

# JUNGE

## wissenschaft

JungforscherInnen publizieren  
online | **peer reviewed** | original

Verlag:  
Physikalisch-  
Technische  
Bundesanstalt



Arbeitswelt

## Schmerzfrei am Schienbein

BEITRAG ZUR BEHANDLUNG VON  
PERIOSTITIS AM SCHIENBEIN ANHAND  
EINER FUNKTIONSBANDAGE

*Kühlung und Massage sind wichtige Behandlungsmöglichkeiten bei einer Knochenhautentzündung am Schienbein ausgelöst zum Beispiel durch intensives Eiskunstlauftraining. Um die Behandlung unabhängig vom Physiotherapeuten zu machen, wurde eine Funktionsbandage entwickelt.*

### DIE JUNGFORSCHERINNEN



**Olga Kireeva (1997)**  
**Jana Demant (1998)**  
**Sophie Zentner (1998)**  
Gymnasium „Am Lindenberg“  
98693 Ilmenau

**Eingang der Arbeit:**  
18.7.2016

**Arbeit angenommen:**  
24.10.2016



# Schmerzfrei am Schienbein

## BEITRAG ZUR BEHANDLUNG VON PERIOSTITIS AM SCHIENBEIN ANHAND EINER FUNKTIONSBANDAGE

### 1. Einleitung

#### 1.1 Motivation

Die Autorinnen der Arbeit betreiben seit frühem Kindesalter intensiv Eiskunstlauf bzw. Eishockey. Durch das ständige Aufkommen auf die harte Eisoberfläche bei Sprüngen sowie dem harten Sprung- und Lauftraining beim Hallentraining bemerkten zwei der Sportlerinnen starke Schmerzen am Schienbein. Zunächst wurden diese vollkommen unterschätzt. Als die Schmerzen immer intensiver wurden, diagnostizierten Sportärzte eine Periostitis. Nach langen Sportpausen und vielseitigen Therapien der Krankheit war ein Erfolg nur langsam und träge sichtbar. Die nötigen Massagen waren kosten- und zeitaufwendig. Die Idee kam schnell, eine Bandage zu fertigen, die Behandlungsmethoden vereint und somit eine Therapie auch ohne Physiotherapeutenbesuche oder ständige Abhängigkeit von Kühl-Akkus möglich macht.

#### 1.2 Die Periostitis

Das Periost (Knochenhaut) ist an allen auf- und abbauenden Aktivitäten an den äußeren und inneren Oberflächen der Knochen beteiligt. Durch die Bereitstellung von Stammzellen trägt es zum Wachstum und zur Erneuerung der Knochen bei. Im Periost befinden sich zahlreiche Gefäße, Kapillaren und freie Nervenendigungen. Diese sind der Grund für die starke Schmerzempfindlichkeit bei Beschädigung des Gewebes [1]. Die Endung „-itis“ am Wort Periostitis weist auf eine Entzündung dieses Gewebes hin [3].

Eine Periostitis kann unterschiedliche Ursachen haben. Zu den wichtigsten gehört die Überbelastung beim Sport. In einem ermüdeten körperlichen Zustand kommt es schnell zu Fehlern in der Ausführung der Übungen und die empfindliche Knochenhaut wird gereizt [12]. Weitere Ursachen von Periostitis sind das Tragen von unvorteilhaftem

Schuhwerk sowie das Training auf hartem Trainingsuntergrund. Die Aufprallkräfte beim Laufen können dabei nicht abgefangen werden [13]. Weiterhin können äußere Einwirkungen auf die betroffene Stelle, z.B. Quetschungen, Schläge und Tritte sowie Krankheitserreger wie Viren oder Bakterien eine Periostitis verursachen [16], [19]. In dieser Arbeit wird bloß auf die durch Überbelastung verursachte Periostitis eingegangen.

Die Symptome einer Periostitis können sich auf unterschiedliche Weise auf den Betroffenen auswirken. In vielen Fällen muss der Sportler eine vollständige Trainingspause einlegen [4]. Die Leistung stagniert. Der Sportler wird auch psychisch beeinträchtigt. Er zweifelt an sich, findet keinen Zuspruch mehr seitens Trainer oder Mannschaft. Er kann seiner Sportart nicht mehr nachgehen. Wenn doch weitertrainiert wird, kann die Krankheit einen chronischen Verlauf nehmen. Eine Abwendung von der Sportart ist ebenfalls denkbar. Die Angst vor dem möglicherweise wiederkehrenden Schmerz ist zu groß.

Die Behandlung von Periostitis ist ein langwieriger Prozess. Der Sportler muss nach der Diagnose der Krankheit, abhängig vom Grad der Entzündung, eine Sportpause von mehreren Monaten einlegen. Es ist sehr wichtig, dass der Sportler nach Behandlung und bei Wiederaufgreifen des Trainings den Laufuntergrund und die Sportschuhe wechselt [5], [7], [9], [10]. Die im folgenden Abschnitt beschriebenen Behandlungsmethoden sind die Bekanntesten und werden sehr häufig angewandt. Schmerzlindernde Behandlungsmethoden der Periostitis sind zum einen Medikamente, die die Schmerzen betäuben sollen, zum anderen aber auch das Kühlen der betroffenen Stellen. Beide Methoden helfen schnell gegen Schmerzen, sind jedoch nicht längerfristig wirksam. Nach der Schmerzbehandlung mit den eben genannten Mitteln sollte eine Behandlung der Entzündung eintreten. Dies kann geschehen durch einen

Druckverband am Schienbein, der die Bewegung der betroffenen Region einschränkt und auch präventiv anwendbar ist [12]. Eine weitere Methode ist die Behandlung durch einen Physiotherapeuten. Dieser kann eine Periostmassage durchführen, die aus punktuell langanhaltendem Druck besteht. Diese reizt die Knochenhaut am Schienbein weiter und bewirkt einen verstärkten Blutfluss und somit eine schnellere Heilung der Entzündung. Weiterhin kann der Physiotherapeut die bei der Periostitis entstehenden Entzündungsstoffe durch großflächigen, streichenden Druck verteilen, somit den Abtransport dieser Stoffe unterstützen und ebenfalls die Heilung beschleunigen [8, 11].

### 1.3 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, die am besten zu realisierenden Behandlungsmöglichkeiten in einer Bandage zu kombinieren, um eine Therapie zu gewährleisten, die auch mobil stattfinden kann. Die Analyse der oben genannten Behand-

lungsmöglichkeiten ergab, dass eine Funktionsbandage folgende Behandlungsmöglichkeiten realisieren kann: Die Funktionsbandage soll kühlend und stützend sein und eine Massage ermöglichen. Außerdem soll sie modular gestaltet werden. Das bedeutet, dass einzelne Elemente, das Kühl- oder Druckelement, in die Bandage einsetzbar sind. Der Begriff Funktionsbandage wurde gewählt, um diese von einer einfachen Stützbandage zu differenzieren.

## 2. Entwicklung und Aufbau der Funktionsbandage

### 2.1 Anforderungen an das technische System

Siehe [Tabelle 1](#).

