

3.4 | WETTKAMPF- UND TRAININGSGERÄTE IN DER PARA LEICHTATHLETIK

Während die Sportler vieler Startklassen der Para Leichtathletik ihre Disziplinen ohne besondere Hilfsmittel ausüben können, ist in anderen Startklassen/Disziplinen der Einsatz von Wettkampfgeräten wie den Rollstühlen oder Prothesen erst die Voraussetzung für die Teilnahme, vergleichbar den Stäben beim Stabhochsprung. Dies ist einerseits banal, hat aber andererseits vielerlei Auswirkungen:

- Zum einen hat es Auswirkungen auf Athleten, Trainer und Betreuer, die sich neben dem Training auch mit der richtigen Auswahl, der individuellen Anpassung und der optimalen Pflege der Hilfsgeräte befassen müssen.
- Zudem nehmen Konstrukteure, Orthopädietechniker und -schuster mit ihren geräte-technischen Verbesserungen erheblichen Einfluss auf die Leistung und den Wettkampfausgang.
- Dadurch ist ein Wettbewerb der Hersteller um die besten Produkte entstanden.
- Wer über bessere Geräte, Materialien und Servicepersonal verfügt, kann bessere Leistungen erzielen und hat größere Erfolgschancen.

Auf diese Weise konnten die Leistungen in den entsprechenden Startklassen in den letzten Jahrzehnten erheblich gesteigert werden, was die öffentliche Wahrnehmung dieser Startklassen enorm befördert, aber auch zu Konflikten mit der olympischen Leichtathletik geführt hat.

3.4.1 Allgemeine Hinweise

In der Regel haben die Wettkampfgeräte einen Einfluss auf die Leistung, dies teilweise aufgrund originär überlegener Material-Eigenschaften, teilweise aber auch in Wechselwirkung mit dem bzw. in Abstimmung auf den Athleten. Dann müssen Athleten und Trainer verschiedene Geräte bzw. Einstellungen ausprobieren, gar wissenschaftlich testen lassen, um das individuell optimal geeignete Gerät zu finden. „Individuell“ beinhaltet hierbei sowohl die Größe und Hebelverhältnisse des Athleten, seine techno-motorischen Fähigkeiten, aber auch seine aktuellen konditionellen Voraussetzungen.

Auf dem Markt für Wettkampfgeräte im Para Sport gibt es verschiedene Anbieter, die in Konkurrenz zueinanderstehen. Dies ist für die Kunden positiv, da die Anbieter um die technische Weiterentwicklung ihrer Geräte konkurrieren, um „Marktführer“ zu werden bzw. einen Vorsprung vor ihren Mitbewerbern zu haben. Zugleich müssen sie, um ihre Produkte verkaufen zu können, ein

günstiges Preis-Leistungsverhältnis für einzelne Produkte im Vergleich zu Mitbewerbern sicherstellen, im ungünstigen Fall auch in einen Preiskampf eintreten.

Je aufwändiger die Geräte, umso größer ist auch ihre Pflege und Erhaltung. Viele Spitzenathleten wissen um die Bedeutung gut funktionierender Geräte und pflegen sie „wie ihren Augapfel“, wie in anderen technischen, olympischen Sportarten (Wintersport). Z. T. greift man auf externe Experten aus den Herstellerfirmen und der angewandten Forschung zurück. Doch benötigen auch Athleten und Trainer eine gewisse Expertise für letzte Feineinstellungen auf dem Platz bzw. im Wettkampf sowie die Bereitschaft zur optimalen Pflege/Wartung der Geräte. Einige der deutschen Spitzenathleten im Prothesensprint sind ausgebildete Orthopädiemechaniker, so dass ihre Expertise einen professionellen Hintergrund hat und sie an der Herstellung/Optimierung der eigenen Prothesen mitwirken können. Nachwuchssportler, insbesondere, wenn ihnen die Geräte gestellt werden, müssen für die Gerätewahl, -behandlung und -pflege sowie deren Funktionsweise erst sensibilisiert und angeleitet werden, um kurzfristig Anpassungen vornehmen zu können (Abb. 3.16).

Mit dem Erstellungsaufwand steigen in der Regel auch die Kosten für die Wettkampfgeräte, die schon bei vermeintlich einfachen Armprothesen mehrere Tausend, bei hochentwickelten Beinprothesen/Rollstühlen mehrere Zehntausend Euro ausmachen können. Hier droht ein Ungleichgewicht zugunsten sozioökonomisch benachteiligter Länder. Dies muss auf der sportpolitischen Ebene durchdacht werden.

Durch die Weiterentwicklung der Geräte werden in einigen Disziplinen Leistungen erreicht, die an die Leistungen von Athleten ohne Behinderung heranreichen (Sprint- und Weitsprung mit Prothesen), sie sogar übertreffen (Rennrollstuhl ab 800 m). Dadurch ist die Para Leichtathletik für eine größere Öffentlichkeit interessant geworden, was selber wiederum Effekte auslöst, da die Sportler, aber auch die Wettkampfgeräte einen Werbewert bekommen. So haben sich Handwerk und Industrie, die diese Geräte erstellen, weiterentwickeln, vergrößern und die Qualität ihrer Produkte vorantreiben können. Davon profitieren nicht nur die Para Sportler, sondern auch alle Menschen mit ähnlichen Behinderungen, indem die Halt- und die Belastbarkeit der Produkte geprüft und gesteigert werden und Transfereffekte vom Leistungssport auf die Alltagsnutzung eingetreten sind. Das wiederum hat zur Folge, dass Menschen mit Behinderung mobiler und autonomer werden, wovon letztlich auch die Allgemeinheit profitiert. So haben sich die Alltags-Beinprothesen derart weiterentwickelt, dass sie ihren Nutzern ein unauffälliges Gangbild auf unterschiedlichem Untergrund (ebener Boden, Treppe oder unebenes Gelände) ermöglichen.



Abb. 3.16 Einstellung der Unterschenkelprothese durch Athleten selber oder durch Fachmann (hier Paralympics-Sieger Heinrich Popow, Mitarbeiter Ottobock)

Nachdem dieser Kreislauf einmal in Gang gekommen ist, fließen zusätzliche öffentliche und private Gelder an die Produzenten, mit denen die Forschung vorangetrieben und die Produkte weiter verbessert, die Märkte noch größer werden. Mittlerweile treten einzelne Firmen als Sponsoren des Para Sports bzw. ausgewählter Spitzenathleten auf.

