

┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌  
┌

# B E R I C H T

## **Untersuchung der Effekte von Wartungsarbeiten auf die Eigenschaften von Kunstrasenplätzen**



Bestimmt für: **Sport Care S.L**

DEZEMBER DE 2005





## UNTERSCHRIFTEN UND GESCHÄFTSBEDINGUNGEN

---

Datum: 22.12.2005

Der Bericht wurde erstellt von: *David Rosa*.

Gez.:

Überprüft von: *Enrique Alcántara*

Gez.:

Genehmigt von: *Jaime Prat*

Gez.:

### GESCHÄFTSBEDINGUNGEN

1. Das Biomechanische Institut von Valencia (Instituto de Biomecánica de Valencia, IBV) haftet für die in diesem Bericht dargelegten und genannten Ergebnisse ausschließlich in Bezug auf die in ihm bezeichneten Materialien und Proben, die in seinem Besitz verbleiben. Außer in den Fällen, in denen ausdrücklich auf das Gegenteil verwiesen wird, wurden die Proben in freier Wahl vom Antragsteller ausgewählt und zugesendet.
2. Das IBV haftet nicht für eine fälschliche Auslegung oder die nicht ordnungsgemäße Verwendung dieses Berichts, dessen vollständige oder teilweise Vervielfältigung zu Werbezwecken ohne die ausdrückliche Genehmigung des IBV verboten ist.
3. Die Ergebnisse gelten als Eigentum des Antragstellers und ohne vorherige Genehmigung teilt sie das IBV keinen Dritten mit.
4. Die diesem Bericht gegenständlichen Versuchsproben verbleiben sechs Monate ab dem Ausgabedatum desselben im IBV. Nach Ablauf dieser Frist werden sie vernichtet, weswegen jedwede Beschwerden innerhalb dieser Frist vorzunehmen sind.





## **I n h a l t**

### UNTERSCHRIFTEN UND GESCHÄFTSBEDINGUNGEN

1. EINFÜHRUNG, VORGESCHICHTE UND ZIELSTELLUNG
2. MATERIAL UND METHODEN
3. ERGEBNISSE
4. ANALYSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

## **1. EINFÜHRUNG, VORGESCHICHTE UND ZIELSTELLUNG**

Es ist bekannt, dass die ursprünglichen Eigenschaften von Kunstrasenplätzen durch den Gebrauch und mit der Zeit beeinträchtigt werden, auch wenn dieses Phänomen bisher wenig untersucht wurde. Nichtsdestotrotz werden an den Plätzen bestimmte Maßnahmen ergriffen, um ihnen ihre ursprünglichen Eigenschaften zurückzuerstatten. Die Auswirkungen dieser Artungsarbeiten wurden jedoch bisher noch nicht eingehend untersucht.

Der vorliegende Bericht **analysiert die Effekte unterschiedlicher von dem Unternehmen Sport-Care, S.L., durchgeführter Wartungsarbeiten auf die mechanischen Eigenschaften von Kunstrasenplätzen.**



PROY05/0143

## 2. MATERIAL UN METHODEN

---

Die von dem Unternehmen vorgelegte Untersuchung basiert auf der Analyse der Effekte auf die Eigenschaften der drei von Sport-Care und dem BIV ausgewählten Spielfeldern nach Durchführung der entsprechenden Wartungsarbeiten in Bezug auf die vorherigen Zustände. Für diese Wartungsarbeiten verfügte Sport-Care über zwei verschiedene Maschinen, weswegen auf jedem Spielfeld zwei Untersuchungszone bestimmt wurden, auf denen die Wartungsarbeiten mit jeweils einer der Unternehmen gestellten Maschinen verrichtet wurden. Das BIV war mit der Durchführung der Tests beauftragt, während Sport-Care die Wartungs- und Reinigungsarbeiten übernahm.

Die Versuchsdurchführungen sahen folgendermaßen aus:

- 1.- Auswahl der Spielfelder. Diese Aufgabe wurde von Sport-Care und dem IBV gemeinsam erledigt.
- 2.- Auswahl der einzelnen Untersuchungszone auf den Spielfelder und Abmessung der ausgewählten Oberfläche. Es wurden zwei Zonen ausgewählt, die jeweils von einer Wartungsmaschine von Sport-Care bearbeitet wurden.
- 3.- Durchführung der Tests in den Untersuchungszone seitens des IBV. Diese Arbeiten vermitteln Erkenntnisse über den Zustand der Spielfelder vor den Wartungsarbeiten.
- 4.- Durchführung der Wartungsarbeiten seitens Sport-Care. Zeitgleich wurden die Spielfelder durch die Maschinen von Schmutz und losen Partikeln gereinigt.
- 5.- Erneute Testdurchführung in den Untersuchungszone seitens des IBV. Diese Arbeiten vermitteln Erkenntnisse über den Zustand der Spielfelder nach den Wartungsarbeiten.
- 6.- Unterredungen mit den Verantwortlichen der Installationen. Diese Aufgabe wurde von den Technikern des IBV übernommen und bestand aus dem Einholen von Informationen über die Geschichte des Spielfelds. Es werden Informationen über den Gebrauch, die Benutzer, die bisher erledigten Wartungsarbeiten etc. gesammelt
- 7.- Auswertung der in jeder Zone gewonnenen Schmutzstoffe. In jeder Zone wurden zwei Tüten mit aus dem Spielfeld gewonnener Schmutzstoffe sichergestellt. In der ersten Tüte befinden sich grobe Schmutzstoffe, die vom Sieb der Wartungsmaschinen aufgenommen wurden, und in der zweiten feine Schmutzstoffe die im Endbehälter der Wartungsmaschinen gesammelt wurden. Diese Schmutzstoffe wurden, wie in dem Ergebnisabschnitt zu sehen ist, unterschiedlich eingeteilt.

Bei den auf jedem Spielfeld ausgewählten Untersuchungszone handelt es sich um die Zonen um die Tore herum, da diese Zonen beim Fußball am meisten beansprucht werden. Außerdem erlauben sie eine leichte Identifizierung der Untersuchungszone, da die Fläche, auf der die Wartungsarbeiten durchgeführt wurden, bekannt sein müssen, damit die von den Geräten aufgesammelten Schmutzstoffe pro Flächeneinheit in Bezug gestellt werden können. Wie bereits oben dargestellt, wurde das Wartungsverfahren in jeden dieser Zonen mit einer anderen Maschine durchgeführt. Die folgende Tabelle zeigt die Beziehung zwischen den ausgewählten Zonen und der Maschine, mit der die Wartungsarbeiten jeweils durchgeführt wurden:

Zone	Maschine
1	SportChamp
2	CareMax

Im Folgenden wird die vom Unternehmen zur Verfügung gestellte Information über die Wartungsarbeiten, die eine jede Maschine auf dem Kunstrasen ausführt, aufgelistet:

### SportChamp.

Lockert die Füllschicht an Hand einer aus flexiblen Bürsten bestehenden Sondereinheit auf, trennt Schmutzstoffe mittels Rüttelsieben und saugt mit einer eingebauten Turbine Mikropartikel auf. Daraufhin filtert sie den Füllstoff und verteilt ihn wieder auf dem Rasen, wobei sie diesen vielfach durchkämmt. Diese Maschine wurde in Deutschland von der SMG Sportplatzmaschinenbau GmbH hergestellt.





PROY05/0143

### CareMax.

---

Lockert die Füllschicht an Hand einer aus flexiblen Bürsten bestehenden Sondereinheit auf, trennt Schmutzstoffe mittels Rüttelsieben und saugt mit einer eingebauten Turbine Mikropartikel auf. Daraufhin filtert sie den Füllstoff und verteilt ihn wieder auf dem Rasen, wobei sie diesen vielfach durchkämmt. Diese Maschine wurde in Deutschland von der SMG Sportplatzmaschinenbau GmbH hergestellt.

---





Die folgende Tabelle zeigt für jedes Spielfelds die Belageigenschaften, die auf ihnen betriebenen Aktivitäten, die Bestandszeit usw. auf:

<b>STANDORT DES PLATZES</b>	<b>EIGENSCHAFTEN DES PLATZES IM DERZEITIGEN ZUSTAND</b>	<b>FÜLL- STOFF</b>	<b>FASERART</b>
MARXALENES (VALENCIA)	Durchschnittliche Rasenhöhe: 42 mm Durchschnittl. Dicke der Füllschicht: 31 mm	SBR	Zerfasert
	Viel bespielter und sehr beeinträchtigter Platz aus dem Jahr 2002. Von Montag bis Freitag wird täglich etwa 6 Stunden auf ihm trainiert; das Alter der Spieler reicht von 6 Jahren bis hin zu Erwachsenen. Am Wochenende werden 12 Stunden täglich Fußballspiele, der einzige auf ihm ausgeübte Sport, ausgetragen. Die einzigen Wartungsarbeiten, die in all der Zeit ausgeführt wurden, bestanden aus dem dreimonatlichen Ausharken durch die Verantwortlichen des Platzes. Die Firma, die den Platz eingerichtet hat, fährt einmal im Jahr mit einem Traktor zum Ausbürsten über den Platz. Im Monat vor der Durchführung der Untersuchung (August) wurde der Platz nur 2 Stunden täglich benutzt.		
MUTXAMEL (ALICANTE)	Durchschnittliche Rasenlänge: 50 mm Durchschnittl. Dicke der Füllschicht: 25 mm	EPDM	Einzelfasern
	Wenig beeinträchtigter und wenig gepflegter Platz. Erbaut im November 2004. Das Spielfeld wird von Montag bis Freitag vier Stunden von Spielern ab acht Jahren gebraucht. Am Wochenende wird insgesamt etwa 15 Stunden ausschließlich Fußball auf ihm gespielt. Der Platz wird täglich gegossen, zwei bis drei Mal im Sommer und einmal im Winter. Die einzigen bisher durchgeführten Wartungsarbeiten waren sporadische Reinigungen (Zigarettenkippen usw.) durch die Verantwortlichen des Platzes. Der Platz lag vor der vorliegenden Untersuchung einen Monat lang brach (Mitte Juli bis Mitte August), wurde jedoch täglich zwei bis drei Mal gegossen.		
PATERNA (VALENCIA)	Durchschnittliche Rasenlänge: 50 mm Durchschnittl. Dicke der Füllschicht: 39 mm	ECOFILL	Zerfasert
	Wenig bespielter und wenig gepflegter Platz aus dem Jahr 2003. Der Platz wird 8 Stunden täglich von Montag bis Freitag von Profis genutzt; am Wochenende wird ein Spiel am Tag ausgetragen. Er wird unter der Woche vor dem Training und am Wochenende vor dem Spiel gegossen. Im Monat vor der Durchführung der Untersuchung (August) wurden Turniere von Amateuren ausgetragen.		



PROY05/0143

Im Folgenden werden die auf den drei von dem Unternehmen und dem IBV ausgewählten Spielfeldern durchgeführten Tests beschrieben.

### 2.1. Mechanische Analyse basierend auf normativen Tests.

1. Aufprallabsorption.
  - Kraftabbau.
  - Vertikale Standardverformung.
2. Vertikal aufspringende Bälle.
3. Ballreflexion.

