



Hintergrundinformationen zur Laufstilanalyse

Angefangen mit dem Joggingboom in den 70er Jahren und verstärkt fortgesetzt mit dem derzeitigen Runningboom beschäftigt sich die Wissenschaft vermehrt mit der Frage, welche Faktoren das nicht unerhebliche Verletzungsrisiko beim Laufen erhöhen bzw. vermindern.

Obwohl die Forschung noch im Fluss ist, ist sich die Mehrheit der Wissenschaftler darin einig, dass ein guter Laufschuh folgende Bedingungen erfüllen muss:

- Gute Dämpfung des Aufprallstoßes
- Gute Stützfunktion (Kontrolle des Ausmaßes der Pronation)
- Gerade Führung des Fußes

Die Industrie bietet inzwischen sehr viele verschiedene Laufschuhe mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften an. Wichtig bei einer Schuhempfehlung ist, dass der Schuh optimal zum Laufstil des Trägers passt.

Die Dämpfung sollte nur so hoch wie nötig sein, da eine hohe Dämpfung die Schuhe unnötig dick und damit den Fuß weit vom Boden wegbringt. Die dadurch wirkenden starken Hebelkräfte steigern das Verletzungsrisiko für Knicktraumata, eine häufige Verletzungsart beim Laufen vor allem auf unebenem Gelände.

Unter *Pronation* versteht man die natürliche Knickbewegung des Fußes beim Auftreffen auf den Boden nach innen. Diese Bewegung ist normal und für einen natürlichen Bewegungsablauf unbedingt erforderlich. Ist das Ausmaß der Bewegung zu klein, spricht man von einer *Supination*, ist es zu groß von einer *Überpronation*. Ein Supinierer läuft demzufolge vermehrt auf der Außenseite des Fußes, ein Überpronierer dagegen mehr auf der Innenseite. Zur Pronationskontrolle durch den Schuh wird ein sogenannter Pronationskeil eingesetzt. Dabei handelt es sich um einen keilförmigen Bereich an der Innenseite der Zwischensohle, der aus härterem Material gefertigt ist und dadurch die Knickbewegung abfangen soll. Erhält ein Normalläufer oder gar ein Supinierer einen solchen Schuh, so wird die natürliche Bewegung gestört und es kommt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Beschwerden.

Die gerade Führung wird unter anderem durch eine gut sitzende Fersenkappe und durch die Länge der Pronationsstütze bestimmt. Auch hier gilt, dass nur bei Abweichungen vom Normalen eingegriffen werden soll.

Es stellt sich immer mehr heraus, dass der sich ergebende Laufstil sowohl vom konkreten Schuh als auch vom Individuum abhängt. Beide bilden eine funktionelle Einheit, die nur als Ganzes beurteilt werden kann. Die Kräfte, die auf den Fuß während der Standphase einwirken, wirken sensorisch als Eingangs-Signal für den Körper. Der Körper reagiert durch Anpassung der Muskelaktivität mit dem Ziel, das Bewegungsmuster möglichst konstant zu halten. Wenn der Aufbau des Schuhs dem Bewegungsmuster entgegenkommt, verringert sich die Muskelaktivität ansonsten erhöht sie sich. Anders ausgedrückt, der Schuh greift in einen Regelkreis ein, der von Person zu Person sehr unterschiedlich ist. Demzufolge gibt es nicht den idealen guten Schuh, sondern der Schuh muss zur Person passen. Welche Konsequenzen sich aus dem dargestellten Sachverhalt ergeben, ist Gegenstand der aktuellen Forschung.

Für eine gute Schuhempfehlung ist neben der Kenntnis der Eigenschaften des Schuhs die Kenntnis des Laufstiles des Käufers erforderlich. Zur Analyse des Laufstils werden verschiedene Verfahren auf dem Markt angeboten, die im folgenden kurz zusammengestellt sind.