Auch wenn diese Entwicklung viele Profiteure hat, müssen die Vertreter des Behindertensports sicherstellen, dass sie sich nicht gegen ihre Mitglieder richtet, z. B. indem die Unfallrisiken kalkulierbar (klein) bleiben und die Chancengleichheit zwischen armen und reichen Nationen weiterhin besteht. Die aktuelle Entwicklung im Laufschuhbereich mit sogenannten Carbonsohlen zeigt, dass die Dynamik der Geräteentwicklung kein Spezifikum der Para Leichtathletik oder des Para Sports ist, sondern eine fixe Größe des Wettkampfsports allgemein und auch des Freizeitsports darstellt.

3.4.2 Rennrollstühle

Ausgangspunkt für Sportler, die auf die Fortbewegung und das Sporttreiben im Rollstuhl angewiesen sind, ist der sogenannte Aktiv- bzw. Sportstuhl mit zwei kleinen Rädern vorne und zwei großen Rädern mit Greifreifen hinten, die für den Handantrieb geeignet sind. Mit dem Aktiv-Rollstuhl können alle Rollstuhl-Sportarten bzw. -disziplinen ausgeführt werden (Abb. 3.17). Die Athleten können damit

- Wett- und Slalomrennen über kürzere oder längere Strecken ausführen
- nach Fixierung der Räder aus dem Stand werfen
- Spiele (Basketball, Rugby) und Rückschlagspiele (Tennis, Tischtennis) betreiben

- Ihre allgemeine Fitness trainieren

Insofern ist der Aktiv-Rollstuhl das ideale Einsteigermodell für Rollstuhlfahrer, die Sport treiben wollen. Während des Wachstums im Kindes- und Jugendbereich müssen die Rollstühle der zunehmenden Größe und dem Gewicht angepasst werden.



Abb. 3.17 Der Aktivrollstuhl für vielfältigen Einsatz im Sport

Die heutige Bauweise der Rennrollstühle ist das Ergebnis einer jahrzehnte-währenden Entwicklung, an deren Anfang (ca. 1980) der Universalrollstuhl mit zwei kleinen Rädern vorne und zwei großen hinten, eine aufrechte Sitzposition des Fahrers ähnlich dem heutigen Aktivrollstuhl stand. Abb. 3.18 zeigt einige Entwicklungsstufen auf. Die modernen Rennrollstühle unterscheiden sich schon in der Form von normalen Alltagsrollstühlen, denn sie sind deutlich länger (170–185 cm), mit einer langen Gabel nach vorn und nur einem 20-Zoll-Vorderrad ausgerüstet.

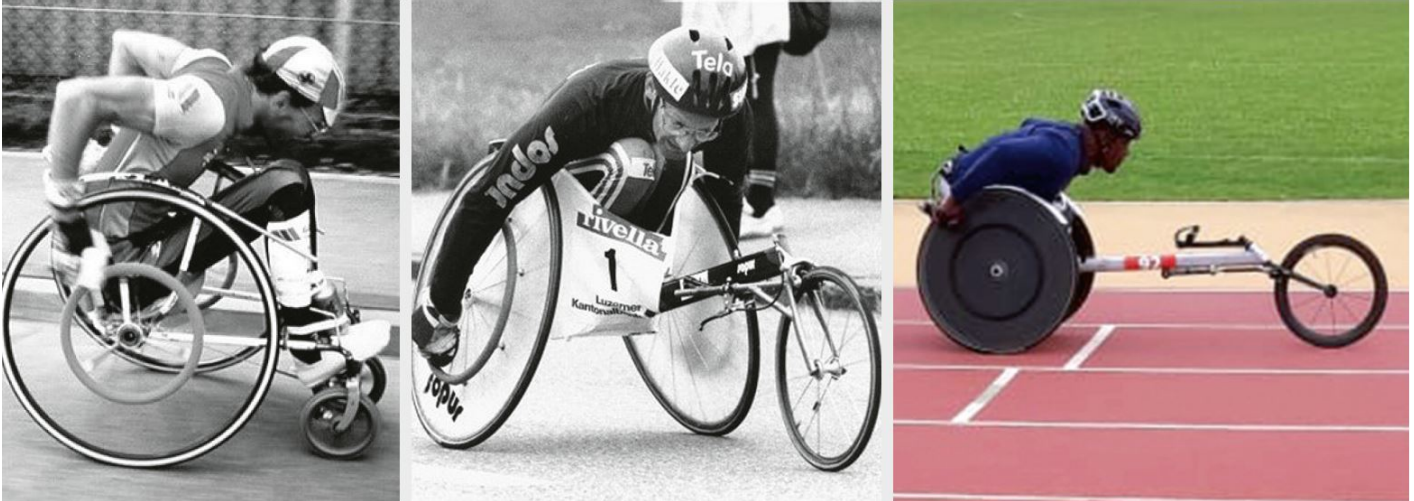


Abb. 3.18 Vergleich der Rennrollstühle um 1980 und 1990 mit modernem Rennrollstuhl (Fotos links und mitte: Strobel)

Durch die Form des Rennrollstuhls und die tief geduckte, nach vorne liegende Oberkörper-Position des Athleten werden effizientere Kraftwinkel und eine gute Aerodynamik hergestellt.

- Die Schultern sollten sich immer vor dem vordersten Punkt des Greifreifens befinden, um einen optimalen Angriffspunkt für die Beschleunigung nach unten-hinten sicherzustellen.
- Rollstuhl und Fahrer sollten geringen Luftwiderstand bieten, so dass für den Vortrieb möglichst wenig Kraft aufgewandt wird bzw. bei gleichem Kraftaufwand schneller gefahren werden kann.