### 2.2. Mechanische Analyse basierend auf nicht-normativen Test .

4. Längszug.

### 2.3. Auswertung der Schmutzstoffe.

5. Die Spielfelder wurden gereinigt und von Schmutzstoffen wie Faserrückständen, Müll usw. befreit. Nach der Unterscheidung zwischen feinen und groben Schmutzstoffen wurden die Bestandteile sowie ihr Gewichtsanteil in Bezug auf die Gesamtheit der gewonnenen Schmutzstoffe bestimmt.

## 2.1. Mechanische Analyse basierend auf normativen Tests.

Sowohl die zur Bewertung der vorherigen Parameter erforderlichen Versuchsprotokolle als auch die spätere Datenverarbeitung wurden gemäß den vorschriftsmäßigen Verfahren durchgeführt.

- **Aufprallabsorption:** Zur Untersuchung der Reaktion auf Aufprälle wurde ein künstlicher Sportler eingesetzt (Abb. 1 und 2).

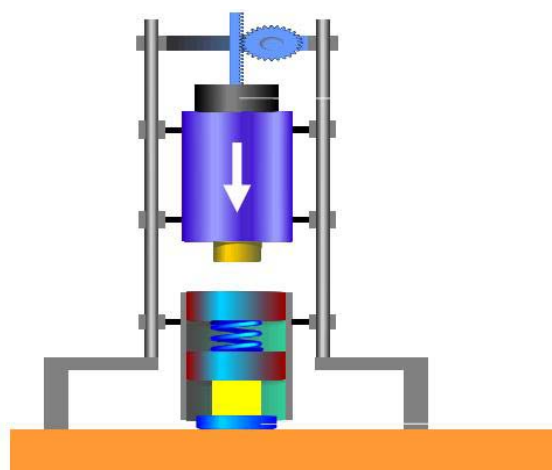


Abb. 1: Künstlicher Sportler.



Abb. 2: Abdämpftest.

**KRAFTABBAU:** Es handelt sich um den Parameter, der die Kapazität des Spielfelds zur Absorption von Aufprällen misst. Er ist folglich ein Indiz der Schutzfunktion der Platzoberfläche. Während des Testverlaufs fällt eine Masse mit kontrolliertem Gewicht vertikal auf eine Federung mit besonderen Eigenschaften und über eine Belastungszelle wird die angewandte Höchstkraft registriert. Der Kraftabbau, FR, wird mittels folgender Gleichung berechnet:

$$FR = \left( 1 - \frac{F_{\max_{\text{prototipo}}}}{F_{\max_{\text{Hormigón}}}} \right) \cdot 100\%$$

Prototipo: Prototyp; Hormigón: Beton

**VERTIKALE STANDARDVERFORMUNG:** Dieser Test stellt die mechanische Wechselwirkung des Sportlers mit der Rasenoberfläche dar. Auf einer völlig festen Oberfläche kommt es zu keiner vertikalen Verformung, allerdings sollte diese auf einem Fußballplatz einige Millimeter betragen. Der Verformungsparameter gilt als maßgebend für Schutz und Komfort. Die vertikale Standardverformung, StV, wird mittels folgender Gleichung berechnet:

$$\text{StV} = \left( \frac{1500 \text{ N}}{F_{\max}} \right) \cdot D_{\max}$$

Hierbei ist  $D_{\max}$  die Höchstverformung der Oberfläche und wird auf der Fallachse der Masse an Hand eines Signals des Verschiebungsmessers LVDT gemessen.  $F_{\max}$  gibt den Wert der Kraftspitze, die an Hand des Signals einer Belastungszelle gemessen wird, in Newton an.



PROY05/0143

- **Vertikal aufspringende Bälle:** Aus 2 Meter Höhe wird ein Ball vertikal fallen gelassen. Daraufhin wird gemessen, wie hoch der Ball abspringt. Das mit einem Mikrofon ausgestattete Aufnahmegerät registriert die Zeit "T" zwischen dem einen Aufprall und dem nächsten. Die Höhe H des Aufsprungs des Balls wird durch folgende Gleichung berechnet, wobei T die Zeitspanne zwischen dem ersten und dem nächsten Aufprall ist:

$$H = 1,23 \cdot (T)^2$$



Abb. 3. Test vertikaler Aufsprung.

- **Ballreflexion:** Der Ball wird auf einer Rampe von einer Höhe von 1000 mm ( $\pm 5$  mm) (gemessen ab der Unterseite des Balls bis zur Oberseite des Rasens) heruntergerollt, bis er still liegen bleibt. Daraufhin wird die Distanz zwischen dem liegen gebliebenen Ball und dem Punkt gemessen, an dem der Ball zuerst den Rasen berührt hat.



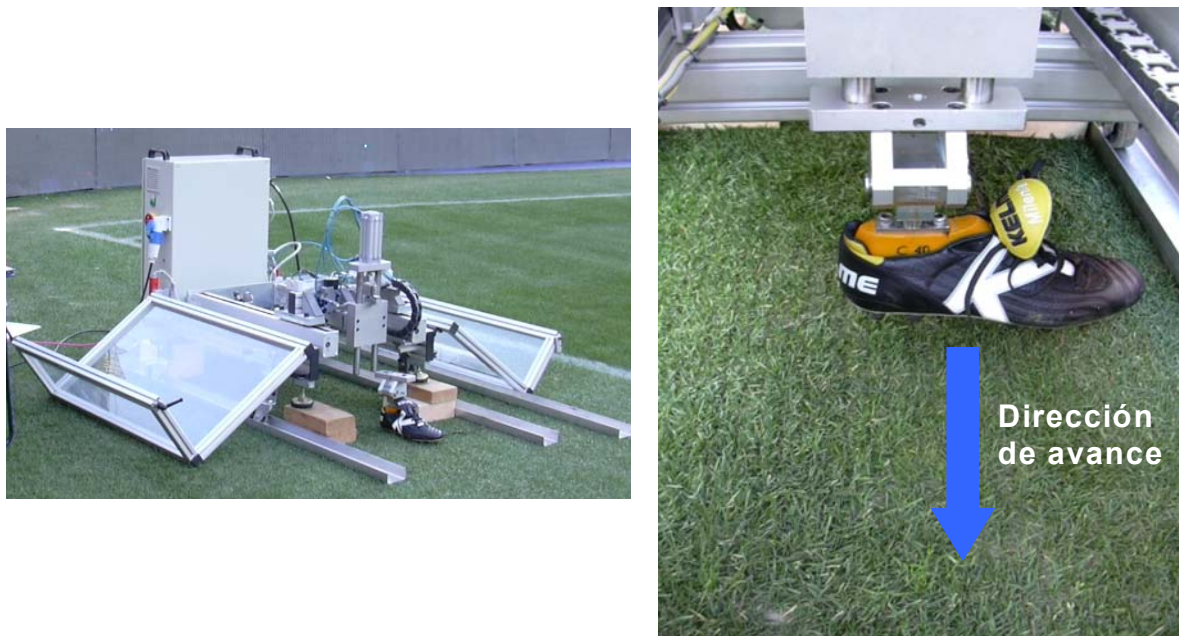
Abb. 4. Test Ballreflexion.

## 2.2. Mechanische Analyse basierend auf nicht-normativen Tests.

- **Längszug**: Das Untersuchungsequipment besteht aus einem Gerät, das die natürlichen seitlichen Längsbewegungen der Sportler im Spielverlauf nachahmen kann, so dass bei einer feststehenden vertikalen Auftrittskraft (die mit die Tiefe der in das Spielfeld eingesunkenen Stellen in Verbindung steht) zu einer kontrolliert horizontalen Bewegung kommt. Dabei wird die für die Fortbewegung erforderliche horizontale Kraft gemessen.

Der Test wird mit einer vertikalen Kraft von 150 N und einer konstanten horizontalen Fortbewegungsgeschwindigkeit von 0,4 m/s durchgeführt.

Das bei diesem Test zur Anwendung kommende Gerät wurde vom IBV entwickelt und wird im Folgenden gezeigt (Abb. 5):



*Dirección de avance* = Bewegungsrichtung

Abb. 5. Gerät zur Durchführung des Längszugtests und Verankerung des Schuhs im Testgerät.

Die bei diesem Versuch erhaltenen Variablen sind in der Grafik wiedergegeben (Abb. 6), allerdings wurden für die Untersuchung ausschließlich **CFD-Spitze** (größtmöglicher vom Spielfeld ertragener Zug vor dem Abrutschen) und **t20** (Reaktionszeit des Spielfelds bei einem Abstützwinkel  $\alpha=20^\circ$ ) gewählt.



PROY05/0143

Tabelle 1. Aufstellung der sich aus dem Längszugtest ergebenden Untersuchungsvariablen.

Abkürzung	Definition	In Beziehung mit...
<b>CFD-Spitze</b>	Größer Zug während der Anfangsbewegung.	Belastungsgrenze des Spielfelds und folglich größtmöglicher Zug vor dem unvermeidlichen Abrutschen.
<b>t20</b>	Zur Stabilisierung beim Abstützen erforderliche Zeit bei feststehender Beinneigung (hier $\alpha=20^\circ$ ).	Unerwartete Instabilität beim Abstützen auf Grund einer Verzögerung bei der Zugunterstützung des Spielfelds.

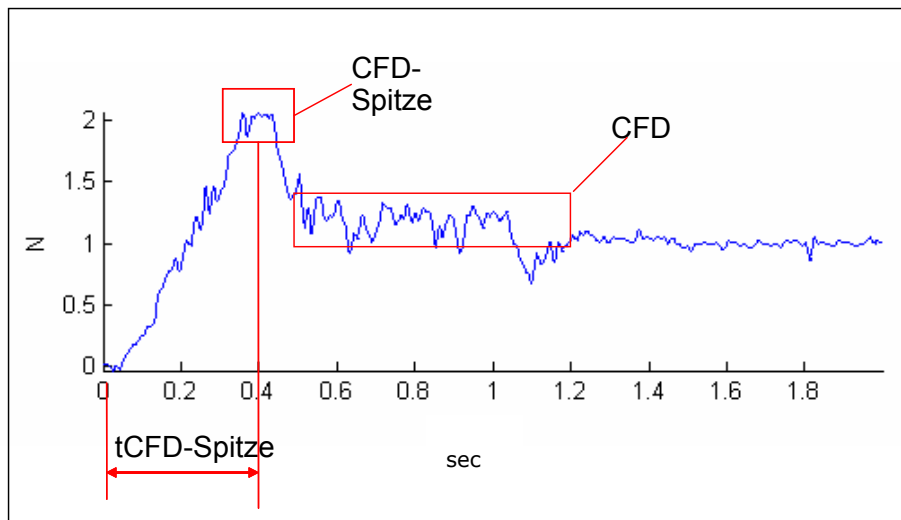


Abb. 6. Kennzeichnung der Untersuchungsvariablen über einer typischen Reibungskoeffizienzkurve.