Indirekte Verfahren zur Laufstilanalyse

Indirekte Verfahren haben den Nachteil, dass die Auswirkung der Schuhe auf das Laufverhalten nicht direkt gemessen, sondern indirekt abgeleitet werden. Solche Annahmen sind in der Biomechanik aber aus den oben genannten Gründen mit Vorsicht zu genießen. Als Beispiel sei der Effekt von Schuhen mit durchgängig keilförmigen Sohlen genannt. Ist der Keil so ausgelegt, dass die schmale Seite nach Innen zeigt, sollte das Ausmaß der Pronation bei allen Testpersonen deutlich vergrößert sein. Tatsächlich zeigten einige Personen den vorhergesagten Effekt, einige zeigten überhaupt keine Änderungen und bei einigen war die Pronation sogar verringert.

Fußscanner

Bei diesem rein statischen Verfahren wird der Fußabdruck im Stehen eingescannt. Dadurch erhält man Informationen über die Umrisse des Fußes sowie über Fußfehlstellungen wie z.B. einen Knick-Senkfuß oder einen Hohlfuß. Aus dem Umriss kann die Länge und Breite des Fußes bestimmt werden und damit eine Vorauswahl an Schuhen ermittelt werden. Ob ein Schuh passt kann aber letztlich nur eine Anprobe entscheiden.

Entgegen einer weit verbreiteten Meinung ist es nicht möglich, nur anhand des Fußtyps oder der Beinachse auf den Lauftyp zu schließen. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigten, dass in allen Laufstil-Gruppierungen alle möglichen Fußfehlstellungen vertreten sind, wenn auch in unterschiedlicher Anzahl. Der individuelle Laufstil ist so variabel, dass er sich bei der selben Person mit dem selben Schuh selbst vom Gehen zum Laufen hin völlig verändern kann. Vom Stand auf das Laufverhalten zu schließen macht nur sehr begrenzt Sinn.

Direkte Verfahren zur Laufstilanalyse

Bei den direkten Verfahren wird versucht, die interessierenden Faktoren möglichst direkt und unter realen Bedingungen zu messen und analysieren.

Druckmessplatte

Beim Gehen oder Laufen über die Druckmessplatte wird die Druckverteilung unter dem Fuß bestimmt. Die Genauigkeit der Messung hängt von der Anzahl der Einzelsensoren ab. Der Vorgang wird barfuß durchgeführt, Messungen mit Schuhen ergeben wenig aussagekräftige Ergebnisse. Um die Tendenz zum Vorfußlauf auf harten Böden zu vermeiden, ist eine geeignete Anlaufstrecke mit Schaumunterlage erforderlich. Die Messdaten werden meist in Form eines Falschfarbenbildes dargestellt, bei denen die Farben bestimmten maximalen Drücken entsprechen.

Es handelt sich um ein zeit- und kostenintensives Verfahren, das in die Hände von Wissenschaftlern gehört. Die Interpretation der Bilder erfordert ein hohes Maß an Wissen und Erfahrung. Besonders geeignet ist dieses Verfahren zur Ermittlung der Ganglinie und zur Bestimmung von Druckspitzen, weniger geeignet zum Messen der Pronation. Für einen Einsatz in der Laufanalyse im Fachhandel sind große Druckmessplatten viel zu teuer, kleine Druckmessplatten sind im Laufen schlecht zu treffen.

Videoanalyse

Die Testperson wird beim Laufen auf dem Laufband mit einer Videokamera üblicherweise von hinten aufgenommen. Dieses Video wird hinterher verlangsamt wiedergegeben. Den maximalen Pronationswinkel ermittelt man dadurch, dass im Standbild bei maximaler Pronation der Winkel zwischen vorher aufgemalten Markern auf Fersenkappe und Bein (sogenannter β -Winkel) gemessen wird. Die Aufprallkraft kann nicht bestimmt werden.

Die Winkelbestimmung kann mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden, leider ergeben verschiedene Läufe unter gleichen Bedingungen extrem hohe Unterschiede, so dass dieses Verfahren in der Wissenschaft nicht mehr eingesetzt wird. Die Gründe dafür sind vielfältig.