Für den (geringen) Luftwiderstand ist auch die Position der Beine wichtig: Die Unterschenkel und Füße können unter den Oberschenkeln eingeschlagen oder auf einem Brettchen unter dem Sitz abgestellt werden. Dabei spielt die Art der Behinderung eine Rolle: Sportler mit Beinamputation benötigen weniger bzw. keine Abstellfläche für die Beine und haben einen Gewichtsvorteil, eventuell aber eine geringere Stabilität. Athleten mit Zerebralparese hingegen benötigen Fußbretter zum Aufstellen der Füße. Die Hinterräder haben in der Regel einen Durchmesser von 28 Zoll (Kinder- und Jugendmodelle 22“ bis 26“). Die Reifenbemantelung, sowie die Konstruktion der Achsen sind auf Leichtläufigkeit bzw. geringen Rollwiderstand ausgerichtet. Zusätzlich bedeutsam für die Geschwindigkeit sind:

- Die Bodenbeschaffenheit (weiche, harte Bahn, Straße), idealerweise hart und eben

- Der Luftdruck in den Reifen (harter, ebener Boden -> hoher Luftdruck)
- Die Witterung, am besten trocken und windstill

Wichtig ist zudem für alle Räder ein geringer Rollwiderstand an den Achsen bzw. bei der Radaufhängung. Die Rennrollstühle sollten bei hoher Stabilität ein geringes Gewicht aufweisen. Entsprechende hochwertige Materialien sind kostenintensiv und häufig erst mithilfe von Sponsoren zu finanzieren.

An den beiden Hinterrädern ist jeweils ein Greifreifen vorgebaut, über den der Athlet mit speziellen Handschuhen das Gerät antreiben kann. Der Greifreifen kann in Größe/Durchmesser und Material frei bestimmt bzw. dem Athleten angepasst werden. Ein wichtiges Kriterium ist, dass der Athlet bei voller Armstreckung auch den hinteren Wendepunkt des Greifreifens erreichen kann (Abb. 3.19).



Abb. 3.19 Die Hand sollte bei gestrecktem Arm diagonal über den gesamten Greifreifen reichen (btr)

Der Rennrollstuhl sollte aerodynamisch geformt sein, dabei gibt das Reglement vor, was erlaubt bzw. verboten ist. Doch gibt es Spielräume für die technische Entwicklung:

- So ist es verboten, aerodynamische Hilfen anzubringen, doch kann der Rennrollstuhl „aus einem Stück“ aerodynamisch geformt sein

- Die Einheit Rennrollstuhl-Athlet kann durch die Sitzposition und Haltung des Fahrers aerodynamisch optimiert werden
- Beim Rennrollstuhlfahren besteht eine Helmpflicht. Die Form des Helms in Verbindung mit Körper- und Kopfhaltung im Rennen kann aerodynamisch gestaltet werden
- Die Bekleidung (Material) der Fahrer kann unter aerodynamischen Gesichtspunkten ausgewählt und zugeschnitten werden



Abb. 3.20 Feste Handschuhe (links) und Schalenhandschuhe für den Antrieb des Renn-Rollstuhls

Auch die Handschuhe der Athleten können besser oder schlechter geeignet sein. Rennrollstuhlfahrer nutzen feste Handschuhe mit harter, rauer Innenfläche, um einen festen Griff zu haben, eine gute Kraftübertragung auf die Greifreifen sicherzustellen, nicht zuletzt, um Schwielen und Blasen an den Händen vorzubeugen (Abb. 3.20). Die Handschuhe sind in der Regel mit Gummi beschichtet oder bei fortgeschrittenem Niveau individuell angefertigte „Schalenhandschuhe“, die aus einer Grifffläche innen und hinten aus einem Halteriemen bestehen. Handschuhe haben eine kurze Nutzungsdauer, so dass die Sportler immer Ersatzhandschuhe mit sich führen und auf fortgeschrittenem Leistungsniveau bzw. bei hohen Fahrumfängen ein zusätzlicher Kostenfaktor entsteht.



Abb. 3.21 Rennrollstuhl mit Bahnanschlag unter der Gabel zum Einrasten der Lenkung in der Kurve

Die Lenkung des Rennrollstuhls auf der Laufbahn wird durch eine Einrastvorrichtung der Lenkung, den sogenannten Bahnanschlag erleichtert, die zu Beginn der Kurve ein- und am Ende der Kurve wieder ausgeschaltet wird (siehe Abb. 3.21). So sind moderne Rennrollstühle heute hochtechnische Geräte mit folgenden Elementen:

- Leichter, zugleich fester Rennrollstuhl, z. B. aus Carbon
- Ergonomisch geformte Sitzschale inkl. Ablage der Beine
- Bemantelung, Luftdruck der Pneus nach Bodenbeschaffenheit
- Niedriger Rollwiderstand der Achsen
- Testung der Aerodynamik der Athlet-Rollstuhl-Einheit im Windkanal
- Grifffestes Schwungrad und feste Handschuhe aus besonderen Materialien

Trotz, z. T. auch wegen all dieser Vorleistungen liefern die Rennrollstühle nur bei entsprechender Wartung und permanenter Abstimmung auf den Fahrer optimale Ergebnisse. Dafür sind geschulte Techniker erforderlich. Zudem müssen aber auch Athlet und Trainer selbst die Funktionsweise des Gerätes verstehen und für kurzfristige Anpassungen Werkzeug zur Hand haben.

3.4.3 Wurfstuhl

Die Wurfdisziplinen „sitzend“ werden vom festgestellten Aktivrollstuhl oder dem am Boden fest verankerten Wurfstuhl absolviert. Dabei werden die Oberschenkel durch einen Gurt mit dem Stuhl verbunden und die Unterschenkel bzw. die Füße ebenfalls fixiert. Der Athlet kann sich gerade oder diagonal über Eck auf den Wurfstuhl setzen. Er kann den Oberkörper dann zum Ausholen zurücklehnen, dabei verwringen und zum Abwurf nach vorne schleudern, nicht aber das Becken und die Beine vom Wurfstuhl anheben. Im Keulenwurf ist auch eine rückwärtige Sitzposition zum Wurfsektor möglich.