### 2.2 Erarbeitung technischer Prinzipien

Die Behandlung durch Kühlung ist eine Anforderung, die einfach zu realisieren ist und sich auch bei den Autorinnen

als die am wirksamste Methode erwiesen hat. Bei der Behandlung durch Kühlung wird unterschieden zwischen Kühlung mithilfe gespeicherter Energie und Kühlung mithilfe ständiger Energiezufuhr. Kühlung mit gespeicherter Energie kann z.B. durch Kühlkissen, auch Kühl-Akkus genannt, realisiert werden. Heutzutage sind sie in jedem Haushalt zu finden. Jedoch haben sie den Nachteil, dass sie nach einiger Zeit die Körpertemperatur annehmen und ihre Kühlwirkung nachlässt. Außerdem schwankt die Temperatur bei dieser Kühlform. Aus diesen Gründen fällt diese Kühlmethode zum Einbau in die Bandage weg.

Als eine weitere Kühlmöglichkeit mithilfe einmaliger Energiezufuhr gilt das Medium Eis. Dies würde in eine wasserundurchlässige Hülle gebracht werden, die wärmeleitend ist und Kontakt zum Schienbein hat. Die Hülle mit der enthaltenen Flüssigkeit kann in eine Gefriertruhe gelegt werden und bei erreichtem Aggregatzustand des Eises he-

Tab. 1: Anforderungen an die Funktionsbandage

Aufbau	Funktion	Nutzung	Patientensicherheit	Wirtschaftlichkeit
geringes Gewicht	Desinfizierbarkeit	Nutzerfreundlichkeit	Keine mechanische Verletzungsgefahr	Bauteile leicht zu beschaffen
geringe Abmessung	Anschmiegsamkeit/ Nachgiebigkeit	einfache Bedienung	Keine thermische Verletzungsgefahr (0° C < $\vartheta$ < 50 °C) [20]	geringe Fertigungs- und Materialkosten (unter 100 €)
einfacher Aufbau	Dauerhaftigkeit	intuitive Bedienung	Keine elektrische Verletzungsgefahr (U < 5 V)	
wenig Bestandteile	Mechanotherapeutische Funktionen (Kühlung, ...)	schneller Wechsel der Module	Ausfallsicherheit	
Modularität		ansprechendes Aussehen (Formbündigkeit)	Antiallergenität	
			Biokompatibilität	

rausgenommen und angelegt werden. Bei dieser Methode treten ebenfalls die bei den Kühlkissen genannten Schwierigkeiten der Temperaturregelung und der Temperaturerhaltung auf. Allerdings wirken sie sich hier stärker aus.

Neben diesen Methoden kann Chloräthyl, auch Eisspray genannt, auf die Haut aufgesprüht werden. Hierbei erfolgt eine Lokalanästhesie durch Vereisung, die die Haut auf  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $-40^{\circ}\text{C}$  kühlt. Es eignet sich gut zur Erstversorgung von Periostitis. Seine schmerzlindernde und entzündungszurückhaltende Wirkung hält allerdings nur kurzzeitig an. Es kann also nicht langfristig angewandt werden. Anderenfalls könnten leicht Erfrierungen entstehen [6]. Außerdem ist es kaum vorstellbar, Eisspray in eine Funktionsbandage einzubauen.

Für die Funktionsbandage wird die Kühlmethode mithilfe eines Peltier-Kühlers gewählt, da es für die Behandlung der Krankheit am günstigsten erscheint. Er kühlt langanhaltend und die Temperatur kann durch Spannungsänderung reguliert werden. Dies ist eine innovative Lösung: Kühlvorrichtungen für medizinische Zwecke, die bei Gewebeerletzungen mit der damit verbundenen notwendigen direkten Kühlung durch Peltier-Kühler und dazugehörigem Rahmen arbeiten, existieren bis zum gegebenen Zeitpunkt noch nicht [21].

Ein Peltier-Kühler ist eine kleine quadratische Platte, die durch Stromfluss auf einer Seite kalt und auf der anderen Seite warm wird. Durch den einseitigen Kühleffekt ist er somit für die Kühlung am Schienbein gut geeignet. Die Temperatur kann durch das Anlegen geringerer oder höherer Spannungen und der damit verbundenen Stromstärke reguliert und über einen längeren Zeitraum gehalten werden. Da das Element jedoch mit Spannungen arbeitet, müssen die Drähte isoliert werden. Wenn trotz Isolation der Drähte ein Stromschlag zu spüren ist, so ist er wegen der geringen Spannung nicht gefährlich [15]. Der Pa-

tient kann den Kühler ohne ärztliche Begleitung an- und abschalten. Bloß der Akku muss nach einiger Zeit ausgetauscht werden.

Da Peltier-Kühler sehr dünn sind, können sie gut in eine Bandage eingebaut werden. Alle anderen Körper, die neben dem Peltier-Kühler eingebaut werden, sind ebenfalls dünn und relativ leicht. Durch Experimente mit einem Peltier-Kühler in einem Labor an der TU Ilmenau wurde herausgefunden, dass beim Einbau eines Peltier-Kühlers immer auch ein Kühlkörper eingebaut werden muss. Ohne ihn würde die wärmere Seite des Kühlers die kältere mit erhitzen und die Temperatur auf der kühlen Seite würde zu hoch für eine Kühlung am Schienbein werden. Der Kühlkörper leitet diese Wärme ab und es ist eine optimale Kühlungstemperatur gewährleistet. Diese Körper können z. B. Platten aus Aluminium oder Kupfer sein. Das gesamte Zubehör für den Peltier-Kühler ist leicht im Fachhandel zu bekommen. Die Kosten liegen im Rahmen von 100 €. Um die Kühlung am gesamten Schienbein zu realisieren, werden mehrere Peltier-Kühler benötigt. Im folgenden Text wird jedoch mit nur einem gearbeitet, um das Prinzip zu verdeutlichen.

Die zweite Behandlungsmethode, die durch die Funktionsbandage realisiert werden kann, ist die Stützung des Schienbeins. Das Anlegen eines festen verbandartigen Mittels ist mit der Konstruktion der Bandage gewährleistet, da der Bandagestoff, der zur Herstellung verwendet wird, sowieso fest am Schienbein anliegt.

Weiterhin ist die Behandlungsmethode Triggerpunktmassage geeignet für den Einbau in eine Bandage. Dabei wird punktueller Druck auf die Tibiakante ausgeübt [2]. Dies kann durch rein mechanische Mittel geschehen, da keine kontinuierliche Bewegung auf der Haut notwendig ist. Kleine Körper, die den menschlichen Daumen nachahmen, sollen hierbei auf die Tibiakante drücken. Dies kann geschehen durch linea-

res Hineindrücken eines Körpers, durch einen Hebel oder durch eine Drehbewegung, die den Körper hineindreht. Bei den zwei erstgenannten Möglichkeiten muss eine ständige Kraft aufgebracht werden, um den Druck aufrecht zu erhalten. Außerdem kann der Druck nur ungenau dosiert werden. Bei Druck mithilfe einer Drehbewegung kann der Druck jedoch sehr fein dosiert werden, da eine Schraube als Kraftverstärker wirken kann. Außerdem muss nur einmalig Kraft aufgebracht werden, um den Druck auszuüben. Diese Methode ist mit leicht beschaffbaren Mitteln realisierbar.

