

# C5 Welche Aufgaben hat die Haut? – Die Haut als Sinnesorgan

Die vorgeschlagenen Experimente eignen sich gut zum Einstieg in das sinnesphysiologische Thema Tastsinn. In der vorliegenden Anleitung für die Lehrkraft finden Sie Hinweise zur Verbindung der Experimente zum Lernstoff und darüber hinaus Anregungen zur Vertiefung des Themas.

## 1 Zentrale Fragestellung

Die Frage, welche Aufgaben die Haut hat, wird bezüglich der Tast- und Temperaturempfindungen durch drei Teilexperimente beantwortet.

- Im Teilexperiment 1 erfahren die Schülerinnen und Schüler am eigenen Körper, dass verschiedene Hautareale unterschiedlich sensibel auf Berührung reagieren. Die dabei zutage tretenden individuellen Varianzen der Hautsensibilität sind den Schülerinnen und Schülern auch aus dem Alltag bekannt, z. B. weil manche Menschen an bestimmten Körperregionen kitzelig sind, andere wiederum weniger.
- Die Teilexperimente 2 und 3 befassen sich mit der Funktion der Thermorezeptoren. Das Teilexperiment 2 verdeutlicht die unterschiedliche Anzahl von Kälte- und Wärmerezeptoren auf einem bestimmten Hautareal. Teilexperiment 3 soll zeigen, dass die Haut nicht absolute Temperaturen registriert, sondern Temperaturdifferenzen. Im Alltag wird dieses Phänomen genutzt, wenn wir uns z. B. vor dem Schwimmen kalt duschen, um die Wassertemperatur im Bad wärmer zu empfinden.

Die Teilexperimente 2 und 3 verlangen darüber hinaus von den Schülerinnen und Schülern ein methodisch korrektes Arbeiten, z. B. bei der Vorbereitung von Wasser mit bestimmten Temperaturen bzw. beim systematischen „Bearbeiten“ der Hautoberfläche des Handrückens.

## 2 Einordnung des Experiments in den Unterrichtszusammenhang

### 2.1 Fachliche Grundlagen

#### 2.1.1 Aufbau der Haut

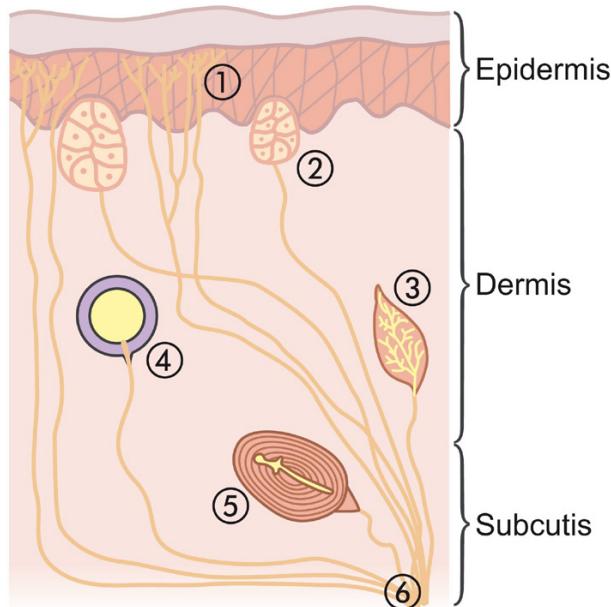
Die Haut bildet mit einer Gesamtfläche von etwa 1,5 bis 2 m<sup>2</sup> das größte menschliche Organ. Sie hat mehrere Funktionen. Die Haut ...

- ist ein wichtiges Sinnesorgan für die Wahrnehmung von Kälte, Wärme, Berührung, Druck und Schmerz.
- reguliert die Körpertemperatur (durch Veränderung der Blutgefäßweite sowie Schweißabgabe).
- schützt den Körper vor schädlichen Einflüssen der Außenwelt (Strahlen, Krankheitserreger, mechanische Einflüsse u. a.).
- speichert Fett.
- sondert Stoffe ab (Schweiß, Talg).
- lässt Emotionen erkennen (blass werden, erröten usw.).

Grob lässt sich die Haut in drei Schichten unterteilen:

- Die Oberhaut (Epidermis)
- Die Lederhaut (Corium)
- Die Unterhaut (Subcutis).

Die Nervenendigungen und Rezeptoren, die auf Schmerz, Druck und Temperatur reagieren, befinden sich jeweils in bestimmten Hautschichten.



