SCIAMUS

SPORT und MANAGEMENT

Ausgabe 2/2025

www.sport-und-management.de

Impressum

Herausgeber
Prof. Dr. Frank Daumann
Prof. Dr. Benedikt Römmelt

Editorial Board
Prof. Dr. Gerd Nufer
Prof. Dr. André Bühler
Prof. Dr. Rainer Cherkeh

Reviewer Board
Prof. Dr. Markus Breuer
Prof. Dr. Michael Dinkel
Prof. Dr. Florian Follert
Prof. Dr. Eike Emrich*
Prof. Dr. Albert Galli
Jun.Prof. Freya Gassmann
Prof. Dr. Andreas Hebbel-Seeger
Prof. Dr. Gregor Hovemann
Prof. Dr. Gerhard Schewe

Editor-in-Chief
Julian Alexander Klöcker
E-Mail: redaktion@sciamus.de

Layout/ Design
Julian Alexander Klöcker

Verlag/ Publisher
Sciamus GmbH
Waldsteinweg 14
D-95182 Döhlau
E- Mail: redaktion@sciamus.de

Erscheinungsweise
Die Zeitschrift Sciamus – Sport und Management erscheint mehrmals jährlich; die Themenhefte erscheinen in unregelmäßigen Abständen.

Für Autoren/ Anzeigen
Wenn Sie Interesse an der Veröffentlichung eines eigenen Beitrages haben oder eine Anzeige schalten möchten, können Sie über die folgende Adresse Kontakt mit uns aufnehmen:

Sciamus GmbH
Waldsteinweg 14
D-95182 Döhlau
- Redaktion -

E-Mail: redaktion@sciamus.de

ISSN
1869-8247
Ausgabe 2/2025
© 2010 - 2025 Sciamus GmbH, Döhlau

Copyright
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig. Der Nachdruck sowie die Übersetzung und andere Verwertungen sind nur mit ausdrücklicher Genehmigung der Redaktion und des Verlages unter Angabe der Quellen gestattet.

Elektronische Volltexte
www.sport-und-management.de

Inhaltsverzeichnis

Julian Alexander Klöcker, Verena Schürer & Frank Daumann **Sind manche Formel-1-Rennställe auf bestimmten Strecken überlegen?**	1

Sind manche Formel-1-Rennställe auf bestimmten Strecken überlegen?

Julian Alexander Klöcker, Verena Schürer, Frank Daumann

Abstract

In der Formel 1 spielt die Streckencharakteristik für die Leistung der Rennställe eine wesentliche Rolle. In dieser Studie wird analysiert, ob bestimmte Rennställe auf speziellen Streckentypen eine bessere Performance aufweisen. Obgleich bestimmte Streckentypen von einigen Rennställen scheinbar bevorzugt werden, zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung, dass es keine signifikante Korrelation zwischen der Performance eines Teams und dem Streckentyp gibt. Diese Erkenntnisse bieten wertvolle Anknüpfungspunkte für zukünftige strategische Entscheidungen in der Fahrzeugentwicklung und Teamstrategie, sondern ermöglichen es auch, durch eine gezielte Auswahl der Strecken die Ausgeglichenheit des Wettbewerbs zu erhöhen.

Schlüsselwörter: Formel 1, Performanceanalyse, Kategorisierung, kompetitive Balance

1. Einleitung

„Ich bin ein Künstler. Die Strecke ist meine Leinwand und mein Auto der Pinsel."

— Graham Hill, Formel-1-Weltmeister —

Wie Graham Hill hervorhebt, ist neben dem Talent und den Fähigkeiten des Fahrers als Künstler, das Auto als Pinsel entscheidend für die Performance eines Rennstalls. Die Rennstrecke als Leinwand gibt die Bedingungen und Herausforderungen eines Motorsportrennens vor. Mit ihrem Layout beeinflusst sie die technischen und strategischen Entscheidungen des Motorsports. Die Charakteristik einer Rennstrecke ist durch Höhenunterschiede, kurze und lange Geraden, enge Haarnadelkurven oder schnelle Highspeed-S-Kurven gekennzeichnet. Diese reihen sich in einer individuellen Art aneinander, was die Rennställe vor die Herausforderung stellt, ein Fahrzeug zu entwickeln, welches über alle Strecken hinweg konkurrenzfähig ist. Stadtkurse wie der in Monaco sind von engen Kurven, kurzen Beschleunigungsphasen und damit einhergehend einer geringeren Maximalgeschwindigkeit geprägt. Sie verlangen eine optimale aerodynamische Abstimmung. Dem Gegenüber erfordern sogenannte Highspeed-Strecken wie der in Monza ein Fahrzeug, das auf maximale Höchstgeschwindigkeiten auf den langen Geraden und schnellen Kurven optimiert ist. Die Motorleistung wird auf jenen Strecken zur entscheidenden Komponente. In

Anlehnung an das Zitat von Graham Hill wird sodann deutlich: Nicht jeder Pinselstrich passt auf jede Leinwand. Nicht jedes Fahrzeug-Setup ist für jede Streckenführung geeignet.

Vor diesem Hintergrund soll im vorliegenden Beitrag die Frage, ob und in welcher Art und Weise Rennställe auf bestimmten Streckenführungen besser sind, beantwortet werden. Dabei ist „besser" nicht nur als Erzielen von Siegen als Bemessungsgrundlage des Erfolgs, sondern auch im Kontext einer Gesamtbewertung der relativen Leistungsfähigkeit der einzelnen Rennställe zu interpretieren. Das Erfahrungsobjekt ist dabei die Formel 1. Diese Rennserie gilt als technologisch fortschrittlichste und international bedeutendste Disziplin des Motorsports, in der jegliche Entscheidungen auf Grundlage präzisester Berechnungen und Modelle getroffen werden. Die Formel 1 ist Vorreiter und Vorbild auf allen technischen und strategischen Gebieten für alle anderen Motorsportklassen.[1]

2. Stand der Forschung und Implikationen für die Forschungsfrage

Im Bereich der Formel 1 adressiert die sportökonomische Forschung im Wesentlichen zwei Bereiche: Neben den Faktoren des sportlichen Erfolgs auf Ebene des Rennstalls werden Aspekte des sportlichen Wettbewerbs untersucht.