### 2.3 Konstruktion der Bandage

Die Kühlung soll mithilfe eines Peltier-Elements realisiert werden (siehe [Abb. 1](#)). Wie schon erwähnt, ist hier ein Kühlkörper notwendig, der die Wärme von der warmen Seite des Peltier-Elements ableitet. Der Kühlkörper sollte möglichst dünn sein, damit die Bandage leicht und kompakt bleibt. Des Weiteren sollte er so lang sein, dass er nahezu die gesamte Tibia abdeckt, damit er auch als Schiene der Konstruktion dienen kann, ohne dabei die Beweglichkeit des Fußes einzuschränken. Um eine effiziente Ableitung der Wärme zu gewährleisten, muss der Kühlkörper eine hohe Wärmeleitfähigkeit, eine große Kontaktfläche zur Luft und einen direkten Kontakt zum Peltier-Element aufweisen. Diesen Forderungen genügen Aluminium und Kupfer. Da Aluminium preiswerter als Kupfer ist, wird die Schiene aus Aluminium gefertigt. Die Schiene hat in regelmäßigen Abständen Bohrungen, um die Drähte vom Bein weg zur Oberfläche zu leiten. Dort werden sie an eine Batterie angeschlossen, die mit einem Tape an der Schiene befestigt ist. Um die elektrischen Kontakte zu schützen, werden die Drähte mit Schrumpfschläuchen ummantelt. Das Peltier-Element darf die Haut nicht direkt berühren, weswegen ein wärmeleitender, hautfreundlicher, aber möglichst dünner Stoff über das Element gelegt wird. Damit durch das Peltier-Element keine Beule ent-

steht, wird eine etwas dickere Schicht aus hautfreundlichem Stoff aufgetragen. Diese Schicht sollte so dick wie das Peltier-Element sein, damit eine Ebene entsteht. An der Stelle des Peltier-Elements wird aus der dickeren Schicht ein Fenster ausgespart. Die dickere Schicht wird mit der Schiene durch zwei Laschen an beiden Enden verbunden. Somit können alle mit der Haut in Kontakt kommenden Bauteile abgenommen, gereinigt und desinfiziert werden.

Das Druckelement (siehe [Abb. 2](#)) dient zur Realisierung der Triggerpunktmassage. Zu diesem Zweck ist es notwendig, punktuellen Druck auf die Tibia auszuüben. Dafür werden in eine Kunststoffschiene vier Muttern verdrehsicher eingebracht. In die Muttern werden Schrauben eingeschraubt. Wenn die Schiene gegenüber dem Fuß fest steht, ist es somit möglich, mit den Schrauben punktuellen Druck auszuüben. Da die Schrauben auch hier nicht im direkten Kontakt zur Haut stehen dürfen, wird eine Schiene aus Silikon gefertigt, in die Plastikhütchen eingebracht sind, deren Inneres größer als die Schraubenspitzen ist. Um eine bessere Biegsamkeit dieser Silikonschiene zu gewährleisten, werden außerdem Biegefugen eingebaut.

### 2.4 Fertigung des Kühlelements

Für das Kühlelement wird eine Aluminiumschiene mit vereinzelt Öffnungen der Breite 2,5 cm auf die Länge 23 cm gekürzt. Diese Länge erscheint optimal, da sie der Länge des Schienbeines entspricht, ohne die Beweglichkeit der Füße zu behindern. Das Peltier-Element wird mit wärmeleitfähigem Kleber auf der Metallschiene befestigt (siehe [Abb. 3](#)). Die Drähte werden mit Schrumpfschläuchen ummantelt und durch die nächste Öffnung in der Schiene auf die andere Seite geführt. Dort werden sie mit einem Schalter verbunden, der die Energiezufuhr durch eine Batterie regelt. Der Schalter mit der Batterie wird an der Aluminiumschiene mit Tape befestigt.

Nun wird ein medizinischer Stoff, der relativ dick ist, auf der Seite des Peltier-Elements an die Schiene gelegt und ein Fenster ausgeschnitten, das ungefähr so groß wie das Peltier-Element ist. Über

das Fenster wird eine dünne Stoffschicht aus Nylon mithilfe von Silikonkleber angeklebt. An den Enden werden Taschen angebracht, damit die Bandage abgenommen werden kann (siehe [Abb. 4](#)).

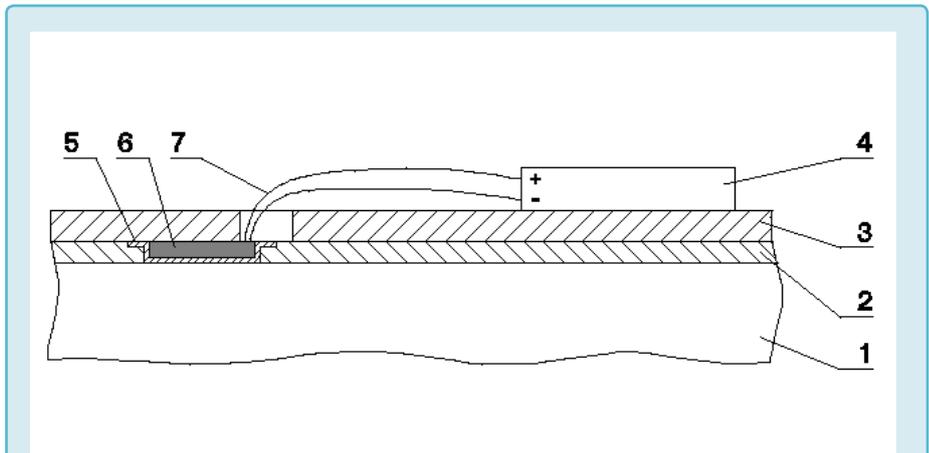


Abb. 1: Skizze des Kühlelements mit 1 Bein, 2 medizinischer Stoff, 3 Aluminium-Kühlkörper, 4 Batterie, 5 dünne Stoffschicht, 6 Peltier-Kühler, 7 elektrische Leitungen

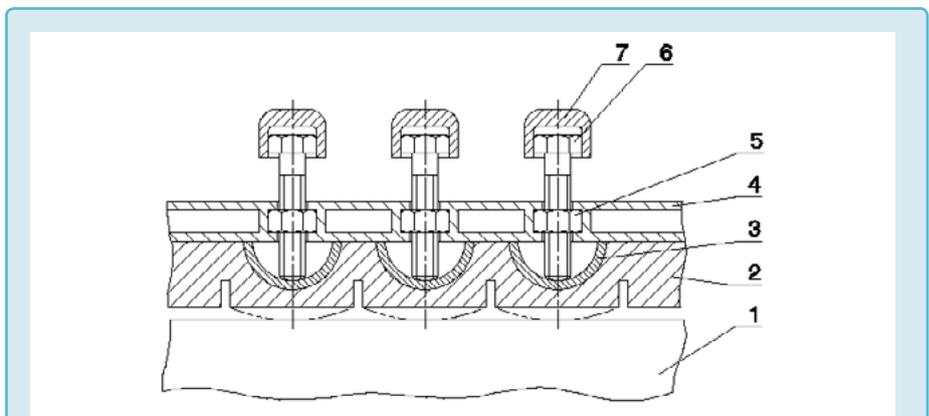


Abb. 2: Skizze des Druckelements mit 1 Bein, 2 Silikonschicht, 3 Hütchen, 4 geschlossene Plastikschiene, 5 Schraubenmutter, 6 Schraube, 7 Schraubekappe

