



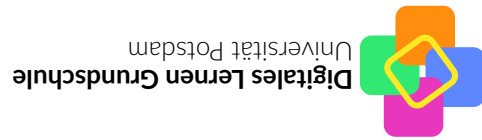
Version 2: Juni 2019



# Leitfaden für Lehrerinnen und Lehrer



## Winkel-Farm



## Autor

Heiko Etzold, Universität Potsdam

## Abbildungen

**Seite 1:** OER Global Logo: Jonathas Mello, CC-BY 3.0; Logo Deutsche Telekom Stiftung: Deutsche Telekom Stiftung; **Seite 6:** Meerschwein: Kurre92 CC-BY-SA 4.0; Eule: julubecka CC-BY-SA 3.0; Wolf: Gunnar Ries CC-BY-SA 3.0; Reh: Enrico Neuendorf CC-BY-SA 4.0; alle Bilder von Wikimedia Commons; **Seite 7:** Klassenzimmer: Christian Dohrmann; **alle anderen Seiten und Abbildungen:** Tiere und Menschen: Leon von Salisch, CC-BY-SA 4.0, Wikimedia Commons; restliche Abbildungen: Heiko Etzold, CC-BY-SA 4.0

## Lizenz

Dieses Material ist eine offene Bildungsressource und steht, bis auf einige Abbildungen, unter der Creative-Commons-Lizenz „Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International“. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.

Sie können das Material beliebig weiterverwenden und auch verändern, solange Sie es anderen ebenso als offene Bildungsressource unter einer entsprechenden Lizenz zur Verfügung stellen.

Eine aktuelle und alle bisherigen Versionen dieses Leitfadens finden Sie online unter <http://dlgs.uni-potsdam.de/oer/winkelfarm-leitfaden>. Weitere Informationen zum Projekt Digitales Lernen Grundschule sowie Kontaktmöglichkeiten finden Sie unter <http://dlgs.uni-potsdam.de>.

Unter diesen Vorgaben werden an der Universität Potsdam sieben Unterrichtskonzepte entwickelt und evaluiert:



**Zahlverständnis** Mithilfe einer digitalen Stellenwerttafel wird ein flexibles Stellenwertverständnis ermöglicht.



**Lagebeziehungen** Digitale Medien helfen, reale geometrische Konfigurationen mathematisch zu beschreiben.



**Leseflüssigkeit** Durch das gleichzeitige Mitlesen eines Hörbuches wird die Leseflüssigkeit erhöht.



**Analogiebildung** Das parallele Durchführen realer Experimente und virtueller Analogien unterstützt den Erkenntnisprozess.



**Messwerterfassung** Das digitale Erfassen und Auswerten von Messwerten unterstützt die Durchführung realer Experimente.



**Algorithmen im Alltag** Anhand von Alltagsphänomenen werden Grundzüge algorithmischen Denkens ausgeprägt.



**Schleifen und Strukturen** Es erfolgen erste Programmiererfahrungen im Zusammenhang mit realen Würfelgebilden.

Als Resultat wird das Projekt fertige und direkt einsetzbare Konzepte liefern und zusätzlich eine gemeinsame theoretische Basis der Konzepte explizieren.

Insbesondere die Integration in die schulpraktischen Studien, die Vergabe von Masterarbeiten und ein fächerübergreifendes Kolloquium sorgen für die praxisnahe und theoriebasierte Einbindung in das Studium für die Lehramtsstudiengänge an der Universität Potsdam.



## Über das Projekt „Digitales Lernen Grundschule“

„Digitales Lernen Grundschule“ ist ein Projekt der Universitäten Bremen, Hamburg und Potsdam sowie der Pädagogischen Hochschulen Ludwigsburg und Schwäbisch Gmünd und der Ludwig-Maximilians-Universität München, ermöglicht durch die Deutsche Telekom Stiftung.

Jede Hochschule entwickelt Konzepte zum Einsatz digitaler Medien im Grundschulunterricht. An der Universität Potsdam liegen der Entwicklung der Konzepte drei Leitlinien zugrunde:

### Verknüpfung realer und virtueller Handlungsräume

Reale Erfahrungen dürfen durch die Nutzung digitaler Technologien nicht zerstört werden, gleichzeitig sollen aber die neuen Möglichkeiten sinnvoll genutzt werden. In allen Konzepten ist daher eine parallele Herangehensweise realer und virtueller Handlungsräume vorgesehen, um eine Verknüpfung beider Welten herstellen und die jeweiligen Vorteile zu nutzen.