Die Analyse der Erfolgsfaktoren fokussiert neben dem Fahrer auf die Fahrzeugkonstrukteure, die Fahrzeugtechnologie, die Startposition, optimale Boxenstopp-Strategien, das Lernen des Fahrers, die Erfahrung der Rennställe und deren eingesetzten Business-Modelle. So versuchen Bell et al. (2016) anhand von Random-Coefficient-Modellen den besten Fahrer aller Zeiten, bedingt auf den Rennstall, zu schätzen.[2] Piquero et al. (2021) verwenden eine Gruppenbasierte Trajektorienmodellierung, um verschiedene Gruppen von Fahrern anhand der gesammelten Punkte zu identifizieren.[3] In ihrer Untersuchung der Saisons 2014-2021 mit Hilfe einer Bayes'schen mehrstufigen Logit-Regression für ranggeordnete Daten trennen Van Kesteren & Bergkam (2023) den Einfluss des Könnens des Fahrers und den der Konstrukteure auf den sportlichen Erfolg.[4] Taniya & Amal (2025) setzen Modelle des maschinellen Lernens wie Random Forest, Entscheidungsbäume, logistische Regression und Large Language Model from Meta AI (LLaMA) ein, um die Qualität der Konstrukteure in Formel-1-Rennen zu identifizieren.[5] Mit Hilfe eines kombinierten Feasible Generalized Least Squares (FGLS)-Regressionsmodell mit festen Effekten schätzen Rockerbie & Easton (2022) den Einfluss der Fahrerfähigkeiten und der Fahrzeugtechnologie auf den

[1] Vgl. Trzesniowski (2017).
[2] Vgl. Bell et al. (2016).
[3] Vgl. Piquero et al. (2021).
[4] Vgl. Van Kesteren & Bergkamp (2023).
[5] Vgl. Taniya & Amal (2025).

sportlichen Erfolg.[6] Eine Studie von Muehlbauer (2010) untersucht die Beziehung zwischen Startposition und Endplatzierung bei 70 Rennen, wobei eine starke Korrelation zwischen beiden belegt wird.[7] Aguad & Thraves (2024) modellieren die Entscheidung, ob ein Formel-1-Fahrer auf der Strecke bleiben oder einen Boxenstopp einlegen sollte, um eine der drei verfügbaren Reifenmischungen zu wechseln, mit Hille der Dynamischen Programmierung als rückgekoppeltes Nullsummen-Stackelberg-Spiel, bei dem in jeder Runde der Führende (Verfolger) als Erster (Zweiter) entscheidet.[8] In ihrer empirischen Analyse von 21.487 Beobachtungen von Fahrern in den Formel-1-Rennen von 1950 bis 2017 stellen Lapré & Cravey (2022) fest, dass Fahrer aus ihrem eigenen Erfolg, dem Erfolg ihrer Teamkollegen und den Fehlern ihres Autos, jedoch nicht aus ihren eigenen Niederlagen lernen.[9] Sánchez & Valera-Quintana (2025) analysieren die Formel-1-Saisons 2009-2019 mit Hilfe eines Mehrebenenmodells, um die Bedeutung der Erfahrung eines Formel-1-Teams für den sportlichen Erfolg herauszufinden. Dabei zeigt sich, dass die Teamerfahrung zu 18 % zum sportlichen Erfolg beiträgt.[10]

Aversa et al. (2015) führen eine qualitative Wettbewerbsanalyse der Formel-1-Rennställe durch. Dabei zeigt sich, dass insbesondere zwei Businessmodelle von Rennställen mit höherer Performance assoziiert sind: Jene Rennställe, die Technologie weitervertreiben und jene, die Nachwuchsfahrer ausbilden und weiterverkaufen.[11]

Im Rahmen der Aspekte des sportlichen Wettbewerbs werden Aspekte wie die kompetitive Balance und deren Einfluss auf die TV-Nachfrage, die Verteilung der Preisgelder sowie der Einfluss von Budgetobergrenzen thematisiert. So analysieren Judde et al. (2013) die Wettbewerbsbalance innerhalb der Formel 1. Dabei zeigt sich, dass Regulierungsänderungen einen signifikant positiven Einfluss auf die Meisterschaftsungewissheit haben, aber keine auf die Ungewissheit eines Rennens.[12] Ein anderer Untersuchungskomplex betrifft die Ergebnisungewissheit und deren Auswirkung auf die TV-Nachfrage.[13] So untersuchen z. B. Schreyer & Torgler (2018) den Einfluss der Ungewissheit über den Ausgang eines F1-Rennens auf die TV-Nachfrage nach F1-Rennen in Deutschland. Hierbei zeigt sich, dass die Nachfrage durch die Ungewissheit über den Ausgang des Rennens beeinflusst wird. Die Ungewissheit selbst ergibt sich durch die Leistungsunterschiede zwischen den Fahrern mit den besten Leistungen im Qualifying sowie durch zusätzliche Faktoren, die in erster Linie mit der Grand-Prix-Strecke und dem Zeitplan zusammenhängen. Petróczy & Casató (2021) entwickeln ein Modell zur Aufteilung der Preisgelder der Formel-1-Weltmeisterschaft auf die Konstrukteure,

[6] Vgl. Rockerbie & Easton (2022).
[7] Vgl. Muehlbauer (2010).
[8] Vgl. Aguad & Thraves (2024).
[9] Vgl. Lapré & Cravey (2022).
[10] Vgl. Sánchez & Valera-Quintana (2025).
[11] Vgl. Aversa et al. (2015).
[12] Vgl. Judde et al. (2013).
[13] Vgl. z.B. Schreyer & Torgler (2018); Kipker (2003).

das auf paarweisen Vergleichsmatrizen basiert und es ermöglicht, die Competitive Balance in den Rennen zu justieren.[14].

Insgesamt zeigt sich, dass die Forschung unterschiedlichste Aspekte von Leistungsdeterminanten auf Ebene der Rennställe und Einflussfaktoren auf Ebene des Wettbewerbs untersucht. Die Rolle der Fahrstrecken bleibt dabei jedoch gänzlich außen vor. Würde sich nun zeigen, dass die Strecken einen Einfluss auf die Leistung der einzelnen Rennställe haben und sich diese Auswirkungen zwischen den Rennställen unterscheiden, dann könnte über die Auswahl der Strecken die Ausgeglichenheit des Wettbewerbs, also die Competitive Balance maßgeblich beeinflusst werden. Mit anderen Worten: Es ließe sich durch eine zielführende Auswahl der Strecken die Ungewissheit über den Ausgang der einzelnen Rennen und damit auch der Meisterschaft erhöhen.