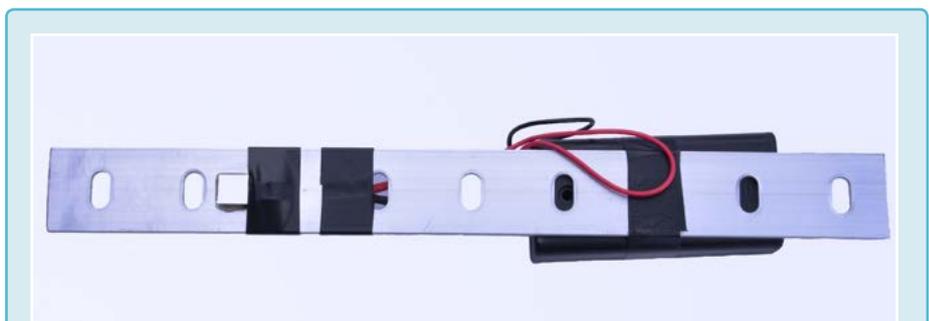


Abb. 3: Kühlelement Schienbeinseite ohne medizinischen Stoff und dünnen Schutzstoff

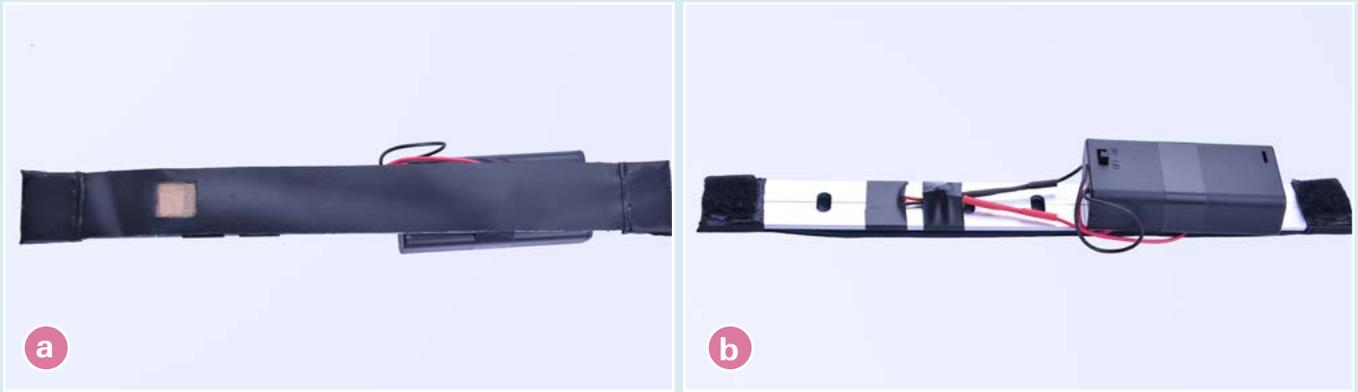


Abb. 4: Das fertige Kühlelement a) Schienbeinseite b) Außenseite

## 2.5 Fertigung des Druckelements

Für das Druckmodul wurde eine geschlossene Schiene aus Kunststoff gefertigt, welche den Schrauben Stabilität verleihen soll (siehe [Abb. 5a](#)). An dem einen Ende der Schiene werden vier Bohrungen im gleichen Abstand eingebracht (siehe [Abb. 5b](#)). Bei einer größeren Anzahl von Bohrungen könnte die Schiene ihre Stabilität verlieren. Als nächstes wird die ein Meter lange Schiene auf 23 cm gekürzt. Nun werden Muttern in die Schiene eingeführt und die Schrauben in die Muttern eingedreht (siehe [Abb. 5c](#)).

Anschließend wird die Silikonschicht hergestellt. Dafür wurde ein langsam vernetzendes Silikon gewählt, um genug Zeit zum Eingießen zu haben. Der Silikongrundstoff wurde im Verhältnis 10:1 mit dem Silikon-Vernetzer gemischt und unter zügigem Rühren mithilfe einer Vakuumpumpe Unterdruck erzeugt, um alle Luftblasen aus der Masse zu entfernen.

Das Silikon wird nun in eine Form gefüllt, die vorher gefertigt wurde (siehe [Abb. 6](#)). Dafür wird eine offene Kunststoffschiene seitlich mit Metallblöcken ausgefüllt, um das Ausfließen des Silikons zu verhindern. Zusätzlich werden die Seiten mit Schraubstöcken festgehalten. Die Hütchen, die in das Silikon eingearbeitet werden, dürfen weder die untere Seite des Silikonenteiles, noch die