Technische Daten zum Wurfstuhl (Lehrmaterialien Peters et al., 2017):

- **a.** Die maximale Höhe der Sitzfläche, einschließlich der Polsterung bzw. des Sitzkissens, beträgt 75 cm.
- **b.** Jeder Wurfstuhl muss einen quadratischen oder rechteckigen Sitz haben und an jeder Seite mindestens eine Länge von 30 cm aufweisen. Die Sitzfläche muss eben oder vorn höher als hinten sein.
- **c.** Der Stuhl darf zum Zweck von Sicherheit und Stabilität Seiten- und Rücklehnen enthalten. Diese können entweder aus nicht-elastischen Material (z. B. einer Segelplane/Canvas) oder aus einer starren Konstruktion bestehen, die sich nicht bewegt. (z. B. Stahl oder Aluminium). Die Rückenlehne darf eine Polsterung enthalten, die 5 cm Dicke nicht überschreiten darf.
- **d.** Die Rückenlehne darf keine Federn oder beweglichen Gelenke enthalten, die den Antrieb der Wurfbewegung unterstützen könnten.
- **e.** Der Wurfstuhl darf eine starre Haltestange bzw. einen Halterahmen haben. Die Stange muss aus einem geraden Stück eines Materials ohne Wölbungen/Biegungen oder Knicke bestehen. Die Stange darf rund oder quadratisch, nicht aber oval oder rechteckig sein. Die Haltestange bzw. der Rahmen muss aus einem nicht-elastischen Material bestehen, das beim Ausholen nicht sichtbar Energie aufnehmen und beim Abwurf wieder abgeben darf.
- **f.** Kein Teil des Wurfstuhls, einschließlich der Haltestange, sollte sich während der Wurfbewegung bewegen.
- **g.** Wenn Fußplatten verwendet werden, sind diese nur zur Stabilisierung des Athleten zu nutzen.
- **h.** Der Wurfstuhl wird mit Spanngurten an den vorgegebenen Halterungen des Wurfrings fixiert, ersatzweise auf dem Rasen mit Heringen.



Abb. 3.22 Wurfstühle mit Haltestange, mit Halterahmen und ohne Haltevorrichtung (Foto rechts: Jurgeleit/OSP Brandenburg, 2023)

Regel 36: die Technik des gesicherten Werfens (Peters et al., 2017):

In gesicherten/sitzend Wurf Wettkämpfen sollten alle Athleten (der Klassen F31-34, F51-57) ihre Wurfgeräte von einem Wurfstuhl in einer sitzenden Position werfen/stoßen. Die sitzende Position ist wie folgt definiert:

- **a.** Der Athlet muss so sitzen, dass beide Beine vom Ende des Knies bis zum Ende der Pobacken (Sitzbeinhöcker) Kontakt mit der Sitzoberfläche haben.
- **b.** Diese Sitzposition muss während der gesamten Wurfausführung so lange beibehalten werden, bis der Wurf markiert worden ist.
- **c.** Der Athlet wird auf seinem Wurfstuhl an Oberschenkeln und Hüfte mit Gurten und Ratschen so fixiert, dass er die Beine nicht zur Unterstützung der Wurf-/Stoßbewegung einsetzen kann, unabhängig davon, ob er sich parallel oder diagonal auf den Wurfstuhl setzt. Anmerkung: Wenn ein Athlet anatomische Einschränkungen aufweist, die ihn daran hindern, die oben genannten Voraussetzungen zu erfüllen, dann wird von IPC Athletics eine Einschätzung dahingehend vorgenommen, wie man den Athleten im Wettkampf am Stuhl fixieren kann.
- **d.** Ein Athlet sollte seinen Versuch von einer gleichbleibenden, sitzenden Position aus beginnen.
- **e.** Ein Athlet darf die Gurte, die sich außerhalb der vertikalen Ebene des Wurfkreises befinden, nicht berühren.
- **f.** Es ist als Fehler zu werten, wenn sich ein Athlet aus der sitzenden Position in der Zeit, in der sein Versuch startet, bis dahin, wenn der Kampfrichter den Wurf markiert hat, aus der sitzenden Position herausbewegt.

3.4.4 Running Frame

Der Running-Frame ist erst seit dem Jahr 2020 für Parawettkämpfe zugelassen. Die Running-Frames ermöglichen es Erwachsenen und Kindern, die normalerweise zur selbstständigen Fortbewegung auf einen Rollstuhl oder Rollator angewiesen sind, bei entsprechendem Training mit dem Frame stehend bzw. laufend an Wettkämpfen teilzunehmen und beachtliche Laufzeiten zu erzielen.



Abb. 3.23 Frame-Running Athlet

Die Running-Frames sind Dreirad-Laufräder (ohne Pedale und Kettenantrieb) mit einem Tragegestell, das ein lenkbares Vorderrad mit den Hinterrädern, aber auch mit dem Sattel und dem Brustschild für den Athleten verbindet. Am Tragegestell ist der höhenverstellbare Sattel derart angebracht, dass er den Athleten in der Mitte des Rades zentriert und ihm ermöglicht, mit den Füßen den Boden zu berühren, zu laufen, sich und das Gerät in Bewegung zu setzen. Ebenfalls am Tragegestell angebracht ist ein höhenverstellbares Brustschild, gegen das sich der Athlet, während er den Lenker mit beiden Armen hält, lehnen und zusätzlich stabilisieren kann (Abb. 3.23).

3.4.5 Beinprothesen und -orthesen

Wurden vormals starre Prothesen verwendet, die zwar das fehlende Körperteil räumlich-statisch ersetzen, aber keine Elastizität aufweisen (wie sie heute noch in den Wurfdisziplinen eingesetzt werden, s. Abb. 3.24), hat es in den letzten beiden Jahrzehnten den Prothesenbau betreffend große Entwicklungen, was die verwendeten Materialien, aber auch die Technik der einzelnen Elemente sowie ihre Zusammenfügung betrifft, gegeben. Daran waren einzelne Geräteentwickler, die orthopädischen Schuhmacher, auf Orthopädietechnik spezialisierte Unternehmen, Wissenschaftler, nicht zuletzt die Athleten selbst beteiligt. Diese kollektiven Bemühungen haben zu den heutigen mehrteiligen, leistungsfähigen Prothesen geführt. Es ist davon auszugehen, dass diese Entwicklung anhält und zu weiteren technischen Neuerungen hinsichtlich Material, Form und Zusammensetzung der verschiedenen Geräteanteile führt. Um die verbesserten Prothesen an die individuellen Voraussetzungen der Sportler anzupassen, sind orthopädische Schuhmacher und Mechaniker als technische Betreuer im Trainings- und Wettkampfprozess unverzichtbar geworden. Beim einseitig Amputierten wird die Prothesenlänge dem des anderen Beins angepasst, beim beidseitig Amputierten wird aufgrund der übrigen Körperproportionen die maximal erlaubte Körperhöhe mit Wettkampf-Prothesen bestimmt, damit sich niemand durch überproportional verlängerte Unterschenkelprothesen einen Vorteil verschaffen kann. In einzelnen anderen Ländern wird die Prothesenlänge weniger stark limitiert. So darf in den USA ein Athlet mit längeren Blades, als es seiner theoretischen Körpergröße entspricht, im Rahmen der olympischen Leichtathletik bis zu nationalen Meisterschaften starten. Seine 400-m-Bestzeit von 44,42 s liegt deutlich unter der Weltbestzeit von Johannes Floors (45,87 s)..



