

Flexibilität von Schuhwerk

Peter Schultheis, Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens

Barfuss gehen ist wahrscheinlich die natürlichste Form menschlicher Fortbewegung und aus orthopädischer Sicht möglicherweise auch die bevorzugte. Die meisten von uns empfinden es jedoch als recht unkomfortabel, ohne schützende Schuhe auf Eis und Schnee herumzulaufen. Neben den modischen Aspekten haben Schuhe die wichtige Aufgabe, unsere Füße vor schädlichen, bzw. zumindest als unangenehme empfundenen, äußeren Einwirkungen durch Kälte, Hitze, Schmutz und vor Verletzungen zu schützen. Je höher die potentiellen negativen äußeren Einflüsse auf den Träger von Schuhen, z.B. auch am Arbeitsplatz sind, umso dicker werden üblicherweise die Sohlen und Obermaterialien der Schuhe ausgelegt und, als Konsequenz hieraus: Umso steifer werden meist die Schuhe.

Das Gegenteil von „steif“ wird in der Schuhbranche üblicherweise als „flexibel“ bezeichnet. Größere Flexibilität eines Schuhs meint damit, dass der Schuh während der Biegephase des Gehens und Laufens von dem Träger weniger Kraftwirkung verlangt, um die Biegung des Schuhs, zwecks Abrollen des Fußes, zu bewirken. Obwohl es auch eine Frage persönlicher Tragpräferenzen ist, sollte ein Schuh soviel Schutz wie nötig und soviel Flexibilität wie möglich bieten.

Es ist allgemein anerkannt, dass Sport- und Kinderschuhe „sehr“ flexibel sein sollten. Aber was macht einen Schuh flexibel und wie kann die Flexibilität gemessen werden? Ein Arbeitsstiefel beispielsweise kann, gemessen an dem Grad des Schutzes, den er dem Träger bietet, sehr flexibel sein, obwohl der gemessene Widerstand gegen Biegung und Torsion sehr viel größer ist, als der eines Laufschuhs.

Um mehr über Schuhflexibilität herauszufinden, hat das PFI ein Forschungsprojekt AIF 14411N durchgeführt, welches über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wurde. Eines der Ziele war es, eine Methode und ein Gerät zu entwickeln, mit denen sich Flexibilität quantitativ erfassen lässt. Daneben sollten Daten zur Flexibilität verschiedener Gruppen von Schuhen, Schuhkonstruktionen, Macharten und Materialien nach verschiedenen Methoden, beispielsweise „Erfassung des Biegewinkels“ und „Zweipunkt Biegeversuch“, ermittelt, bewertet und verglichen werden.