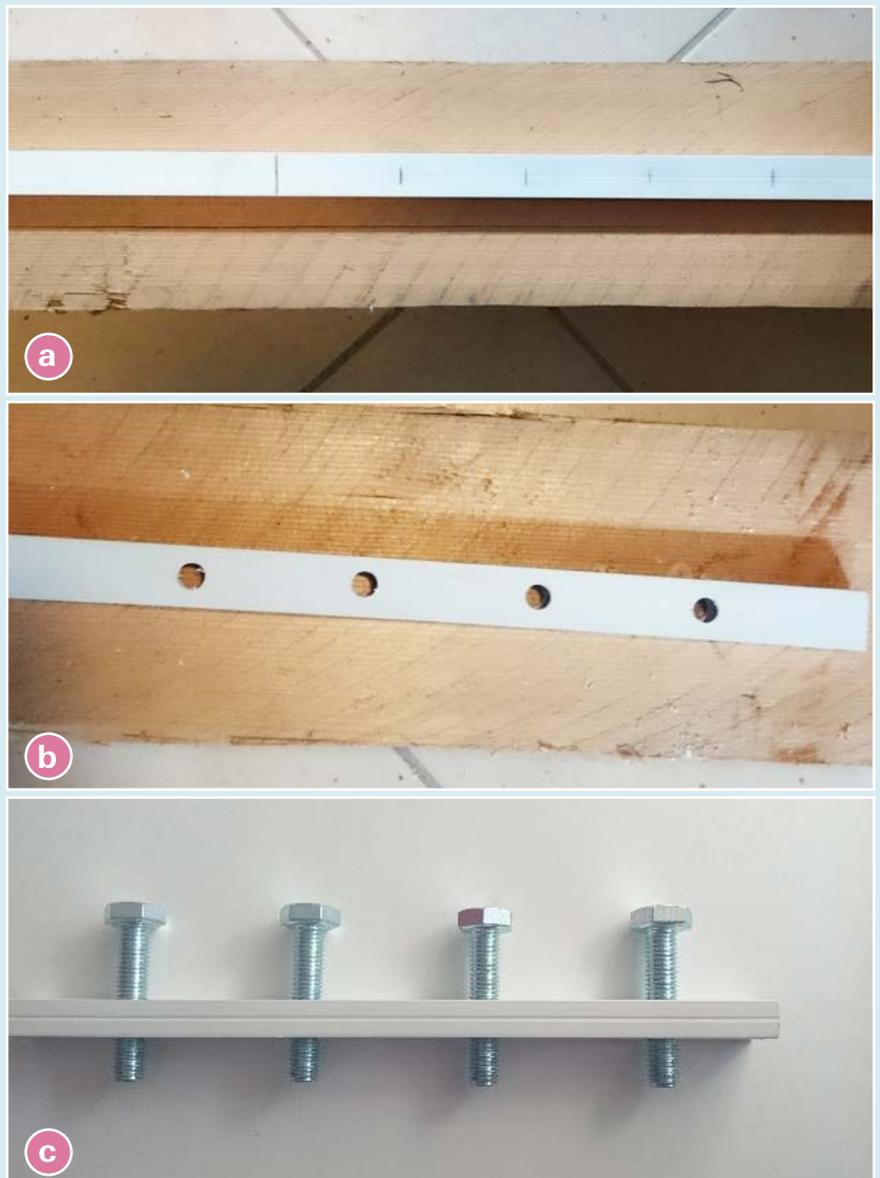


Abb. 5: a/b) Fertigung der geschlossenen Schiene, c) Schrauben und Muttern werden in geschlossene Schiene eingefügt

Wände berühren, also werden sie durch ein Gestell und Schrauben, die in die Hütchen passen, gehalten. Nun werden zusätzlich acht Wände aus Metallresten gefertigt, die exakt in die Schiene hineinpassen, jedoch nicht zu hoch sind. Diese werden dann mit den Schraubköpfen der geschlossenen Schiene auf die exakte Position gebracht. Dazu wird die geschlossene Schiene mit den Schrauben danebengelegt.

Wenn die Schrauben mit den Schraubköpfen der geschlossenen Schiene nicht exakt übereinstimmen, ist die Funktionsbandage nicht gebrauchsfähig. Ist das Silikon hineingefüllt, muss es sechs Stunden aushärten (siehe [Abb. 7a](#)). Danach wird es aus der Form herausgenommen (siehe [Abb. 7b](#)) und an der geschlossenen Schiene befestigt. Hierfür werden an der

Einbuchtung der Silikonschicht kleine Gummis befestigt, die verhindern, dass beide Bauteile auseinanderfallen. Auf die Schrauben werden außerdem Kappen aufgesetzt, um das Einschrauben zu erleichtern (siehe [Abb. 8](#)).

## 2.6 Einbau in eine Wadenbandage

Eine handelsübliche Wadenbandage wird an der Wade mit Klettverschluss befestigt. Da für die Module vorne an der Tibia Platz erforderlich ist, wird die Ban-



Abb. 6: Gussform für die Silikonschicht



Abb. 7: a) Eingegossenes Silikon und b) herausgenommene Silikonschicht, die durch Biegefugen eine hohe Flexibilität aufweist

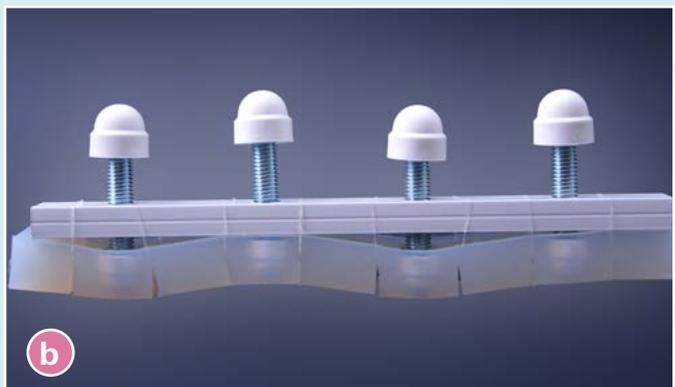
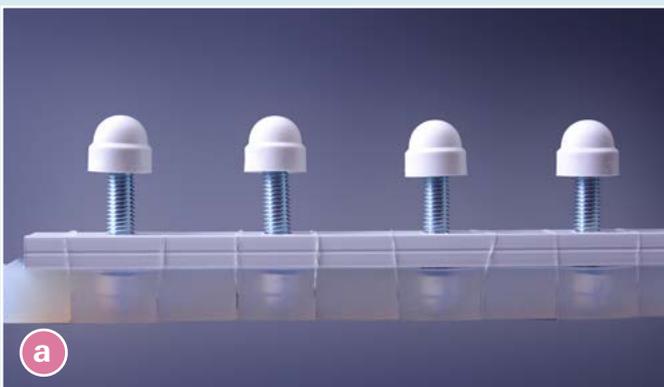


Abb. 8: Fertiges Druckelement mit aufgesetzten Plastikschaubköpfen in Ruhe (links) und in Aktion (rechts)

dage auf der Höhe der Tibiakante aufgeschnitten und mit drei Klettverschlüssen wieder zusammengefügt. Außerdem wird unten an der Bandage eine Lasche aus medizinischem Stoff angenäht, in die die geschlossene Schiene des Druckmoduls hineinpasst (siehe [Abb. 9a](#)). Somit sind alle Teile der Funktionsbandage gefertigt und das Kühlmodul oder das Druckmodul sind modular in die Bandage einsetzbar und am Patienten als Funktionsmuster anwendbar.

### 3. Testen des Systems

Zum Testen des Systems wurde die Funktionsbandage drei Physiotherapeuten gezeigt und um Begutachtung gebeten. Es wurden Gutachten geschrieben von Antje Faulhaber, Eigentümerin einer Physiotherapiepraxis, Ulrike Apel, Leiterin einer Physiotherapiepraxis und Kristin Wieczorek-Pfeiffer, selbstständige Physiotherapeutin und Eiskunsläuferin.

### 3.1 Auswertung der Anforderungen

Durch die realisierte Konstruktion konnten alle im Kapitel 2.1 aufgestellten Forderungen erfüllt werden. Insbesondere konnten die funktionellen Forderungen hinsichtlich Kühltemperatur und Druck realisiert werden. Die gemessene Temperatur des Kühlelementes beträgt sieben Grad Celsius. Dies liegt im empfohlenen Bereich von vier bis acht Grad Celsius [20]. Dabei beträgt die maximale Spannung des Peltier-Kühlers drei Volt, die maximale Stromstärke 0,4 Ampere und die maximale Leistung 1,2 Watt. Diese Werte gelten als sicher für den menschlichen Körper. Alle drei befragten Physiotherapeuten sind sich einig, dass die vorliegende Funktionsbandage beim Krankheitsverlauf der Periostitis helfen und die Behandlung mit etablierten Methoden (Ultraschalltherapie, Strom- bzw. Elektrotherapie, Kälte- und Wärmetherapie, Bewegungstherapie bzw. Krankengymnastik, Akupunktur, zusätzliche Triggerpunktmassagen) sehr gut ergänzen könnte. Die Bedienung der Bandage ist einfach und intuitiv. Nach einer kurzen Einführung kann der Patient die Bandage gefahrlos selbst benutzen. Das Wechseln der Module geschieht in weniger als drei Minuten. Das äußere Erscheinungsbild entspricht den Anforderungen an medizintechnische Geräte. Die Bandage ist nutzerfreundlich. Eine mechanische, thermische oder elektrische Verletzungsgefahr besteht bei psychisch sowie physisch gesunden Patienten laut den Testern Apel, Faulhaber und Wieczorek nicht. Dennoch ist die Therapie mit der Bandage und deren eventuelle Kombination mit anderen Therapien immer mit einem Arzt zu besprechen. Nebenwirkungen können entstehen bei Patienten, die z. B. Krampfadern, Rheuma, Herzprobleme, Durchblutungsprobleme oder andere Krankheiten, wie Glasknochen, Hämophilie (Bluterkrankheit), Lymphedeme (Wasserbeine) u. a., vorangegangene Verletzungen haben, Medikamente einnehmen oder schwanger sind. Eine Ausfallsicherheit ist durch die Möglichkeit gewährleistet,



