden Flächen aussehen würden.
- **Bauhöhenbeschränkungen:** Bevor sie mögliche Bauhöhenbeschränkungen festlegen, können Mitarbeitende von Bauämtern das Tool nutzen und Vergleichsszenarien mit Expert:innen diskutieren.
- **Nach öffentlicher Auslage des Planentwurfs:** Im Zuge der frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung nach Offenlage des überarbeiteten Planentwurfs lassen sich Ortsbegehungen organisieren. Die daran teilnehmenden Bürger:innen können die Flächennutzungsplanung besser nachvollziehen, wenn sie ein Visualisierungstool nutzen.

## IM ZUGE DES GENEHMIGUNGSVERFAHRENS

- **Vor Bauantragseinreichung:** Wenn die Flächensicherung abgeschlossen und der Umfang der Planungen konkret geworden ist, können Vorhabenträger:innen ein Visualisierungstool nutzen, um bei Informationsveranstaltungen für betroffene Bürger:innen die Planungsinhalte nachvollziehbar und anschaulich zu vermitteln.
- **Umweltverträglichkeitsprüfung:** Im sogenannten Scoping-Termin, der zur Klärung des Untersuchungsrahmens in der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) dient, berät die Genehmigungsbehörde die Vorhabenträger:innen. Hier können Sachverständige und relevante Fachbehörden hinzugezogen werden. Unter
- Zuhilfenahme eines Visualisierungstools ließe sich der UVP-Bericht mit passendem Bild- und Videomaterial anreichern, das Teil der Genehmigungsunterlagen wird. Bislang entspricht das jedoch nicht der anerkannten Praxis.
- **Erörterungstermin:** Im Anschluss an die Bekanntmachung des Bauantrags und nach Ablauf der Einwendungsfrist kann die Behörde einen Erörterungstermin durchführen, um mit den Verfahrensbeteiligten die eingegangenen Einwendungen zu besprechen. Auch dabei kann der Einsatz eines Visualisierungstools hilfreich sein.

## WER KÖNNT DAS VISUALISIERUNGSTOOL NUTZEN?

Das Forschungsvorhaben **ar4wind** hat vier Hauptgruppen von potenziellen Nutzer:innen identifiziert: Vertreter:innen von Kommunen, Regionalplanung, Prozessbegleitung und Projektentwicklung. Bürger:innen und Gutachter:innen wurden eher indirekt als sekundäre Nutzergruppen für das Visualisierungstool betrachtet. Die Nutzergruppen spezifischen Vorteile werden im Folgenden erläutert.

### WIE EIN VISUALISIERUNGSTOOL DEN PRIMÄREN NUTZERGRUPPEN HILFT



#### **Kommunen**

- Visualisierungshilfe im Gelände zur Beurteilung von WEA-Potenzialflächen oder ausgewiesenen Konzentrationsflächen während der Öffentlichkeitsbeteiligung im Rahmen der Bauleitplanung (Siedlungsabstände, Bauhöhen etc.)
- Sachlich-neutrales Informationswerkzeug, das für Bürger:innen Transparenz herstellt



#### **Regionalplanung**

- Hilfsmittel in Sichtbarkeits- und Umweltprüfungen bei Erstellung/Änderung von Regionalplänen
- Hypothetische Visualisierung von noch nicht konkret geplanten WEA (Abstände, Bauhöhen)



#### **Prozessbegleitung**

- Visualisierungshilfe für Moderator:innen, um sich vor Bürgerdialogen ein eigenes Bild zu machen
- Spielerische Komponente, die Bürger:innen bei Dialogveranstaltungen neugierig macht



#### **Projektentwicklung**

- Interne Visualisierungshilfe bei Vor-Ort-Terminen
- Aufnahme von Videomaterial für die Unternehmenskommunikation und für Präsentationen bei Bürgerveranstaltungen und Gremiensitzungen

### WIE EIN VISUALISIERUNGSTOOL SEKUNDÄREN NUTZERGRUPPEN HILFT



#### **Bürger:innen**

- Vertrauensbildung durch realistische und sachliche Vor-Ort-Visualisierungen
- AR-Tool ermöglicht, sich ein eigenes Bild zu machen – ohne sich von (möglicherweise übertriebenen) vorproduzierten Visualisierungen beeindruckend zu lassen



#### **Gutachter:innen, Landschaftsplaner:innen**

- Einsatz bei Sichtgutachten, z. B. für Denkmalschutzbehörden
- Vor-Ort-Visualisierung bei Lokalterminen mit Behördenvertreter:innen

# 3 Fachliche Anforderungen zum Einsatz des Visualisierungstools

Welche Grundvoraussetzungen müssen gegeben sein, damit die Nutzer:innen sich für den Einsatz eines Visualisierungstools entscheiden? Das Forschungsvorhaben **ar4wind** konnte einige Bedingungen identifizieren. Diese Anforderungen beziehen sich sowohl auf den realen **Planungsfall**, also auf das Windenergieprojekt, als auch auf das **Setting** der Visualisierung, also auf das Format der Öffentlichkeitsbeteiligung, in dem das Tool eingesetzt wird.

## WESENTLICHE ANFORDERUNGEN AN DEN PRAXISEINSATZ DES VISUALISIERUNGSTOOLS SIND:

- Der Planungsfall sollte möglichst **konkret** sein.
- Der Planungsfall sollte möglichst **unkritisch** sein.
- Das Format der Öffentlichkeitsbeteiligung sollte möglichst „**ein geschützter Raum**“ mit einem zahlenmäßig überschaubaren Publikum sein.
- Das Format, in dem die Visualisierung zu Einsatz kommt, sollte möglichst gut in einem übergeordneten Prozess **eingebettet** sein.
- Die Visualisierung sollte von einer kompetenten technischen und fachplanerischen **Kommentierung** des Windenergieprojekts begleitet sein.
- Die **Spielräume und Grenzen** der Planung sollten stets offen kommuniziert werden.
- Das Tool sollte möglichst einfach aufgebaut und **intuitiv steuerbar** sein.
- Das Tool sollte möglichst **kostengünstig und ohne Aufwand** für das jeweilige Windenergieprojekt aufzusetzen sein.