3. Hintergrund: Streckentypen

Die Charakteristik einer Strecke beeinflusst die Fahrzeugabstimmung sowie die Fahrweise und Teamstrategie vor und während eines Rennens. Nachfolgend werden drei Streckentypen anhand wesentlicher Merkmale erläutert, in welche die Strecken der Saisons 2022 bis 2024 im Zuge der Beantwortung der Forschungsfrage hier eingeteilt werden.

3.1 Technische Strecken

Der Große Preis von Monaco gilt als Paradebeispiel technischer Strecken. Die Streckenführung ist gekennzeichnet durch eine hohe Anzahl enger und langsamer Kurven sowie kurzer Geraden. Die kurzen Geraden führen zu einer ebenso verkürzten Beschleunigungsphase, was folglich die Bedeutung einer hohen auf Maximalgeschwindigkeit ausgelegten Motorenleistung verringert. Stattdessen sind die Stabilität und aerodynamische Ausrichtung eines Fahrzeuges entscheidend, um maximale Haftung und damit Höchstgeschwindigkeiten in den Kurven zu erreichen. Die hohe Kurvendichte und der geringere Vollgasanteil technischer Strecken stellen hohe Anforderungen an das Bremssystem und die Fahrwerkstechnik. Ein technisch anspruchsvolles Streckenlayout geht aufgrund der vielen abrupten Richtungs- und Geschwindigkeitswechsel häufig mit erhöhtem Brems- und Reifenverschleiß ein. Dies führt zum Haftungsverlust und Überhitzen der Reifen und des Motors, was vorzeitige Leistungseinbußen zur Folge hat. Das richtige Reifenmanagement durch den Fahrer und das Team sind entscheidend. Technische Strecken ermöglichen zudem wenig Überholmöglichkeiten.[15]

[14] Vgl. Petróczy & Casató (2021).
[15] Vgl. Holding (2021).

3.2 Highspeed-Strecken

Highspeed-Strecken zeichnen sich durch lange Geraden und weitläufige, schnell durchfahrbare Kurven aus. Die Belastung für den Motor und die Reifen ist auf Highspeed-Strecken aufgrund des hohen Vollgasanteils besonders hoch. Lange Distanzen mit maximaler Leistung führen schnell zu Überhitzung sowie Abnutzung der Reifen, weshalb ein robustes Fahrzeugsetup erforderlich ist. Die Bremsen spielen gleichzeitig eine untergeordnete Rolle, da weniger abrupte Verzögerungen nötig sind. Der GP von Italien in Monza sowie der GP von Großbritannien in Silverstone sind typische Beispiele für eine Highspeed-Strecke.[16]

3.3 Hybrid-Strecken

Hybrid-Strecken kombinieren Elemente von Highspeed- und technischen Strecken, wodurch sie eine vielseitige Herausforderung für Teams und Fahrer darstellen. Diese Strecken enthalten sowohl langen Geraden, die hohe Geschwindigkeiten erfordern, sowie engen, technische Kurvenabschnitte. Die Teams müssen daher eine Balance zwischen maximaler Haftung für eine schnelle Kurvendurchfahrt und maximale Motorenleistung für Höchstgeschwindigkeiten finden. Sowohl die Geschwindigkeit auf den Geraden als auch die Traktion in den Kurven muss für eine erfolgreiches Rennen gewährleistet werden. Der Streckenverlauf von Hybrid-Strecken stellt hohe Anforderungen an die Bremsen, Reifen und den Motor aufgrund der wechselnden Anforderungen. Die Belastungen für Fahrer und Fahrzeug sind im Vergleich zu Technischen und Highspeed-Strecken konstant und enthalten keine Extremwerte.[17]

4 Leistungsbeeinflussende Faktoren

4.1 Fahrerfähigkeiten und Teamstrategie

Der Erfolg eines Rennstalls wird maßgeblich durch die Fähigkeiten des Fahrers und des Teams beeinflusst. Ein erfahrener Fahrer kann nicht nur mit den extremen körperlichen Belastungen während eines Rennens besser umgehen, er zeichnet sich zudem durch präzises Fahrverhalten, schnelle Entscheidungsfindung und die Fähigkeit aus, sich an wechselnde Rennbedingungen anzupassen. Diese Eigenschaften sind ausschlaggebend für den Erfolg auf der Rennstrecke. Erfahrene Fahrer sind außerdem in der Lage effektiver mit dem technischen und strategischen Team zu kommunizieren. Dies optimiert die Fahrzeugabstimmung und -entwicklung, zeitgleich somit die Gesamtperformance des Rennstalls.[18] Eine effiziente und gut koordinierte Zusammenarbeit der Ingenieure, Mechaniker und Strategen ermöglicht schnellere Boxenstopps sowie bessere strategische Entscheidungen vor und während des Rennens. Ein eingespieltes und erfahrenes Team verschafft dem Rennstall einen langfristigen Vorteil hinsichtlich der

[16] Vgl. Holding (2021).
[17] Vgl. Holding (2021).
[18] Vgl. Flavio (2025).

kontinuierlichen Verbesserung der Fahrzeugtechnik. Die Wahl der richtigen Teammitglieder, sowohl in der Boxengasse als auch in der Strategieabteilung, hat somit einen direkten Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Rennstalls.[19]

4.2 Fahrzeugdynamik

Neben Team und Fahrer ist ein leistungsstarkes Fahrzeug ein entscheidender Faktor; ein Formel-1-Rennstall kann verschiedene Maßnahmen ergreifen, die nachfolgend erläutert werden. Außerdem soll der Zusammenhang zwischen Fahrzeugabstimmung und der verschiedenen Streckentypen verdeutlicht werden.

(i) Motorleistung: Der Motor ist ein zentraler Leistungsfaktor in der Formel 1 und beeinflusst maßgeblich die Wettbewerbsfähigkeit eines Rennstalls. Formel-1-Motoren sind Hybrid-Systeme, die aus einem Verbrennungsmotor und elektrischen Energierückgewinnungssystemen bestehen. Die Leistung des Motors entscheidet über die Höchstgeschwindigkeit und die Beschleunigung, während die Effizienz die Nutzung des begrenzten Kraftstoffs optimiert.[20] Die Effizienz der Energierückgewinnung hängt von der Bremstechnik des Fahrers ab. Zeitpunkt und Intensität des Bremsvorgangs bestimmen wie viel Energie gespeichert wird. Besonders auf Strecken mit langen Geraden, wie etwa in Monza oder Spa, ist eine präzise Energierückgewinnung von großer Bedeutung, um die zusätzliche Leistung in den Beschleunigungsphasen effektiv zu nutzen. Auf kurvigen Strecken mit kürzeren Geraden, wie beispielsweise in Singapur, ist der Vorteil der Energierückgewinnung weniger ausgeprägt.[21]