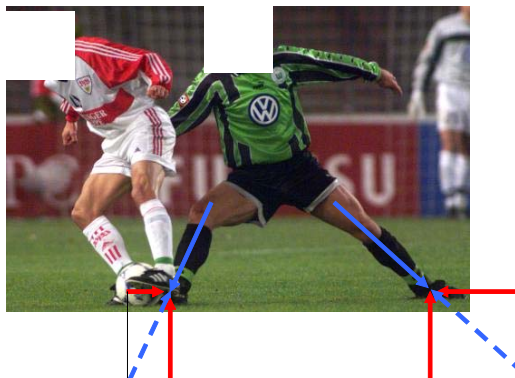


Abb. 7. Darstellung der unterschiedlichen Kräfteverteilung ( $F_v - F_h$ ) eines Spielers auf dem Platz gemäß dem Neigungswinkel des Stützbeins.

Die Untersuchungsvariablen **Winkel  $\alpha$**  und **Reaktionszeit  $t_{20}$**  werden ausgehend von der vorstehenden Grafik (Abb. 6) an Hand der folgenden Umwandlungen erhalten.

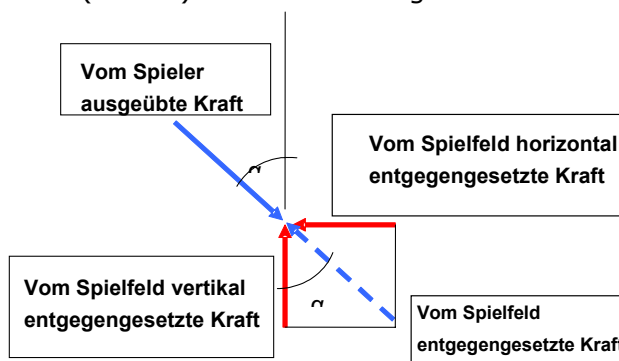


Abb. 8. Darstellung der Kräfteverteilung und der Stützwinkel.

$$CFD = tg \alpha; \quad \alpha = actg CFD$$

Für die Berechnung der Reaktionszeit als bei der Analyse zu verwendender Parameter wurde ein als Referenz dienender Stützwinkel von  $20^\circ$  festgelegt (diese Auswahl wurde unter Annahme einer langsamen Bewegung ausgewählt). Die Reaktionszeit wird durch die Interpolation mit der dem größtmöglichen abrutschfreien Stützwinkel entsprechenden Reaktionszeit (entspricht CFD-Spitze) berechnet.



PROY05/0143

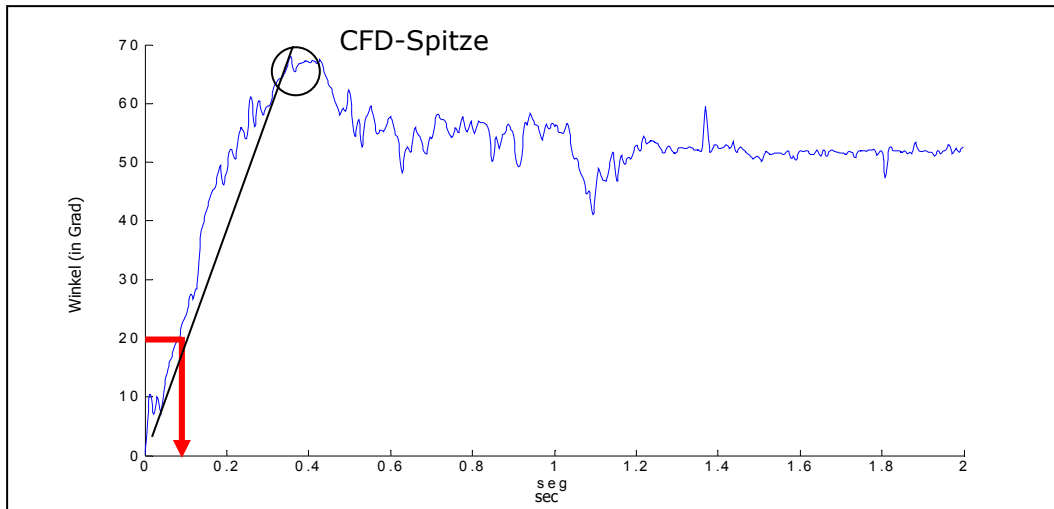


Abb. 9. Grafische Darstellung der Reaktionszeit bei einem Stützwinkel von 20°.

Im Folgenden wird eine Tabelle mit der Auflistung der Anzahl der in jeder Zone getesteten Stellen und der Wiederholungen der bisher beschriebenen Tests wiedergegeben:

Tabelle 2. Auflistung der in jedem Test untersuchten Stellen und durchgeführten Wiederholungen.

TEST	GETESTETE STELLE PRO ZONE	WIEDERHOLUNGEN PRO STELLE	ERGEBNISAUSWERTUNG
Aufprallabsorption	3 ohne Stollen	3	Einerseits wird der erste und andererseits der zweite und dritte Aufprall ausgewertet.
	3 mit Stollen	3	
Vertikaler Absprung	2	5	Bei der Ergebnisauswertung wird nicht zwischen der Anzahl der Wiederholungen unterschieden.
Ballreflexion	2	5	Bei der Ergebnisauswertung wird nicht zwischen der Anzahl der Wiederholungen unterschieden.
Längszug	3	5	Es werden die ersten Wiederholungen untersucht.



### **2.3. Auswertung der Schmutzstoffe.**

Wie bereits angedeutet, haben die Arbeitsgruppen während der Wartungsarbeiten die sich auf den Spielfeldern befindlichen Schmutzstoffe eingesammelt. Dabei wurden grobe Schmutzstoffe von den Sieben der Maschinen aufgefangen und feine Partikel bzw. Staub in den hinteren Behältern der Wartungsmaschinen gesammelt. Beide Schmutzarten wurden ordnungsgemäß klassifiziert und auf den Spielfeldern verpackt.

Die Schmutzpartikel wurden gemäß ihrer Zusammensetzung getrennt und anschließend gewogen.

Ausgehend von den Maßen der Versuchszone können die Menge der pro Flächeneinheit aufgesammelten Schmutzstoffe festgestellt und somit innerhalb dieser Parameter globale Effekte erstellt werden.



PROY05/0143

### 3. ERGEBNISSE

Bei der Untersuchung der Ergebnisse wird zwischen den Effekten unterschieden, die die Wartungsarbeiten auf die Wechselbeziehung zwischen Ball und Spielfläche einerseits und auf die Wechselbeziehung zwischen Spielfläche und Spieler andererseits haben. Jene ergibt sich aus den Tests des vertikal aufspringenden Balls und der Ballreflexion, während sich die zweite aus der Aufprallabsorption (Kraftabbau und vertikale Standardverformung) und dem Längszug (IBV eigenes Verfahren) ergibt. Diese Effekte werden sowohl auf ihrer Vertikalachse (vertikal aufspringender Ball und Aufprallabsorption des Spielers) als auch auf der Horizontalachse (Ballreflexion und Längszug) untersucht. Alle diese Ergebnisse werden nach den Untersuchungszonen unterteilt aufgeführt: Zone 1 wurde mit der Maschine SportChamp und Zone 2 mit der Maschine CareMax bearbeitet, die beide der Firma Sport-Care gehören und oben beschrieben wurden.

Die Datenverarbeitung wurde in zwei Phasen vorgenommen: Die erste bewertet das Behandlungsverhalten, ohne dass die Spielfelder unterschieden werden, und die zweite analysiert die Ergebnisse sämtlicher untersuchter Parameter für jedes Spielfeld einzeln.

Die statistische Ergebnisauswertung erfolgte in folgenden Etappen: Zunächst wurden die Daten gesäubert und atypische Auffälligkeiten eliminiert, dann erfolgte eine beschreibende Datenanalyse. Abschließend wurde eine Varianzanalyse erstellt.

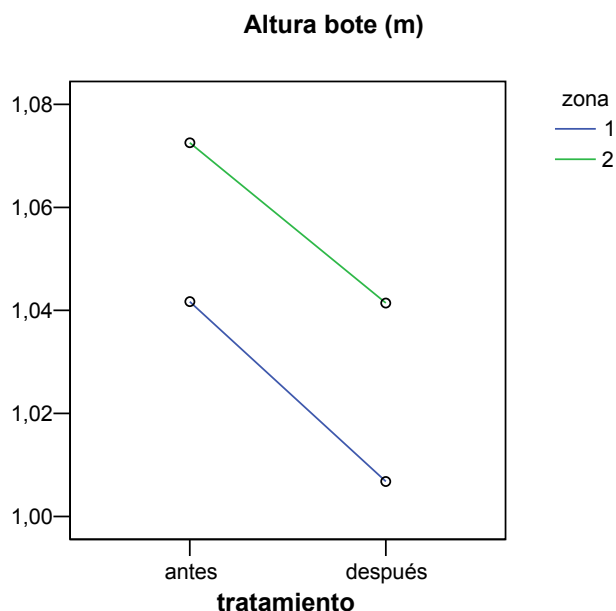
#### 3.1. Ergebnisse aus der mechanischen Analyse basierend auf normativen Tests

##### 3.1.1.- Ergebnisse aus der Messung der Höhe vertikal aufspringender Bälle.

Diese Tests haben zum Ziel, die Effekte jeder einzelnen Behandlung auf vertikal aufspringende Bälle zu erkennen. Dazu wird ein Ergebnisvergleich vor und nach der Behandlung einer jeden durch eine andere Maschine bearbeiteten Zone vorgenommen. Folgende Tabelle gibt die Durchschnittswerte aus dem Test vertikal aufspringender Bälle in beiden Zonen vor und nach der Behandlung wieder (Zone 1 SportChamp; Zone 2 CareMax):

Tabelle 3. Durchschnittswerte in Metern des Test der vertikal aufspringenden Bälle.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	1,042	1,073
Nachher	1,007	1,041



*Altura bote:* Höhe des aufspringenden Balls (in m) *Tratamiento:* Behandlung *Antes:* vorher, *Después:* nachher, *Zone:* Zone

Abb. 10. Durchschnittswerte der vertikalen Aufsprünge in Meter in beiden Zonen vor und nach den Wartungsarbeiten.

Auch wenn in beiden Fällen die Unterschiede zwischen den Aufprallverhalten unbedeutend ist ( $p < 0,05$ ), zeigt die Grafik, dass in beiden Fällen nach Durchführung der Wartungsarbeiten der Ball weniger hoch abspringt. Dies erscheint angesichts der Tatsache, dass durch die Behandlung der Rasen aufgelockert ist und somit den Aufprall eher abfängt, logisch. Außerdem ist zu beobachten, dass in beiden Fällen der entsprechende Prozentsatz annähernd gleich ist (ca. 3 %), da die abfallenden Geraden praktisch identisch sind.

Im Folgenden wird das Verhalten eines jeden Spielfelds getrennt analysiert und die Durchschnittswerte in der folgenden Tabelle dargestellt. Stark von den anderen abweichende Ergebnisse sind markiert.