„Ich fand die heutige Erfahrung sehr interessant. Besonders bemerkenswert fand ich die Relativierung der Größe dieser gigantischen Windanlagen. Obwohl sie höher sind als der Posttower oder der Kölner Dom, wirkten sie nicht so erschlagend oder erdrückend, wie man es angesichts ihrer Höhe von 250 Metern vielleicht erwarten würde. Natürlich sind sie imposant, wenn man direkt vor ihnen steht, aber aus der Perspektive des tatsächlichen Lebensraums betrachtet, fand ich es tatsächlich ganz gut relativiert.“

Martin Koch (Parents for Future)

# 4 Funktionale Anforderungen an das Visualisierungstool

Im Forschungsvorhaben wurden die funktionalen Anforderungen an das AR-Tool herausgearbeitet. Dafür fand ein **AR-Analyse-Workshop** mit Vertreter:innen der zuvor genannten primären Nutzergruppen statt. Hier lernten die Teilnehmenden Potenziale und Einsatzmöglichkeiten der AR-Technologie kennen, um darauf aufbauend gemeinsam mögliche Funktionalitäten des geplanten Tools zu erarbeiten, zu diskutieren und zu bewerten.

## FUNKTIONALE ANFORDERUNGEN AN DAS AR-TOOL

### Wesentliche Funktionen (hohe Priorität)

- **AR-Visualisierung von WEA-Planungsvarianten im Landschaftsbild.** Das Tool muss ein oder mehrere Windpark-Layouts (gegebenenfalls auch mit verschiedenen Anlagentypen) an definierten geografischen Positionen realistisch und positionsgetreu darstellen können.
- **Modifikationen von Anlagentyp, Position und Orientierung.** Es muss möglich sein, Anlagentyp (Größe, Nebenhöhe) und Anlagenposition zu ändern. Das gilt auch für Rotorausrichtung (Haupt- oder Nebenwindrichtung) und Drehgeschwindigkeiten.
- **Darstellung von Zusatzinfos.** Zusätzliche Informationen wie Abstandsangaben, Sonnenstand, WEA-Standort und eigener Standort müssen in Textform darstellbar sein.
- **Modifikation von Farbeinstellungen.** Farbkontraste und Farbeinstellungen müssen je nach Tageszeit und Licht- und Wettersituation veränderbar sein.
- **Video- und Fotoaufnahme.** Die mit dem Tool generierten AR-Ansichten sollen als Videoaufnahme oder statisches Foto exportiert werden können. Die exportierte Datei muss Meta-Daten wie Aufnahmeort, Datum und Brennweite enthalten, damit die Aufnahme reproduzierbar ist.

### Wünschenswerte Funktionen (mittlere bis geringe Priorität)

- **Darstellung von Vergleichsgebäuden.** Neben der geplanten WEA sollen andere virtuelle Gebäude wie etwa Strommasten oder bekannte Gebäude platzierbar sein, um Größenverhältnisse besser verstehbar zu machen.
- **Eignungsflächen und Vorrangflächen.** Die festgelegten Eignungs- oder Vorrangflächen sollen in der AR-Ansicht eingeblendet werden können, damit die virtuellen WEA nur in diesen Flächen platziert werden können.
- **Informationen zu bestehenden WEA.** Technische Daten und Stromertrag der bereits gebauten WEA sollen angezeigt werden können.

### Wünschenswerte Funktionen (technische Machbarkeit eingeschränkt oder aufwendig)

- **Simulation von WEA-Schlagschatten.** Der potenzielle Schlagschatten einer geplanten WEA sollte in seiner Abhängigkeit vom Sonnenstand (Datum und Uhrzeit) realitätsnah wiedergegeben werden.
- **Repowering.** Wie sähe eine neue WEA anstelle einer bereits gebauten aus? Das AR-Tool sollte die alte Anlage aus- und eine potenzielle neue Anlage einblenden können.
- **Nachtmodus.** Das Tool sollte eine nächtliche Umgebung mit der Befeuerung an Turm und Gondel simulieren können.
- **Wetterverhältnisse.** Unterschiedliche Bewölkungsverhältnisse, Dunst und Regen sollten dargestellt werden können.

# 5 Was bedeutet Augmented Reality?

**Augmented Reality** (Erweiterte Realität, AR) bedeutet, dass die Wahrnehmung der realen Welt durch virtuelle Inhalte (z.B. virtuelle Windräder) erweitert wird. Die virtuellen Objekte werden dabei in der Ansicht der realen Welt (z.B. auf dem Bildschirm eines Smartphones oder Tablets) eingeblendet und so platziert, dass es wirkt, als seien sie in der realen Welt verankert bzw. mit der realen Welt verschmolzen. Die AR-Technologie grenzt sich somit deutlich von der Technologie der **Virtual Reality** (Virtuelle Realität, VR) ab: Während man sich bei VR in einer vollkommen virtuellen, computer-generierten Landschaft befindet, betrachtet man bei der AR die reale Welt (z.B. durch die Kamera eines Tablets) und nur einzelne virtuelle Objekte werden positionsgetreu in diese Ansicht projiziert. Als AR-Endgeräte kommen heutzutage üblicherweise Smartphones und Tablets in Frage, die von Nutzer:innen händisch bedient und auf die reale Welt gerichtet werden können. In absehbarer Zukunft werden derartige AR-Visualisierungen jedoch auch mithilfe von AR-Brillen möglich sein.