(ii) **Gewicht:** Das Gewicht eines Rennboliden ist ein weiterer Faktor, um die Gesamtperformance zu steigern. Je nach Streckenart bietet ein leichteres Fahrzeug Vorteile in der Handhabung, beim Beschleunigen und Bremsen. Auf technischen Strecken mit vielen Richtungswechseln verbessert ein reduziertes Fahrzeuggewicht vor allem die Agilität, damit das Einlenkverhalten und die Handhabung des Fahrzeuges für den Fahrer. Auf Highspeed-Strecken profitiert ein leichteres Fahrzeug vorwiegend von einem verbesserten Beschleunigungs- und Bremsverhalten. Allerdings kann eine zu starke Gewichtsreduktion die Stabilität des Fahrzeuges auf langen Geraden negativ beeinflussen. Rennställe, welche die optimale Balance zwischen Gewichtsreduktion und Stabilität finden, können sich hier einen Wettbewerbsvorteil erarbeiten.[22]

(iii) Reifenwahl und -management: Eine strategische und vorausschauende Reifenwahl sowie das sorgfältige Management der Reifen sind von essenzieller Bedeutung.[23] In der Formel 1 wird die Vorbereitung der Reifen für das Rennen durch die Regulierung des Reifendrucks und der Reifentemperatur vorgenommen. Der

[19] Vgl. Räcke (2020).
[20] Vgl. FIA (2024); Anderson (2021).
[21] Vgl. Piancastelli, Peli & Pezzuti (2018); Heißing, Ersoy & Gies (2011).
[22] Vgl. Frömming (2019); Székely & Ficzere (2017).
[23] Vgl. Hilgers (2016).

Fahrer versucht, die Reifen auf die für das Rennen ideale Temperatur zu bringen, um die maximale Haftung und Leistungsfähigkeit auszuschöpfen.

Durch einen reifenschonenden Fahrstil kann ein Fahrer den Verschleiß des Reifens hinauszögern und so seinem Team zu mehr taktischer Flexibilität hinsichtlich ihrer Rennstrategie verhelfen. Beansprucht der Fahrer den Reifen durch eine aggressive Fahrweise, häufige Bremsfehler oder das Überfahren der Streckenbegrenzung zu stark, führt dies dazu, dass der Reifen schneller verschleißt als berechnet.[24]

(iv) Aerodynamische Systeme: Diese sind streckenspezifisch für jedes Rennen neu anzupassen. Da jede der Streckenkategorien sich lediglich in der Anordnung und Häufigkeit von Kurven unterscheiden, muss für jede Strecke ein Zielkonflikt in der aerodynamischen Fahrwerkseinstellung zwischen Luftwiderstand und Abtrieb gelöst werden. Aerodynamische Systeme erhöhen den Anpressdruck des Fahrzeuges; vor allem in den Kurven technischer Strecken ist dies entscheidend für hohe Kurvengeschwindigkeiten und Herausbeschleunigung.[25]

5 Methodik

Die Untersuchung umfasst die Saisons 2022 bis 2024. Die Grenze ab dem Jahr 2022 ist hierbei dienlich, da ab jener Saison die Motorenentwicklung von der FIA bis 2025 eingefroren wurde.[26] Im ersten Schritt werden die in diesem Zeitraum befahrenen 25 Strecken nach einem Kategorisierungsschema in die jeweilige Streckentypen *Technisch, Hybrid, Highspeed* eingeordnet, um einen möglichen Zusammenhang zwischen der Teamleistung und den Strecken zu untersuchen.

Im zweiten Schritt wird dann für jede Streckenkategorie die Platzierungen der einzelnen Rennställe aggregiert und gerankt, was objektive Bewertung der Leistung gestattet. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die acht für die Untersuchung ausgewählten charakteristischen Merkmale, nach denen kategorisiert wird:

Merkmal	*Symbol*	*Erklärung*
Kurvenanzahl	K	Je höher der Wert, desto technischer ist die Strecke.
Kurvendichte (K/km)	KD	Je höher der Wert, desto technischer ist die Strecke.

[24] Vgl. Reis (2024); Heißing, Ersoy & Gies (2011).
[25] Vgl. Pütz & Sérne (2019). Die FIA regelt den Entwicklungsspielraum für die aerodynamische Systeme. Innerhalb der Vorschriften können die Ingenieure der Teams individuelle Lösungen entwickeln, um die bestmögliche Performance zu erzielen.
[26] Vgl. Formula1.com (2022). Begründet wurde die Einstellung mit der Senkung der Kosten.

Vollgasanteil (%)	$D_{Vollgas}$	Je niedriger der Wert, desto technischer ist die Strecke.
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	v_{max}	Je niedriger der Wert, desto technischer ist die Strecke.
Minimalgeschwindigkeit (km/h)	v_{min}	Je niedriger der Wert, desto technischer ist die Strecke.
Kurvenanzahl über 250 km/h	$K_{>250}$	Je niedriger der Wert, desto technischer ist die Strecke.
Kurvenanzahl unter 100 km/h	$K_{<100}$	Je höher der Wert, desto technischer ist die Strecke.
Durchschnittsgeschwindigkeit	v_{avg}	Je niedriger der Wert, desto technischer ist die Strecke.

Tabelle 1: Merkmale zur Klassifizierung einer Formel-1-Rennstrecke.

Die Indikatoren in Tabelle 1 wurden dem Motorsportmagazin *motorsport-total.com* entnommen. Die Quelle ist aufgrund ihrer Aktualität und Vollständigkeit gut geeignet und bietet detaillierte Informationen zu den technischen Anforderungen der verschiedenen Streckenlayouts an.[27] Zur Analyse der Leistung der Rennställe wird für jeden Fahrer die erzielte Platzierung eines Rennens erfasst. Dazu werden Daten von der offiziellen Webseite der Formel 1 erhoben.[28] Wurde ein Fahrer eines Teams disqualifiziert, ging die Platzierung des verbliebenen Fahrers folglich vollständig in die Teamleistung ein. In fünf Fällen kam es zum Ausscheiden beider Fahrer aus dem Rennen. Da dann für das Team keine Platzierung ermittelt werden kann, wird das Rennen für den betroffenen Rennstall mit dem letzten Platz gewertet. Dieses Vorgehen stellt die neutrale und unverzerrte Analyse der Wettbewerbsleistung sicher. Um den Zusammenhang zwischen Streckencharakteristik und Teamperformance zu untersuchen, wird eine statistische Datenanalyse durchgeführt. Diese unterteilt sich in zwei Schritte, die Streckenanalyse und die Performanceanalyse, die nachfolgend beschrieben werden. Zudem werden die Ergebnisse der einzelnen Schritte dargelegt.