Ein Problem ist der Parallaxenfehler der immer dann auftritt, wenn der Läufer schräg zur Kamera aufgenommen wird. Selbst Abweichungen von wenigen Grad ergeben große Messfehler. Selbst bei Übereinstimmung von Kamera- und Laufrichtung werden die Winkel von Punkten, die sich nicht senkrecht zur Kamera befinden aufgrund der zweidimensionalen Projektion falsch bestimmt. Ein weiteres Problem ist die geringe Video Messfrequenz. Die maximale Pronation ist in 30 – 50 ms erreicht. In dieser Zeit werden maximal 1- 2 Videobilder aufgenommen, ob die maximale Pronation dabei ist, hängt vom Zufall ab. Ein anders Problem ergibt sich dadurch, dass sich die auf die Haut gemalten Punkte bei der Bewegung zueinander verschieben.

Neben diesen Messfehlern gibt es zusätzliche Probleme bei der Interpretation der Messergebnisse. In den Pronationswinkel geht sowohl die Lage der Fersenkappe als auch die Beinachse mit ein. Dadurch verändert sich der vermeintliche Pronationswinkel bei X- bzw. O-Beinen dramatisch. Bei O-Beinen wird irrtümlich eine vermehrte Pronation gemessen, was zu einer fehlerhaften Empfehlung für gestützte Schuhe führen würde. Dieser Schuh würde den Läufer aber noch mehr auf die Außenseite drücken, das Verletzungsrisiko ist entsprechend hoch.

Ein anderes Problem ergibt sich durch die Notwendigkeit, ein Laufband einzusetzen. Selbst laufbänderfahrene Läufer laufen auf dem Laufband anders, ganz abgesehen von Neulingen. Der Verkäufer muss den Kunden am Band jedenfalls überwachen und gegebenenfalls vor Sturz bewahren.

Achillex

Achillex wurde von Anfang an so konzipiert, dass es einerseits eine wissenschaftlich fundierte Laufanalyse und Schuhempfehlung ermöglicht, andererseits einfach in der Anwendung ist. Zudem sollte es die Probleme der oben genannten Systeme vermeiden.

Nach dem oben gesagten muss ein System den Aufprallstoß, das Ausmaß der Pronation und die Führung des Fußes unter Laufbedingungen mit hoher Mess-Frequenz möglichst direkt und unter natürlichen Bedingungen messen können. Dies wurde bei Achillex folgendermaßen erreicht:

Messung des Aufprallstoß: Als direkteste Messung des Aufpralles gilt die Messung der tibialen Beschleunigung, Ergebnisse von Druckmessplatten gelten als abgeleitete Größen. Achillex misst die Beschleunigung nicht direkt an der Tibia (Schienbein), aber am Bein. Untersuchungen zeigten, dass diese Werte bei guter Auflösung miteinander vergleichbar sind.

Ausmaß der Pronation: Sowohl absoluter Pronationswinkel als auch die Pronationsgeschwindigkeit sind geeignet, Aussagen über die Pronation zu machen. Um das oben erwähnte Problem mit der Beinachse zu umgehen, wird die Pronationsgeschwindigkeit direkt an der Fersenkappe ohne Bezug auf das Bein (sogenannter γ -Winkel) mit Drehgeschwindigkeitsmessern (Gyroskopen) gemessen und ausgewertet.

Führung des Fußes: Die Führung des Fußes wird durch den Pronationsverlauf ersichtlich. Ein gerader Verlauf tritt dann auf, wenn sich die Fersenkappe nicht dreht, d.h. die Winkelgeschwindigkeit bei null liegt.