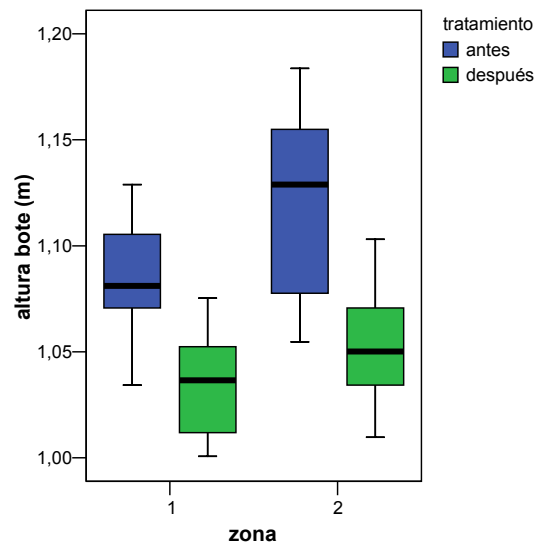


PROY05/0143

Tabelle 4. Durchschnittswerte vertikal aufspringende Bälle (in m).

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	1,042	1,007	1,073	1,041
Marxalenes	1,031	1,008		
Mutxamel	1,082	1,034	1,120	1,055
Paterna	0,997	0,916	1,004	1,026

Aus der Ergebnistabelle ist zu ersehen, dass der Wartungseffekt durchgehend ist und in allen Fällen die Aufspringhöhe der Bälle abgenommen hat. Es ist zu erkennen, dass die Wartungsarbeiten auf dem Spielfeld von Mutxamel in beiden Zonen bzw. mit beiden Maschinen zu erheblichen Unterschieden geführt haben. Auf dem Platz von Paterna ergaben sich erhebliche Unterschiede beim Verhalten in der mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zone 1, wo die Aufspringhöhe der Bälle um 8 % zurückgegangen ist. In der mit der Maschine CareMax bearbeiteten Zone 2 sind die Verhaltensunterschiede dagegen unbedeutend. Auf dem Platz von Marxalenes wurden in Zone 2 UNGÜLTIGE Ergebnisse erzielt, weshalb deren Auswertung nicht möglich ist. In Zone 1 kam es zu keinen bedeutenden Unterschieden.



Altura bote: Höhe des aufspringenden Balls (in m) Tratamiento: Behandlung Antes: vorher, Después: nachher, Zone: Zone

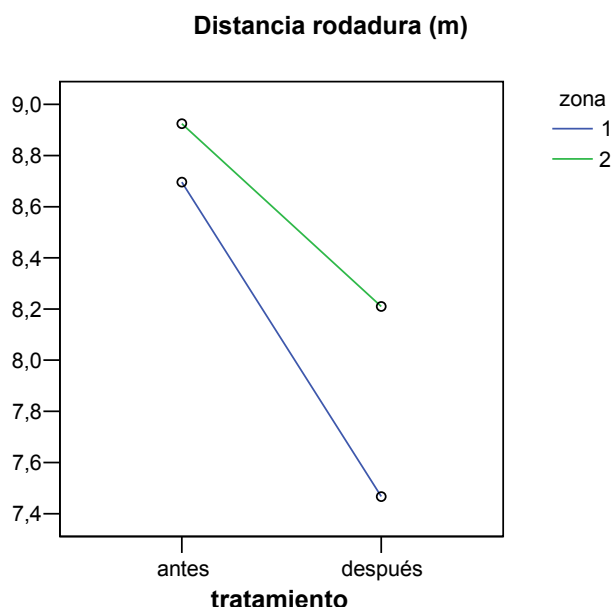
Abb. 11. Entwicklung der vertikal aufspringenden Bälle in beiden Zonen (Mutxamel)

**3.1.2.- Ergebnisse aus der Messung der Ballreflexion.**

Ergebnisse des Ballreflexionstests in beiden Zonen vor und nach Durchführung der Wartungsarbeiten:

Tabelle 5. Durchschnittswerte der Ballreflexionstests in beiden Zonen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	9,070	8,924
Nachher	7,467	7,892



*Distancia rodadura:* Ballreflexion (in m), *Tratamiento:* Behandlung *Antes:* vorher, *Después:* nachher, *Zone:* Zone

Abb. 12. Durchschnittswerte der zurückgelegten Distanz eines rollenden Balls in beiden Zonen.

Es ist zu beobachten, dass beide Behandlungen die von einem rollenden Ball zurückgelegte Distanz erheblich verringern ( $p < 0,05$ ). In Zone 1 beträgt dieser Rückgang etwa 18 % und in Zone 2 etwa 12 %.

Dieser Rückgang kann darauf zurückgehen, dass der Rasen bei beiden Behandlungen aufgestellt wird, wodurch dem rollenden Ball ein höherer Widerstand entgegengesetzt wird.

Im Folgenden wird das Verhalten beider Spielfelder getrennt analysiert und die Durchschnittswerte werden in der folgenden Tabelle dargestellt. Stark von den anderen abweichende Ergebnisse sind markiert.

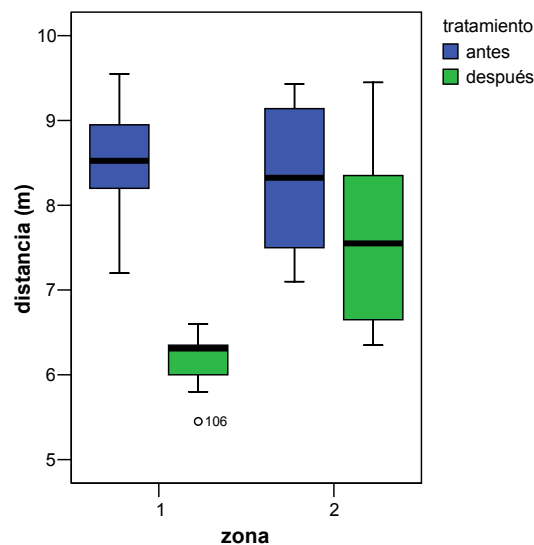


PROY05/0143

Tabelle 6. Durchschnittswerte der zurückgelegten Distanz eines rollenden Balls.

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	9,070	7,467	8,942	7,892
Marxalenes	9,775	8,430	9,468	9,050
Mutxamel	8,530	6,189	8,305	7,670
Paterna	8,905	7,782	9,000	7,535

Nach einer Analyse der Modifikationen der Eigenschaften auf jedem der untersuchten Sportplätze ist festzustellen, dass es in den Fällen Marxalenes und Mutxamel in den mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zonen 1 zu erheblichen Unterschieden bei der Ballreflexion gekommen ist und die Distanzverringerung auf dem Platz in Marxalenes 14 % beträgt und auf dem in Mutxamel ca. 27,5 %. Auch auf dem Spielfeld in Paterna führen beide Behandlungen zu erheblichen Unterschieden.



*Distancia rodadura:* Ballreflexion (in m), *Tratamiento:* Behandlung *Antes:* vorher, *Después:* nachher, *Zone:* Zone

Abb. 13. Entwicklung der Ballreflexion in beiden Zonen (Mutxamel)



**3.1.3.- Ergebnisse aus der Messung der Aufprallabsorption.**

Der Aufprallabsorptionstest führt zu zweierlei Ergebnissen: einerseits in Bezug auf den durch den Platz erwirkten Kraftabbau (Parameter, der die Kapazität der Aufprallabsorption des Spielfelds misst und folglich ein Indiz der Schutzfunktion der Spielfeldoberfläche ist) und andererseits in Bezug auf die vertikale Standardverformung (d.h. die mechanische Wechselwirkung des Sportlers mit dem Spielfeld). Es müssen also die Effekte der Behandlungen auf beide Parameter untersucht werden. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass diese Test sowohl mit als auch ohne Stollenschuhen durchgeführt wurden.

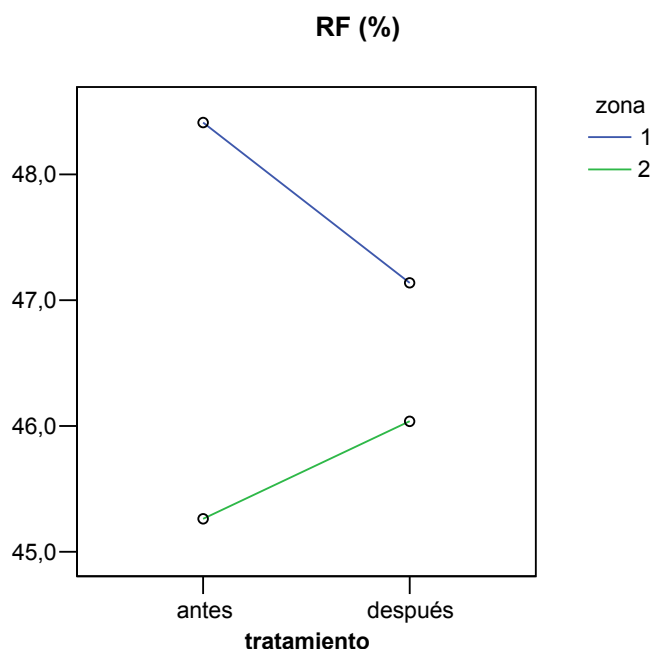
Wie bereits oben beschrieben wurde, werden zunächst die Werte beim ersten Aufprall angezeigt und im Weiteren die Ergebnisse des zweiten und dritten Aufpralls zusammen.

**KRAFTABBAU ERSTER AUFPRALL OHNE STOLLENSCHUHE**

Die folgende Tabelle zeigt die Durchschnittswerte der Messung dieses Parameter an.

Tabelle 7. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) ohne Stollenschuhe in beiden Zonen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	48,4	45,2
Nachher	47,1	46,0



*RF (%)*: Kraftabbau (in %), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

Abb. 14. Durchschnittswerte des Kraftabbaus in beiden Zonen ohne Stollenschuhe.



PROY05/0143

Obige Grafik stellt die Durchschnittswerte des Kraftabbaus beim ersten Aufprall dar. In keinen der beiden Fälle kann von erheblichen Unterschieden zwischen den vor und nach der Wartung erhaltenen Ergebnissen gesprochen werden ( $p < 0,05$ ). In Zone 1 zeigt der Vergleich vor und nach der Wartung einen geringen Abfall der Durchschnittsparameter auf, auch wenn zu berücksichtigen ist, dass der Kraftabbau bei lediglich 1 % liegt. In Zone 2 zeigt sich ein gegenteiliges Verhalten, auch wenn wie in Zone 1 die Durchschnittswerte bei lediglich 1 % liegen. In keinem Fall sind die Verhaltensunterschiede von Bedeutung.

Im Folgenden wird das Verhalten bei beiden Spielfeldern getrennt analysiert und die Durchschnittswerte in der folgenden Tabelle dargestellt. Stark von den anderen abweichende Ergebnisse sind markiert.

Tabelle 8. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) erster Aufprall ohne Stollenschuhe.

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	48,4	47,1	45,2	46,0
Marxalenes	54,5	47,5	58,9	60,3
Mutxamel	45,2	47,3	36,0	40,5
Paterna	45,4	46,7	45,3	42,0

Vorherige Untersuchungen haben gezeigt, dass der Faktor mit dem größten Einfluss auf die Aufprallabsorption die Menge des Gummifüllstoffes ist. Folglich könnte der beobachtete Rückgang des Kraftabbaus auf dem Platz in Marxalenes auf einen Rückgang der Dicke der Füllschicht während der Behandlung zurückzuführen sein.

Wie bereits dargestellt, erwirkt das durch die Behandlung erreichte Durchschnittsverhalten in beiden Zonen einen stärkeren Kraftabbau, auch wenn die Modifikation dieser Spielfeldeigenschaft lediglich im Fall der mit der Maschine CareMax bearbeiteten Zone 2 von Bedeutung ist (hier kommt es zu einem Anstieg von ca. 2,4 %).