Abb. 3.24 In den Wurfdisziplinen nutzen die Athleten weiterhin starre Prothesen

Prothesentechnik

Je nach Amputationshöhe (Fuß-, Unter- schenkel-, Kniegelenk- und Oberschenkelamputation) werden durch die Orthopädietechnik individuell angepasste Beinprothesen hergestellt, die aus verschiedenen Komponenten bestehen (siehe auch Killing, Düe & Kipping, 2022):

Für Unterschenkelamputierte besteht die Prothese aus dem Schaft, dem elastischen Prothesenfuß, der sogenannten „Feder“ oder „Blade“, und dem verbindenden Mittelstück. Für Oberschenkelamputierte kommt noch das (künstliche) Kniegelenk hinzu, das mit dem Schaft und dem Fuß stabil verbunden werden muss (Abb. 3.25).



Abb. 3.25 Prothesenaufbau Unter- (links) und Oberschenkelprothese (Ottobock)

a. Prothesen-Schaft

Der Prothesenschaft verbindet die Prothese mit dem Beinstumpf. Hier findet die Kraftübertragung vom Athleten auf die Prothese statt, während gleichzeitig die Gegenkräfte vom Boden über die Prothese auf den Körper eintreffen. Vom Stehen über das Gehen, das langsame Laufen hin zum Sprinten bzw. Springen werden diese Kräfte um ein Vielfaches größer und sorgen für hohe

Belastungen, die zu Reizungen und Entzündungen, wie Haarbalgentzündungen, zu Schwellungen und Verletzungen der Haut führen können. Anders als die robuste Fußsohlenhaut ist die Haut am Beinstumpf nicht dafür geschaffen, die auftretenden Druck- und Scherkräfte aufzunehmen. Insbesondere, wenn Trainingsumfang und -intensität schnell erhöht werden, kann es am Beinstumpf zu erhöhten Druckspitzen und resultierenden Hauptproblemen kommen. So musste J. Floors 2016 aufgrund einer Hautentzündung für längere Zeit pausieren und konnte trotz seiner Favoritenrolle bei den Paralympics keine Einzelstarts wahrnehmen. Um solchen Ausfällen vorzubeugen, gilt es, den Stumpf schon bei der Operation so zu versorgen, dass Druckstellen durch Hautfalten und knöcherne Vorsprünge minimiert werden, und in der Folgezeit das Bein erst allmählich an die hohe Belastung zu gewöhnen.

Der Prothesenschaft ist ein Hohlkörper, in den der Knochenstumpf eingeführt wird, entsprechend sollte die Form des Schafts dem Bein individuell angepasst sein. Die Anfertigung eines Schaftes ist die Aufgabe des Orthopädie-Schuhmachers. Die aufwendige Fertigung wird eindrücklich in dem youtube-Video über die Arbeit des Orthopädie-Technikers Peter Ferger dargestellt. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=CLoO4wQHNNw>. Je nach Empfindlichkeit und Beschaffenheit des Stumpfes, werden verschiedene Schaftdesigns verwandt. Der Schaft besteht aus einem harten Außenmaterial, meist Carbon, und einem weichen Innenmaterial, mit dem Druckstellen möglichst vermieden werden sollen. Zusätzlich werden sogenannte „Liner“ aus Silikon als Überzug für den Stumpf getragen, um die direkte Reibung der empfindlichen Stumpfhaut mit dem Schaftinnen-Material zu minimieren. Ist ein Schaft zu eng, besteht die Gefahr, dass der Sportler ein durch Erwärmung leicht angeschwollenes Bein nicht in den Schaft einführen kann. Erfolgt die Erwärmung nach Anlegen des Schafts und schwillt die Muskulatur an, kann es zu Schmerzen kommen. Ist der Schaft zu weit und hat der Beinstumpf Spielraum im Schaft, ist die Kraftübertragung nicht optimal und besteht die Gefahr des Herausrutschens. Dies wird durch starkes Schwitzen noch einmal verstärkt. Die heutigen Schäfte sorgen durch ein Unterdrucksystem dafür, dass der Schaft gut sitzt und nur schwerlich herausrutschen kann. Grundsätzlich gilt, je länger der Stumpf, umso größer der Wirkarm bzw. die Kraft, die der Sportler über die Prothese auf den Boden ausüben kann. Folglich sind Athleten mit einem längeren Stumpf innerhalb einer Startklasse im Vorteil.

Die Prothesen-Pasteile

Kniegelenke und Carbonfüße, sind die sogenannten Passteil-Varianten. Sie werden von der orthopädischen Zulieferindustrie als Serienprodukte hergestellt, also nicht individuell angefertigt.

b. Carbon-Fuß:

Die Auswahl des „Carbonfederfußes“, mittlerweile haben sich die Bezeichnung „Blade“, aber auch Feder etabliert, erfolgt aufgrund der Bewertung unterschiedlicher Parameter durch die Orthopädietechnik. Bewertungsparameter sind:

- Körpergewicht und Körpergröße
- Amputationshöhe (Ober- oder Unterschenkelamputation)

- Sportart – Disziplin (z. B. Sprint oder Sprung)
- Muskulärer Gesamtzustand des Anwenders

Dabei spielen die verwendeten Materialien und die geschwungene Form des Prothesenfußes, die noch einmal in einer Wechselbeziehung zueinanderstehen, gleichermaßen eine wichtige Rolle. Als Material wird u. a. Carbon verwandt, das eine hohe Elastizität aufweist (vergl. Stabhochsprungstäbe, aber auch aktuell Einlegplatten in Laufschuhsohlen). Mehrere übereinander liegende, miteinander verklebte Schichten verstärken die elastische Wirkung. Die geschwungene Form ahmt das Zusammenspiel von Fuß und Unterschenkel nach, wobei die Krümmung je nach Anforderung bzw. leichtathletischer Disziplin unterschiedlich ausfällt. Die elastischen Eigenschaften der Blade können je nach sportlicher Belastung (Start vs. Fliegend-Sprint vs. Weitsprung-Absprung) von Vor- oder Nachteil sein, entsprechend kann der Sportler die für ihn geeignete Prothese (Form, Materialstärke) auswählen.