Die heute gängigen **Anwendungen mit AR-Visualisierungen** finden üblicherweise eher in Innenräumen statt und blenden virtuelle Objekte in der unmittelbaren Umgebung der Nutzer:innen ein. So werden in der Praxis beispielsweise AR-Anwendungen zur virtuellen Wohnungseinrichtung eingesetzt, bei denen Möbelstücke wirklichkeitsgetreu in der Wohnung platziert werden können, oder in Museen, um Ausstellungsstücke mit animierten Inhalten digital zu erweitern. Doch auch unter freiem Himmel besitzen AR-Visualisierungen ein großes Anwendungspotenzial, z.B. um Navigationsaufgaben zu lösen oder die optischen Auswirkungen geplanter Bauvorhaben auf das Stadt- und Landschaftsbild zu visualisieren. Im Zuge der Energiewende bieten sich AR-Visualisierungen auch für geplante Freiflächen-PV-Anlagen oder Windparks an. Derartige AR-Visualisierungen im Außenbereich können als **Outdoor Augmented Reality** oder – sofern georeferenzierte Daten (z.B. WEA an einer bestimmten geografischen Position) dargestellt werden – als **geodatenbasierte Augmented Reality** (GeoAR) bezeichnet werden.

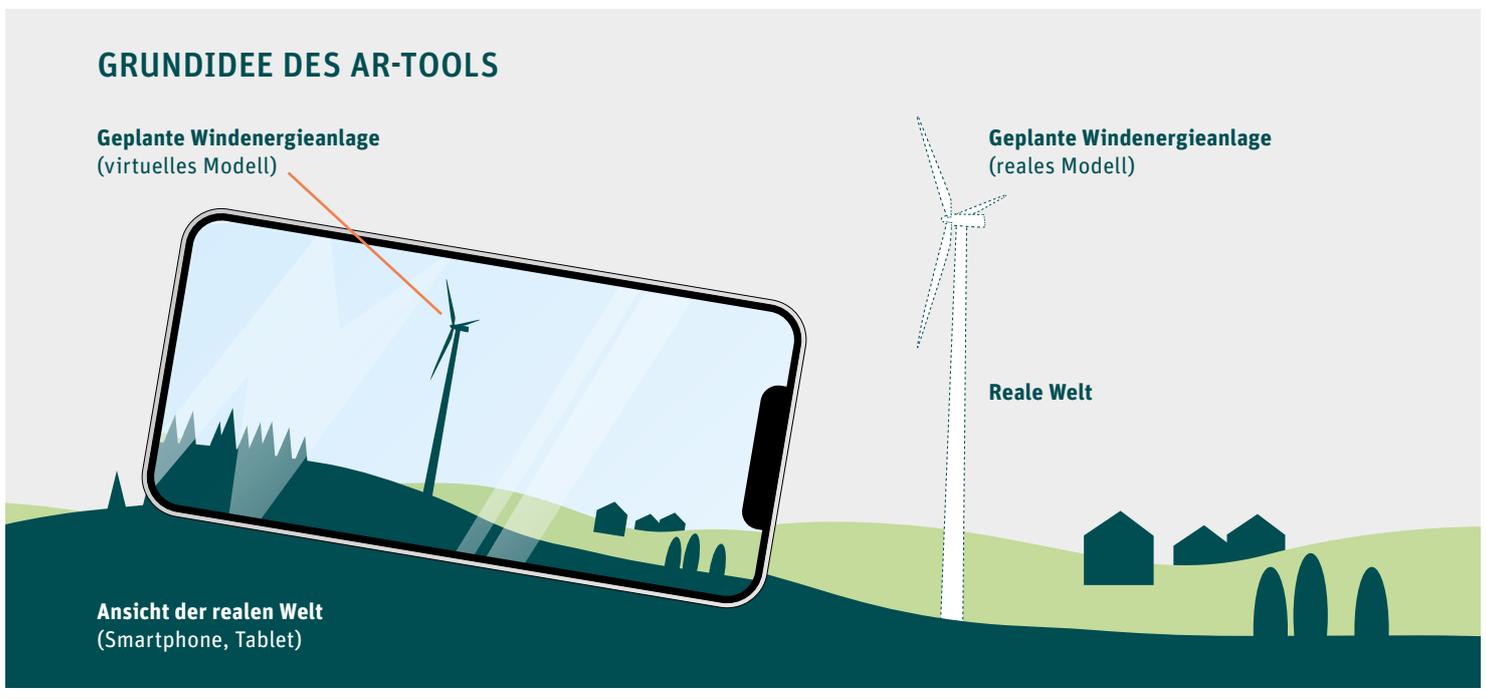


Abbildung 1: Grundidee der Augmented Reality: Ein virtuelles Objekt (z.B. eine geplante WEA) wird in die Ansicht der realen Welt (z.B. Kameraansicht auf einem Smartphone oder Tablet) wirklichkeitsgetreu eingeblendet. Die Wahrnehmung der realen Welt wird dadurch „erweitert“.

## TECHNISCHE HERAUSFORDERUNGEN BEI OUTDOOR AUGMENTED REALITY

Damit AR-Projektionen beispielsweise von WEA im Außenbereich realitätsgetreu und korrekt dargestellt

werden können, müssen einige technische Herausforderungen bewältigt werden. Dazu zählen insbesondere:

### 1) Präzise Geolokalisierung



**Präzise Positionsbestimmung und Gerätausrichtung**  
Korrekte Darstellung der virtuellen WEA im Kamerabild



**Ungenau Positionsbestimmung und Gerätausrichtung**  
Fehlerhafte Darstellung der virtuellen WEA im Kamerabild – bereits kleine Fehler können Bilder stark verfälschen

### 2) Korrekte Wiedergabe von Verdeckungen



**Korrekte Berücksichtigung von Verdeckungen**  
Virtuelle WEA erscheint hinter dem Wald, von dem sie teilweise verdeckt wird (wirklichkeitsgetreue Darstellung)



**Ohne Berücksichtigung von Verdeckungen**  
Virtuelle WEA erscheint vor dem Wald, statt teilweise von ihm verdeckt zu sein (fehlerhafte Wahrnehmung)

Abbildung 2: Die wesentlichen Herausforderungen der geodatenbasierten AR-Technologie bestehen in einer präzisen Geolokalisierung des Endgeräts und in der korrekten Wiedergabe von Verdeckungen der AR-Inhalte.