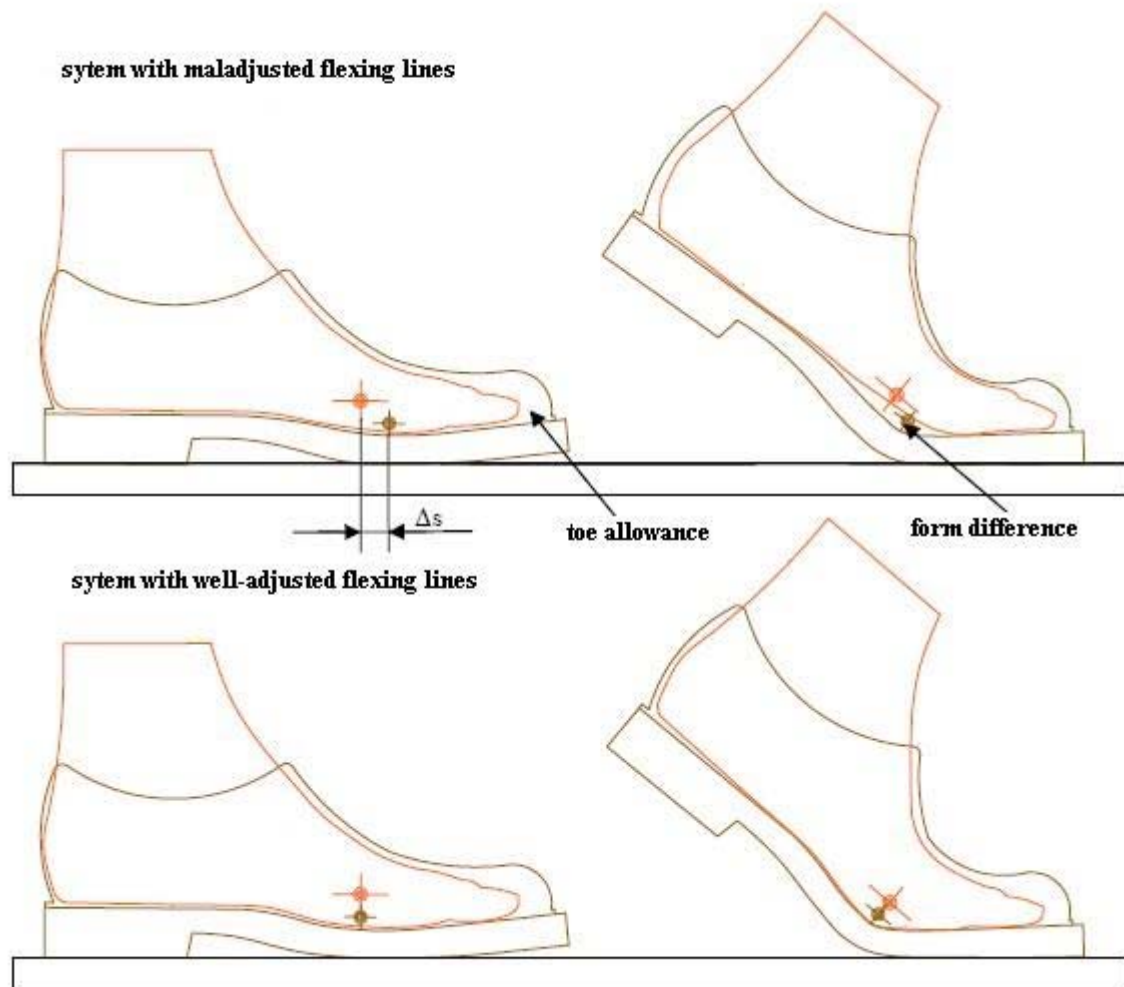


Abbildung 1 – Schuhe mit korrekt und schlecht positionierten Biegelinien

Eine wichtige Maßnahme zur Erhöhung des Komfortfaktors eines Schuhs ist es, die Kräfte zum Biegen des Schuhs während der Flexionsphase des Gehens möglichst klein zu halten. Schuhmodelleure erreichen dies, indem sie Designtechnisch im Bereich der Biegelinie des Schuhs eine Zone erhöhter Flexibilität bereitstellen. Da die Biegelinie für die verschiedenen Träger und Fußtypen nicht immer an der selben Stelle des Fußes ist, sollte sich der Modelleur immer vor Augen halten, dass es sich eher um eine Biegezone von Sohle und Oberteil des Schuhs und weniger um eine exakt vorgegebene Biegelinie handelt.

In *Abbildung 1* wird dargestellt, dass sich die Gesamtsteifigkeit des Systems Fuß-Schuh deutlich erhöht, wenn die Biegelinien des Fußes und des Schuhs nicht zueinander passen. Diese Situation wird beispielsweise an Arbeitsschuhen mit steifen Sohlen und schlecht platzierten, bzw. zu wenigen Profillinien vorgefunden.

Einige Schuhhersteller behandeln das Problem der Flexibilität des Schuhs auf eine ganz andere Art, indem das Abrollen des Fußes weniger durch Biegung der Sohle, sondern, durch die Sohlenkonstruktion entsprechen unterstützt, über ein Abrollen des Sohlenbodens durchgeführt wird. Für diese Schuhe und Schuhe mit sehr hohen Absätzen sind andere Maßstäbe bei der Beurteilung der Flexibilität anzulegen.



Abbildung 2 Gerät zum Messen der Biegeflexibilität

Abbildung 2 zeigt ein vom PFI im Rahmen des erwähnten Forschungsprojektes entwickeltes Flexibilitätsmessgerät mit einem Kinderschuh, an dem gerade die Biegeflexibilität gemessen wird. Diese Messgröße wird erfasst, indem der Schuh mit einer definierten Winkelgeschwindigkeit in der Biegezone um einen bestimmten Biegewinkel verdreht und das hierzu notwendige Drehmoment erfasst wird. Das Verhältnis aus dem erforderlichen Drehmoment und dem Biegewinkel definiert eine Federkonstante, wenn die beiden Größen linear zusammenhängen. Der Kehrwert dieser Federkonstante ist ein Maß für die Flexibilität. In einfachen Worten: Je geringer das zum Biegen notwendige Drehmoment ist, umso geringer ist auch die Federkonstante und umso größer ist die Flexibilität.