- ① Schmerzrezeptor (freie Nervenendigungen)
- ② Meissner-Tastkörperchen
- ③ Wärmerezeptor
- ④ Kälterezeptor
- ⑤ Vibrationsrezeptor (Vater-Pacini-Körperchen)
- ⑥ erregungsleitende Nervenfasern

Abb. 1: Die Rezeptoren der Haut.

### 2.1.2 Sensoren der Haut

- **Freie Nervenendigungen:** Sie können Schmerz-, Juck- und Kitzelreize aufnehmen. Da insbesondere Schmerzempfindung überlebenswichtig ist, reichen diese Nervenendigungen bis in die Oberhaut hinein, damit der Mensch möglichst jeden Schmerzreiz wahrnimmt. Auf einen  $\text{cm}^2$  kommen bis zu 170 solcher Nervenendigungen. Dies erklärt, warum es, abgesehen von Stellen, die mit dicker Hornhaut versehen sind, keine Hautareale gibt, die oberflächlich schmerzunempfindlich sind. An den oberflächlich unempfindlichen Stellen reagieren tiefer gelegene Schmerzrezeptoren allerdings auf Stoffe, die bei Gewebeschädigungen freigesetzt werden.
- **Meissner-Tastkörperchen:** Sie reagieren auf Druckveränderungen und damit auf Berührungen und Scherkräfte. Besonders zahlreich kommen sie an den Fingerkuppen und der Mundschleimhaut vor, an Orten also, wo meist die erste Überprüfung von Gegenständen und Substanzen aus der Umwelt stattfindet. Im Rückenbereich hingegen weisen sie nur eine geringere Dichte auf. Meissner-Körperchen informieren über die Oberflächenbeschaffenheit von Gegenständen, was bei der Durchführung des Teilexperiments 1 die entscheidende Rolle spielt. Es gibt noch weitere Tastkörperchen.
- **Kälterezeptoren:** Sie sind im oberen Bereich der Lederhaut angesiedelt und für die Wahrnehmung von Kälte verantwortlich. Anders als ein Thermometer messen sie nicht die absolute Temperatur, sondern Temperaturdifferenzen. Sie reagieren auf sinkende Temperaturen und lösen dabei ein Kälteempfinden aus. Maximal empfindlich sind sie bei einer Umgebungstemperatur von etwa 25 °C. Auf dem Handrücken kommen sie bis zu 8-mal pro  $\text{cm}^2$  vor, an der Zunge dagegen bis zu 20-mal pro  $\text{cm}^2$ .

- **Wärmerezeptoren:** Auch sie befinden sich in der Lederhaut. Sie reagieren auf Temperaturanstiege und sind somit an der Wahrnehmung von Wärme beteiligt. Auf dem Handrücken kommen sie durchschnittlich weniger als einmal pro cm<sup>2</sup> vor. Insgesamt sind sie wesentlich seltener als Kälterezeptoren.
- **Frequenzcodierung der Nervensignale:** Beide Temperaturrezeptoren senden ständig Impulse an das Gehirn. Dies geschieht, indem die jeweiligen Rezeptoren einen Impuls auf Dendriten der nachfolgenden Nervenzelle übertragen. Über den Zellkörper wandert der Impuls zum Axon, das ihn an die Endknöpfchen weiterleitet. Von hier aus übermittelt ein Überträgerstoff den Impuls an die Nachbarzelle. Auf diese Weise erreicht die Information das Gehirn. Die Frequenz der Impulse ist abhängig von der Temperatur. Durch Kälte- bzw. Wärmereize ändern die Wärme- und Kälterezeptoren die Impulsfrequenz: Kälterezeptoren geben mit abnehmender Temperatur mehr Aktionspotenziale pro Zeit-einheit ab. Wärmerezeptoren tun dies entsprechend umgekehrt, das heißt, sie geben bei zunehmender Temperatur mehr Aktionspotenziale ab. Nach einer gewissen Zeit passen sich die Frequenzen der Aktionspotenziale von Kälte- und Wärmerezeptoren an die jeweils herrschende Temperatur an. Erst wenn sich die Temperatur erneut ändert (im Teil-experiment 3 beim Eintauchen beider Hände in die mittlere Schale mit lauwarmem Was-ser), wird wieder eine Temperaturveränderung wahrgenommen. Es werden wieder mehr Aktionspotenziale abgegeben und die Rezeptoren der „warmen Hand“ melden kälteres Wasser, die der „kalten Hand“ melden wärmeres Wasser.
- **Vibrationsrezeptoren (Vater-Pacini-Körperchen):** Sie sind an der Wahrnehmung schneller Vibrationen beteiligt und reagieren auf Formveränderungen der Haut. Sie befinden sich meist im Übergangsbereich zwischen Lederhaut und Unterhaut.