[27] Vgl. motorsport-total.com (2025).
[28] Vgl. Formula1.com (2025).

6 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden sollen die Rennstrecken anhand ihrer charakteristischen Merkmale in die Kategorien $C_\alpha = (Technisch, Hybrid, Highspeed)$ eingeordnet werden.[29] Die Klassifizierung erfolgt anhand eines Mittelwertvergleichs, wie Tabelle 3 am Beispiel des *Bahrain International Circuit* veranschaulicht. Der Mittelwert μ gibt den Durchschnittswert der einzelnen Merkmale x über alle Strecken i des Untersuchungszeitraums an. Jedes Merkmal wird je nach Ausprägung streckenweise einer Kategorie zugewiesen. Der Mittelwert dient dabei als Referenzpunkt. Für die Merkmale gilt

$$K, KD, K_{<100} = \begin{cases} C_1, & wenn\ x_i > \mu \\ C_2, & wenn\ x_i = \mu \\ C_3, & wenn\ x_i < \mu \end{cases} \tag{1}$$

und

$$D_{Vollgas}, v_{max}, v_{min}, K_{>250}, v_{avg} = \begin{cases} C_1, & wenn\ x_i < \mu \\ C_2, & wenn\ x_i = \mu \\ C_3, & wenn\ x_i > \mu \end{cases} \tag{2}$$

Auf Basis von (1) und (2) erfolgt die finale Kategorisierung der Strecke gemäß der Mächtigkeit der Merkmale I={0,1,…,8}:

$0 \leqslant |I| \leqslant 2$: Die Strecke weist 0 bis 2 Merkmale der Menge I auf, welche als „Highspeed“ eingestuft werden und gilt daher als technische Strecke.

$3 \leqslant |I| \leqslant 5$: Die Strecke weist 3 bis 5 Merkmale der Menge I auf, welche als „Highspeed“ eingestuft werden und gilt daher als Hybrid-Strecke.

$6 \leqslant |I| \leqslant 8$: Die Strecke weist 6 bis 8 Merkmale der Menge I auf, welche als „Highspeed“ eingestuft werden und gilt daher als Highspeed-Strecke

Die Intervallgrenzen sind ohne Bezug zu bestehenden Klassifizierungen gewählt und ermöglichen eine objektive Einteilung der Strecken. Der Mittelwert als Referenzpunkt erlaubt eine objektive Bewertung anhand einer einheitlichen Skala und lässt eine einfache Handhabung der Daten ohne komplexere Modelle zu. Anhand des Bahrain International Circuit soll schemenhaft die Einordnung statuiert werden:

[29] α ist der Index der 3-Tupelkomponente.

x	K	KD	$D_{Vollgas}$	v_{max}	v_{min}	$K_{>250}$	$K_{<100}$	v_{avg}
μ	17	3,30	71,04	321,88	73,96	3	3	216,92
x_{BH}	15	2,77	75,00	315,00	65,00	1	3	210,38
C_i, i=	3	3	3	1	1	1	2	1

Tabelle 2: Klassifizierung des Bahrain International Circuit.

Wie Tabelle 2 zeigt, erhält die Rennstrecke in Bahrain für drei von acht Merkmalen die Einstufung C_3 und ist somit gemäß dem Intervall $I \in [0,2]$ als technische Strecke einzuordnen. Des Weiteren werden die restlichen Strecken der Saisons 2022 bis 2024 folgendermaßen klassifiziert:

C1: Austin, Baku, Mexiko-Stadt, Miami, Monaco , Singapur

C2: Spielberg, Sao Paulo, Manama, Montreal, Imola , Suzuka, Budapest, Zandvoort

C3: Doha, Abu Dhabi, Las Vegas, Silverstone, Dschidda, Melbourne, Schanghai, Spa, Barcelona, Monza , Le Castellet

Ersichtlich hieraus ist vorab, dass es mitnichten eine gleiche Verteilung der Streckentypen gibt, was einer Chancengleichheit widerspricht.Die Performanceanalyse der Rennställe basiert auf der vorherigen Kategorisierung der Rennstrecken und den erzielten Platzierungen der Fahrer in den einzelnen Rennen. Für jede Streckenkategorie werden die Platzierungen aggregiert und in Rangfolgen überführt, um eine systematische und vergleichbare Bewertung der Leistung zu ermöglichen. Die Analyse bezieht sich dabei ausschließlich auf die Punkte der Hauptrennen und schließt die Ergebnisse der Sprintrennen aus.[30] Für jede Streckenkategorie werden nun die Platzierungen P der Fahrer über alle die der Kategorie i zugehörigen Strecken aller Saisons summiert.

$$P(C)_t^{Team} = \sum_i \sum_j \sum_t P_{ijt} \tag{3}$$

mit der i-ten Kategorie und des j-ten Fahrers (im Normalfall also j=1,2). Um die relative Leistung innerhalb einer Streckenkategorie zu bestimmen, sollen nun die summierten Platzierungen in eine Rangfolge R überführt werden. Dabei wird der

[30] In Sprintrennen entfallen aufgrund der geringeren Renndistanz (1/3 der Grand-Prix-Länge) zentrale Aspekte der Rennstrategie (Reifenverschleiß, kein Pflichtboxenstopp).

Rennstall mit der niedrigsten summierten Platzierung als Rang 1 und das Team mit der höchsten summierten Platzierung als schwächstes Team (Rang 10) gewertet. Die Platzierungssummen spiegeln derweil das erbrachte Rennergebnis wider, wobei es plausibel erscheint, dieses auch als Surrogat für die Teamleistung bzgl. etwaiger strategischer Entscheidungen, überlegene Fahrerfähigkeiten oder schnelle Boxenstopps zu sehen. Die Wahl der summierten Platzierungen und Rangbildung als Maßstab zur Bewertung der Teamleistung basiert auf der Annahme, dass niedrigerer Platzierungen eine bessere Leistung implizieren.

	C_1	C_2	C_3
Aston Martin F1 Team	6	5	4
Alpine F1 Team	5	6	6
McLaren Racing	4	4	3
Mercedes F1 Team	3	2	2
Haas F1 Team	8	8	8
Red Bull Racing	1	1	1
Scuderia Ferrari	2	3	5
Stake F1 Team Kick Sauber	10	9	9
Visa Cash RB F1Team	7	7	7
Williams Racing	9	10	10

Tabelle 3: Rangplätze der Teams je Streckenkategorie, 2022-2024.