- **Präzise Geolokalisierung:** Eine positionsgetreue Projektion der virtuellen georeferenzierten Inhalte (z. B. virtuelle Windräder) auf den Bildschirm des mobilen Endgeräts ist nur dann möglich, wenn die Position und Ausrichtung (Orientierung) des mobilen Geräts in Bezug auf ein globales geografisches Koordinatensystem korrekt und präzise bestimmt werden (Geolokalisierung). Bei ungenauer Geolokalisierung würde das virtuelle Objekt, in unserem Fall das virtuelle Windrad, an einer falschen Position auf dem Bildschirm erscheinen und eine fehlerhafte Wahrnehmung der tatsächlichen Position des Objekts in der Landschaft erzeugen. Eine präzise Geolokalisierung stellt mit dem aktuellen Stand der Technik jedoch noch eine große Hürde dar, insbesondere weil die hierfür relevanten Lokalisierungssensoren in den mobilen Endgeräten (GPS-Empfänger zur Positionsbestimmung und digitaler Kompass zur Bestimmung der Orientierung) zu ungenau sind.
- **Korrekte Wiedergabe von Verdeckungen:** Für eine wirklichkeitsgetreue AR-Darstellung ist neben einer präzisen Lokalisierung auch die korrekte Wiedergabe von Verdeckungen der virtuellen Objekte notwendig. Virtuell platzierte Windräder können beispielsweise durch Vegetation, Gelände oder Gebäude verdeckt werden. Werden Verdeckungen nicht korrekt berücksichtigt, so werden die virtuellen Windräder lediglich auf das Kamerabild gelegt und nicht in das reale Landschaftsbild eingefügt. Dies führt ebenfalls zu einer fehlerhaften Wahrnehmung der Positionierung und des Erscheinungsbilds der geplanten Anlage. Mit Hilfe der in mobilen Endgeräten integrierten Sensoren kann üblicherweise jedoch nur die unmittelbare Umgebung digital erfasst und rekonstruiert werden. Eine Berücksichtigung von entfernten Verdeckungen (z. B. durch Wald oder entfernte Gebäude) ist somit nicht ohne Weiteres möglich.

## WIE LÖSEN AR-TOOLS DIE HERAUSFORDERUNGEN?

Die Bewältigung dieser beiden Herausforderungen kann auch als Prozess der **Kalibrierung** (GeoAR-Kalibrierung) bezeichnet werden. Bevor eine korrekte AR-Abbildung der geplanten Windräder vor Ort möglich ist, muss das AR-System (Smartphone, Tablet) im Zuge einer Kalibrierung einmalig so justiert werden, dass eine genaue Lokalisierung und eine korrekte Wiedergabe von Verdeckungen möglich ist.

In der Theorie könnte eine solche Kalibrierung durch Verfahren der Bildanalyse und Bilderkennung vollautomatisch gelöst werden. Diese automatischen Kalibrierungsansätze basieren auf großen, vorab aufgenommenen und qualitativ hochwertigen 3D-Referenzmodellen (3D-Punktwolken) des gesamten Anwendungsgebiets, in dem AR-Visualisierungen ermöglicht werden sollen. Die Vorab-Erstellung solcher 3D-Referenzmodelle ist jedoch sehr ressourcen- und kostenintensiv bzw. nur in ausgewählten Gebieten (z. B. entlang von öffentlichen Straßen) realisierbar.

Als geeignete Alternative bieten sich **manuelle, nutzer-gesteuerte Methoden** an, um eine präzise Geolokalisierung zu ermöglichen und Verdeckungen in der Ferne zu berücksichtigen. Zu diesem Zweck konnten daher im Rahmen des Forschungsprojektes ar4wind die folgenden zwei nutzer-gesteuerten Kalibrierungsmethoden entwickelt und in der Praxis eingesetzt werden:

**A) Kalibrierung mit Referenzpunkt und Himmel-Segmentierung:** In einer Kartenansicht präzisieren die Nutzer:innen der AR-Anwendung zunächst manuell die eigene Position. Anschließend legen sie einen sichtbaren Referenzpunkt in der Umgebung fest (z. B. Kirchturm, Hausdach, Hochspannungsmast). Dieser Referenzpunkt dient zur Justierung der Blickrichtung, indem eine Referenzlinie in der realen Kameraansicht (AR-Ansicht) auf die tatsächliche Position des ausgewählten Objektes geschoben wird. Zur Wiedergabe von Verdeckungen wird der Himmel farbbasiert segmentiert und maskiert. Dazu wählen die Nutzer:innen in der Kameraansicht manuell Farbbereiche des Himmels aus. Die virtuellen Windräder sind dann nur in diesem maskierten Bereich des Himmels sichtbar, während sie im „Nicht-Himmel“-Bereich von der Landschaft verdeckt werden.