### Anschlussfähigkeit in die Sekundarstufe

Es werden gezielt überschaubare Grundkonzepte ausgewählt, die die Vorerfahrungen der Kinder aufgreifen, ausbauen und in weiter nutzbare Grundvorstellungen für das Lernen in den Sekundarstufen festigen. Die hinter den jeweiligen Konzepten stehenden Ideen müssen auf spätere oder ähnliche Lerninhalte übertragbar sein.

### Fachdidaktische Theoriebasierung

Neben der Medienkompetenz vermittelt die Grundschule vorrangig inhaltliche und prozessbezogene Fach-Kompetenzen. Im Projekt wird die fachdidaktische Kompetenz der an der Universität Potsdam Forschenden zur inhaltlichen Ausgestaltung digitaler Werkzeuge genutzt.

## Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Hinweise	4
Unterrichtseinstieg	6
Sichfelder beschreiben	8
Bestandteile von Winkelfeldern	12
Sichfelder vergleichen	16
Operieren mit Winkelfeldern	18
Über das Projekt „Digitales Lernen Grundschule“	22

## Über dieses Heft

In diesem Heft wird beschrieben, wie Sie die App „Winkel-Farm“ nutzen können, um den Begriff des Winkelfeldes schrittweise einzuführen.

Dabei wird jede Unterrichtsphase einzeln beschrieben und mit Tipps und Hinweisen versehen. Die App und ihr möglicher Unterrichtseinsatz wurden im Rahmen einer Dissertation entwickelt und in einer Grundschulklasse der vierten Klassenstufe erprobt. Für die dargestellte Einheit werden insgesamt etwa zwei bis drei Unterrichtsstunden benötigt.

Die App können Sie für iPads kostenlos herunterladen unter <https://itunes.apple.com/de/app/winkel-farm/id1369585218>.

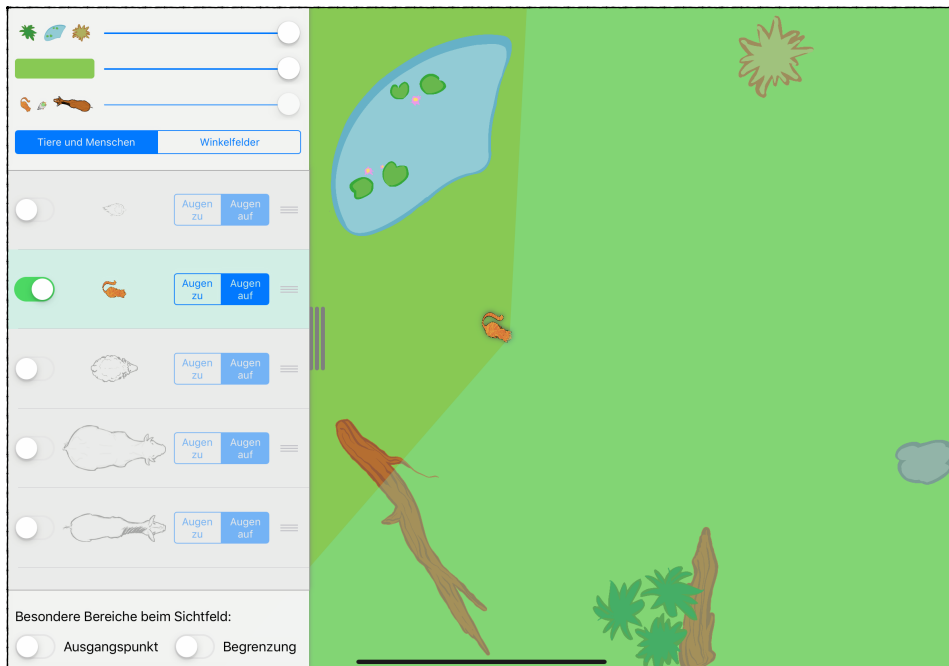
Dieser Leitfaden ist angepasst an die App-Version 2.0.