Tabelle 3 zeigt nun, dass sich die Rangplätze der einzelnen Rennställe zwischen den Kategorien nicht stark unterscheiden. Dennoch besteht eine Abhängigkeit zwischen der Leistung eines Rennstalls und den Streckentypen. Es zeigt sich, dass die mittlere absolute Distanz von Rangplätzen für C_1 und C_2 0,6 beträgt, während sie zwischen C_3 und C_2 0,4 beträgt, was darauf hinweist, dass Teams, welche auf Highspeed-Streckenstarke Leistungen erzielen, stärker auf hybriden Strecken sind, als jene Rennställe, die auf technischen Strecken besser sind. Nach der Analyse ist

festzuhalten, dass die Rangplatzierungen der zehn untersuchten Rennställe Muster über die verschiedenen Streckenkategorien hinweg aufzeigen, insbesondere für:

- Mercedes F1 Team war in den letzten drei Jahren das nach Red Bull Racing stärkste Team auf Highspeed-Strecken und hybriden Strecken, welche eine hohe Motorenleistung erfordern.
- Red Bull Racing war auf allen Streckentypen der dominierende Rennstall. Das Einfrieren der Motorenentwicklung ab 2022 tat sein Übriges dazu, weil Red Bull Racing seit langer Zeit das aerodynamisch am besten designte Auto hat.
- Scuderia Ferrari ist das Team mit der größten internen Abweichung zwischen Streckentypen gewesen. Auf technischen Strecken performte es deutlich besser als auf Highspeed-Strecken.

Des Weiteren wird eine Korrelationsanalyse zwischen den Platzierungssummen und den Streckentypen unternommen. Die Rennställe werden im 10-Tupel $P_q =$ (Aston Martin F1 Team, Alpine F1 Team, McLaren Racing, Mercedes F1 Team, Haas F1 Team, Red Bull Racing, Scuderia Ferrari, Stake F1 Team Kick Sauber, Visa Cash RB F1Team, Williams Racing) gelistet. Tabelle 4 zeigt die hauptsächlich interessierenden Korrelationen nullter Ordnung zwischen den 3 Streckentypen, den zehn Platzierungssummen der Teams und der Saison. Tabelle 5 weist die Korrelationen erster Ordnung $\rho_{C_\alpha P_q.t}$ mit auspartialisierter Saison auf; hiermit kann für die konfundierte Kovariate Saison kontrolliert werden, um eine mögliche Scheinkorrelation jener zu detektieren.

	q=1	q=2	q=3	q=4	q=5	q=6	q=7	q=8	q=9	q=10
C_α	-0,20	0,44	-0,22	-0,14	0,20	0,09	-0,04	0.15	-0,74	-0,41
Saison	-0,56	-0,15	0,815*	0,50	-0,44	0,30	-0,04	0,80**	0,00	-0,26

Tabelle 4: Rangkorrelation nach Kendall (0. Ordnung), eigene Berechnungen.

Signifikanzniveaus: * 5%; ** 1%

	q=1	q=2	q=3	q=4	q=5	q=6	q=7	q=8	q=9	q=10
C_α	-0,17	0,44	-0,38	-0,17	0,19	0,09	-0,03	0,24	-0,74	-0,39

Tabelle 5: Rangkorrelation nach Kendall (1. Ordnung), eigene Berechnungen.

Signifikanzniveaus: * 5%; ** 1%

Da die Rangplätze auf Highspeed-Strecken, Hybrid- und technischen Strecken nichtsignifikant korrelieren, muss die Gesamtleistungsfähigkeit eines Teams weitgehend als konstant betrachtet werden. Dies bedeutet, dass ein Team, das in einer Kategorie gut abschneidet, tendenziell auch auf anderen Strecken gut ist – und umgekehrt. Besonders deutlich zeigt sich dies bei Red Bull Racing und beim Mercedes F1 Team, die auf mehr oder weniger auf allen Streckentypen vorne liegen. Hingegen bleiben Williams Racing sowie Stake F1 Team Kick Sauber unabhängig von der Streckencharakteristik auf den letzten Plätzen. Partialisiert man die Saison heraus, ergeben sich nur geringe Abweichungen der Korrelationen erster Ordnung von den Korrelationen nullter Ordnung, was darauf schließen lässt, dass zumindest die konfundierende Variable Saison keine (insignifikante) Scheinkorrelation erzeugt.[31] Interessant hierbei sei zu erwähnen, dass die Saisons durchaus mit den Platzierungssummen signifikant korrelieren, wie u.a. bei Stake F1 Team Kick Sauber (0,8): Demnach korrelieren die Saisons mit zunehmenden Platzierungssummen, was eine Verschlechterung der Performance reflektiert.

7 Limitationen

Die Leistung eines Formel-1-Rennstalls wird von einer Vielzahl von Faktoren determiniert. Um den Einfluss der Streckencharakteristik isoliert zu untersuchen, nimmt die Untersuchung alle anderen Einflussgrößen, wie technische Entwicklungen, strategische Entscheidungen oder die unterschiedliche Fahrerqualität, als konstant an. Darüber hinaus wurde der Einfluss konfundierender Variablen, wie etwa Wetterbedingungen, Regeländerungen, strategische Entscheidungen während des Rennens, technische Updates oder Safety-Car-Phasen, nicht berücksichtigt; da nur die reine Performance (welche eben auch strategische Entscheidungen inkludiert) im Zusammenhang mit den Streckentypen gestellt werden sollte, ist der Ausschluss der o.g. konfundierten Variablen, welche partiell sowieso zufällig sind (z.B. Safety-Cars), durchaus gerechtfertigt. Ferner erleichtern diese Annahmen die Analyse, stellen jedoch eine methodische Vereinfachung dar, die die in der Realität komplexen Wechselwirkungen zwischen den leistungsbeeinflussenden Faktoren exkludiert. Eine genauere Analyse der unterschiedlichen Variablen differenzierter zu betrachtet, könnte zu veränderten Forschungsergebnissen führen. Darüber hinaus könnte eine detailliertere Erfassung zusätzlicher Variablen, die zur genaueren Charakterisierung der Streckeneigenschaften beitragen, könnte die Analyse verfeinern und zu einer differenzierten Klassifikation der Strecken führen.