Im Sprint und Sprungbereich gleichen die Blades tatsächlich einem „Feder-Endstück“, bei Unterschenkelamputierten in J-, bei Oberschenkelamputierten in C-Form (Abb. 3.25 und 3.26). Die Prothesen sind so geformt, dass nur der vordere untere Teil, vergleichbar mit dem Fußballen, Bodenkontakt hat. An diesem Teil der Blade ist wiederum eine in der Form individuell angepasste Bodenplatte angebracht, in die Spikes eingeschraubt werden können.

Der Athlet muss lernen, die Bodenreaktionskräfte, die durch den Einsatz der elastischen Blade ausgelöst werden, zu beherrschen. Beim Beinaufsatz wird der Federfuss zusammengedrückt und Energie gespeichert, die bei Entlastung bzw. beim Strecken/Lösen vom Boden im Hinterstütz wieder abgegeben wird. Idealerweise ist die Prothese so zusammengebaut und eingestellt, dass die Wirkung des Federfußes dem Anwender, je nach Verwendung im Sprint oder im Weitsprung, zu einem optimalen Vortrieb verhilft.

- Ist die Blade zu hart gewählt, sinkt die „Feder“ nicht tief genug ein, lädt die Energie nicht auf und kann der Anwender den Vorfußauftritt nicht beherrschen. Die Folgen: Sturzgefahr, langsame Geschwindigkeiten und Rückenbeschwerden aufgrund hoher Auftrittskräfte.
- Ist das Material zu weich gewählt, sinkt die „Feder“ beim Vorfußauftritt zu tief ein. Die Energie „verpufft“ bzw. benötigt deutlich mehr Zeit, um wieder freigegeben zu werden. Der Athlet hat den Eindruck, als trete er mit der Prothesenseite ins Leere. Das Laufbild wird „unrund“ und die Geschwindigkeit verringert sich. Um das zu vermeiden, müssen die Athleten mit steigendem Leistungsniveau bzw. im Jahresverlauf mit zunehmender Trainingsspezifität auf härtere Blades umsteigen.

Im Wettkampf verwenden die Para Athleten tendenziell härtere und im Training weichere Blades (insoweit sie über mehrere Prothesen verfügen), die einen längeren Bodenkontakt erzeugen. Die Feder zeigt keine Anpassungseffekte im Sinne von Training, doch kann das Material mit der Zeit bzw. fortdauernder Belastung ermüden, ausleiern oder sogar brechen.



Abb. 3.26 Athlet Johannes Floors mit beidseitigen Unterschenkelprothesen (btr)

c. Sportkniegelenke

Sportler, die oberhalb des Knies amputiert sind, können eine Prothese ohne oder mit Kniegelenk verwenden. Bei beidseitig Oberschenkel-Amputierten werden im Sprint und Weitsprung aktuell eher Prothesen ohne Kniegelenk verwandt (s. o., Abb. 3.14), die zwar die Startbeschleunigung verlangsamen, beim fliegenden Sprint aber gute Leistungen bzw. hohe Endgeschwindigkeiten ermöglichen.

Einseitig Oberschenkel-Amputierte verwenden Prothesen mit Kniegelenk. Im Wettkampfsport sind nur mechanische Kniegelenke ohne elektronische Unterstützung zulässig. Im leichtathletischen Hochleistungssport hat sich das Kniegelenk im Scharnierprinzip durchgesetzt, das sich wie ein Pendel nur in einer Dimension beugen bzw. strecken kann, was der Hauptfunktion des Knies im Lauf entspricht (Abb. 3.27).