### 2.1.3 Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler und Einbau in den Unterricht:

In der Lebenswelt von Schülerinnen und Schülern bis etwa 12 bis 14 Jahre existiert „Haut“ zumeist als eine homogene Schicht, die den Körper umgibt. Ihr mehrschichtiger Aufbau wird als solcher nicht wahrgenommen. Nicht selten ist es der beginnende Einsatz von Hautpflegeprodukten und Kosmetika, der Jugendliche beginnen lässt, sich mit dem Aufbau und der Funktion ihrer Haut genauer zu befassen. Dem Unterricht kommt u. a. die Bedeutung zu, den Teilinformationen und Halbwahrheiten der Industrie Wissen über die überaus vielfältige Funktion der Haut entgegenzu-setzen, die mehr ist als bloßes Trägermaterial für Kosmetika.

Die Experimente können entweder ohne Vorkenntnis der Schülerinnen und Schüler, rein demonstrativ angewandt werden mit dem Ziel, Fragen der Schülerinnen und Schüler zu initialisieren („Warum spüre ich die Unterschiede des Schleifpapiers hier so gut und dort so schlecht?“, „Warum fühlt sich das Mischwasser für die eine Hand kalt, für die andere warm an?“). Auf dieser Grundlage schließt sich eine vertiefende Arbeit zum Aufbau der Haut an.

Oder die Informationen zu Aufbau und Funktion der Hautschichten werden zuvor im Unterricht behandelt, sodass den Schülerinnen und Schülern der dreigeteilte Aufbau sowie die Existenz ver-schiedener Sinnesrezeptoren in der Haut bereits bekannt sind. Dann dienen die Experimente der Veranschaulichung bzw. Anwendung von bereits erworbenen theoretischen Kenntnissen.

Außerdem können anhand der Experimente auch Werte wie „Gesundheitsbewusstsein“ angespro-chnen werden. Ideen zur Umsetzung finden Sie zum Beispiel im „Leitfaden Naturwissenschaften, Technik und Werte“ der Siemens Stiftung.

## 2.2 Lehrplanrelevanz

Die Durchführung der Experimente bietet sich, je nachdem, auf welche Weise sie in den Unterrichtszusammenhang integriert werden (siehe 2.1.3), für Altersstufen ab 12 bzw. 15 Jahre an.

Die detaillierte Kenntnis der Funktion unterschiedlicher Druck- und Temperaturrezeptoren sowie deren neurologische Abhängigkeiten sind demnach der höheren Altersstufe zuzuordnen.

Die behandelten Inhalte tangieren ausschließlich Themen des Fachs Biologie.

**Themen und Begriffe:** Oberhaut, Lederhaut, Unterhaut, Sensibilität, Rezeptoren, Schmerzrezeptoren, Meissner-Tastkörperchen, Kälterezeptoren, Wärmerezeptoren, Vibrationsrezeptoren (Vater-Pacini-Körperchen), freie Nervenendigungen, Aktionspotenziale, Dendriten, Zellkörper, Axon, Endknöpfchen, Überträgerstoff

## 2.3 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben den dreischichtigen Aufbau der Haut.
- können die Strukturen in der menschlichen Haut benennen, die für die Wahrnehmung von Berührungs- und Temperaturreizen zuständig sind.
- ordnen die benötigten Geräte und Materialien im Rahmen der Vorbereitung des Experiments sicherheitsbewusst an.
- stellen Wärme- und Kältepunkte auf der Haut farblich dar.
- bestimmen die Anzahl von Wärme- und Kältepunkten auf einem definierten Areal der Haut.
- beschreiben die sich im Verlauf eines Experiments verändernden Wärme- und Kälteempfindungen.
- bestimmen die Dauer bestimmter Temperaturempfindungen beider Hände.
- erklären das Zustandekommen scheinbar widersprüchlicher Temperaturempfindungen beider Hände.
- vergleichen ihre Arbeitsergebnisse mit denen anderer Schülerinnen und Schüler.