Abb. 9: Funktionsbandage a) die modifizierte Wadenbandage  
b) Verwendung mit Kühlelement  
c) Verwendung mit Druckelement

dass die Bandage schnell durch Klettverschlüsse abgenommen werden kann und die defekten Teile ausgetauscht werden können. Die Gesamtkosten der Bandage betragen 98 €. Damit wurde das Kostenlimit von 100 € nicht überschritten. Die Tester Apel, Faulhaber und Wieczorek empfehlen eine Weiterentwicklung der Funktionsbandage bis zum kommerziell verfügbaren medizinischen Gerät. [17], [18], [22].

### 3.2 Weiterentwicklungsmöglichkeiten

Die befragten Physiotherapeutinnen hatten die Möglichkeit, Ideen zur Optimierung der Funktionsbandage beizusteuern. Diese können in drei Unterkategorien eingeordnet werden: Nutzerfreundlichkeit, Verbesserung der Wirkung und Patientensicherheit. Die Handhabung soll möglichst unkompliziert und intuitiv sein. Wieczorek-Pfeiffer empfiehlt, die Bandage als Strumpf mit Gummibund zu gestalten. Für Patienten, für die die Druck- und die Kühlungsfunktion gemeinsam infrage kommen, ist die Verbindung der beiden Module vorteilhaft. So ist ein ständiger Wechsel der beiden Funktionen nicht nötig. Zur Verbesserung der Wirkung der Funktionsbandage wurden ebenfalls einige Aussagen gemacht. Da Apel die Kühlung durch das Peltier-Element trotz optimaler Temperatur zur Behandlung einer Periostitis nicht wahrnehmen konnte, empfahl sie die Vergrößerung der kühlenden Flächen. Für sie kam auch eine Verringerung der Temperatur infrage, was jedoch zu Erfrierungen von Gewebe führen könnte. Aus diesem Grund ist hierbei besondere Vorsicht nötig. Apel regte an, dass Schrauben in verschiedenen Größen an unterschiedlichen Stellen der Bandage eine optimale Lagerung sichern könnten. So dreht der Patient nur die Schrauben ein, welche auf seine individuell entzündete Zone drücken. Um die Länge der Bandage variabel gestalten zu können, sind vereinzelte Schrauben nötig. Diese können nach Belieben an unterschiedlichen Stellen eingesetzt werden. Wieczorek-Pfeiffer erklärt, dies wäre

sinnvoll, da alle Sportler unterschiedlich lange Gliedmaßen haben. Eine andere Möglichkeit wäre, das Druckelement zu verlängern. In Anlehnung an die durch Physiotherapeuten durchgeführte Triggerpunktmassage schlug Wieczorek-Pfeiffer des Weiteren vor, rotierende Druckköpfe zu verwenden. Diese sollen dazu dienen, Entzündungen im umgebenden Gewebe zu verursachen und die Durchblutung anzuregen. So können Entzündungsstoffe durch die Blutbahn abgeleitet werden und die Knochenhautentzündung kann abklingen. Faulhaber empfiehlt die Anwendung der Bandage ausschließlich im Ruhezustand. Dies verhindert Verletzungen und unterstützt den Heilungsprozess zusätzlich. In Verbindung mit der Patientensicherheit teilt Faulhaber mit, dass der Druck durch die Schrauben nur ausgeführt werden kann bis der Patient einen Schmerz verspürt. Hierbei muss eine Unterscheidung zwischen Druck und Schmerz gemacht werden. Eine längere Anwendung würde das zu behandelnde und die umliegenden Gewebe zerstören. Auch eine zu lang andauernde Kühlung wirkt schädlich auf den Körper. Es könnte zu Vereisungen oder Kälteverbrennungen der Haut und der Gewebe kommen [14]. Wieczorek-Pfeiffer schlug vor, die Abschlüsse der Bandage, d. h. die kantigen Plastik- und Metallelemente, mit Tape abzukleben. Äußere Verletzungen der Haut können somit verhindert werden. [17], [18], [22].

### 4. Fazit

Das Ziel der Arbeit, eine modulare und selbst anwendbare Bandage zu konstruieren und zu fertigen, ist erreicht worden. Die Bandage ist stützend, hat eine Kühlmöglichkeit und eine Massagemöglichkeit. Der nächste Schritt wäre nun die Bandage an Personen mittels randomisiert-kontrollierter Studien zu testen und sie einer Wirksamkeitsüberprüfung zu unterziehen.

Die Bandage bietet gegenüber bisherigen Behandlungsmöglichkeiten folgende Vorteile:

- Das Kühlelement ist ohne Abhängigkeit von einem Kühlschrankschrank und somit mobil anwendbar. Das Kühlinstrument muss nicht an das Bein gehalten werden, wie bisher z.B. mit einem Kühlakku. Außerdem ist eine konstante und optimale Temperatur gegeben.
- Das Druckelement erleichtert die physiotherapeutische Arbeit, denn der langanhaltende Druck durch den Daumen kann mechanisch realisiert werden. Der Patient muss sich nur um die Dauer des Anlegens kümmern, welche der Arzt vorgibt.
- Die Bandage kann sowohl in physiotherapeutischen Praxen als auch zu Hause bequem angewandt werden. Der Erkrankte ist nicht mehr an Massageterminen gebunden, sondern kann nach Bedarf zu jeder Zeit die Bandage anlegen. Die nötige Trainingspause könnte eventuell heruntergeschraubt werden und so minimiert sich der Leistungsabfall.
- Die Kosten für eine Behandlung können geringer gehalten werden. Einige physiotherapeutische Periostmassagen in einer Praxis überschreiten die einmalige Investition in die Bandage.

Eine umfangreiche Patentrecherche ergab, dass es bisher kein medizinisches Gerät gibt, welches mithilfe von Schrauben eine Massage am Schienbein nachahmt oder mit einem Peltier-Kühler in einer entsprechenden Rahmenvorrichtung arbeitet. Daher wurde entschieden, ein Patent anzumelden.

## Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] *Junqueira, Luiz Carlos U. u. a.*, Knochen, In: Gratzl, M. (Hrsg.): Histologie, 6. Auflage, Heidelberg 2005
- [2] *Petres, Johannes, u. a.*, Operative Dermatologie: Lehrbuch und Atlas, 2. Auflage, Heidelberg 2006
- [3] *Schiebler, Theodor H., Korf, Horst-W.*, Anatomie – Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie, Topographie, 10. Auflage, Steinkopff Verlag 2007
- [4] *Wichmann, Heike und Riedel, Jana u. a.*, Das Prinzip der Superkompensation, In: Landes-sportbund Thüringen e. V. (Hrsg.): Übungsleiterausbildung – Lehrmaterial Übungsleiter C Breitensport. 3. Auflage, Erfurt 2015, S. 205f
- [5] *Achilles, Achim*, So findet jeder den richtigen Laufschuh, 05.04.13, unter: <http://www.welt.de/gesundheit/article115009139/So-findet-jeder-den-richtigen-Laufschuh.html>, Stand: 16.08.15
- [6] *Bluhm, Uwe*, Eisspray – Wie sinnvoll im Amateurbereich? So wirkt Eisspray, unter: <http://www.soccerdrills.de/Theorie/eisspray.html> Stand: 30.05.15
- [7] *Ebmeyer, Gunnar und Förster, Christo*, So finden Sie das perfekte Paar, unter: [http://www.fitforfun.de/sport/laufen/laufschuhe-test/kaufberatung\\_aid\\_3767.html](http://www.fitforfun.de/sport/laufen/laufschuhe-test/kaufberatung_aid_3767.html), Stand: 16.08.2015
- [8] *Fürstner, Oliver*, Schmerzbehandlung mit der Periostmassage/Knochenhautmassage, unter: <http://www.yaacool-physiotherapie.de/index.php?id=schmerz-bekaempfen-mit-periost-massage-knochenhaut-massage>, Stand: 16.08.15
- [9] *Grüning, Martin*, Der richtige Laufschuh für Anfänger. 25.04.12, unter: <http://www.runnersworld.de/training/der-richtige-laufschuh-fuer-anfaenger.275634.htm>, Stand: 16.08.15
- [10] *Kollmar, Marcel*, Welcher Laufuntergrund ist der richtige? 08.11.12, unter: <http://www.joggen-online.de/anfaenger/erste-schritte/welcher-laufuntergrund-ist-der-richtige.html>, Stand: 16.08.15
- [11] *Litsch, Martin und Michalak, Frank*, Periostmassage. August 14, unter: <http://www.aok.de/bundesweit/gesundheit/behandlung-nicht-medikamentoese-und-alternative-therapien-periostmassage-8049.php>, Stand: 16.08.15
- [12] *Mehner, Kathrin*, Knochenhautentzündung (Periostitis). 03.07.2013, unter: <http://www.gesundheit.de/krankheiten/knochen-und-gelenke/sehnen-baender-knorpel-muskel/knochenhautentzuendung-periostitis>, Stand: 22.03.15
- [13] *Raue, Wiebke*, Knochenhautentzündung (Periostitis) im Sport. 13.09.2012, unter: <http://www.onmeda.de/sport/knochenhautentzuendung.html>, Stand: 22.03.15
- [14] *Sauty de Chalon, Marie-Laure und Schmitz, Marc*, Hypothermie (Unterkühlung) und Erfrierungen: Ursachen. 09.06.15, unter: <http://www.onmeda.de/krankheiten/hypothermie-ursachen-3608-3.html>, Stand: 25.07.15
- [15] *Schmid-Gaiser, Stefan*, Tipps & Tricks – Wirkung des elektrischen Stromes auf Menschen, 28.07.07, unter: <http://www.elektro-wissen.de/Tipps/wirkung-des-stroms-auf-den-Menschen.html>, Stand: 01.05.15
- [16] *Van Heemskerklaan, R.*, Shin splints / Schienbeinreizung – Knochenhautentzündung, unter: [http://www.sportgesundheit.eu/shin\\_splints.htm](http://www.sportgesundheit.eu/shin_splints.htm), Stand: 22.03.15
- [17] *Apel, Ulrike*, Physiotherapeutin, interviewt mithilfe eines Fragebogens von Olga Kireeva und Sophie Zentner am 21.07.15 um 10:00 Uhr
- [18] *Faulhaber, Antje*, Physiotherapeutin, interviewt mithilfe eines Fragebogens von Olga Kireeva und Sophie Zentner am 20.07.15 um 17:00 Uhr
- [19] *Hegenbarth, Tobias*, Mitarbeiter bei BOS, per E-Mail schriftlich interviewt von Olga Kireeva am 04.05.15 um 09:48 Uhr
- [20] *Rindert, Martin*, Arzt, per E-Mail schriftlich interviewt von Sophie Zentner am 15.04.15 um 23:25 Uhr
- [21] *Schwanbeck, Heike*, Mitarbeiterin bei PATON Ilmenau, bei PATON Ilmenau recherchiert und interviewt von Olga Kireeva und Sophie Zentner am 04.02.15 um 15:00 Uhr
- [22] *Wieczorek-Pfeiffer, Kristin*, Trainerin und Physiotherapeutin, interviewt mithilfe eines Fragebogens von Olga Kireeva und Sophie Zentner am 20.07.15 um 09:00 Uhr

# Publiziere auch Du hier!

FORSCHUNGSARBEITEN VON SCHÜLER/INNE/N UND STUDENT/INN/EN

In der Jungen Wissenschaft werden Forschungsarbeiten von SchülerInnen, die selbstständig, z. B. in einer Schule oder einem Schülerforschungszentrum, durchgeführt wurden, veröffentlicht. Die Arbeiten können auf Deutsch oder Englisch geschrieben sein.

## Wer kann einreichen?

SchülerInnen, AbiturientInnen und Studierende ohne Abschluss, die nicht älter als 23 Jahre sind.

## Was musst Du beim Einreichen beachten?

Lies die [Richtlinien für Beiträge](#). Sie enthalten Hinweise, wie Deine Arbeit aufgebaut sein soll, wie lang sie sein darf, wie die Bilder einzureichen sind und welche weiteren Informationen wir benötigen. Solltest Du Fragen haben, dann wende Dich gern schon vor dem Einreichen an die Chefredakteurin Sabine Walter.

Lade die [Erstveröffentlichungserklärung](#) herunter, drucke und fülle sie aus und unterschreibe sie.

Dann sende Deine Arbeit und die Erstveröffentlichungserklärung per Post an:

### Chefredaktion Junge Wissenschaft

Dr.-Ing. Sabine Walter  
Paul-Ducros-Straße 7  
30952 Ronnenberg  
Tel: 05109 / 561508  
Mail: [sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de](mailto:sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de)

## Wie geht es nach dem Einreichen weiter?

Die Chefredakteurin sucht einen geeigneten Fachgutachter, der die inhaltliche Richtigkeit der eingereichten Arbeit überprüft und eine Empfehlung ausspricht, ob sie veröffentlicht werden kann (Peer-Review-Verfahren). Das Gutachten wird den Euch, den AutorInnen zugeschickt und Du erhältst gegebenenfalls die Möglichkeit, Hinweise des Fachgutachters einzuarbeiten.