Des Weiteren würde eine langfristigere Untersuchung zu einer erhöhten Aussagekraft beitragen. Aufgrund der regelmäßigen Regeländerungen durch die FIA, die darauf abzielen ein ausgeglicheneres Wettbewerbsumfeld zu schaffen, verändern die Rahmenbedingen jeder Saison. Die Wahl eines längeren

[31] Selbstredend können bei einer Datenmenge von N=6 pro Team keine belastbaren Schlussfolgerungen gezogen werden.

Beobachtungszeitraums könnte so die Vergleichbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen. Auch praktische Einschränkungen beeinflussen die Validität der Forschungsergebnisse; die Untersuchung basiert auf öffentlich zugänglichen Datenquellen, deren Genauigkeit und Vollständigkeit als vertrauenswürdig angenommen werden. Eine umfassendere Analyse mit Zugang zu teaminternen Daten und detaillierten Informationen zu technischen Unterschieden und Spezifikationen der Fahrzeuge würden selbstredend zu präziseren, allgemeingültigeren Aussagen führen, waren im Rahmen dieser Analyse jedoch nicht realisierbar.

Eine weitere Einschränkung der Untersuchung liegt in der begrenzten theoretischen Grundlage. Die begrenzte Anzahl vorhandener Quellen und das Fehlen vorheriger Studien, welche sich dem Thema der vorliegenden Arbeit nähern, erschwert die Einordnung der Ergebnisse in einen bestehenden Forschungskontext. Die mangelnde wissenschaftliche Vorarbeit führte dazu, dass die Untersuchung überwiegend auf empirischen Daten und einer eigenständigen Herangehensweise basiert. Während dies innovative Ergebnisse liefern kann, bedeutet es gleichzeitig, dass keine etablierten Modelle oder vergleichbare Studien herangezogen werden konnten.

8 Fazit

Ziel dieser Studie war die Analyse des Zusammenhangs zwischen den Streckencharakteristika und der Performance der Formel-1-Rennställe. Nach der Definition der Streckentypen und theoretischen Betrachtung leistungsbeeinflussender Faktoren, wurde eine quantitative Datenanalyse durchgeführt. Diese diente der Identifikation von Strecken mit gleicher Charakteristik zur anschließenden Klassifizierung. Anschließend wurden Leistungsunterschiede innerhalb der Kategorien untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Rangplätze der Rennställe nicht signifikant mit den Streckentypen korrelieren, die Fahrzeuge bzw. Fahrer der Rennställe jedoch bestimmte Streckentypen bevorzugen. Zumindest für die Jahre 2022 bis 2024 lässt sich folgern, dass die Performance eines Rennstalls maßgeblich von der generellen Stärke des Teams abhängt und nicht durch bestimmte Streckenanforderungen substanziell beeinflusst wird. Für weiterführende Forschungen ist es notwendig, die gewonnen Erkenntnisse der Arbeit durch längere Zeithorizonte und Daten aus weiteren Saisons zu ergänzen. Ein erweitertes Spektrum an Strecken und Platzierungen würde dazu beitragen, die Wechselwirkung zwischen den Streckencharakteristiken und der Perfomance besser zu verstehen. Die detailliertere Analyse zusätzlicher Variablen ist notwendig, um strategische Entscheidungen noch präziser abzustimmen. Ein zusätzlicher Ansatz für zukünftige Forschungen könnte sein, die Ergebnisse der Arbeit mit praktischen Erfahrungen aus der Fahrzeugentwicklung und dem Teammanagement zu verbinden. Dies könnte zur weiteren Optimierung der strategischen Entscheidungen der Rennställe in Planung und Fahrzeugoptimierung beitragen.

Sowohl Veranstaltern, teilnehmenden Rennställen sowie Stakeholdern der Formel 1 bieten die Resultate sportliche als auch kommerzielle Erkenntnisse. Einerseits unterstreicht die Untersuchung, dass die Streckencharakteristik einen Einfluss auf die Team-Performance hat. Dieses Wissen könnte die FIA dazu nutzen, die Wettbewerbsbalance gezielter zu fördern; so enthielt die Saison 2024 elf Highspeed-Strecken, neun technische Kurse und vier hybride Strecken. Im Hinblick auf die Aufnahme zusätzlicher Rennstrecken in den Rennkalender sollte bei der Rennkalenderplanung gezielt darauf geachtet werden, verschiedene Streckentypen (technisch, Highspeed, Hybrid) gleichmäßig über die Saison zu verteilen und Rennen mit hohem Überholpotenzial womöglich in Phasen mit enger Meisterschaftsführung zu platzieren. Eine regelmäßige Analyse der Zuschauerquoten nach Streckentyp und Saisonphase als Steuerungsinstrument wäre allerdings vorauszusetzen. Allgemein zeigt sich, dass über eine gezielte Auswahl der Strecken die Ungewissheit über den Ausgang der Rennen und damit der Spannungsgrad erhöht werden kann. So führte beispielsweise eine gleichverteilte Streckenauswahl dazu, dass jeder Rennstall auf seinem bevorzugten Streckentyp die gleiche Punktzahl erzielen kann. Dies implizierte natürlich, dass die Veranstalter gewillt sind, das Instrument der Streckenauswahl bewusst einzusetzen, zumal dies einen Bruch mit der Tradition bedeuten würde. Hinsichtlich des Sponsorings kann geschlussfolgert werden, dass eine gleichverteilte Streckenauswahl die kompetitive Balance steigert, darüber hinaus der induzierte erhöhte Spannungsgrad die Werbeeinnahmen deutlich steigern würde: Saisons mit offenem Titelkampf, wie zuletzt 2021, verzeichnen signifikant höhere Interaktionen auf digitalen Plattformen und generell höhere mediale Präsenz, was die Formel 1 befähigt, Einnahmen durch Sponsoring oder Werbung zu steigern.[32]

[32] Nielsen Sports (2022).