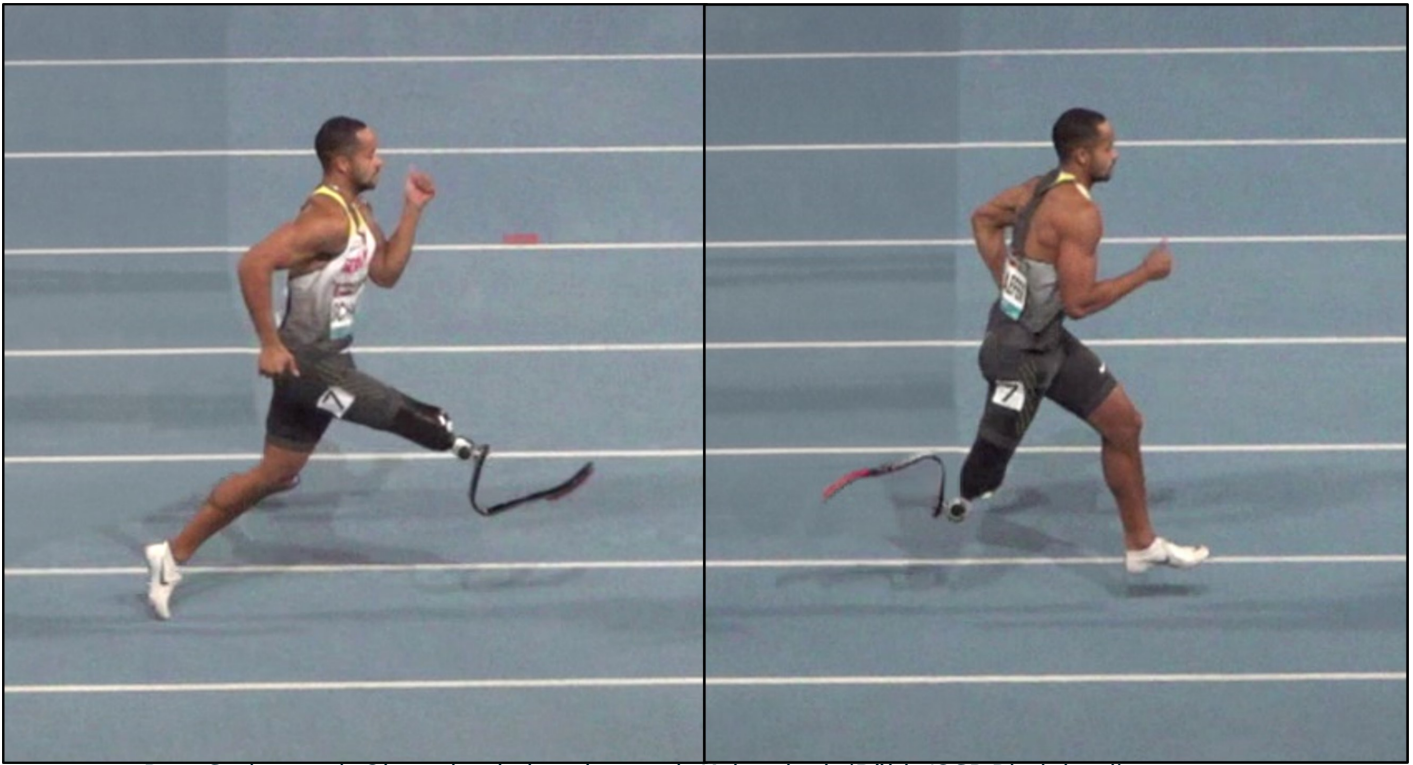


Abb. 3.27 Para Sprinter mit Oberschenkelprothese mit Kniegelenk (Böhle/OSP Rheinland)

Darüber hinaus enthält das Kniegelenk eine hydraulische Einheit, mit deren Hilfe die Dämpfung in der Bewegung nach vorne und hinten auf die Bewegung des Athleten eingestellt werden kann. Diese Dämpfung hilft dem Anwender, seine Prothese während des Laufes besser kontrollieren zu können. Wäre die Dämpfung abgeschaltet, würde der Prothesenunterschenkel während der Schwungphase ungebremst in den vorderen Knieanschlag kommen und in der „Anfers-Bewegung“ ebenso ungebremst am unteren, hinteren Schaft anschlagen. Das künstliche Kniegelenk der Prothese hat äußerlich eine Zylinderform (Abb. 3.28) mit Anschlussstücken für einen Wirkarm nach oben, zum Schaft, und für einen Wirkarm nach unten zur Blade. Innerhalb des Zylinders befindet sich eine Rotations-Hydraulik mit jeweils eigenen Kanälen für die Streck- und Beugebewegung des Knies. Durch die Verwendung zäh- oder dünnflüssiger Öle wird die Leicht- oder Schwergängigkeit der Bewegung beeinflusst. Ist das Öl zu dickflüssig, wird die Bewegung des Unterschenkels bzw. Prothesenfußes verlangsamt, ist es zu dünnflüssig, schleudert der Prothesenfuß nach vorne und beeinträchtigt die Bewegungsharmonie. Durch Ausprobieren wird für den konkreten Athleten die richtige Mechanik und Ölviskosität bestimmt, was sich allerdings bei verbesserten konditionell-technischen Voraussetzungen ändern kann und somit fortlaufend neu justiert werden muss. Für den Weitsprung, bei dem im Absprung eine volle Kniegelenksstreckung angestrebt wird, gibt es eine Sperrfunktion, die eine Überstreckung bzw. nach-hinten- Wegknicken des Knies verhindert, die sich aber nachteilig auf die Höchstgeschwindigkeit auswirkt. Im Sprint ist diese Sperre entbehrlich.



Abb. 3.28 Das künstliche Kniegelenk 3S80 (Fa. Ottobock)

d. „Statischer Aufbau“ einer Sportprothese

Schaft, Kniegelenk und Fuß der Prothese werden durch stabile, leichte Gelenkstücke miteinander verbunden werden. Dabei handelt es sich um mehrteilige Metallrohre mit Schrauben und Muttern mit wiederum eigenen Gelenken, die eine mehrdimensional verstellbaren Aufbau ermöglichen (s.o., Abb. 3.25 rechts, und Killing, Düe & Kipping, 2022). Für einen perfekten Aufbau der Prothese ist entscheidend, dass die anatomischen Verhältnisse sowie die sich mit dem Trainingszustand ändernden sportmotorischen Voraussetzungen des Athleten beachtet werden, damit der Athlet nicht gegen die Bodenreaktionskräfte arbeiten muss, sondern sich diese zu Nutze machen kann.

Beinorthesen

Athleten, deren Beine Lähmungen oder besondere Instabilität aufweisen, können durch Orthesen diese Funktionen unterstützen oder sogar wiederherstellen. Knieorthesen stabilisieren das Kniegelenk seitlich, ohne dass die Beuge-Streckfunktion wesentlich beeinträchtigt ist, so dass sie gehen, laufen und auch an entsprechenden Wettkämpfen teilnehmen können. Athleten, die eine Fußhebeschwäche haben, weil z. B. der Peroneusnerv durchtrennt wurde, können mit einer Fußhebeschiene aus Carbon („Walk-on-Flex-Schiene“) diese Funktion weitgehend kompensieren und sehr erfolgreich Leistungssport betreiben. Bei Athleten mit Zerebralpareesen kann zusätzlich zur genannten Funktionsunterstützung die Spitzfußstellung korrigiert und die Innenrotation minimiert werden.