## 2.4 Das Experiment im Erklärungszusammenhang

### 2.4.1 Teilexperiment 1: Wie reagiert die Haut auf Berührung?

Das Experiment verdeutlicht, dass Tastkörperchen in unterschiedlichen Hautregionen in unterschiedlicher Häufigkeit vorkommen. Während an Fingerspitzen und Lippen eine hohe Sensibilität für Berührungen vorherrscht, lässt diese beispielsweise am Rücken nach. Gleichzeitig sind individuelle Varianzen zwischen den verschiedenen Versuchspersonen festzustellen. Mit der Aufteilung in zwei Durchgänge kann herausgefunden werden, welche Hautregionen nur gröbere (Schleifpapier Körnung 60 und 120) und welche feinere Unterschiede (Schleifpapier Körnung 80 und 100) registrieren können (siehe auch 3.1).

### 2.4.2 Teilexperiment 2: Wie nimmt die Haut Kälte und Wärme wahr?

Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass auf dem Handrücken die Dichte der Kälterezzeptoren erheblich höher ist als die der Wärmerezzeptoren. Es ist eine interessante Erfahrung, am eigenen Körper festzustellen, dass nicht die Haut als Gesamtheit Kälte oder Wärme spürt, sondern stets nur ganz bestimmte Punkte für die Empfindungen sensibel sind.



Abb. 2: Beispiel eines Ergebnisses von Teilexperiment 2.

### 2.4.3 Teilexperiment 3: Wie unterscheidet die Haut Temperatur?

Dass die Kälte- und Wärmerezzeptoren keine absoluten Temperaturen, sondern Temperaturdifferenzen registrieren, wird im dritten Teilexperiment deutlich. Sowohl die Wärmerezzeptoren der linken Hand als auch die Kälterezzeptoren der rechten Hand geben zu Beginn des Experiments vermehrt Aktionspotenziale zum Gehirn. Nach einer Zeit der Gewöhnung (im Bereich von Minuten) passen sich die Frequenzen der Aktionspotenziale der Wärme- und Kälterezzeptoren an. Erst durch das erneute Eintauchen der Hände in die mittlere Schale mit Mischwasser entsteht für beide Hände eine neue Temperaturdifferenz. Die Frequenz der Aktionspotenziale nimmt beidseits wieder zu und erzeugt das jeweilige Kälte- bzw. Wärmegefühl an der Haut. Da die Thermorezeptoren aber keine absolute Temperatur, sondern Temperaturdifferenzen vermitteln, erscheint das Mischwasser für die zuvor warme Hand kalt, für die kalte Hand warm. Das Temperaturempfinden der Hand, die aus dem warmen Wasser kommt, hält länger an als das der „kalten“ Hand, weil wir zum einen im Bereich der Hände mehr Kälterezzeptoren haben, zum anderen adaptieren Kälterezzeptoren schneller als Wärmerezzeptoren. Kälte stellt für den Menschen evolutionsgeschichtlich vermutlich eine größere Bedrohung dar als Wärme.

## 2.5 Durchführungsvarianten

Die drei Teilexperimente eignen sich für die Partnerarbeit. Gleichfalls ist ein Arbeiten im Rahmen des Stationenlernens möglich. Zu beachten ist jedoch, dass das Teilexperiment 2 ein gewisses Maß an Konzentration von der Versuchsperson erfordert, sodass Möglichkeiten der Ablenkung durch andere Schülerinnen und Schüler weitgehend vermieden werden sollten.

Zum Weiterforschen: Ergänzend zum Teilexperiment 1 lässt sich durch ein einfaches Experiment herausfinden, in welchem Abstand sich die Berührungssensoren befinden. Dazu kann eine Schülerin oder ein Schüler die zwei Spitzen einer aufgefalteten Büroklammer in zunehmend kleiner werdenden Abständen vorsichtig auf die Haut der Versuchsperson aufsetzen. So lässt sich feststellen, ab welchem Abstand der beiden Spitzen die Versuchsperson nur noch einen Berührungs punkt wahrnimmt, also nicht mehr zwischen zwei getrennten Berührungen unterscheiden kann. Das Experiment führt, je nach Körperregion, zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen (siehe 2.1.2). Um Unterrichtszeit zu sparen, kann das Teilexperiment 2 nur auf einem begrenzten Teil des Handrückens durchgeführt werden. Hierzu wird der Versuchsperson zuvor eine Fläche von z. B. 3x3 cm (neun Quadrate mit 1x1 cm) auf die Hand aufgezeichnet. Die neun Quadrate können dann systematisch „abgearbeitet“ werden.

Das Teilexperiment 3 gelingt umso eindrucksvoller, je unterschiedlicher die Temperaturen des Wassers in der linken und rechten Schüssel sind.