## Allgemeine Hinweise

In der App „Winkel-Farm“ ist eine Farm mit Tieren und Menschen dargestellt, die man ein- und ausschalten kann. Je nachdem, ob sie ihre Augen offen oder geschlossen haben, wird ihr Sichtfeld farbig dargestellt. Die Tiere und Menschen können verschoben und gedreht werden. Ebenso kann der Hintergrund verschoben, gedreht und skaliert werden. Weiterhin ist es möglich, über die Tabelle die Reihenfolge der Tiere zu verändern.

Weiterhin kann man in den Winkelfeld-Modus umschalten. Dann werden die Tiere und Menschen nur noch blass dargestellt und ihre Sichtfelder werden deutlich erkennbar als Winkelfelder dargestellt. Auch diese kann man über ihren Scheitelpunkt verschieben und mit zwei Fingern um den Scheitelpunkt drehen.



## Zusammenfassung

Um zwei Winkelfelder miteinander zu vergleichen, muss man drei Dinge tun:

1. Verschiebe die **Scheitelpunkte** so, dass sie übereinander liegen.
2. Drehe die **Winkelfelder** so, dass sie in dieselbe Richtung zeigen.
3. Überprüfe, ob das eine Winkelfeld vollständig in dem anderen drin liegt.

## Bezug zum Unterrichtseinstieg

Als Abschluss der Unterrichtsstunde bietet es sich an, noch einmal auf die Sichtfelder der Schülerinnen und Schüler vom Beginn Bezug zu nehmen. Die Bestandteile des Winkelfeldes werden auf die Ausgangssituation des Klassenzimmers von oben angewandt:

Was sind hier Scheitelpunkt und Schenkel, welche Bedeutung haben sie in der konkreten Situation? Ist das Winkelfeld in der konkreten Situation unendlich weit ausgedehnt? Was begrenzt ggf. das Feld?

Nun sollten auch andere Situationen, in denen Winkelfelder eine Rolle spielen, besprochen werden.

**Online-Material:** Online finden Sie das Arbeitsblatt sowie für beide Gruppen eine kleine Tabelle, in die die Schülerinnen und Schüler ihre Schätzung und Überprüfung eintragen können.

➤ <http://dlgs.uni-potsdam.de/oer/winkelfarm-leitfaden>

Winkelfelder vergleichen

Um zwei Winkelfelder miteinander zu vergleichen, muss man drei Dinge tun:

1.

2.

3.

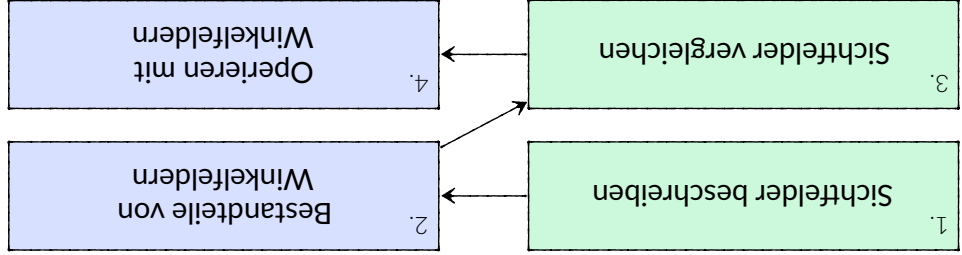
Rangordnung zur Größe von Sichtfeldern:

kleinstes Sichtfeld

größtes Sichtfeld

Abhängig vom Modus kann man Scheitelpunkt und Schenkel an-/ausschalten und die Sichtbarkeit der Tiere und Menschen bzw. der Gestaltetelemente (wie Grasbüschel, Teich, ...) verändern.

Die App bietet also die Möglichkeit, aus der realen Situation der Sichtfelder von Lebewesen in die mathematische Situation der Winkelfelder zu abstrahieren und von dieser auch wieder in die reale Situation zurückzugehen. Der Abstraktionsweg dahin kann – nach einer kurzen Einführung – schrittweise in vier Phasen aufgebaut werden:



In den jeweils links dargestellten Phasen 1 und 3 werden die Schülerinnen und Schüler durch konkrete Aufgabenstellungen angeregt, in der App verschiedene Handlungen auszuführen. In der ersten Phase geschieht dies noch vorwiegend im Modus der Tiere und Menschen, in der dritten Phase vermehrt im Winkelfeld-Modus.

