

**Titel:** Hochgenaues maschinelles Passen im American Football durch Vorhersagemodelle

**Einleitung:** Pass-, Schuss-, und Wurfmaschinen sind im modernen Training von Ballsportarten wie Baseball, Tennis und Fußball Stand der Technik. Dabei ist die Intention immer dieselbe, nämlich qualitativ hochwertige Pässe, Schüsse oder Würfe, in hoher Anzahl auf den Athleten zu feuern um langfristig die Fähigkeiten des Athleten zu verbessern.

Im American Football führt, laut Interviews mit Pass Empfängern, Spielern und Trainern, die ovale Ballform und schlechtes Design der Passmaschinen dazu, dass sie die Anforderungen für ein modernes Training nicht erfüllen.

In dieser Arbeit wird eine Maschine entwickelt und punktuell validiert, welche den Anforderungen gerecht wird. Dazu werden einerseits ein empirisch ermitteltes Vorhersagemodell für den Abwurf und andererseits ein Trajektorien Modell für die Flugphase verwendet. Als Ziel für die Präzision sollen durchschnittlich 90% aller Würfe maximal  $\pm 1\%$  der Wurfweite vom Fangpunkt im Raum abweichen.

**Methode:** Es gibt viele validierte Modelle welche die Trajektorie eines ovalen Balls beschreiben [1]. Alle diese Modelle gehen von Anfangsbedingungen aus, die den Zustand des Balles zum Abwurfzeitpunkt beschreiben (Abwurfgeschwindigkeit, Abwurfwinkel, Abwurfwinkelgeschwindigkeit, Ballorientierung). Diese Anfangsbedingungen werden durch ein Vorhersagemodell aus [2] vorhergesagt. In [2] wird u. A. auch die Entwicklung der für die Tests verwendeten vollautomatischen Passmaschine, welche in Abbildung 1 links zu sehen ist, beschrieben. Mit einem einfachen Modell zur Trajektorienvorhersage werden abhängig von den Anfangsbedingungen Wurfweiten berechnet. Eine dieser Trajektorien ist in Abbildung 1 rechts abgebildet.

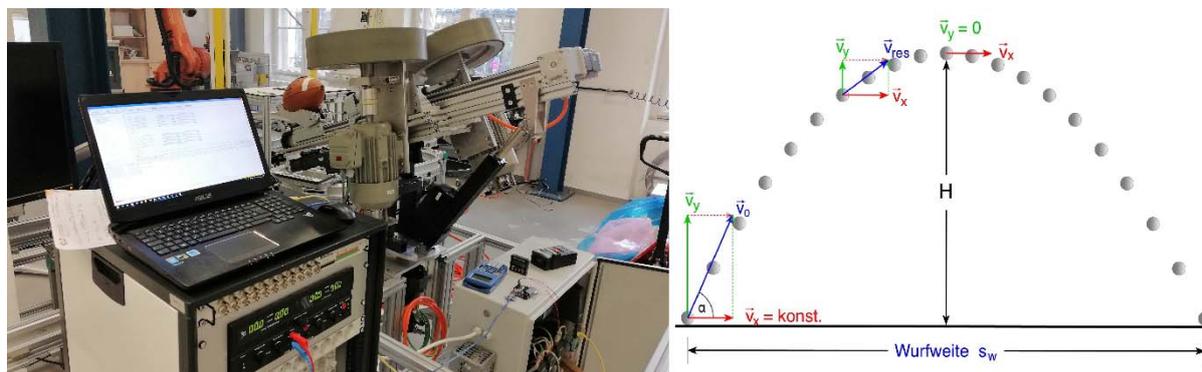
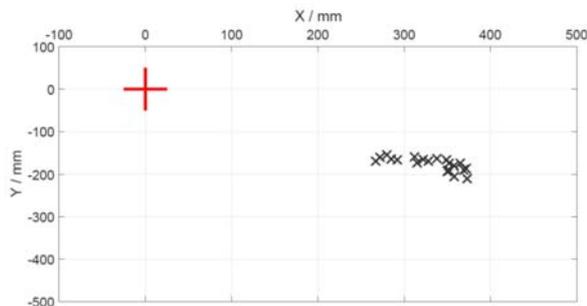