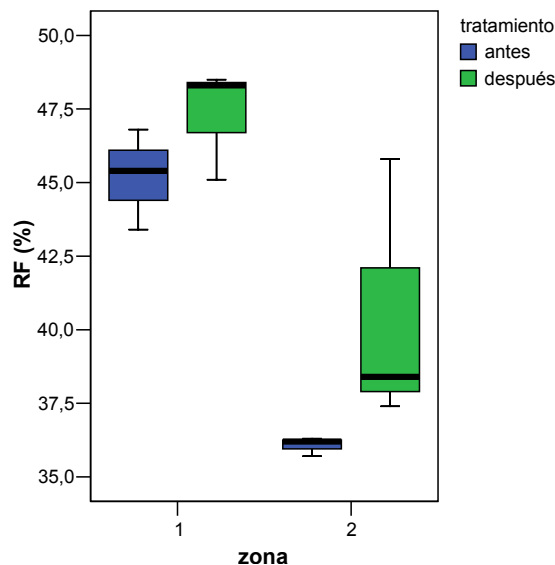


Abb. 15. Entwicklung des Kraftabbaus in beiden Zonen (Mutxamel)

*RF (%)*: Kraftabbau (in %), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

**VERTIKALE STANDARDVERFORMUNG OHNE STOLLENSCHUHE ERSTER AUFPRALL**

In Hinsicht auf die vertikale Standardverformung (Stv) sind die erhaltenen Durchschnittswerte folgende:

Tabelle 9. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (in mm) ohne Stolen in beiden Zonen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	4,65	5,40
Nachher	5,08	5,41

Die Grafik der Durchschnittswerte sieht folgendermaßen aus:

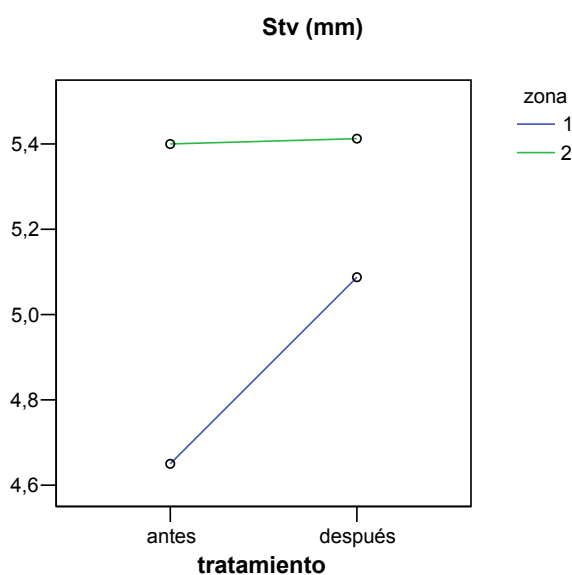


Abb. 16. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung ohne Stolen in beiden Zonen.

*Stv (mm)*: Stv (in mm), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

Auch in Hinsicht auf diese Parameter sind keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Werten vor und nach der Behandlung erkenntlich ( $p < 0,05$ ).

Nach Ansicht dieser Grafik ist offensichtlich, dass das durchschnittliche Verhalten der Spielfelder in den Zonen 2 keine Änderung der Durchschnittsparameter aufweisen. In den Zonen 1 der Spielfelder ist jedoch ein durchschnittlicher Anstieg der vertikalen Standardverformung von 0,5 mm ersichtlich.

Eine getrennte Analyse der Spielfelder ergibt folgende Tabelle:

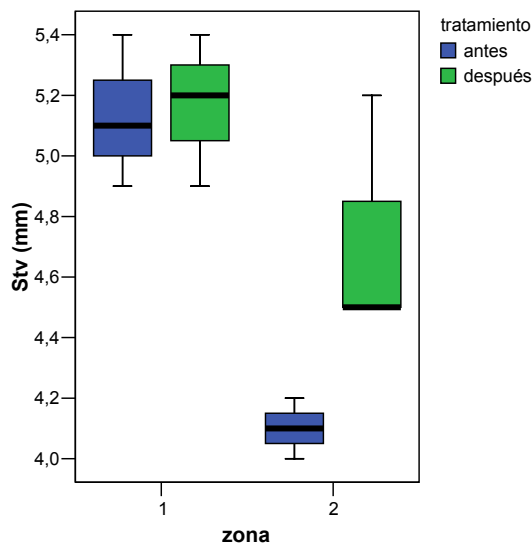


PROY05/0143

Tabelle 10. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (in mm) ohne Stolen erster Aufprall.

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	4,65	5,08	5,40	5,41
Marxalenes		6,75	9,15	7,80
Mutxamel	5,13	5,16	4,10	4,73
Paterna	4,16	3,90	4,20	4,50

Die durchgeführte Behandlung ergibt lediglich in der mit der Maschine CareMax bearbeiteten Zone 2 des Spielfelds Mutxamel Unterschiede von Bedeutung ( $p=0,058$ ).



*Stv (mm): Stv (in mm), Tratamiento: Behandlung Antes: vorher, Después: nachher, Zone: Zone*

Abb. 17. Entwicklung der Stv nach Bearbeitung beider Zonen (Mutxamel)

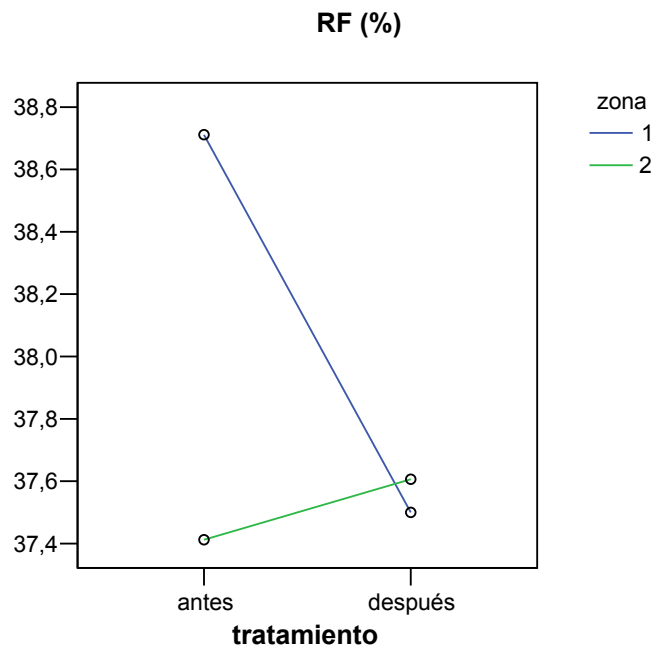
**KRAFTABBAU OHNE STOLLENSCHUHE ZWEITER UND DRITTER AUFPRALL**

Durchschnittswerte beim zweiten und dritten Aufprall ohne Stollenschuhe:

Tabelle 11. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) beim zweiten und dritten Aufprall.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	38,7	37,4
Nachher	37,5	37,6

In der folgenden Grafik sind die in der Tabelle wiedergegebenen Werte dargestellt:



*RF (%)*: Kraftabbau (in %), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

Abb. 18. Darstellung der Durchschnittswerte des Kraftabbaus beim zweiten und dritten Aufprall.

Die Grafik zeigt eine abfallende Tendenz des Kraftabbaus nach den Wartungsarbeiten in Zone 1. Dagegen ergibt die Varianzanalyse, dass die Unterschiede vor und nach den Wartungsarbeiten unbedeutend sind ( $p < 0,05$ ). Auch in Hinsicht auf Zone 2 ist festzustellen, dass die Unterschiede unbedeutend sind ( $p < 0,05$ ).

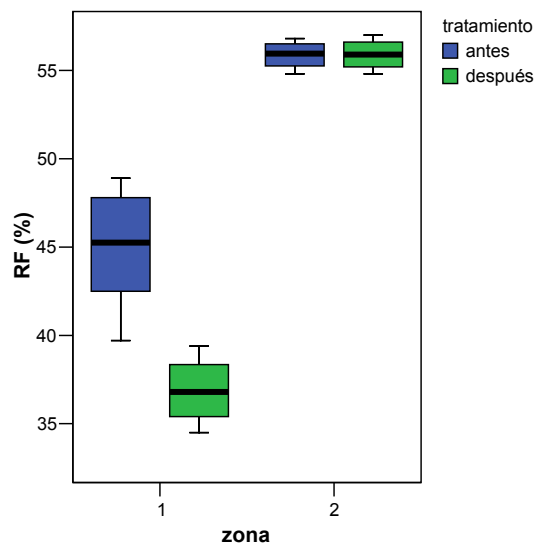


PROY05/0143

Wie auch schon oben wurden anschließend die Modifikationen der Eigenschaften eines jedes einzelnen Spielfelds untersucht.

Tabelle 12. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) des zweiten und dritten Aufpralls.

	<b>Zone 1</b>		<b>Zone 2</b>	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	38,7	37,5	37,4	37,6
Marxalenes	44,9	36,8	55,8	55,9
Mutxamel	37,4	38,5	30,2	32,8
Paterna	33,8	36,9	32,3	30,2



*RF (%)*: Kraftabbau (in %), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

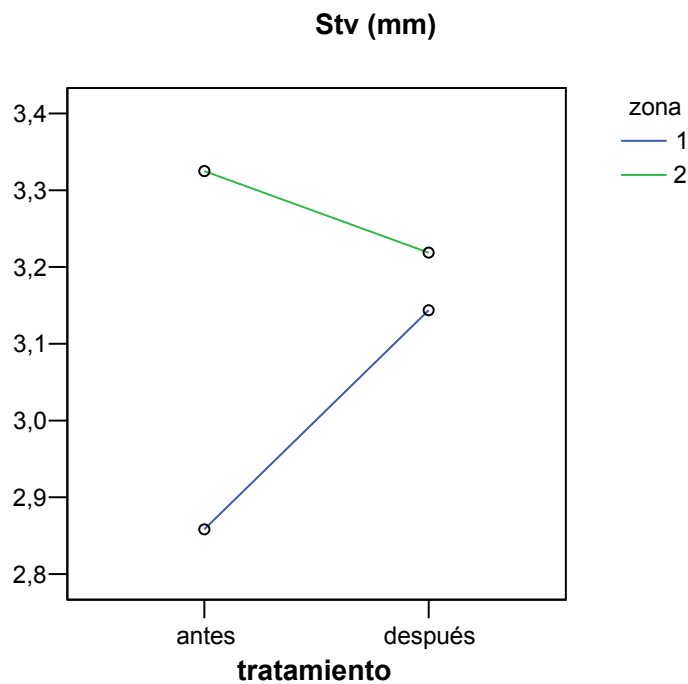
Abb. 19. Entwicklung des Kraftabbaus des zweiten und dritten Aufpralls in beiden Zonen (Marxalenes)

**VERTIKALE STANDARDVERFORMUNG OHNE STOLLENSCHUHE ZWEITER UND DRITTER AUFPRALL**

Es werden die Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (Stv) beim zweiten und dritten Aufprall wiedergegeben:

Tabelle 13. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (in mm) beim zweiten und dritten Aufprall.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	2,85	3,32
Nachher	3,14	3,21



*Stv (mm): Stv (in mm), Tratamiento: Behandlung Antes: vorher, Después: nachher, Zone: Zone*

Abb. 20. Darstellung der Durchschnittswerte der Stv (in mm) beim zweiten und dritten Aufprall.