**B) Kalibrierung mithilfe von 3D-Landschaftsmodellen:** Alternativ können auch digitale 3D-Landschaftsmodelle zur Kalibrierung genutzt werden. Auch in diesem Verfahren bestimmen die Nutzer:innen ihre eigene aktuelle Position zunächst manuell über eine Kartenansicht. Anschließend werden digitale 3D-Landschaftsmodelle (z. B. texturierte Oberflächenmodelle) als optische Hilfsmittel in der Kameraansicht eingeblendet. Per Interaktionsgesten können die Nutzer:innen diese Modelle so verschieben, dass sie mit der realen Landschaft übereinstimmen. Dadurch erfolgt eine korrekte Justierung der Blickrichtung. Diese digitalen Landschaftsmodelle dienen anschließend auch als wirklichkeitsgetreue Verdeckungsobjekte der virtuellen WEA.

„Die Visualisierung war beeindruckend und hilfreich, insbesondere bezüglich der Auswirkungen verschiedener Standorte auf das Landschaftsbild. Die bodennahe Drehbewegung der Rotoren an einem Standort hat jedoch Bedenken hinsichtlich des Artenschutzes geweckt. Ich befürchte höhere Verluste für die gefährdeten Vogel- und Fledermausarten, die diese niedrigen Höhen bevorzugen.“

Dr. Michael Pacyna, Vorsitzender eines Artenschutzvereins

Beide Kalibrierungsmethoden können im Kontext der AR-Visualisierung von geplanten WEA in der Praxis zum Einsatz kommen. Die technische Realisierung und Bereitstellung des zweiten Verfahrens (Kalibrierungsmethode B) ist komplexer, da entsprechende 3D-Landschaftsmodelle zunächst in geeignete Formate umgewandelt werden müssen, um effektiv in die AR-App integriert werden können. Außerdem sind derartige 3D-Landschaftsmodelle nicht für alle Gebiete gleichermaßen öffentlich und kostenfrei verfügbar. Ist dies jedoch

gegeben, stellt dieses Verfahren eine schnelle, intuitive und nutzerfreundliche Möglichkeit der Kalibrierung dar. Die erste Methode (Kalibrierungsmethode A) ist hingegen etwas zeitaufwändiger und mühsamer in der Bedienung, sie kann jedoch ohne allzu umfangreichen Vorab-Einrichtungsaufwand räumlich flexibel in beliebigen Anwendungsgebieten zum Einsatz kommen. Idealerweise könnte für jeden Einsatzort individuell entschieden werden, welche Methode der Kalibrierung vorzugsweise genutzt werden soll.

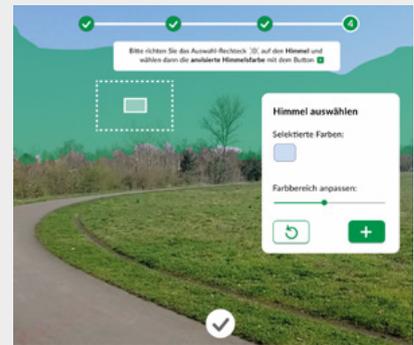
### A) Kalibrierung mit Referenzpunkt und Himmel-Segmentierung



**1.–2. Schritt:** Bestimmung der **eigenen Position** und eines **Referenzpunkts** auf einer Kartenansicht



**3. Schritt:** Anvisieren des **Referenzpunkts** in der Ansicht der realen Welt



**4. Schritt:** Auswahl von Farbbereichen zur **Maskierung des Himmels**

### Finale AR-Visualisierung

### B) Kalibrierung mithilfe von 3D-Landschaftsmodellen



**1. Schritt:** Bestimmung der **eigenen Position** aus einer Kartenansicht



**2. Schritt:** Verschiebung von eingeblendeten virtuellen **3D-Landschaftsmodellen**, um diese an die Ansicht der realen Welt anzupassen



**Kalibrierte AR-Ansicht** mit realitätsgetreuer Einblendung virtueller WEA und korrekter Wiedergabe von Verdeckungen

Abbildung 3:

Die Kalibrierung des AR-Geräts ist für eine realitätsgetreue Einblendung der virtuellen WEA mit korrekter Wiedergabe von Verdeckungen notwendig. Sie kann auf unterschiedlichem Weg erfolgen, entweder mithilfe von manuell gesetzten Referenzpunkten in der Umgebung und einer farbbasierten Segmentierung des Himmels (Kalibrierungsmethode A) oder durch Verschieben von virtuellen 3D-Landschaftsmodellen (Kalibrierungsmethode B).

# 6 Praktische Erfahrungen im Umgang mit dem AR-Tool

Mit Demonstrator 1.0 wurde ein im Rahmen des Projekts ar4wind entwickeltes AR-Tool im Frühjahr 2022 einer Felderprobung unterzogen. Dabei ging es um die Frage, wie die Nutzer:innen das Tool hinsichtlich seiner **Benutzerfreundlichkeit** (Usability) und **Zweckdienlichkeit** bewerten. Die Nutzer:innen machten Angaben dazu, inwieweit das Visualisierungstool WEA standortgetreu und realistisch in Farbe, Größe und Gestalt darstellen.

Mit Blick auf drei angenommene Einflussfaktoren AR-Vorerfahrung, Windenergie-Vorerfahrung und politisches Amt zeigen sich bei der Auswertung kaum nennenswerte Unterschiede im Antwortverhalten. Diese **Faktoren** scheinen sich **weder auf die Bewertung der Zweckdienlichkeit noch auf die der Usability auszuwirken**. Grundsätzlich bewertet eine deutliche Mehrheit die Zweckdienlichkeit und die Benutzerfreundlichkeit des Tools bzw. der App positiv.