Abbildung 1 Versuchsaufbau (links) und Trajektorie eines Footballs im Simulationsraum (rechts)

Die Gesamtheit der Lösungen ( $s_w(\vec{v}_0)$ ) wird in weiterer Folge punktuell empirisch in einer Studie (20 Würfe/Setup) auf Genauigkeit und Präzision vermessen für die Wurfweiten  $s_w$  und Abwurfwinkel  $\alpha$  von 10m/19.5°, 12m/7.9°, 14m/17.5°.

Ergebnisse:

$X/mm$  und  $Y/mm$  stellen die Distanz der Footballspitze zum angepeilten Ziel dar in der entsprechenden Wurfweite  $s_w$ .  $A$  entspricht der durchschnittlichen Distanz zum Ziel,  $\sigma/WW$  der Standardabweichung in Bezug auf die Wurfweite.



$s_w, \alpha = 10m, 19.5^\circ$ :

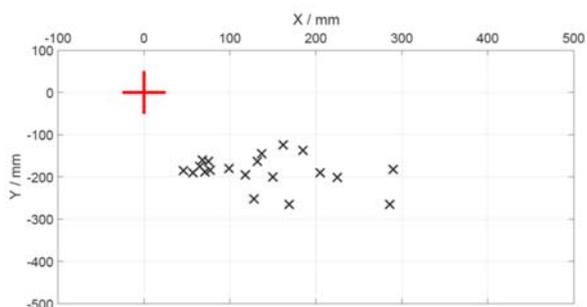
$A=375mm, \sigma/WW=0,37\%$

$s_w, \alpha = 12m, 7.9^\circ$ :

$A=238mm, \sigma/WW=0,5\%$

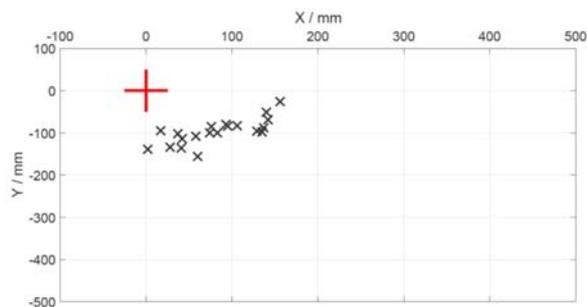
$s_w, \alpha = 10m, 17.5^\circ$ :

$A=137mm, \sigma/WW=0,15\%$



Diskussion/Conclusio:

In allen Messreihen konnte das Ziel bzgl. der Präzision erreicht werden, jedoch muss noch eine größer angelegte Testreihe Gewissheit schaffen.



Es gab zwar keine Anforderungen bzgl. der Genauigkeit, jedoch zeigt die Analyse, dass hier nicht Werte nahe null gemessen wurden, sondern weit höhere Werte. Die Genauigkeit kann aber noch durch ein komplexeres Trajektorienmodell verbessert werden.

Abbildung 2 Das rote Kreuz markiert das Ziel,

$s_w/\alpha = 10m/19.5^\circ$  (oben),  $s_w/\alpha = 12m/7.9^\circ$

(Mitte),  $s_w/\alpha = 14m/17.5^\circ$  (unten)

Zusammenfassend darf aber festgestellt werden, dass die entwickelte Maschine den Anforderungen des Trainings bzgl. Präzision entspricht und diesbezüglich auch jeden menschlicher Quarterback übertrifft.

Quellen:

[1] Rae WJ. Flight dynamics of an American football in a forward pass. Sport Eng 2003; 6(3): 149–163.

[2] Hollaus et al. Development of release velocity and spin prediction models for passing machines in American football. JSET 2018; 4; doi: 10.1177/1754337118774448