Anschließend werden diese Handlungen diskutiert und verallgemeinert: Was zeichnet sie aus? Wie kann damit die Situation besonders gut beschrieben werden? Dies führt zu einer abstrakteren Sichtweise und ein mathematischer Begriff wird aufgebaut (Phase 2) bzw. es wird mit ihm mathematisch operiert (Phase 4). Dabei wird auch darauf eingegangen, wie und warum die App die Handlungen beeinflusst hat und wie dies mit dem mathematischen Begriff in Zusammenhang steht.

## Unterrichtseinstieg

### Sichtfelder von Tieren

Der Einstieg in die Thematik ist über Tierfotos möglich, anhand derer die Position der Augen diskutiert wird. Der Zusammenhang zwischen Augenposition und Jagd- bzw. Fluchttieren kann besprochen und begründet werden. Man kommt relativ schnell dazu, dass Fluchttiere einen möglichst großen Bereich sehen können müssen, wofür die seitlichen Augen helfen. Jagdtiere dagegen benötigen einen schärferen Blick mit Augen nach vorn.



Aus diesem Einstieg lässt sich als Lernziel ableiten:

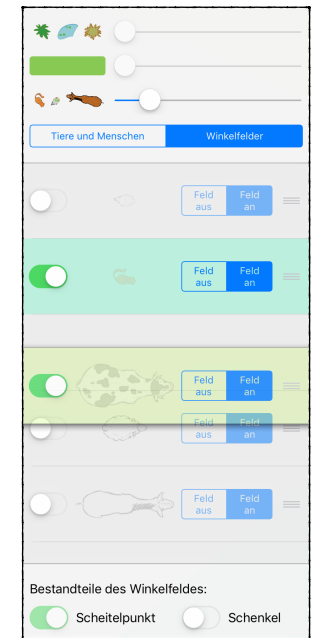
**Wir wollen Sichtfelder von Tieren beschreiben und miteinander vergleichen.**

### Ausrichten der Felder

In der Realsituation kann eine gleiche Ausrichtung über dieselbe Blickrichtung zweier Tiere interpretiert werden. Mathematisch lässt sie sich darüber beschreiben, dass die Winkelhalbierenden zweier Winkelfelder übereinander liegen. Eine solche formale Formulierung ist aufgrund der Anschaulichkeit aber ggf. gar nicht nötig. Entscheidend ist, wie auch schon beim Übereinanderlegen, dass das gleiche Ausrichten allgemein möglich ist und nicht von der Situation mit den Sichtfeldern abhängt.

### Mögliche Bedien-Schwierigkeiten mit der App

Liegen im Winkelfeld-Modus zwei Felder übereinander, kann nur das obere gedreht werden. Über die Tabelle, lässt sich aber deren Reihenfolge beliebig verändern.



### Vergleich der Felder

Zu überprüfen, ob das eine Feld im anderen enthalten ist, entspricht mathematisch einem Teilmengenvergleich der beiden Punktmengen: Ist jeder Punkt des einen Feldes auch Punkt des anderen?

### Unterstützung durch die App

Durch das Anschalten der Schenkel, kann die Teilmengenbeziehung besser erkannt werden und der Vergleich ist besser möglich. Ebenso erleichtert ein paarweises Vergleichen das Vorgehen. Die jeweils nicht benötigten Felder sollten also ausgeblendet werden.

Erneut werden die Handlungen reflektiert und verallgemeinert. Es wird allgemein formuliert, welche Operationen nötig sind, um zwei Winkelfelder miteinander zu vergleichen und wie die App dies unterstützt.

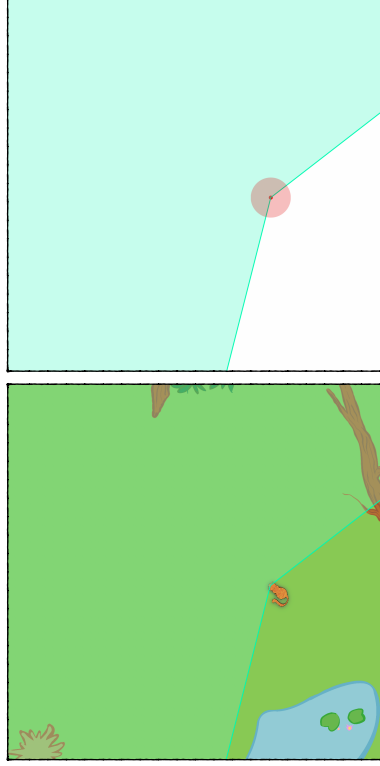
Was habt ihr gemacht? Wie half euch die App dabei oder wie hat sie euch behindert? Hat sie euch zu bestimmten Handlungen gezwungen?