Auch wenn grafisch Unterschiede erkennbar sind, sind diese in keinem Fall von Bedeutung ( $p < 0,05$ ).



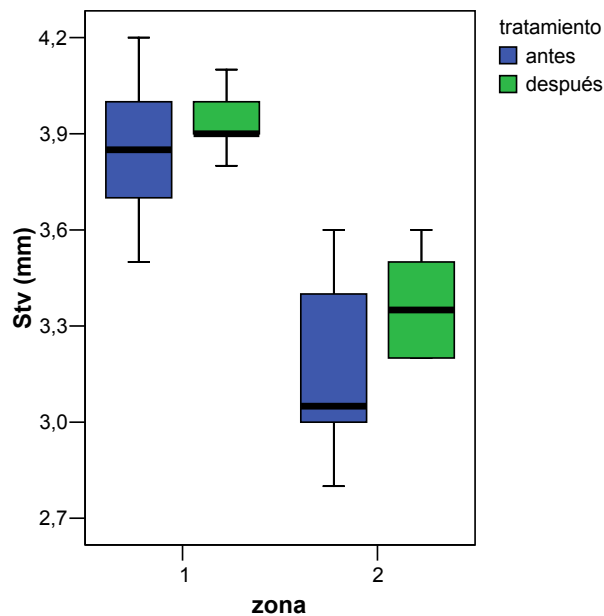
PROY05/0143

Ergebnisse eines jeden einzelnen Spielfelds:

Tabelle 14. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (in mm) beim zweiten und dritten Aufprall ohne Stollenschuhe.

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	2,85	3,14	3,32	3,21
Marxalenes		3,95	5,82	4,82
Mutxamel	3,85	3,93	3,15	3,36
Paterna	1,86	1,83	1,83	2,00

Wie an den markierten Ergebnissen erkennbar ist, haben sich nur in der mit der Maschine CareMax bearbeiteten Zone 2 auf dem Spielfeld in Marxalenes signifikante Verhaltensunterschiede ergeben.



Stv (mm): Stv (in mm), Tratamiento: Behandlung Antes: vorher, Después: nachher, Zone: Zone

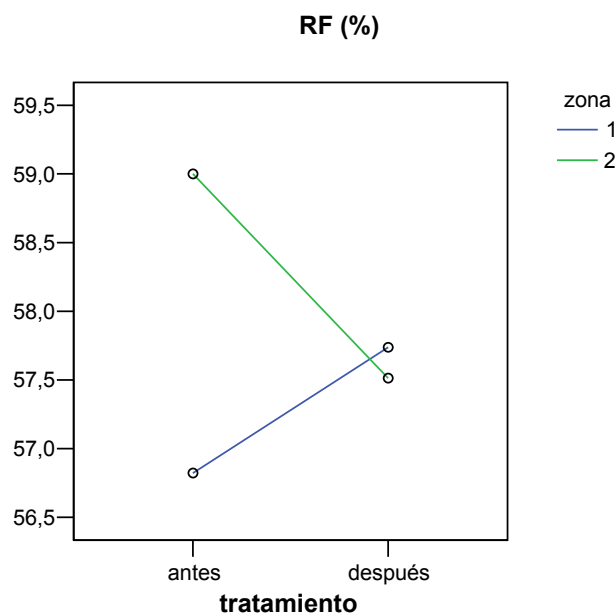
Abb. 21. Entwicklung der Stv beim zweiten und dritten Aufprall nach Bearbeitung beider Zonen (Mutxamel)

**KRAFTABBAU MIT STOLLENSCHUHEN ERSTER AUFPRALL.**

Die Durchschnittswerte der Ergebnisse werden in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 15. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) beim ersten Aufprall mit Stollenschuhen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	56,8	59,0
Nachher	57,7	57,5



*RF (%)*: Kraftabbau (in %), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

Abb. 22. Darstellung der Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) beim ersten Aufprall mit Stollenschuhen.

Auch wenn die Grafik für beide Zonen unterschiedliche Tendenzen aufweist, ist durch die Varianzanalyse erkennbar, dass die Unterschiede der Ergebnisse in beiden Zonen vor und nach den Wartungsarbeiten unerheblich sind ( $p < 0,05$ ).



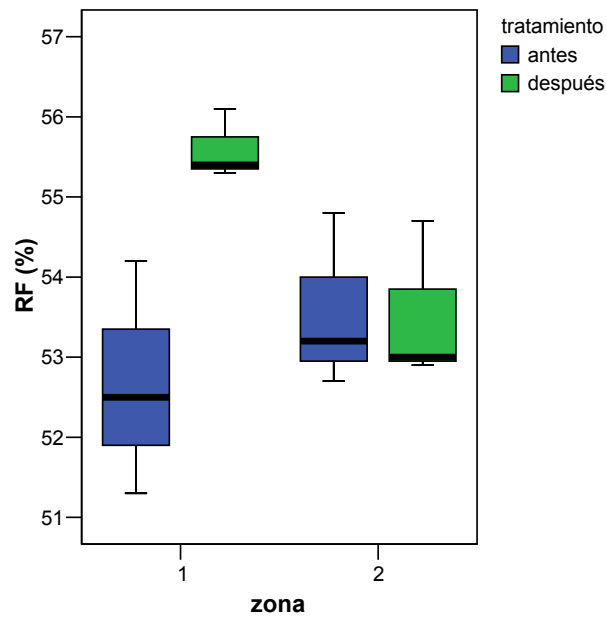
PROY05/0143

Eine getrennte Untersuchung der Spielfelder führt zu folgenden Ergebnissen:

Tabelle 16. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) erster Aufprall mit Stollenschuhen.

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	56,8	57,7	59,0	57,5
Marxalenes	55,9	53,7	64,6	62,6
Mutxamel	52,6	55,6	53,5	53,5
Paterna	61,8	60,6	60,6	58,1

Wie erkennbar ist, weist nur Zone 1 des Spielfelds in Mutxamel Unterschiede von Bedeutung auf.



RF (%): Kraftabbau (in %), Tratamiento: Behandlung Antes: vorher, Después: nachher, Zone: Zone

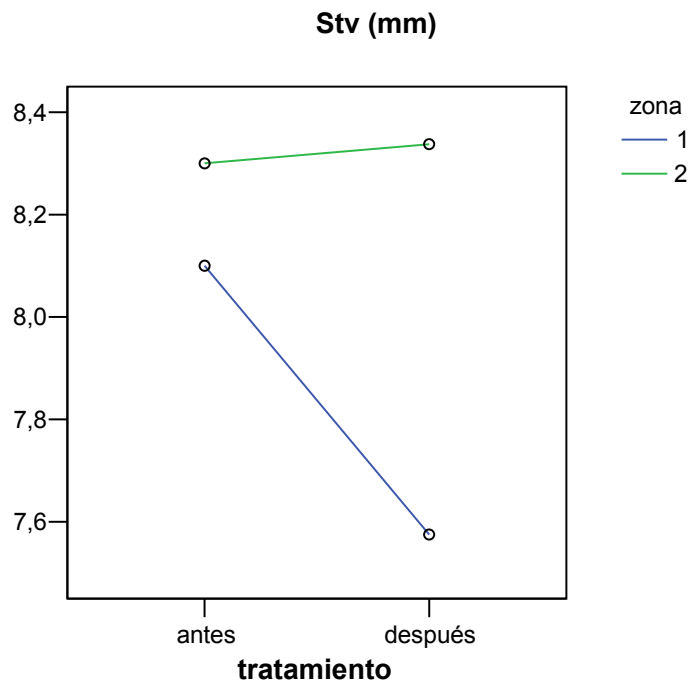
Abb. 23. Entwicklung des Kraftabbaus beim ersten Aufprall mit Stollenschuhen nach der Bearbeitung beider Zonen (Mutxamel)

**VERTIKALE STANDARDVERFORMUNG MIT STOLLENSCHUHEN ERSTER AUFPRALL.**

Im Folgenden werden die Ergebnisse der vertikalen Standardverformung wiedergegeben (erste Wiederholungen mit Stollenschuhen):

Tabelle 17. Durchschnittswerte der Stv (in mm) beim ersten Aufprall mit Stollenschuhen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	8,10	8,30
Nachher	7,57	8,33



*Stv (mm):* Stv (in mm), *Tratamiento:* Behandlung *Antes:* vorher, *Después:* nachher, *Zone:* Zone

Abb. 24. Darstellung der Durchschnittswerte der Stv (in mm) beim ersten Aufprall mit Stollenschuhen.

Die vertikale Standardverformung weist vor und nach der Behandlung der Zonen (bearbeitet mit SportChamp und CareMax) keine erheblichen Unterschiede auf ( $p < 0,05$ ).



PROY05/0143

Eine Analyse der einzelnen Spielfelder ergibt folgende Ergebnisse:

Tabelle 18. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (in mm) erster Aufprall mit Stollenschuhen.

	<b>Zone 1</b>		<b>Zone 2</b>	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	8,10	7,57	8,30	8,33
Marxalenes	7,73	8,35	13,00	10,90
Mutxamel	7,50	7,86	6,76	7,20
Paterna	9,06	6,76	6,70	7,73

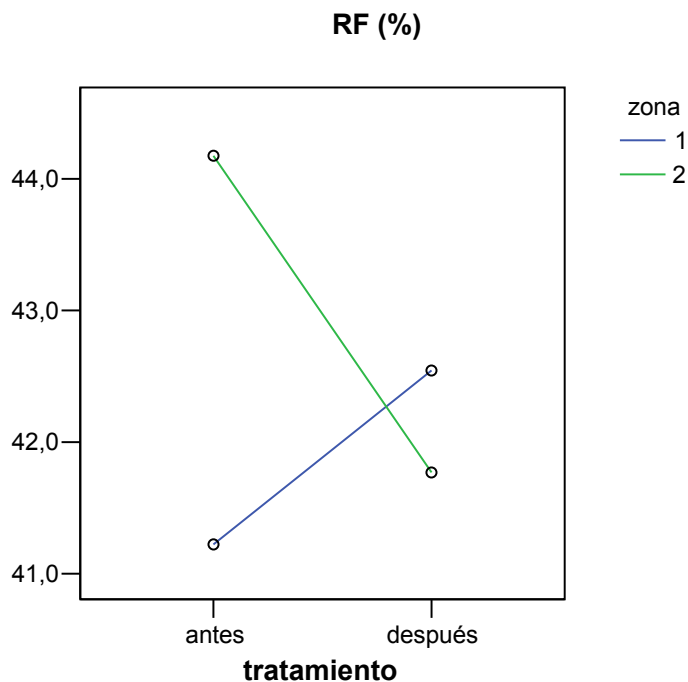
Wie erkennbar ist, weist das Verhalten in Zone 2 des Spielfelds in Marxalenes sowie in beiden Zonen des Spielfelds in Paterna Unterschiede auf.