Abb. 3.29 Beinorthesen: links Knieorthese zur seitlichen Stabilisierung des Kniegelenks (Bauerfeind), rechts Fußhebeschiene zur Anhebung des Fußes (btr)

3.4.6 Armprothesen und -orthesen

Schon einseitig fehlende Hände, Unter- bzw. Oberarme verändern das Gleichgewicht eines Menschen im Stehen, was wiederum durch eine Ausgleichshaltung mit seitlicher Wirbelsäulenverkrümmung versucht wird zu kompensieren. Diese Problematik nimmt im Lauf, gar im Sprint und Sprung bei maximaler Geschwindigkeit noch einmal zu. Bei Menschen ohne Behinderung werden Arme und Beine im Überkreuz- Gleichtakt eingesetzt, während der Rumpf möglichst ruhig bzw. stabil bleibt, um eine optimale Kraftübertragung zwischen allen Körperteilen sicherzustellen. Ein- oder beidseitig fehlenden Gliedmaßen an der oberen Extremität verhindern bzw. beeinträchtigen diese dynamisch-synchrone Bewegung, es kommt zu einer sich aufschaukelnden Asymmetrie, die wiederum durch Ausgleichshaltungen und -bewegungen zulasten der Vortriebsdynamik zu kompensieren versucht wird. Daher werden in den Sprintdisziplinen Armprothesen und -orthesen eingesetzt:

- Armprothesen, die während des gesamten Laufs getragen werden, um ein Kräftegleichgewicht der oberen Extremität zu erzeugen (Abb. 3.30a).
- Orthesen, die nur in der Startphase als sogenannte Starthilfen zum Aufstützen in der Auf-die-Plätze- und Fertig-Position verwandt werden und nach dem Startschuss am Boden verbleiben

(Abb. 3.30b+c)

- Armschienen, die im Training und Wettkampf getragen werden, um der spastischen Verkürzung und Verkrampfung von Hand- und Fingermuskulatur entgegenzuwirken (Abb. 3.31)



Abb. 3.30 Einsatz von Unterarmprothesen im Sprint, a. während des gesamten Laufs, b. + c. nur für den Tiefstart



Abb. 3.31 Hilfsmittel zur Korrektur von Hand und Fingerhaltung bei Sportlern mit CP: Handschiene zur Streckung der Gelenke und Griffmanschette zur besseren Fixierung der Hantel

Darüber hinaus kommen Armprothesen beim Training, z. B. beim Krafttraining zum Einsatz, um die obere Extremität und die Schultern möglichst gleichmäßig zu kräftigen. Z. T. wird beim Gewichtheben auch eine Kette als Bindeglied zwischen Orthese und Hantel eingesetzt.

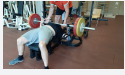


Abb. 3.32 Unterarmprothese für den Einsatz im Krafttraining

Für zerebral stark beeinträchtigte Sportler, insbesondere solche mit ausgeprägter Spastik, ist ein Haupthindernis der Bewegungssteuerung, dass die Beugemuskulatur unbeabsichtigt kontrahiert wird und so die Streckbewegung im Beinabdruck bei Sprint und Sprung oder im Kugelausstoß, aber auch die Schwungbewegung hemmt. Auf diese Weise wird der Beschleunigungsweg bzw. Schwungamplitude (=weite) verkürzt und letztlich die Leistung verringert. Der ungestörte Einsatz der Strecker- und der Schwungkettens ist für diese Athleten schon eine Herausforderung bzw. ein Ziel an sich. Dazu muss die gleichzeitige Kontraktion der muskulären Gegenspieler (Antagonisten) gehemmt werden. Dabei können Exopulse-Mollii-Anzüge helfen, die den als reziproke Hemmung bezeichneten physiologischen Reflexmechanismus nutzen: Während des Streckvorgangs des Agonisten wird ein elektrisches Signal an den antagonistischen Muskel gesendet, so dass er sich entspannt und die Streckbewegung nicht weiter hemmt. Diese Anzüge können den Trainingsprozess entsprechend beeinträchtigter Athleten erleichtern und fördern.



3.4.7 Technisches Servicepersonal

Durch die zunehmend aufwendige Gerätetechnik mit mehrteiligen, beweglichen bzw. elastischen Komponenten ist einerseits die Erstellung der Wettkampf- und Trainingsgeräte ein anspruchsvoller, arbeitsteiliger Prozess geworden. Fachleute mit unterschiedlichen, beruflichen Kompetenzen (Materialkunde, Ingenieure, industrielle und serienmäßige Geräteherstellung, orthopädische Schuhmacher) müssen zusammenwirken, damit die zuvor geschilderten hochleistungsfähigen Geräte entstehen. Man kann von einem eigenen Industriezweig mit Hunderten von Mitarbeitern sprechen, der durch konkurrierende Unternehmen und den fortwährenden technischen und wissenschaftlichen Fortschritt zusätzlich angetrieben wird und weiter expandiert (s. o.).

Andererseits besteht durch die Mehrteiligkeit der Geräte ein fortwährender Anpassungsbedarf an die einzelnen Athleten, der insbesondere unter Belastung, also in Trainings- und Wettkampfsituationen auftritt. Wie zuvor beschrieben, kann der Athlet selber kleinere Anpassungen vornehmen oder sollte es zumindest können. Müssen allerdings größere oder komplizierte Veränderungen bzw. Reparaturen vorgenommen werden, sind die Athleten überfordert (im Wettkampf zusätzlich gestresst) und drohen suboptimale Leistungen bzw., dass der Athlet mit einem nicht funktionierendem Wettkampfgerät erst gar nicht an den Start gehen kann. Dies trifft insbesondere auf die Beinprothesen zu.

Um solchen Situationen vorzubeugen, sind Gerätetechniker, also orthopädische Schuhmacher, Orthopädietechniker und auch Ingenieure der Herstellerfirmen, in das permanente Betreuungspersonal im Training, aber auch bei größeren Wettkämpfen aufgenommen worden. Sie prüfen und warten die Geräte, halten sogar Ersatzteile vor, so dass der Athlet von der Gerätewartung entlastet wird und sich auf die Leistungserbringung konzentrieren kann. Die Gerätetechniker helfen den Athleten, die Prothesen vor und nach dem Training/Wettkampf funktionell zu optimieren, beispielsweise:

- Nach einem Weitsprungtraining ist das Gerät komplett zu säubern, um zum Wettkampf einsatzfähig zu sein.
- Rennrollstühle haben einen ähnlich hohen Aufwand, müssen gespurt, mit optimalen Kugellagern und Reifendruck versehen werden.
- Nach einem Zusammenstoß im Wettkampf muss der Rollstuhl für den nächsten Tag wieder einsatzfähig gemacht werden, was nicht selten in einer „Nachtschicht“ erfolgt.

Angesichts der Komplexität der Gerätetechnik ist es mittlerweile undenkbar, dass diese Aufgabe von den Athleten bewältigt wird. Innerhalb weniger Jahre sind die Techniker daher zu unverzichtbaren Mitgliedern der Betreuungsmannschaften im paralympischen Sport geworden.