Zu den Autoren	
	Julian Alexander Klöcker ist Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Sportökonomie und Gesundheitsökonomie. Der Wirtschaftswissenschaftler befasst sich in seiner Forschung insbesondere mit der Modellierung internationalen sportlichen Erfolgs sowie sozio-ökonomischen und demografischen Fragen zur Sportausübung. Kontakt: Friedrich-Schiller-Universität Jena Lehrstuhl für Sport- und Gesundheitsökonomie Seidelstraße 20 07749 Jena E-Mail: julian.kloecker@uni-jena.de
	Verena Schürer absolvierte an der Friedrich-Schiller-Universität Jena den Studiengang Sportmanagement B.A.
	Prof. Dr. Frank Daumann lehrt und forscht in den Bereichen Sportökonomie und Gesundheitsökonomie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Er ist u.a. Mitglied im Verein für Socialpolitik, in der American Economic Association und im Arbeitskreis Sportökonomie. Kontakt: Friedrich-Schiller-Universität Jena Lehrstuhl für Sport- und Gesundheitsökonomie Seidelstraße 20 07749 Jena Deutschland E-Mail: frank.daumann@uni-jena.de

Literatur

Aguad, F. & Thraves, C. (2024). Optimizing pit stop strategies in Formula 1 with dynamic programming and game theory. European Journal of Operational Research, 319(3), 908–919.

Anderson, J. (2021). Engineering Performance in Motorsport. London: Motorsport Analytics.

Aversa, P., Santi, P. & Haefliger, S. (2015). Business Model Configurations and Performance: A Qualitative Comparative Analysis in Formula One Racing: 2005-2013. Industrial and Corporate Change 24 (3): 655–676.

Bell, A., Smith, J., Sabel, C. & Jones, K. (2016). Formula for Success: Multilevel Modelling of Formula One Driver and Constructor Performance, 1950–2014. Journal of Quantitative Analysis in Sports 12 (2): 99–112.

FIA (2024). 2024 Formula 1 Sporting Regulations. Abgerufen am 30.12.2024, von https://www.fia.com/sites/default/files/fia_2024_formula_1_sporting_regulations_-_issue_5_-_2024-02-28.pdf .

Flavio (2025). The Role of Human Factors in formula 1 Driver Performance. Abgerufen am 10.01.2025, von https://formula1team.eu/the-role-of-human-factors-in-formula-1-driver-performance/.

Formula1.com (2022). Engine freeze for 2022 agreed, with low-cost, sustainable power units set for 2025. Abgerufen am 12.03.2025, von https://www.formula1.com/en/latest/article/engine-freeze-for-2022-agreed-with-low-cost-sustainable-units-set-for-2025.3sO0b3CQbaiqBIOCoxcZUm.

Formula1.com (2025). Results. Abgerufen am 05.03.2025, von https://www.formula1.com/en/results/1950/races/94/great-britain/race-result.

Frömmig, L. (2019). Grundkurs Rennwagentechnik. Wiesbaden: Springer.

Heißing, B., Ersoy, M. & Gies, S. (2011). Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven (3. Aufl.). Wiesbaden: Springer.

Hilgers, M. (2016). Chassis und Achsen. Wiesbaden: Springer.

Holding, J. (2021). High-Downforce Tracks vs Power Tracks in F1 – Differences explained. Abgerufen am 10.01.2025, von https://www.motorsport.com/f1/news/high-downforce-power-tracks-f1-differences-explained/6130973/

Judde, C., Booth, R. & Brooks, R. (2013). Second Place is First of the Losers: An Analysis of Competitive Balance in Formula One. Journal of Sports Economics 14 (4): 411–439.

Kipker I. (2003). Determinanten der TV-Nachfrage in der Formel 1— Superstar vs. Spannungseffekte und Implikationen für die Wettbewerbspolitik. In H. Dietl (Hrsg.), *Globalisierung des wirtschaftlichen Wettbewerbs im Sport* (pp. 85–103). Verlag Karl Hofmann.

Lapré , M.A. & Cravey, C. (2022). When Success Is Rare and Competitive: Learning from Others' Success and My Failure at the Speed of Formula One. Management Science, 68(12), 8741–8756.

Motorsport-total.com (2025). Formel 1 Datenbank. Abgerufen am 05.03.2025, von https://www.motorsport-total.com/formel-1/formel-1-datenbank/.

Muehlbauer, T. (2010). Relationship between starting and finishing position in formula one car races. International Journal of Performance Analysis in Sport, 10(2), 98-102.

Nielsen Sports (2022). The Changing Value of Sponsorship: 2021 Sports Marketing Trends. Nielsen Sports Reports. Abgerufen am 14.05.2025, von https://nielsensports.com/wp-content/uploads/2021/02/The-Changing-Value-of-Sponsorship-2021-Sports-Marketing-Trends.pdf.

Petróczy, D.G, & Csató, L. (2021). Revenue allocation in Formula One: A pairwise comparison approach. International Journal of General Systems, 50(3), 243–261.

Piancastelli, L., Peli, F. & Pezzuti, E. (2018). The advantage of the "split" turbocharger in Formula 1 engines. Italian Journal of Engineering Science, 61 (1), 36–41.

Piquero, A. R., Piquero, N. L. & Han, S. (2021). Identifying the most successful formula 1 drivers in the turbo era. The Open Sports Sciences Journal, 14, 151–157.

Pütz, R. & Serné T. (2019). Rennwagentechnik – Praxislehrgang Fahrdynamik. (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer.

Räcke, S. (2020). Teamzusammensetzung als Determinante von Teamerfolg: Input- und Prozesseffekte auf Basis der Faultline-Theorie. Wiesbaden: Springer Gabler.

Reis, P. (2024). Reifenmanagement: Darauf müssen die Fahrer achten. Abgerufen am 13.01.2025, von https://de.motorsport.com/f1/news/reifenmanagement-darauf-muessen-die-fahrer-achten-24021805/3402953/.

Rockerbie, D.W. & Easton, S.T. (2022). Race to the podium: Separating and conjoining the car and driver in F1 racing. Applied Economics, 54(54), 6272–6285.

Sánchez, L.C. & Varela-Quintana, C. (2025). Organizational experience and cost-cutting agreements in the Formula One industry: A dynamic capabilities approach. European Sport Management Quarterly, 1-24.

Schreyer, D. & Torgler, B. (2018). On the Role of Race Outcome Uncertainty in the TV Demand for Formula One Grands Prix. Journal of Sports Economics 19 (2): 211–229.

Székely, P. & Ficzere, P. (2017). The Examination of Dynamic Effects of Shape Optimized Vehicle Components. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 45 (2), 90–93.

Taniya, S.L. & Amal, N. (2025). Predictive Modeling of Formula 1 Constructor Performance: Discovering the Top Team. In 2025 3rd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT) (2131–2138). IEEE.

Trzesniowski M. (2017). Gesamtfahrzeug. Wiesbaden: Springer.

Van Kesteren, E.-J. & Bergkamp, T. (2023). Bayesian analysis of Formula One race results: Disentangling driver skill and constructor advantage. Journal of Quantitative Analysis in Sports, 19(4), 273–293.