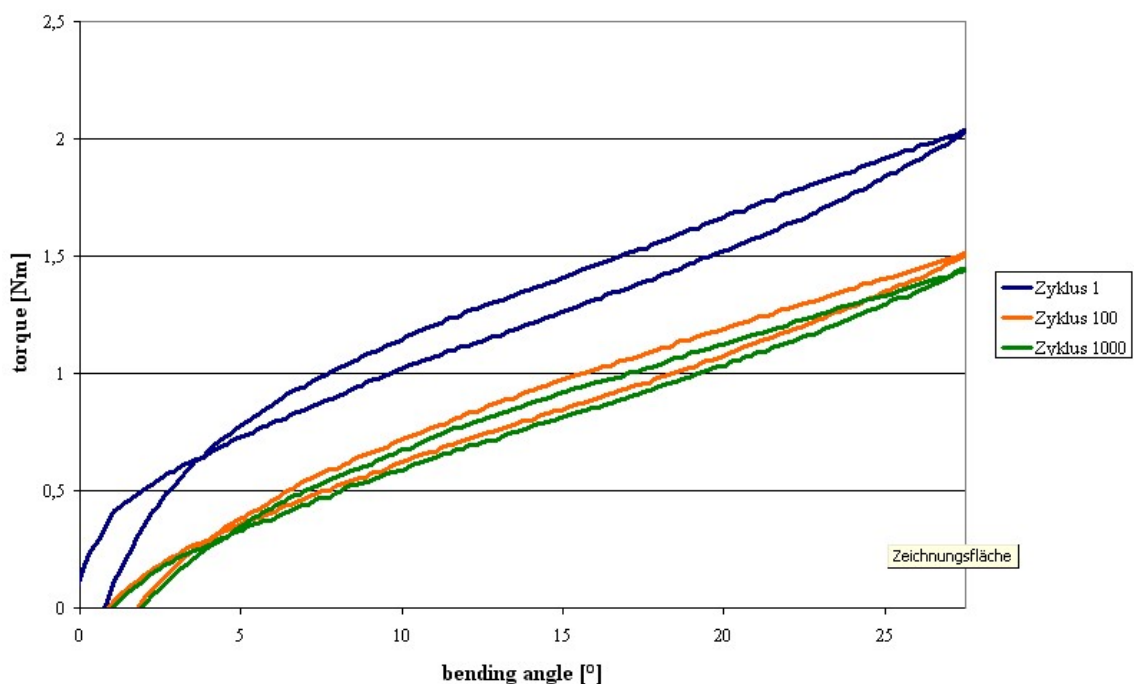


Abbildung 3 Biegeflexibilität eines Kinderschuhes

Abbildung 3 zeigt einen typischen Verlauf der Biegekurve eines Kinderschuhs. Das Messgerät speichert die Kurven verschiedener Belastungszyklen, so dass auch die zeitliche Änderung des Flexibilitätsverhaltens mit den Belastungszyklen, also den Schritten, erfasst werden kann. Die Kurven der verschiedenen Farben zeigen die Abhängigkeit Drehmoment über Drehwinkel der verschiedenen Biegezyklen an.