Zeitliche Auflösung: Achillex misst mit einer Frequenz von 400 Hz (vierhundert mal pro Sekunde). Bei maximal hoher Winkelgeschwindigkeit von 20 rad/s entspricht das einer maximaler Winkeländerung von 2,85 grad pro vierhundertstel Sekunde, bei normaler Winkelgeschwindigkeit von 7 rad/s einer Winkeländerung von 1 grad. Um die sehr schnelle Pronationsbewegung korrekt abzubilden, sollte die Aufnahme Frequenz mindestens 200-250 Hz betragen.

Mittelwertbildung: Achillex vermisst automatisch mehrere Schritte. Der erste und letzte Schritt einer Sequenz werden nicht berücksichtigt, ebenso wie ungewöhnliche Schritte. Über die gültigen Schritte

wird automatisch der Mittelwert gebildet, sodass individuelle Abweichungen einzelner Schritte keine Verfälschung des Ergebnisses liefern.

Natürliche Bedingungen: Achillex will Aussagen über das Laufen machen und misst konsequenterweise im Laufen. Und das ohne Laufband bei frei gewählter Geschwindigkeit.

Einfache Anwendung: Achillex verfügt über eine online Verarbeitungseinheit, die den Läufer während des Laufes automatisch mit Sprachmeldungen anleitet. Die Bewegung wird laufend analysiert und auf auswertbare Schritte hin untersucht. Sind genügend Schritte vorhanden, wird die Messung automatisch beendet.

Achillex ist das erste System am Markt, bei dem der Lauf vollautomatisch analysiert und interpretiert wird. Aufgrund des ermittelten Laufstils wird mittels eines Expertensystems vollautomatisch eine Schuhempfehlung erstellt. Achillex ist als Stand-alone Ausführung nicht auf einen PC zur Auswertung angewiesen und kann bei voller Funktionalität überall eingesetzt werden.

Bestimmung der Schuheigenschaften:

Die Bestimmung der Schuheigenschaften war bisher eine aufwändige Angelegenheit. Normalerweise wurden neben den reinen Materialtest praktische Tragetest und /oder biomechanische Test durchgeführt. Das Ergebnis wurde entweder als Schuhtest veröffentlicht oder in Form einer produktspezifischen Datenbank hinterlegt. Beidem ist gemeinsam, dass, wie oben dargestellt, die Übertragbarkeit von einer Person auf die andere nur bedingt gegeben ist. Ein als gut bewerteter Schuh muss selbst innerhalb der richtigen Anwendergruppe nicht optimal für einen Läufer sein.

Deshalb wurde bei Achillex ein zweistufiges Verfahren vorgesehen. In der ersten Stufe, wird der Laufstil bei bekanntem Schuh ermittelt. Aufgrund dieser Ergebnisse wird eine bestimmte Gruppe von Schuhen als geeignet ermittelt. In einer zweiten Stufe kann anhand einer Vergleichsmessung der Einfluss des ausgewählten Schuhs auf das konkrete Laufverhalten (Stoß und Pronation) untersucht werden.

Praktische Tragetests

Bei praktischen Tragetest werden subjektive Bewertungen gesammelt und gemittelt. Es gibt wissenschaftliche Untersuchungen bei denen bestimmt wurde, welche Faktoren Hauptursache für die subjektive Bewertungen der Tester sind. Es hat sich herausgestellt, dass, neben der Passform, die Art der Beurteilung eng mit der Höhe des Beschleunigungsmaximum beim Bodenkontakt übereinstimmt. Dies ist ein Wert, der von Achillex zuverlässig gemessen wird. Im Gegensatz dazu scheint die gemessene und die gefühlte Pronation in keinem Zusammenhang zu stehen. Anders ausgedrückt, Menschen haben keinen Sinn für das Ausmaß der Pronation. Wahrscheinlich wird statt dessen unbewusst die Härte des Aufpralls herangezogen.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass praktische Tragetests nur begrenzte Aussagen erlauben und geeignete Messungen nicht ersetzen können. Eine objektive Prüfung durch Achillex ist bei weitem vorzuziehen und muss an jedem Läufer individuell durchgeführt werden.