



MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Ableitung von Referenzbereichen ausgewählter Blutparameter
bei gesunden österreichischen Sportler*innen

verfasst von | submitted by

Jasmin Süß BSc

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Jürgen Scharhag

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Zusammenfassung (Deutsch)	6
Abstract (English)	7
1 Einleitung.....	8
1.1 Blutwerte - Grundlagen.....	9
1.1.1 Derzeitiger Forschungsstand	9
1.1.2 Relevanz dieser Studie.....	12
1.2 Problematik von Referenzbereichen	12
1.2.1 Referenzbereiche	12
1.2.2 Möglichkeiten	13
1.2.3 SportsLegend-Studie	14
1.3 Ziel der Masterarbeit.....	14
2 Methoden.....	15
2.1 Allgemeines der SportsLegend-Studie	15
2.1.1 SportsLegend-Datenbank.....	15
2.2 Studiendesign dieser Masterarbeit	16
2.2.1 Datenschutz	16
2.2.2 Untersuchungen im Österreichischen Institut für Sportmedizin	16
2.2.3 Blutabnahme und -analyse	17
2.3 Studienteilnehmer*innen	19
2.4 Statistik.....	22
2.5 Untersuchte Parameter	22
3 Ergebnisse.....	23
3.1 Deskriptive Statistik Blutparameter	23
3.2 Unterschiede zwischen den Altersgruppen	25
3.3 Unterschiede zwischen den Geschlechtern	26
3.4 Ermittelte Referenzintervalle.....	28

4	Diskussion	36
4.1	Alter und Blutwerte	36
4.2	Geschlecht und Blutwerte.....	38
4.3	Referenzintervalle	41
4.4	Limitationen.....	47
4.5	Schlussfolgerungen.....	48
	Tabellenverzeichnis	49
	Abbildungsverzeichnis	50
	Literaturverzeichnis.....	51

Vorwort

Ich bedanke mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Jürgen Scharhag für die ausgiebige Betreuung der Masterarbeit und die Möglichkeit Teil der SportsLegend-Studie zu sein.

Im Weiteren bedanke ich mich bei Herrn David Nader, BSc. MSc. für die Hilfe und Unterstützung.

Mein Dank geht auch an alle Teilnehmer*innen der SportsLegend-Studie, die durch ihre Einwilligung das Schreiben dieser Masterarbeit ermöglicht haben.

Weiters bedanke ich mich bei meinem Ehemann Dominik, welcher mir mein Studium ermöglicht hat, mich immer motiviert hat und mir jederzeit zur Seite gestanden ist.

Besonderer Dank geht auch an meine Familie, die mich laufend unterstützt hat und damit den Grundstein für meine Ausbildung gelegt hat.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei allen Freunden bedanken, die mich auf meinem Weg durch das Studium begleitet haben.

Vielen Dank!

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body Mass Index
CK	Kreatinkinase
EDTA	Ethylendiamintetraazetat
KFA	Körperfettanteil
MCV	Mittleres Erythrozyten-Einzelvolumen
ÖISM	Österreichisches Institut für Sportmedizin
SportsLegend	Sportliche <u>L</u> eistungsfähigkeit und <u>G</u> esund <u>h</u> eit
SPSS	Statistical Package für Social Sciences

Zusammenfassung (Deutsch)

Hintergrund: Blutwerte werden im Rahmen einer Gesundheitsuntersuchung genutzt, um den Gesundheitszustand einer Person zu beurteilen. Spezifische Referenzintervalle sind notwendig, um reliable Diagnosen zu stellen und Fehlinterpretationen zu minimieren.

Zielsetzung: Die SportsLegend-Studie dient der Sammlung und wissenschaftlichen Verarbeitung von medizinischen und leistungsdiagnostischen Daten sportlich aktiver Personen. Ziel dieser Masterarbeit ist es, im Rahmen der SportsLegend-Studie, Blutwerte von Sportler*innen zu analysieren, Referenzintervalle zu erstellen sowie geschlechter- und altersspezifische Unterschiede zu ermitteln. Anhand der erstellten Referenzintervalle soll die Beurteilung von Blutwerten bei Sportler*innen im Rahmen von Sporttauglichkeitsuntersuchungen optimiert werden.

Methoden: Es wurden Blutwerte von 160 Sportler*innen (10 Frauen 17 ± 2 Jahre; 25 Frauen 26 ± 5 Jahre; 84 Männer 15 ± 2 Jahre; 41 Männer 24 ± 3 Jahre) verglichen und zur Referenzintervallerstellung herangezogen. Die Erhebung der Blutwerte erfolgte im Rahmen der Untersuchungen am Österreichischen Institut für Sportmedizin (ÖISM). Ausgewertet wurden die Proben im ÖISM anhand des Swelab-alfa oder extern im Labor Vidotto mittels Sysmex-XN-Geräten. Analysierte Parameter waren Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, mittleres Erythrozyten-Einzelvolumen (MCV), Leukozyten, Thrombozyten und Harnstoff. Die Berechnungen wurden mittels Statistical Package für Social Sciences (SPSS) durchgeführt.