„Ich fand die Möglichkeit sehr gut, uns vor Ort ein Bild machen zu können. Meiner Meinung nach ist dies ein klarer Vorteil gegenüber denen, die später nur den Link erhalten. Die sehen dann den Link und verstehen, dass sie irgendwo stehen müssen, aber tatsächlich an diesem Punkt zu stehen, ist ein ganz anderes Erlebnis. Jeder Standort hatte seinen eigenen „aha“-Effekt. Man konnte die Relationen sehen, es gab immer etwas, was auffiel und das passte einfach. Dieses Erlebnis, wirklich vor Ort zu sein, finde ich sehr gut.“

Christina Flamme, CDU

Die **zentrale Erkenntnis** der ersten Praxistests ist, dass die Bedienung des Visualisierungstools **für Lai:innen voraussetzungsreich** ist. Es eignet sich damit als Tool für Expert:innen, Projektentwickler:innen, Mitarbeiter:innen in der Regionalplanung und für Prozessbegleiter:innen, die in Visualisierungsfragen erfahren sind, weniger jedoch für Bürger:innen. Damit „Nicht-Expert:innen“ das Tool nutzen können, ist ein intuitiver Zugang zwingend erforderlich. Nur so lassen sich die Anwendungshürden so stark senken, dass sie in dem Format einer Beteiligungsveranstaltung übersprungen werden können. In der ersten getesteten Version war der nötige Aufwand, um die Teilnehmenden zur eigenständigen Bedienung des AR-Tools zu befähigen, unverhältnismäßig hoch. Die eigenständige Durchführung der Gerätekalibrierung (Kalibrierungsmethode A) erschien als sehr große Hürde. Eine **Überarbeitung des User Interfaces** zeigte sich als dringend erforderlich.

Kommt das Visualisierungstool bei der Öffentlichkeitsbeteiligung vor Ort zum Einsatz? Und kann es dort seine **Wirkungen in der praktischen Anwendung** entfalten? In der Felderprobungsphase von ar4wind konnten einige Faktoren identifiziert werden, die Einfluss auf das Anwendungssetting haben:

- die **Kontaktaufnahme** mit Akteur:innen (Stabilität und Komplexität des Akteursnetzwerks)
- die **Einbettung in einen übergeordneten Prozess** bzw. die Integration in verschiedene Formate der Bürgerbeteiligung
- die individuelle Haltung und das persönliche **Engagement von planenden Akteur:innen**
- das jeweilige **konkrete Setting vor Ort**

In der zweiten Testphase im Frühjahr 2023 standen Fragen nach der **Passfähigkeit des Tools in Verfahren** der Öffentlichkeitsbeteiligung (prozessuale Passfähigkeit) im Fokus: Wie gelingt es professionellen Prozessbegleiter:innen, das Visualisierungstool wirksam einzusetzen, um vor Ort Transparenz für zukünftige Windenergieplanungen herzustellen und einen konstruktiven Austausch darüber anzuleiten? Welche Aspekte spielen eine besonders wichtige Rolle, um Ortsbegehungen oder Bustouren erfolgreich im Sinne guter Öffentlichkeitsbeteiligung bei Windenergieprojekten ausrichten zu können?

Es zeigte sich, dass das AR-Tool besonders für Nutzergruppen wie Fachbehörden und -gutachter:innen, politische Entscheidungsträger:innen in kommunalen Gremien und Expert:innen für Dialoggestaltung und Prozessbegleitung geeignet ist. Der Einsatz dieses Instruments kann als Türöffner für Gespräche mit Flächeneigentümer:innen dienen oder die Arbeit von Regionalen Planungsverbänden und -versammlungen unterstützen. Bevor Regionalpläne erstellt werden, können diverse Planungsszenarien vorab visualisiert werden. Dabei muss die Moderation stets darauf verweisen, dass es sich bei den Visualisierungen um Planungsmöglichkeiten handelt. Im Abstimmungsprozess der Ausweisung z. B. eines neuen Windvorranggebiets auf Regionalplanungsebene können neben Sichtachsenbewertungen auch Visualisierungen einen wesentlichen Beitrag zur Entscheidungsfindung leisten. Entsprechend können Gebiete als Eignungsgebiete bzw. Vorrangflächen weiterverfolgt oder ausgeschlossen werden.

Aus Sicht der Prozessbegleiter:innen eignen sich große öffentliche Veranstaltungen für den Einsatz des AR-Tools hingegen weniger. Da in jedem Fall eine enge fachplanerische Begleitung und die kontextuelle Einbettung für die betroffenen Bürger:innen sinnvoll ist, bleibt zu klären, wie die Prozessbegleitung dies gewährleisten kann. Knackpunkt ist, wer die Anleitung in solchen Praxisfällen übernimmt und sich in Beteiligungsveranstaltungen „den Hut aufsetzt“. Das sollten professionelle Kommunikationsdienstleister:innen, landesweite Dialogprogramme und zuständige Mitarbeitende in den Landesenergieagenturen absichern. Vor allem häufiger stattfindende, kleinere Formate sind empfehlenswert. Gute Praxiserfahrungen gab es mit Ortsbegehungen, an denen maximal 30 Personen teilnahmen.

In der kritischen Rückschau auf beide Testeinsätze war für die prozessuale Passfähigkeit des Tools unter anderem entscheidend, wie die Initiator:innen und beteiligten Akteur:innen im Vorfeld miteinander kommuniziert hatten. Für die effiziente Vorbereitung von Ortsbegehungen bzw. Bustouren ist Ortskenntnis vonnöten, die sich Prozessbegleiter:innen entweder selbst aneignen oder von Ortsansässigen gut vermittelt bekommen müssen. Eine besondere Herausforderung besteht dabei in der möglichst reibungsarmen Abstimmung darüber, mit welchen Daten (GIS-Software-Daten, Google Maps, Straßennamen/Hausnummern etc.) man das Projekt in der Visualisierungssoftware einrichtet und mit welchen Daten man die Route für den Vor-Ort-Termin plant. Hier kam es öfters zu unverhältnismäßig hohen Interaktionskosten, weil man sich nicht von Anfang an klar auf bestimmte Arbeitsweisen im Vorbereitungsteam verständigt hatte. Zudem ist für alle Beteiligten am Ortstermin Kartenmaterial vorzubereiten, aus dem sowohl die geplanten WEA-Standorte, die Visualisierungspunkte und die Abstände dazwischen als auch Halte- und Parkpunkte, genaue Fahrtroute, Start und Ziel der Tour hervorgehen.