Die Erfahrung zeigt, dass Arbeiten, die z. B. im Rahmen eines Wettbewerbs wie **Jugend forscht** die Endrunde erreicht haben, die besten Chancen haben, dieses Peer-Review-Verfahren zu bestehen.

Schließlich kommt die Arbeit in die Redaktion, wird für das Layout vorbereitet und als Open-Access-Beitrag veröffentlicht.

## Was ist Dein Benefit?

Deine Forschungsarbeit ist nun in einer Gutachterzeitschrift (Peer-Review-Journal) veröffentlicht worden, d. h. Du kannst die Veröffentlichung in Deine wissenschaftliche Literaturliste aufnehmen. Deine Arbeit erhält als Open-Access-Veröffentlichung einen DOI (Data Object Identifier) und kann von entsprechenden Suchmaschinen (z. B. BASE) gefunden werden.

Die Junge Wissenschaft wird zusätzlich in wissenschaftlichen Datenbanken gelistet, d. h. Deine Arbeit kann von Experten gefunden und sogar zitiert werden. Die Junge Wissenschaft wird Dich durch den Gesamtprozess des Erstellens einer wissenschaftlichen Arbeit begleiten – als gute Vorbereitung auf das, was Du im Studium benötigst.

# Richtlinien für Beiträge

FÜR DIE MEISTEN AUTOR/INN/EN IST DIES DIE ERSTE WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNG. DIE EINHALTUNG DER FOLGENDEN RICHTLINIEN HILFT ALLEN – DEN AUTOR/INNEN/EN UND DEM REDAKTIONSTEAM

Die Junge Wissenschaft veröffentlicht Originalbeiträge junger AutorInnen bis zum Alter von 23 Jahren.

- Die Beiträge können auf Deutsch oder Englisch verfasst sein und sollten nicht länger als 15 Seiten mit je 35 Zeilen sein. Hierbei sind Bilder, Grafiken und Tabellen mitgezählt. Anhänge werden nicht veröffentlicht. Deckblatt und Inhaltsverzeichnis zählen nicht mit.
- Formulieren Sie eine eingängige Überschrift, um bei der Leserschaft Interesse für Ihre Arbeit zu wecken, sowie eine wissenschaftliche Überschrift.
- Formulieren Sie eine kurze, leicht verständliche Zusammenfassung (maximal 400 Zeichen).
- Die Beiträge sollen in der üblichen Form gegliedert sein, d. h. Einleitung, Erläuterungen zur Durchführung der Arbeit sowie evtl. Überwindung von Schwierigkeiten, Ergebnisse, Schlussfolgerungen, Diskussion, Liste der zitierten Literatur. In der Einleitung sollte die Idee zu der Arbeit beschrieben und die Aufgabenstellung definiert werden. Außerdem sollte sie eine kurze Darstellung schon bekannter, ähnlicher Lösungsversuche enthalten (Stand der Literatur). Am Schluss des Beitrages kann ein Dank an Förderer der Arbeit, z. B. Lehrer und

Sponsoren, mit vollständigem Namen angefügt werden. Für die Leser kann ein Glossar mit den wichtigsten Fachausdrücken hilfreich sein.

- Bitte reichen Sie alle Bilder, Grafiken und Tabellen nummeriert und zusätzlich als eigene Dateien ein. Bitte geben Sie bei nicht selbst erstellten Bildern, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. die genauen und korrekten Quellenangaben an (siehe auch [Erstveröffentlichungserklärung](#)). Senden Sie Ihre Bilder als Originaldateien oder mit einer Auflösung von mindestens 300 dpi bei einer Größe von 10 x 15 cm! Bei Grafiken, die mit Excel erstellt wurden, reichen Sie bitte ebenfalls die Originaldatei mit ein.
- Vermeiden Sie aufwendige und lange Zahlentabellen.
- Formelzeichen nach DIN, ggf. IUPAC oder IUPAP verwenden. Gleichungen sind stets als Größengleichungen zu schreiben.
- Die Literaturliste steht am Ende der Arbeit. Alle Stellen erhalten eine Nummer und werden in eckigen Klammern zitiert (Beispiel: Wie in [12] dargestellt ...). Fußnoten sieht das Layout nicht vor.

- Reichen Sie Ihren Beitrag sowohl in ausgedruckter Form als auch als PDF ein. Für die weitere Bearbeitung und die Umsetzung in das Layout der Jungen Wissenschaft ist ein Word-Dokument mit möglichst wenig Formatierung erforderlich. (Sollte dies Schwierigkeiten bereiten, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung, damit wir gemeinsam eine Lösung finden können.)
- Senden Sie mit dem Beitrag die [Erstveröffentlichungserklärung](#) ein. Diese beinhaltet im Wesentlichen, dass der Beitrag von dem/der angegebenen AutorIn stammt, keine Rechte Dritter verletzt werden und noch nicht an anderer Stelle veröffentlicht wurde (außer im Zusammenhang mit **Jugend forscht** oder einem vergleichbaren Wettbewerb). Ebenfalls ist zu versichern, dass alle von Ihnen verwendeten Bilder, Tabellen, Zeichnungen, Grafiken etc. von Ihnen veröffentlicht werden dürfen, also keine Rechte Dritter durch die Verwendung und Veröffentlichung verletzt werden. Entsprechendes [Formular](#) ist von der Homepage [www.junge-wissenschaft.ptb.de](http://www.junge-wissenschaft.ptb.de) herunterzuladen, auszudrucken, auszufüllen und dem gedruckten Beitrag unterschrieben beizulegen.
- Schließlich sind die genauen Anschriften der AutorInnen mit Telefonnummer und E-Mail-Adresse sowie Geburtsdaten und Fotografien (Auflösung 300 dpi bei einer Bildgröße von mindestens 10 x 15 cm) erforderlich.
- Neulingen im Publizieren werden als Vorbilder andere Publikationen, z. B. hier in der Jungen Wissenschaft, empfohlen.

# Impressum

[ JUNGE ]  
wissenschaft



## **Junge Wissenschaft**

c/o Physikalisch-Technische  
Bundesanstalt (PTB)  
[www.junge-wissenschaft.ptb.de](http://www.junge-wissenschaft.ptb.de)

## **Redaktion**

Dr. Sabine Walter, Chefredaktion  
Junge Wissenschaft  
Paul-Ducros-Str. 7  
30952 Ronnenberg  
E-Mail: [sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de](mailto:sabine.walter@verlag-jungewissenschaft.de)  
Tel.: 05109 / 561 508

## **Verlag**

Dr. Dr. Jens Simon,  
Pressesprecher der PTB  
Bundesallee 100  
38116 Braunschweig  
E-Mail: [jens.simon@ptb.de](mailto:jens.simon@ptb.de)  
Tel.: 0531 / 592 3006  
(Sekretariat der PTB-Pressestelle)

## **Design & Satz**

Sabine Siems  
Agentur „provieler werbung“  
E-Mail: [info@provieler-werbung.de](mailto:info@provieler-werbung.de)  
Tel.: 05307 / 939 3350



Physikalisch-Technische Bundesanstalt  
Bundesallee 100