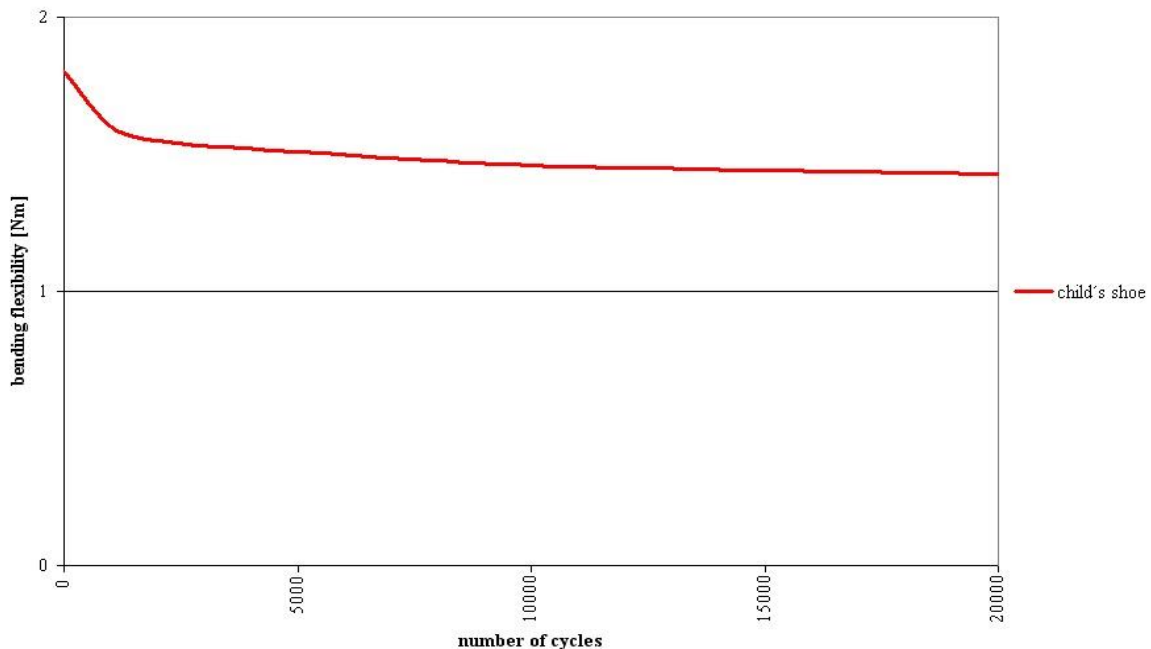


Abbildung 4 Langzeitverhalten der Flexibilität über den Belastungszyklen

Abbildung 4 zeigt wie das maximale Drehmoment, also das bei konstantem maximalem Biegewinkel gemessene Drehmoment im Laufe steigender Belastungszyklen anfänglich stärker und dann immer weniger stark abfällt, um sich asymptotisch einem Endwert zu nähern. Nach 10.000 Zyklen ändert sich die Flexibilität nur noch unwesentlich, während sie nach den ersten Schritten noch deutlich steigt. Diese Messergebnisse entsprechen der Erfahrung, dass die Schuhe üblicherweise im Anlieferungszustand am steifsten sind und mit dem Gehen flexibler werden.

Besonders für Sportschuhe ist neben der Biegeflexibilität auch das Verhalten bei Torsion wichtig. Mit dem PFI Gerät kann auch diese gemessen werden. *Abbildungen 5 und 6* zeigen einen Schuh in dem Gerät und die aufgenommene Kurve Torsionsdrehmoment über Torsionswinkel.