Als ein weiterer wichtiger Faktor erwies sich die genaue Kenntnis der Projekthintergründe. Das Visualisierungstool kann nur dann stimmig für die konkreten Formate wie Bustour, Ortsbegehung, Expertendiskussion oder lokalpolitischer Termin genutzt werden, wenn saubere Konflikt- oder Akteursanalysen vorliegen. Welche Gestaltungsspielräume sollen und können ausgeschöpft werden, welche Lösungsansätze sollen diskutiert werden? Daraufhin kann das Visualisierungstool passgenau vorbereitet werden. Sollen beispielsweise Planungsvarianten miteinander verglichen werden können, dann ist das bei der Einrichtung der Projektdaten zu berücksichtigen, indem mehrere Einzelprojekte angelegt werden. Hier müssen sich die planenden Akteur:innen in den Kommunen, die Prozessbegleitenden und die möglicherweise hinzugeladenen Expert:innen sehr eng absprechen, welche genauen Szenarien vor Ort betrachtet bzw. als Foto- oder Videoaufnahmen für eine spätere Verwendung gespeichert werden sollen. Ebenfalls stets wichtig: eine gut vorbereitete Moderation der Veranstaltung.



Regelmäßig kam bei Felderproben des AR-Tools die Frage auf, inwiefern es sinnvoll wäre, anstelle der Ad-hoc-AR-Anwendung vorab produzierte Videos am jeweiligen Fotopunkt über einen QR-Code anzuwählen. Diesen Vergleich haben wir am Ende der zweiten Testphase ermöglicht.

Hierbei zeigten sich Vorteile von **vorproduzierten AR-Videos**:

- Das Betrachten der Visualisierungsszenarien ist in einer bequemeren Körperhaltung möglich. Bei der Ad-hoc-AR-Visualisierung dagegen muss das Endgerät ständig händisch auf die Landschaft gerichtet werden. Die Videos können stattdessen auch im Sitzen (etwa auf einer Parkbank) bzw. mit gesenktem Kopf betrachtet werden.
- Das Betrachten der Planungsszenarien durch vorgefertigte Videos entlastet die Nutzer:innen von den Mühen der Technikbedienung. Sie müssen nicht die Endgeräte eigenständig kalibrieren. Die Beteiligten können gewöhnliche (auch private) Endgeräte zum Betrachten der Videos nutzen, die nicht vorab vorbereitet werden müssen.
- Bei der Betrachtung von vorproduzierten Videoaufnahmen können direkte Blendungen durch Sonnenlicht o. ä. vermieden werden. Im Gegensatz dazu kann die Ad-hoc-Visualisierung per AR-Tool durch schlechte Lichtverhältnisse vor Ort (starke Helligkeit) sehr herausfordernd sein.

Aber auch die eigenständigen Ad-hoc-AR-Visualisierungen haben klare Vorteile gegenüber den Videos:

- Eine Orientierung im Gelände (Wo bin ich? Wohin schaue ich gerade?) fällt bei eigenständiger Nutzung des AR-Tools und selbst durchgeführter Kalibrierung leichter als bei bloßer Betrachtung von Videoaufnahmen vor Ort.
- Eine Ad-hoc-AR-Visualisierung kann das Gefühl der Fremdbestimmung und Verunsicherung vermindern. Beim Betrachten von Videoaufnahmen bestehen keine Interaktionsmöglichkeiten und die betrachtende Person ist auf den Blickwinkel bzw. die Kamerabewegung der Aufnahme festgelegt. Bei der AR-Visualisierung können Blickwinkel sowie Art und Geschwindigkeit der Drehbewegung beliebig selbst bestimmt werden. Die virtuellen Anlagen sind dadurch besser und deutlicher sichtbar. Auch die Ursache für das Nichtsichtbarsein von (verdeckten) Anlagen ist bei der AR-Visualisierung verständlicher zu kommunizieren, da die Verdeckung der virtuellen Anlagen selbst hervorgerufen wurde, z.B. durch Verschieben der Landschaftsmodelle (Objektivität, Transparenz der Darstellung).
- Die Nutzung von vorgefertigten Aufnahmen verstärkt somit auch die emotionale Distanz zu den Planungsinhalten. Das Video wirkt fiktionaler und inszenierter als Ad-hoc-Darstellungen. Die AR-Darstellungen können entsprechende Planungsszenarien somit realer und wirklichkeitsgetreuer abbilden als Videoaufnahmen.

# 7 Acht Handlungsempfehlungen für den Einsatz eines AR-Tools

Aus den zentralen Erkenntnissen des Forschungsvorhabens **ar4wind** können wir folgende acht Handlungsempfehlungen an die Praxis adressieren:

- **Sinnvolle Einbettung in Beteiligungsprozess:** Das Format der Öffentlichkeitsbeteiligung sollte möglichst „ein geschützter Raum“ sein, der gut in einem übergeordneten Prozess eingebettet ist. Die Einbettung des AR-Tools muss dabei gut geplant und vorbereitet werden (Planung von Exkursionen, Vorab-Bestimmung von Visualisierungsstandorten, technische Vorbereitung von Testgeräten etc.)
- **Konkreter und unkritischer Planungsfall:** Der Planungsfall, der durch das AR-Tool visualisiert werden soll, sollte möglichst konkret und unkritisch sein. Im Idealfall werden nur WEA visualisiert, über deren Planung und Genehmigung bereits mit der Gemeindeverwaltung, den komunalpolitischen Vertreter:innen und den betroffenen Anwohner:innen geredet wurde. Sind die Planungsinhalte bislang eher unkonkret, müssen unterschiedliche Planungsszenarien diskutiert, abgestimmt, eingerichtet und selbstverständlich auch vor Ort den Nutzer:innen des Tools erklärt werden. Das ist mit einem höheren zeitlichen Aufwand verbunden. Es birgt zudem die Gefahr, dass sich Missverständnisse ergeben, woraus sich eine potenziell unkontrollierbare Eigendynamik entwickeln kann.
- **Begleitung und Kommentierung:** Bei der Visualisierung sollte immer eine kompetente technische und fachplanerische Kommentierung des Windenergieprojekts erfolgen. Die Spielräume und Grenzen der Planung gilt es stets offen zu kommunizieren. Eine Nutzung des AR-Tools erfolgt somit idealerweise im Rahmen von geführten Exkursionen (z. B. unter Einbindung von physischem Kartenmaterial) und nicht durch Einzelpersonen ohne fachliches und technisches Hintergrundwissen.
- **Technische Einweisung oder Schulung:** Da das getestete AR-Tool auch mit optimierter Benutzeroberfläche noch nicht vollkommen selbsterklärend ist, ist eine Vorab-Einweisung bzw. Schulung der Nutzer:innen empfehlenswert, um eine korrekte Bedienung und Kalibrierung des AR-Systems zu gewährleisten.
- **Glaubwürdigkeit und Vertrauen durch Ad-hoc-AR-Visualisierungen:** Selbsterstellte Ad-hoc-AR-Visualisierungen fördern bei korrekter Nutzung das Eintauchen in die virtuelle Welt (Immersion) und erhöhen das Vertrauen und die Glaubwürdigkeit in die gezeigte Darstellung. Die optische Erscheinung der Planungsszenarien wirkt dann sehr real und wirklichkeitsgetreu. Im Vergleich dazu sind Video- und Fotomontagen unterlegen und erzeugen eher Skepsis.
- **Vorproduzierte AR-Videoaufnahmen:** Als Alternative oder als Ergänzung zu selbsterstellten Ad-hoc-AR-Visualisierungen können auch Videoaufnahmen, die Expert:innen im Vorfeld mit dem AR-Tool produziert haben, in bestimmten Situationen sinnvoll sein, weil die Bedienung einfacher und weniger komplex ist und weil keine speziellen Testgeräte notwendig sind. Bei der Produktion der Videos empfehlen sich Stativ-Aufnahmen und langsame Drehbewegungen der Kamera.
- **Einfache Erstellung der Planungsszenarien:** Neben einer möglichst nutzerfreundlichen Bedienung des AR-Tools sollte auch eine einfache und intuitive Möglichkeit existieren, das darzustellende WEA-Planungsszenario (Platzierung der virtuellen WEA) zu erstellen und in das AR-Tool zu integrieren (z. B. Erstellung der virtuellen WEA-Projekte über eine Web-Plattform).
- **Überregional verantwortliche Energiewende-Dienstleister:** Um Visualisierungstouren ausrichten zu können, sollten sich die Kommunen im Idealfall an die für ihre Region zuständigen Energiewende-Dienstleister wenden können, die über das notwendige Know-how verfügen und unentgeltlich Unterstützung anbieten. Landesenergieagenturen, Dialogplattformen, Moderationsbüros und ähnliche Einrichtungen sollten geschultes Personal und entsprechende (Leih-)Geräte vorhalten.

## QUELLEN

### Journalistische Beiträge:

Radio Primavera: „Freigericht: So werden die Windräder aussehen“

Heft Nr. 10/2022 neue energie: „Digitalisierung: Windräder sehen, bevor sie gebaut werden“

## IMPRESSUM

### Herausgeber

Fachagentur Windenergie an Land e. V., Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin, LandPlan OS GmbH, EPC – Projektgesellschaft für Klima. Nachhaltigkeit. Kommunikation. mbH (gemeinnützig)

Eingetragen im Handelsregister des Registergerichtes Berlin-Charlottenburg, Aktenzeichen HRB 191235

### V. i. S. d. P.

Dr. Ulrich Eimer, EPC

EPC ist eine eingetragene gemeinnützige GmbH, eingetragen im Handelsregister des Registergerichtes Berlin-Charlottenburg, Aktenzeichen HRB 191235

### Textredaktion

Sebastian Petrich, Berlin  
[www.text-for-sale.de](http://www.text-for-sale.de)

### Fotos

Vera Bartolovic, Yannick Bogumil, Bettina Bönisch, Simon Burkard, Stefan Kauling, Hannah Thiemann

### Zitiervorschlag

EPC, FA Wind, HTW, LandPlan OS (2023), Projektkommunikation mit Augmented Reality

### Haftungsausschluss

Die in dieser Broschüre enthaltenen Angaben und Informationen sind nach bestem Wissen erhoben, geprüft und zusammengestellt. Eine Haftung für unvollständige oder unrichtige Angaben, Informationen und Empfehlungen ist ausgeschlossen, sofern diese nicht grob fahrlässig oder vorsätzlich verbreitet wurden.

### Design

Drei Dreizehn Werbeagentur GmbH, Berlin  
[www.313.de](http://www.313.de)

### Kontakt

EPC gGmbH – Hannah Thiemann  
T + 49 30 38 10 78 76  
[info@e-p-c.de](mailto:info@e-p-c.de) | [www.e-p-c.de](http://www.e-p-c.de)

LandPlan OS

T + 49 541 42 929

[info@landplan-os.de](mailto:info@landplan-os.de) | [www.landplan-os.de](http://www.landplan-os.de)

### Erscheinungsdatum

August 2023