### Übereinanderlegen der Felder

Während in der Realisation noch das Tier darüber bestimmt, wo sich das Sichtfeld befindet, erfolgt mithilfe des Winkelfeld-Modus ein Abstraktionsschritt: Beim Übereinanderlegen der Felder wird betont, dass der Scheitelpunkt die Position des Winkelfeldes bestimmt.

### Unterstützung durch die App

Im Winkelfeld-Modus wird das Übereinanderlegen durch ein Einrasten der Scheitelpunkte unterstützt, sobald diese nah genug aneinander liegen. Damit können diese präzise übereinander gelegt werden. Auch kann in diesem Modus die Anzeige der Scheitelpunkte nicht ausgeschaltet werden.



### Was sind Sichtfelder und wie stellt man sie dar?



Um die Darstellung der Sichtfelder zu verstehen, sollten diese zunächst mit realen Erfahrungen verknüpft werden können. An einer interaktiven Tafel wird ein Foto oder eine Skizze des Klassenraums von oben gezeigt. Weiterhin stellt sich ein Kind an irgendeine Stelle des Raumes und be-

kann.

Bevor mit der App gearbeitet wird, ist eine kurze Erkundung sinnvoll. Die folgenden Aufgabe ist besonders geeignet, um die verschiedenen Bedienmöglichkeiten kennenzulernen: Verschieben und Drehen der Lebewesen, Ändern der Reihenfolge sowie das Schließen und Öffnen der Augen.

### Erkundung der App

Das Pferd soll am Baumstamm stehen, die Frau soll auf dem Pferd sitzen/stehen; Das Pferd guckt in Richtung der grünen Büsche, die Frau hat die Augen zu. Gleichzeitig versteckt sich die Katze unter der Kuh.

## Sichtfelder beschreiben

Die Aufgaben zielen darauf, die Repräsentation der Sichtfelder zu verstehen bzw. die Bedeutung ihrer einzelnen Bestandteile zu erkennen. Es wird also zunächst rein auf realer Ebene gearbeitet.

### Repräsentation des Winkelfeldes verstehen

Setze das Schaf an eine Stelle, an der es von der Kuh gesehen wird, aber die Kuh selbst nicht sieht.

Setze das Schaf an eine Stelle, an der es nicht von der Kuh gesehen wird.

### Erwartete Handlungen

Die Schülerinnen und Schüler erkennen die eingefärbte Fläche als den Bereich, den das Tier sehen kann.

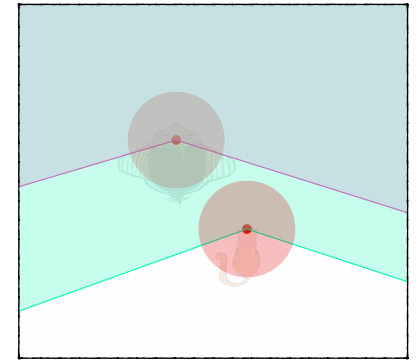
### Hinweise

Anfangs hatten einige Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, Sichtfeld und Nicht-Sichtfeld zu unterscheiden. Insbesondere bei größeren Sichtfeldern lag der Fokus oft auf dem kleineren Bereich und einige Kinder hatten den Eindruck, das Tier könnte nach hinten gucken. Hier ist es evtl. hilfreich, den grünen Hintergrund über den Schieberegler zu reduzieren. Die Repräsentation sollte mit der gesamten Klasse besprochen werden, bevor weitere Aufgaben gestellt werden. Durch seine kompakte Form eignet sich das Schaf besonders gut zum Bewegen und Drehen, wenn man noch nicht so viele Erfahrungen mit der Bedienung der App hat.