**KRAFTABBAU MIT STOLLENSCHUHEN ZWEITER UND DRITTER AUFPRALL.**

Im Folgenden werden die Durchschnittswerte des Kraftabbaus und der vertikalen Standradverformung beim zweiten und dritten Aufprall angezeigt:

Tabelle 19. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	41,2	44,1
Nachher	42,5	41,7



*RF (%)*: Kraftabbau (in %), *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

Abb. 25. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen.

Dieser Parameter weist zwischen den Ergebnissen vor und nach der Behandlung keine Unterschiede von Bedeutung auf ( $p < 0,05$ ). Der für Zone 1 wiedergegebene Unterschied beträgt  $p = 0,434$  und der für Zone 2 liegt bei  $p = 0,381$ . Beide sind nicht von Bedeutung.



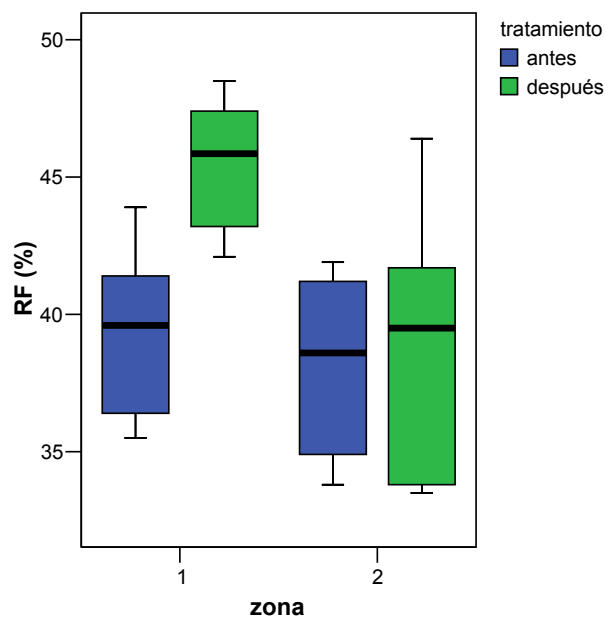
PROY05/0143

Die getrennte Analyse der Spielfelder ergibt folgende Ergebnisse:

Tabelle 20. Durchschnittswerte des Kraftabbaus (in %) zweiter und dritter Aufprall mit Stollenschuhen.

	Zone 1		Zone 2	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	41,2	42,5	44,1	41,7
Marxalenes	42,2	36,8	55,2	52,5
Mutxamel	39,4	45,4	38,1	39,0
Paterna	42,0	43,4	42,7	37,3

Wir erhalten Unterschiede von Bedeutung beim Verhalten in der mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zone 1 des Spielfelds in Mutxamel, wo ein 6 %iger Anstieg bzgl. des Ursprungswertes zu erkennen ist.



RF (%): Kraftabbau (in %), Tratamiento: Behandlung Antes: vorher, Después: nachher, Zone: Zone

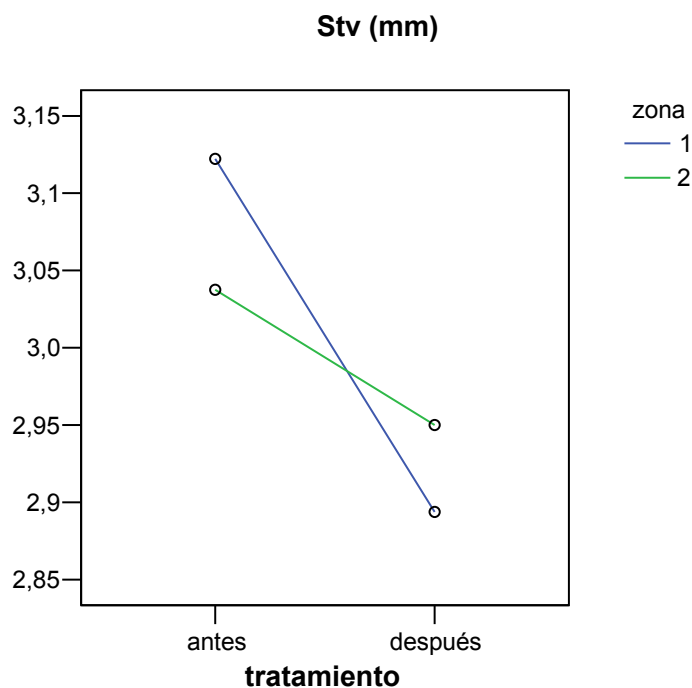
Abb. 26. Entwicklung des Kraftabbaus beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen nach der Bearbeitung beider Zonen (Mutxamel)

**VERTIKALE STANDARDVERFORMUNG MIT STOLLENSCHUHEN ZWEITER UND DRITTER AUFPRALL.**

Die vertikale Standardverformung beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen sieht folgendermaßen aus:

Tabelle 21. Durchschnittswerte der Stv (in mm) beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen.

	Zone 1	Zone 2
Vorher	3,12	3,03
Nachher	2,89	2,95



*Stv (mm):* Stv (in mm), *Tratamiento:* Behandlung *Antes:* vorher, *Después:* nachher, *Zone:* Zone

Abb. 27. Durchschnittswerte der Stv (in mm) beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen.

Auch hier sind in keiner Zone Unterschiede von Bedeutung zu erkennen ( $p < 0,05$ ).



PROY05/0143

Die getrennte Analyse der Spielfelder ergibt folgende Ergebnisse:

Tabelle 22. Durchschnittswerte der vertikalen Standardverformung (in mm) beim zweiten und dritten Aufprall mit Stollenschuhen.

	<b>Zone 1</b>		<b>Zone 2</b>	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	3,12	2,89	3,03	2,95
Marxalenes	3,18	2,80	5,40	4,20
Mutxamel	3,61	3,90	2,46	2,56
Paterna	2,56	1,90	2,03	2,50

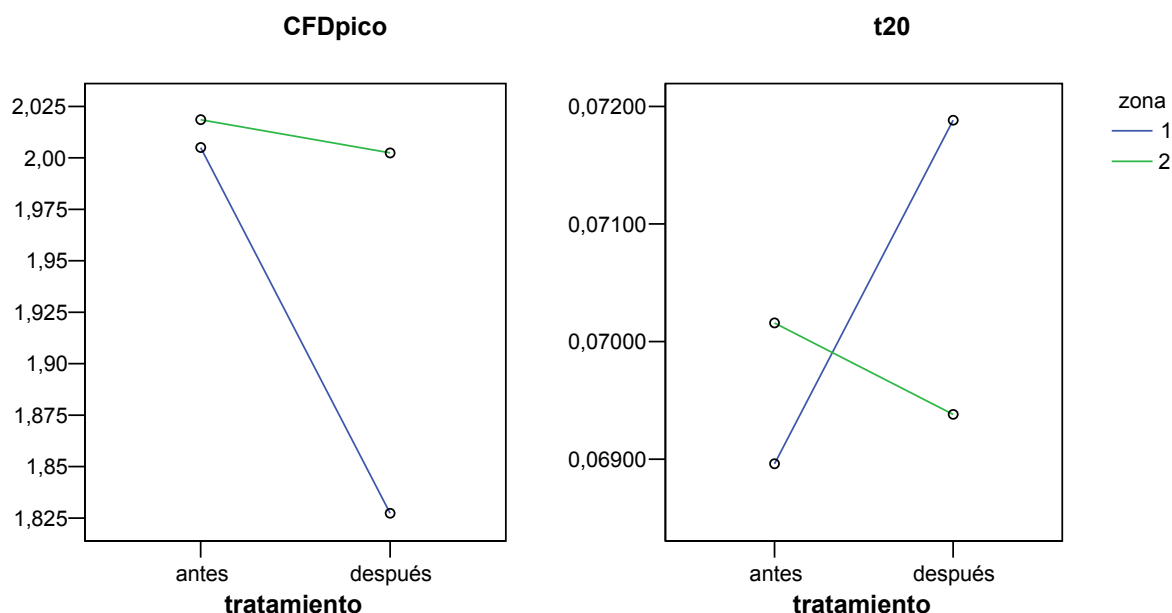
Die Behandlung der Zone 2 des Spielfelds in Marxalenes und beide Behandlungen des Spielfelds in Paterna führen zu erheblichen Unterschieden beim Verhalten der Plätze. Es muss darauf hingewiesen werden, dass das Verhalten der Plätze nach der Behandlung nicht einheitlich ist: So nimmt die Verformung auf dem Platz in Paterna in Zone 1 ab, während sie in Zone 2 zunimmt.

### 3.2. Ergebnisse aus der mechanischen Analyse basierend auf nicht normativen Tests

#### 3.2.1.- Ergebnisse aus der Messung des Längszugs.

Wie bereits oben dargestellt, liegt der Zweck des Längszugtests bei der Untersuchung der CFD-Spitzenwerte (höchster vom Spielfeld auszuhaltende Zug, bevor es zum Rutschen kommt) und t20 (Reaktionszeit des Spielfelds bei einem Stützwinkel von 20°). Ebenso wie bei den übrigen Parametern sollen hier die Auswirkungen der einzelnen Behandlungsarten untersucht werden.

Die folgenden Grafiken stellen den durchschnittlichen Wert des CFD-Spitze und d t20 vor und nach der Behandlung beider Zonen dar.



*CFDpico* : CFD-Spitze, *Tratamiento*: Behandlung *Antes*: vorher, *Después*: nachher, *Zone*: Zone

Abb. 28. Darstellung der Durchschnittswerte der CFD-Spitze und von t20 vor und nach der Behandlung aller Spielplätze.

In Hinsicht auf die Ergebnisse der CFD-Spitzenwerte ist hervorzuheben, dass ausgehend von ursprünglich ähnlichen Werten vor der Behandlung der Abfall nach der Behandlung in der mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zone 1 stärker ist als in Zone 2. Der Abfall der Parameter erscheint logisch, wenn bedacht wird, dass beide Behandlungen den Kunstrasen auflockern und der Fußballschuh folglich leichter rutscht. Auch der Anstieg von t20 oder der Reaktionszeit des Spielfelds bei einem Winkel von 20° ist auf diese Auflockerung zurückzuführen.



PROY05/0143

Im Folgenden finden Sie eine Tabelle mit den Durchschnittswerten der CFD-Spitze und t20 in jeder Zone vor und nach der Behandlung:

Tabelle 23. Durchschnittswerte des Längszugtests für beide Zonen.

	Zone 1		Zone 2	
	<b>CFD-Spitze</b>	<b>t20</b>	<b>CFD-Spitze</b>	<b>t20</b>
Vorher	2,00	0,06	2,01	0,07
Nachher	1,82	0,07	2,00	0,06

Hierbei sind bedeutende Unterschiede ( $p < 0,05$ ) bei der CFD-Spitze der mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zone 1 ( $p = 0,021$ ) festzustellen. Bei der CFD-Spitze der mit der Maschine CareMax bearbeiteten Zone 2 und der Reaktionszeit des Spielfelds bei einem Stützwinkel von  $20^\circ$  (t20) sind keiner Zone bedeutenden Unterschiede festzustellen (jeweils  $p < 0,05$ ).

Eine getrennte Analyse des Verhaltens auf jedem Spielfeld ergibt folgende Ergebnisse:

Tabelle 24. Durchschnittswerte CFD-Spitze.