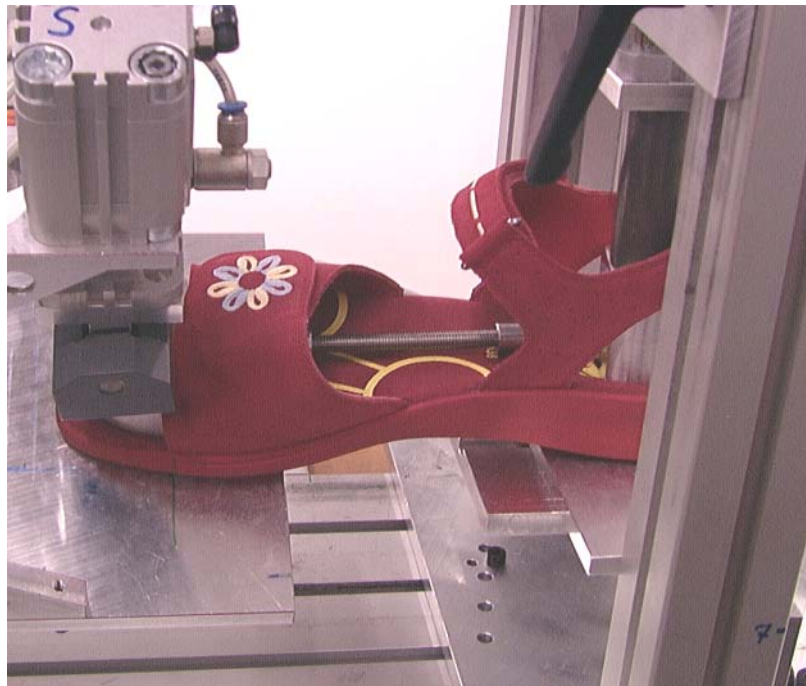


Abbildung 5 – Messung der Torsionsflexibilität

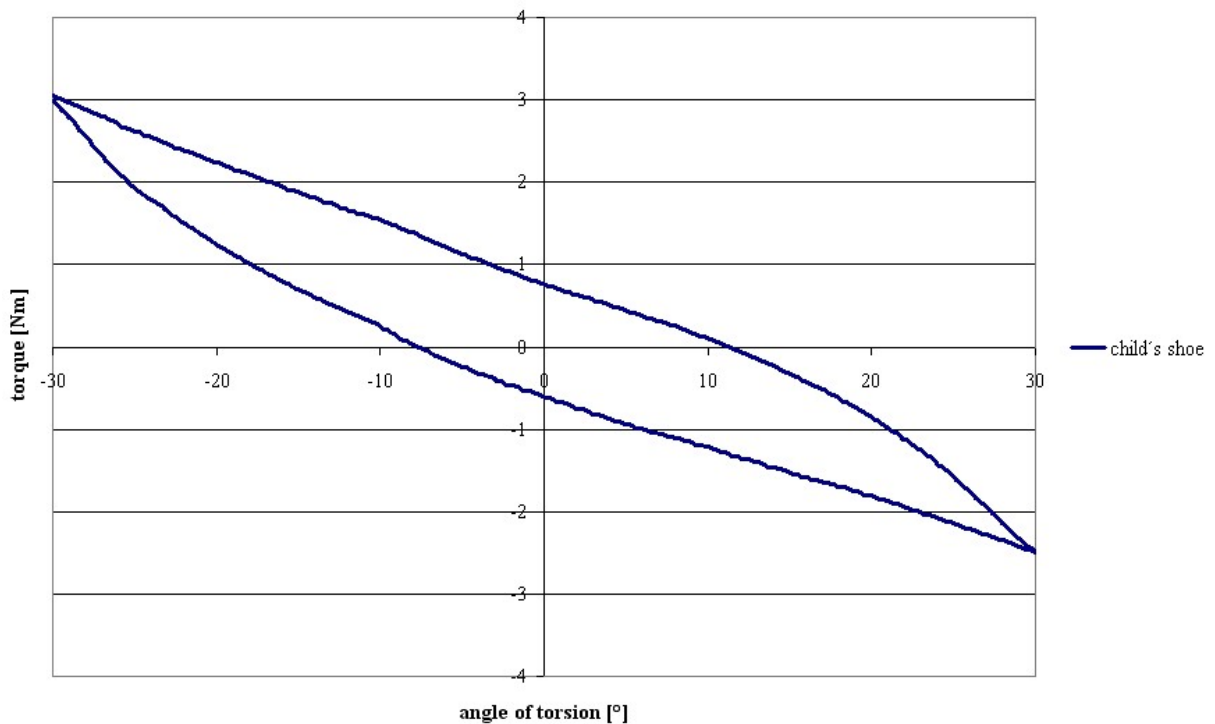


Abbildung 6 – Typischer Verlauf der Torsion des Schuhs aus Abbildung 5

Abbildung 7 zeigt, dass die Biegeflexibilität größer/besser wird, wenn der Schuh getragen wird. Lässt man dem Schuh zwischen den Biegephasen Zeiten der Ruhe im Bereich mehrer Stunden, so stellt man eine Erholung der Biegesteifigkeiten fest.