### Erwartete Handlungen

Um sie miteinander vergleichen zu können, müssen zwei Sichtfelder zunächst in eine „vergleichbare Situation“ gebracht werden. Das heißt, dass sie übereinander liegen und gleich ausgerichtet sein müssen. Eine gleiche Ausrichtung allein reicht insbesondere dann nicht aus, wenn die Größe der beiden Felder ähnlich ist.



Zum Herstellen der vergleichbaren Situation kann man im Modus für Tiere und Menschen diese übereinander schieben und so drehen, dass sie in dieselbe Richtung gucken. Bearbeitet man die Aufgabe im Winkelfeld-Modus, schiebt man die Scheitelpunkte der Winkelfelder übereinander und dreht anschließend die Felder.

Liegen die Felder übereinander und sind gleich ausgerichtet, kann nun erkannt werden, ob das eine vollständig in dem anderen enthalten und damit das kleinere ist.

### Partnerarbeit

In der Du-Phase besprechen jeweils zwei Kinder ihre Strategien beim Vergleich der Sichtfelder. Dies stellt eine erste Reflexion der durchgeführten Handlungen dar, auf die in der Wir-Phase im nächsten Abstraktionsschritt aufgebaut wird.

Beide Phasen sollten ohne weitere Instruktionen oder Hinweise erfolgen, um verschiedene Strategien sammeln und später besprechen zu können.



## Sichtfelder vergleichen

In Einzel- und Partnerarbeit werden die Sichtfelder von Tieren miteinander verglichen. Dabei ist es den Schülerinnen und Schülern freigestellt, in welchem Modus der App sie arbeiten.

**Erstelle eine Rangfolge zur Größe der Sichtfelder von vier Lebewesen. Gib zuerst eine Schätzung ab und überprüfe dann mit der App.**

### Einzelarbeit

Zunächst arbeiten die Schülerinnen und Schüler allein. Es bietet sich an, ihnen eine Auswahl an Tieren vorzugeben, idealerweise in zwei Gruppen. Die folgende Auswahl hat die Besonderheit, dass jeweils zwei Lebewesen dabei sind, die Sichtfelder ähnlicher Größe besitzen. Außerdem sind jeweils zwei gleiche Lebewesen dabei, von denen eines ein eingeschränktes Sichtfeld hat. Dies soll zu spezifischeren Handlungen beim Vergleichen führen. Die angegebenen Größen der Sichtfelder dienen Ihnen zur Orientierung; es ist nicht gedacht, diese im Unterricht quantitativ zu diskutieren.

Gruppe 1	
Schaf	326°
Ente	324°
Pferd ohne Scheuklappen	350°
Pferd mit Scheuklappen	90°
Gruppe 2	
Kuh	300°
Katze	218°
Mensch ohne Fernglas	214°
Mensch mit Fernglas	30°

Die vorherige Schätzung soll einerseits zu einer Beschäftigung mit der Realsituation führen, andererseits soll durch sie aber auch die Durchführung der Überprüfung motiviert werden.

### Feldcharakter erkennen

Das Schaf will die Kuh verwirren. Bewege es an möglichst viele Orte, an denen es von der Kuh gesehen wird.

### Erwartete Handlungen



Die Schülerinnen und Schüler bewegen das Schaf innerhalb des Sichtfeldes. Dabei müssen sie einerseits die Begrenzung zwischen Sichtfeld und Nicht-Sichtfeld beachten, andererseits können sie es, von den Augen ausgehend, beliebig weit nach außen bewegen.

### Hinweise

Das Schaf kann in der App beliebig weit nach außen bewegt werden. Dies ist zum Beispiel durch Herauszoomen und Bewegen des Hintergrunds möglich. Damit wird die unendliche Ausdehnung unterstützt. Hier sind bieten sich gleichzeitig interessante Diskussionen an, was dieses weite Wegbewegen in der Realität bedeuten würde.



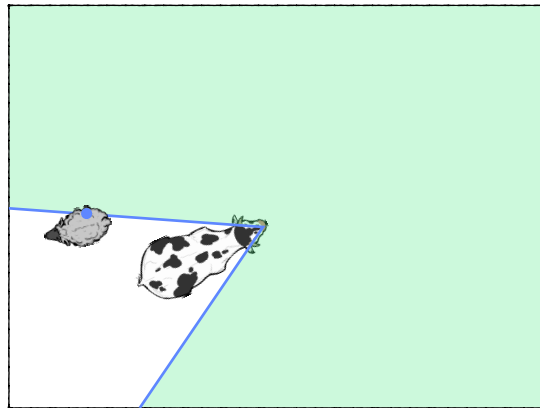
## Sichtfelder beschreiben

### Bedeutung der Schenkel verstehen

Setze das Schaf an eine Stelle, an der es noch gerade so von der Kuh gesehen wird.