### 3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experiments finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org>

### 4 Hinweise zur Durchführung der Teilexperimente

#### 4.1 Räumlichkeiten

Die Experimente können in jedem Klassenraum durchgeführt werden.

#### 4.2 Zeitbedarf

	Vorbereitung und Durchführung	Auswertung, Fragen
Teilexperiment 1	20 min	15 min
Teilexperiment 2	30 min	15 min
Teilexperiment 3	10 min	15 min

#### 4.3 Sicherheitsaspekte

Die Versuche dürfen nur bei Anwesenheit und unter Aufsicht der Lehrkraft durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler sind darauf hinzuweisen, dass die bereitgestellten Materialien nur entsprechend den jeweiligen Anweisungen eingesetzt werden dürfen.

Bei diesen Experimenten achten Sie bitte auf folgende mögliche Gefahren und machen Sie auch Ihre Schülerinnen und Schüler darauf aufmerksam:

- Es besteht Verbrennungsgefahr und Brandgefahr beim Arbeiten mit Feuer. Vor der ersten Benutzung der Feuerzeuge sind diese von der Lehrkraft auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen, insbesondere die Regulierung der Flammengröße.
- Bei Teilexperiment 2 ist darauf zu achten, dass der Nagel nicht zu heiß wird, damit es nicht zu Verletzungen kommt.
- Stellen Sie sicher, dass keine Schäden an wasserempfindlichen Materialien und Geräten entstehen können.
- Die Schülerinnen und Schüler sollten möglichst viel Platz an ihren Tischen haben, sodass beim Teilexperiment 2 und 3 ein versehentliches Verschütten des Wassers vermieden werden kann.
- Beim Teilexperiment 3 sollte das Wasser in der Schüssel mit heißem Wasser (linke Schüssel) die angegebene Temperatur von max. 45 °C nicht übersteigen, um Verbrennungen zu verhindern. Bitte das Thermometer benutzen!

#### 4.4 Benötigte Materialien

Sicherheitsrelevante Materialien und Geräte sind vor Aushändigung an die Schülerinnen und Schüler auf ihre ordnungsgemäße Funktion zu testen.

Für **eine** Schülergruppe werden folgende Materialien benötigt:

Material	Anzahl
Digitalthermometer	1
Feuerzeug (wenn möglich ein Stabfeuerzeug) bzw. Streichhölzer	1
Filzstift, blau	1
Filzstift, rot	1
Handtuch zum Abtrocknen der Hände	1
Nagel (Stahl, „Eisen“)	1
Schale, klein	2
Schere	1
Schleifpapier Körnung 60, 80, 100, 120	je 1 Bogen für die ganze Klasse
Schlüssel, groß	3
Teelicht	1
Tuch oder Schal zum Verbinden der Augen	1
Uhr	1
... heißes (ca. 45 °C) und kaltes Wasser, evtl. Eiswürfel. Kommt das warme Wasser nicht aus der Wasserleitung im Klassenzimmer, sollte es die Lehrkraft selbst mit einem Wasserkocher bereiten und in der geeigneten Temperatur ausgeben.	nach Bedarf



Abb. 3: Geräte bzw. Materialien für eine Schülergruppe, beispielhafte Abbildung.

#### 4.5 Aufräumen, Entsorgen, Recyceln

Fast alle verwendeten Geräte und Materialien sind wiederverwendbar. Daher sollten sie nach Beendigung des jeweiligen Experiments ordentlich aufgeräumt werden. So stellen Sie sicher, dass Sie bzw. Ihre Kolleginnen und Kollegen beim nächsten Einsatz alles schnell wiederfinden.

Geräte, die beim Experimentieren verschmutzt wurden, wie z. B. Becher, Schalen, Löffel, Reagenzgläser, sollten vor dem Zurücklegen erst gereinigt werden. Sinnvollerweise lässt man dies die Schülerinnen und Schüler gleich nach Beendigung des Experiments erledigen.

Stellen Sie zudem sicher, dass die Geräte wieder für den nächsten Einsatz betriebsbereit sind. Beispielsweise sind benutzte Akkus gleich aufzuladen (Auch bei längerer Nichtbenutzung ist das Aufladen der Akkus sinnvoll.).

Materialien, die nicht wiederverwendbar sind, wie z. B. gebrauchte pH-Messstäbchen oder Filterpapier, sollten fachgerecht entsorgt werden.

Die Entsorgung der in diesem Experiment anfallenden Abfälle kann über den normalen Hausmüll bzw. den Ausguss erfolgen.