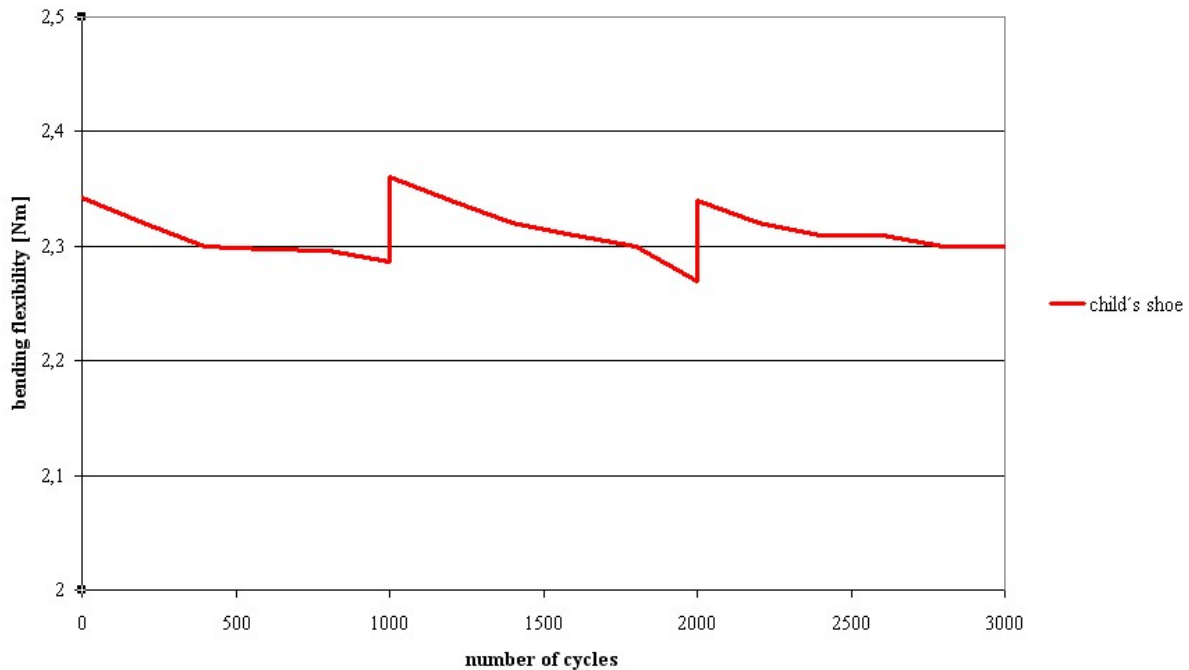


Abbildung 7 – Erholungsverhalten der Biegesteifigkeit

Korrelieren Torsions- und Biegesteifigkeiten? An vielen Schuhen ist das der Fall, aber nicht an allen. Wenn beispielsweise an einem Arbeitsschuh mit relativ steifer Sohle durch Biegezonen in der Profilgestaltung ein günstiger Wert der Biegeflexibilität erreicht wird, muss diese Konstruktion nicht automatisch auch für eine leichte Torsion vorteilhaft sein.

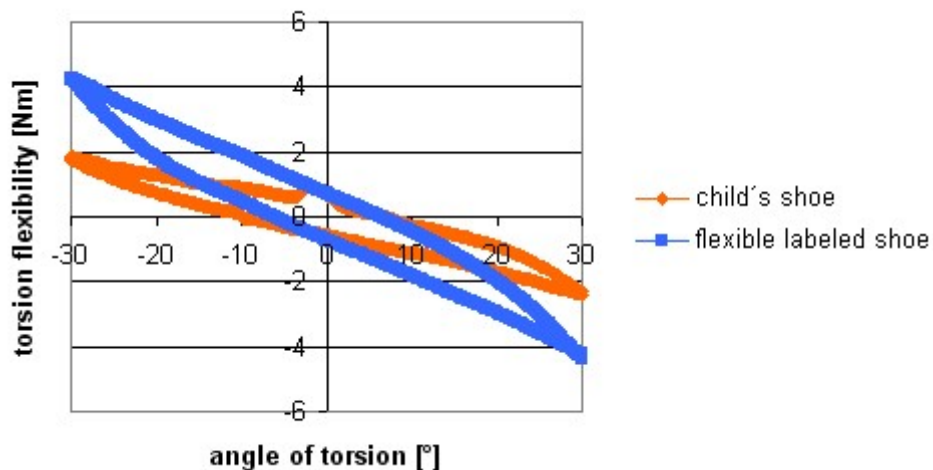


Abbildung 8 – Flexibilität eines als flexibel gekennzeichneten Schuhs

Es ist bekannt, dass die Schuhe einen signifikanten Einfluss auf das Wachstum von Kinderfüßen haben. Während die Passform und die richtige Größen sehr wichtig sind, bestimmen auch andere physikalische Einflüsse, wie eben auch die Flexibilität, das funktionelle Wachstum der Füße. Es ist daher nicht verwunderlich, dass viele Kinderschuhhersteller Schuhe aus ihrer Produktion mit dem Attribut „flexibel“ versehen, wenn bei der Herstellung beispielsweise weiche Sohlen verwendet werden, oder der Schaft entsprechend aufgebaut ist.

In *Abbildung 8* wird ein Kinderschuh, der vom Hersteller als besonders flexibel ausgelobt wurde mit einem nicht entsprechend gekennzeichneten, gleichartig aufgebauten Kinderschuh verglichen und es zeigt sich dass der „flexibel“ genannte Schuh deutlich steifer ist, als der andere.

Dieses Beispiel zeigt, dass der Glaube an die guten Eigenschaften eines Produktes alleine noch nicht viel hilft. Mit dem PFI Flexibilitätsmessgerät kann jetzt das tatsächliche Flexibilitätsverhalten eines Schuhs erfasst und nachgewiesen werden.