### Erwartete Handlungen

Die Schülerinnen und Schüler setzen das Schaf auf die Grenze zwischen Sichtfeld und Nicht-Sichtfeld der Kuh. Die Begrenzung wird damit, wie bei der letzten Aufgabe, erneut als besondere Stelle des Sichtfeldes erkannt.



### Hinweise

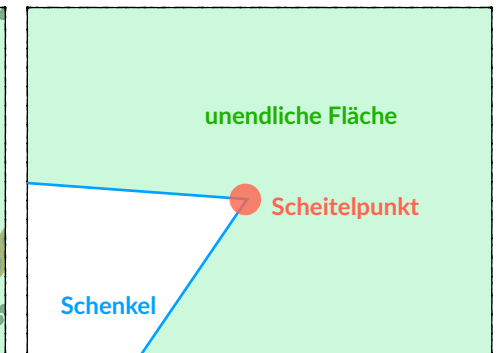
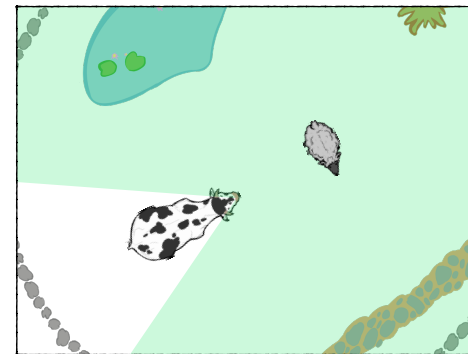
Einige Schülerinnen und Schüler hatten hinsichtlich der Realsituation sehr präzise gearbeitet. So versuchten sie beispielsweise, dass nur noch das Ohr des Schafes im Sichtfeld der Kuh liegt. Andere haben das Schaf möglichst weit weg von der Kuh gesetzt. Durch Bewegen des Hintergrundes kann man zeigen, dass man es immer weiter wegbewegen kann, also die Entfernung nicht relevant. Entscheidend ist tatsächlich die Lage auf der Grenzlinie zwischen Sichtfeld und Nicht-Sichtfeld.

### Definition

Ein Winkelfeld ist eine **unendliche Fläche**. Es wird von zwei **Schenkeln** begrenzt. Diese sind Strahlen, die vom **Scheitelpunkt** des Winkelfeldes ausgehen.

### Vergleich zwischen Realität und Mathematik

Sichtfeld der Kuh	Winkelfeld
Bereich, der vom Tier gesehen wird	unendliche Fläche
Stelle in der Nähe der Augen	Scheitelpunkt
Begrenzung des Sichtfeldes	Schenkel

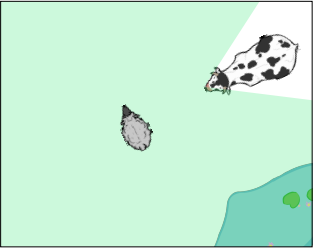


**Online-Material:** Online finden Sie das links dargestellte Arbeitsblatt sowie eine PowerPoint- bzw. Keynote-Präsentation, in der die Abstraktionsschritte anschaulich nacheinander dargestellt werden.  
➤ <http://dlgs.uni-potsdam.de/oer/winkelfarm-leitfaden>



Winkelfelder beschreiben

Ein Winkelfeld ist \_\_\_\_\_



Vergleich zwischen Realität und Mathematik:

Sichtfeld der Kuh	Winkelfeld

Geometrie der Schenkel und Bedeutung des Scheitelpunktes verstehen

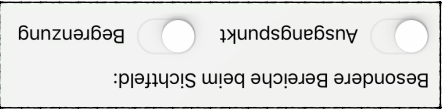
Wo muss das Schaf lang laufen, damit es die gesamte Zeit gerade so von der Kuh gesehen wird?