	<b>Zone 1</b>		<b>Zone 2</b>	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	2,00	1,82	2,01	2,00
Marxalenes	1,90	1,69	1,92	2,07
Mutxamel	1,99	1,89	1,94	1,68
Paterna	2,08	1,90	2,15	2,25

Es ist festzustellen, dass es in Zone 2 des Platzes in Marxalenes zu erheblichen Unterschieden gekommen ist. In den übrigen Fällen sind die Unterschiede noch knapp unbedeutend. Insgesamt ist zu erkennen, dass die CFD-Spitze sinkt, was auf die durch die Wartungsarbeiten erwirkte Auflockerung des Spielfelds zurückzuführen ist.



Eine Analyse der t20-Variablen eines jeden Spielfelds ergibt Folgendes:

Tabelle 25. Durchschnittswerte t20 (sec.).

	<b>Zone 1</b>		<b>Zone 2</b>	
	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung	Vor der Behandlung	Nach der Behandlung
Gesamt	0,069	0,072	0,070	0,069
Marxalenes	0,075	0,077	0,074	0,067
Mutxamel	0,068	0,069	0,070	0,078
Paterna	0,066	0,069	0,067	0,063

Die Reaktionszeit nimmt auf dem Spielfeld von Paterna erheblich ab. In der mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zone 1 ist insgesamt ein Anstieg der Variablen t20 zu erkennen. Dies könnte auf die Auflockerung des Spielfelds nach der Behandlung zurückzuführen sein. Allerdings führt die Behandlung in Zone 2 auf jedem Spielfeld zu gegenteiligen Werten. Es ist darauf hinzuweisen, dass das Spielfeldverhalten und die Effekte der Wartungsarbeiten auf die ursprünglichen Eigenschaften von der analysierten Spielfeldart abhängen können.



PROY05/0143

### 3.3. Ergebnisauswertung der Schmutzstoffe

Zur Analyse der von jeder Maschine aufgesammelten Schmutzstoffe (SportChamp in Zone 1 und CareMax in Zone 2) wurde die Gesamtmenge der in beiden Zonen aufgesammelten feinen und groben Schmutzstoffe gewogen; danach wurde ein repräsentatives Muster von beiden Schmutzstoffarten entnommen und in dieser eine Trennung zwischen Abfall, Fibern und Auffüllmittel unternommen.

Auf dem Spielfeld von **Marxalenes** wurde eine Gesamtfläche von 654,45 m<sup>2</sup> bearbeitet; die folgenden Tabellen zeigen die nach Gewicht eingeteilten Mengen der feinen und groben Schmutzstoffe sowie den Prozentsatz an Abfall, Auffüllmittel und Fibern an:

	Feiner Schmutz (g)	% Müll	g/m <sup>2</sup> Müll	% Fiber	g/m <sup>2</sup> Fiber	% Füllstoff	g/m <sup>2</sup> Füllstoff
Zone 1	2245,4	0	0,000	12,37	0,025	87,63	0,175
Zone 2	3558,9	1,72	0,003	34,61	0,055	63,67	0,102

	Grober Schmutz (g)	% Müll	g/m <sup>2</sup> Müll	% Fiber	g/m <sup>2</sup> Fiber	% Füllstoff	g/m <sup>2</sup> Füllstoff
Zone 1	2044,9	0,49	0,001	17,57	0,049	81,94	0,230
Zone 2	1269,5	0,61	0,001	26,38	0,059	73,01	0,164

Auf dem Spielfeld von **Mutxamel** wurde eine Gesamtfläche von 650,00 m<sup>2</sup> bearbeitet und folgende Mengen an feinen und groben Schmutzstoffen eingesammelt:

	Feiner Schmutz (g)	% Müll	g/m <sup>2</sup> Müll	% Fiber	g/m <sup>2</sup> Fiber	% Füllstoff	g/m <sup>2</sup> Füllstoff
Zone 1	2281,5	0,94	0,005	13,99	0,070	85,07	0,430
Zone 2	1032,9	1,71	0,002	41,25	0,045	57,04	0,062

	Grober Schmutz (g)	% Müll	g/m <sup>2</sup> Müll	% Fiber	g/m <sup>2</sup> Fiber	% Füllstoff	g/m <sup>2</sup> Füllstoff
Zone 1	308	11,04	0,013	85,28	0,103	3,68	0,004
Zone 2	1154,5	5,89	0,014	30,43	0,070	63,68	0,146



Auf dem Spielfeld von **Paterna** wurde eine Gesamtfläche von 653,63 m<sup>2</sup> bearbeitet; die Menge der feinen und groben Schmutzstoffen werden in folgender Tabelle dargestellt:

	Feiner Schmutz (g)	% Müll	g/m <sup>2</sup> Müll	% Fiber	g/m <sup>2</sup> Fiber	% Füllstoff	g/m <sup>2</sup> Füllstoff
Zone 1	1784,7	1,80	0,009	4,91	0,026	93,29	0,491
Zone 2	630,2	0,00	0,000	100	0,960	0,00	0,000

	Grober Schmutz (g)	% Müll	g/m <sup>2</sup> Müll	% Fiber	g/m <sup>2</sup> Fiber	% Füllstoff	g/m <sup>2</sup> Füllstoff
Zone 1	97,4	2,45	0,003	33,21	0,039	64,34	0,076
Zone 2	681,8	6,57	0,012	18,98	0,960	74,45	0,140

Der Prozentsatz des von den Wartungsmaschinen entnommenen Füllstoffs ist so hoch, da das Gewicht des Füllstoffs über dem der Fiber liegt. Wenn die Werte des entnommenen Füllstoffs allerdings in g/m<sup>2</sup> betrachtet und einem Vergleichswert von 15 kg Füllstoff pro Quadratmeter Kunstrasen gegenübergestellt werden, ist zu erkennen, dass die Menge des entnommenen Füllstoffs praktisch unbedeutend ist.



PROY05/0143

## 4. ANALYSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

---

Ausgehend von den oben aufgeführten Ergebnissen können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1.- **Die Höhe vertikal aufspringender Bälle** nimmt in beiden Zonen, d.h. bei beiden Behandlungsarten, ab. Beide Behandlungsmethoden haben also den gleichen Effekt in Bezug auf diese Parameter. Dies ist auf die durch die Behandlung erwirkte Auflockerung des Gummis und das Aufstellen des Flors zurückzuführen, wodurch der Aufprall des Balles stärker abgedämpft wird und somit mehr Energie verliert. Es kann allerdings in keinem Fall von erheblichen Unterschieden gesprochen werden.

2.- Die Ergebnisse des **Ballreflexionstests** beweisen, dass die vom Ball zurückgelegte Entfernung nach der Behandlung beider Zonen geringer ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Maschinen den Rasenflor durchkämmt und aufstellt, wodurch es zu einem höheren Reibungswiderstand gegenüber dem Ball kommt und dieser gestoppt wird. In beiden Fällen sind zwischen den Werten vor und nach der Behandlung bedeutende Unterschiede feststellbar.

3.- Die von der FIFA Norm vorgesehenen Parameter beim **Aufprallabsorptionstest** sind der Kraftabbau und die vertikale Standardverformung beim zweiten und dritten Aufprall ohne Stollenschuhe. Hier kann beobachtet werden, dass in der mit der Maschine SportChamp bearbeiteten Zone 1 der Kraftabbau und die vertikale Standardverformung nach der Behandlung zunehmen. In der mit der Maschine CareMax bearbeiteten Zone 2 ergeben sich jedoch keine Änderungen vor und nach der Behandlung.

4.- Beim **Längszugtest** ist in Zone 1 (SportChamp) nach der Behandlung ein Abfall der CFD-Spitze mit erheblichen Unterschieden ( $p < 0,05$ ) sowie ein allerdings unbedeutender Anstieg von  $t_{20}$  zu erkennen. Dies ist auf die von den Wartungsarbeiten verursachte Auflockerung des Gummis und Aufstellung des Rasenflors zurückzuführen, da der sich dem Schuh entgegenstellende Reibungswiderstand geringer ist und der Schuh nicht so schnell blockiert. Er legt also auf Grund der Auflockerung vor dem Stillstand einen weiteren Weg zurück. Auch in Zone 2 (CareMax) fällt die CFD-Spitze, dieser Abfall ist aber von unbedeutendem Ausmaß; in Bezug auf  $t_{20}$  kann nicht von Unterschieden von Bedeutung vor und nach der Behandlung gesprochen werden.



Die im Folgenden dargestellte Tabelle stellt die Effekte der beiden Maschinen (SportChamp und CareMax) auf die Spielfeldfläche unter Berücksichtigung der Wechselbeziehung Ball-Spielfeld und Spieler-Spielfeld sowohl auf der horizontalen als auch auf der vertikalen Achse dar:

	SportChamp (Zone 1)	CareMax (Zone 2)
Wechselbeziehung Ball-Spielfeld	Vertikale Achse: Unbedeutende Abnahme der vertikalen Aufspringhöhe von Bällen.	Vertikale Achse: Unbedeutende Abnahme der vertikalen Aufspringhöhe von Bällen.
	Horizontale Achse: Abnahme der von einem Ball im Rollen zurückgelegten Entfernung. Es kommt zu erheblichen Unterschieden.	Horizontale Achse: Abnahme der von einem Ball im Rollen zurückgelegten Entfernung. Es kommt zu erheblichen Unterschieden.
Wechselbeziehung Spieler-Spielfeld	Vertikale Achse: Kraftabbau und vertikale Standardverformung beim zweiten und dritten Aufprall ohne Stollenschuh nehmen zu (von den FIFA-Richtlinien vorgesehene Parameter)	Vertikale Achse: Es zeigen sich keine Unterschiede in Bezug auf das Verhalten vor und nach der Behandlung (beim zweiten und dritten Aufprall ohne Stollenschuh, von den FIFA-Richtlinien vorgesehene Parameter)
	Horizontale Achse: Bedeutende Abnahme der CFD-Spitze nach der Behandlung; unbedeutender Anstieg von t20.	Horizontale Achse: Unbedeutende Abnahme der CFD-Spitze; es kann von keiner Variation von t20 nach der Behandlung gesprochen werden.

**5. Auswertung der Schmutzstoffe.** Bei der Auswertung der Schmutzstoffe ist zu beachten, dass die Struktur oder Typologie der Plätze je nach dem Füllstoff und der bei der Installation verwendeten Fiberart einen erheblichen Einfluss hat. Des Weiteren sind die Ergebnisse je nach dem bisherigen Gebrauch der verschiedenen Spielfelder zu analysieren und es ist unter Berücksichtigung der Nutzungsstunden, Spielertypen, der Spielfeldausrichtung usw. zu prüfen, ob die gesammelten Schmutzstoffe aus losen Fibern oder aus der Ansammlung von Müll bestehen. Andererseits muss bei der Analyse der Wartungsmaschinen deren tatsächliche Extraktionskapazität bekannt sein und die Absorptionspotenz sowie die Tiefe, in der der Füllstoff durchgekämmt wird, beachtet werden. Auf jeden Fall ist die extrahierte Schmutzmenge nicht unerheblich, auch wenn die Gummimenge pro Quadratmeter Spielfeld sehr gering ist.