Erwartete Handlungen

Die Schülerinnen und Schüler bewegen das Schaf entlang eines oder entlang beider Schenkel. Dabei vollführen sie eine geradlinige Bewegung, die in eine Richtung durch den Bereich um die Augen herum begrenzt ist. Dieser Bereich ist der Ausgangspunkt des Sichtfeldes und damit, wie die Begrenzung, eine besondere Stelle.

Hinweise

Die besonderen Bereiche des Sichtfeldes lassen sich in der App auch über Schalter ein- und ausblenden.



**Tipp:** Es ist sinnvoll, zunächst alle Aufgaben bearbeiten zu lassen (ggf. mit einem Vergleich zwischen durchgeführten Handlungen und Diskussion zur Verallgemeinerbarkeit der durchgeführten Handlungen zu führen (siehe nächste Seite). So ist es einfacher, Realität und Mathematik miteinander zu vergleichen – aber auch, sie klarer voneinander abzutrennen.

## Bestandteile von Winkelfeldern

Die zuvor durchgeführten Handlungen werden nun reflektiert und verallgemeinert. Anschließend wird eine Definition für Winkelfelder formuliert sowie Realsituation und Mathematik gegenübergestellt.

### Reflexion und Verallgemeinerung der Handlungen

Was hat uns geholfen, die Situation zu beschreiben?

### Repräsentation des Winkelfeldes und Feldcharakter

Das Setzen und Bewegen des Schafs ins bzw. im Sichtfeld der Kuh unterstützt die Vorstellung, dass es sich um einen Bereich in der Ebene handelt, der sich von einer Stelle ausgehend unendlich weit ausdehnt, an den Seiten jedoch begrenzt ist. Diese „keilartige“ Form ist unabhängig von der Situation aus Schaf und Sichtfeld der Kuh. Die durchgeführten Handlungen könnten also genauso auch in anderen Winkelfeld-Situationen angewandt werden.

Im mathematischen Sinne stellen die verschiedenen Positionen des Schafs im Sichtfeld Punkte dar, die zum Winkelfeld gehören. Dieses kann also als Punktmenge in der Ebene aufgefasst werden. Solch eine Bezeichnung ist natürlich für die Grundschulkinder nicht hilfreich. Ihnen als Lehrkraft hilft es jedoch, die Mathematik im Hinterkopf zu haben, um die Verallgemeinerbarkeit der Handlungen einschätzen zu können.

Das konkrete Beispiel hat den Vorteil, dass man von Anfang an sowohl mit spitzen/stumpfen als auch mit überstumpfen Winkeln in Berührung kommt. So kann eine eingeschränkte Sichtweise zu Winkelgrößen vermieden werden.

## Bedeutung und Geometrie von Schenkeln und Scheitelpunkt

Das Setzen und Bewegen des Schafes auf bzw. entlang der Begrenzung des Sichtfeldes hebt die besondere Bedeutung der Schenkel hervor. So ist die Begrenzung gerade der Übergang zwischen Sichtfeld und Nicht-Sichtfeld. Bei der Bewegung des Tieres entlang dieser Begrenzung wird ihre Geradlinigkeit besonders durch das eigene Handeln bewusst. Aus der Realsituation wird klar erkennbar, dass die Bewegung tatsächlich in eine Richtung begrenzt ist durch die Augen und in die andere Richtung theoretisch unbegrenzt. Die Abstraktion führt zu einer geraden Linie, die in eine Richtung begrenzt ist, und damit zum Strahl. Das Winkelfeld wird also durch zwei Strahlen begrenzt. Deren gemeinsamer Anfangspunkt stellt eine weitere Besonderheit dar – nämlich die „Quelle“ des Winkelfeldes – in der Realität ist es der Bereich um die Augen, die wesentlich für die Erfassung des Sichtfeldes sind.

### Unterstützung durch die App

Wie stellt die App Winkelfelder dar?

Das Winkelfeld wird in der App immer bis zum Rand des Displays dargestellt – egal, wie weit man heraus zoomt oder das Tier bewegt. Dies soll die unendliche Ausdehnung des Feldes unterstützen.

Wechselt man in den Winkelfeldmodus, ändern sich die Bezeichnungen von Begrenzung und Ausgangspunkt zu Schenkel und Scheitelpunkt. Dies unterstützt es, den Bezug zwischen Realität und Mathematik herzustellen.