Ergebnisse: Es bestehen geschlechtsspezifisch signifikante Unterschiede in den Altersgruppen, 13 – 18 und 19 – 35 Jahre, für Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit und Harnstoff ($p < 0.05$). Im Weiteren besteht ein signifikanter Unterschied der Thrombozyten zwischen Männern und Frauen der älteren Gruppe ($n = 66$; $r = 0.3$; $p = 0.018$). Signifikante altersspezifische Unterschiede der Männer bestehen im Falle des Hämoglobins, Hämatokrits, MCVs, der Thrombozyten und der Harnstoffkonzentration ($p < 0.05$). Es konnten geschlechtsspezifische Referenzintervalle für Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten und Harnstoff beider Altersgruppen erstellt werden.

Schlussfolgerungen: Sportler*innen weisen unter anderem Veränderungen des Erythrozyten-, Hämoglobin-, Hämatokrit- und Harnstoffwertes im Blut auf. Die ermittelten Referenzintervalle für Sportler*innen veranschaulichen die Abweichungen von aktuell gültigen Intervallen. Valide Referenzintervalle sind für die Diagnostik der Blutwerte grundlegend. Um diese zu erstellen sind Studien mit größeren Kollektiven notwendig.

Abstract (English)

Background: Blood values are used as part of health examinations to assess a person's health status. Specific reference intervals are necessary to make reliable diagnoses and avoid misinterpretation.

Objective: The SportsLegend-Study aims to collect and scientifically process medical and performance diagnostic data from physically active individuals. The goal of this master's thesis is to analyse blood values of athletes, to establish reference intervals and to identify gender- and age-related differences. The established reference intervals should aid in optimizing health evaluations for athletes.

Methods: Blood values from 160 athletes (10 woman 17 ± 2 years; 25 woman 26 ± 5 years; 84 men 15 ± 2 years; 41 men 24 ± 3 years) were compared and used to establish reference intervals. The blood samples were collected as part of the examinations at the Austrian Institute of Sports Medicine (ÖISM). The samples were analysed at the ÖISM using the Swelab-alfa or outsourced to the laboratory Vidotto which uses Sysmex-XN devices. Analysed parameters include erythrocytes, haemoglobin, haematocrit, mean corpuscular volume (MCV), leukocytes, platelets, and urea. Calculations were performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

Results: Significant gender-specific differences appear in the age groups 13-18 and 19-35 years for erythrocytes, haemoglobin, haematocrit, and urea ($p < 0.05$). Furthermore, there is a significant difference in platelets between men and women in the older group ($n = 66$; $r = 0.3$; $p = 0.018$). Significant age-specific differences exist in haemoglobin, haematocrit, MCV, platelets, and urea of men ($p < 0.05$). Age and gender specific reference intervals have been calculated for erythrocytes, haemoglobin, haematocrit, MCV, leukocytes, platelets and urea.

Conclusion: Physically active people show differences in erythrocyte-, haemoglobin-, haematocrit- and urea blood levels compared to sedentary people. The sport specific reference intervals established show deviations from currently valid intervals. Reference ranges are fundamental to guarantee reliable diagnostics of blood values. To calculate specific and valid reference intervals a larger study cohort is necessary.

1 Einleitung

In Österreich haben Personen ab dem 18. Lebensjahr die Möglichkeit pro Jahr eine kostenlose Vorsorgeuntersuchung in Anspruch zu nehmen. Die jährliche Kontrolle dient der Früherkennung von Krankheiten, Vermeidung von Unfällen und soll rasche Interventionen ermöglichen. Das Österreichische Institut für Sportmedizin (ÖISM) bietet unter anderem Gesundheits- und Sporttauglichkeitsuntersuchungen an. Das Ziel des Instituts ist es präventivmedizinische Sporttauglichkeitsuntersuchungen durchzuführen. Der Fokus dabei liegt auf sportlicher Aktivität, sportspezifische physiologische und pathologische Abweichung und deren Risiken sowie Früherkennung.

Sport beeinflusst und verändert den Körper auf vielfältige Art und Weise. Der Einfluss von sportlicher Aktivität auf die Körperzusammensetzung ist subjektiv betrachtet die bekannteste Auswirkung. Abgesehen von Veränderungen, welche auf den ersten Blick ersichtlich sind, verändern sich Abläufe, die nur durch gezielte Testungen veranschaulicht werden können. Sportliche Aktivität kann die Gesundheit fördern, aber auch ohne zureichende Abklärung zu Risiken führen. Besonders eine frühzeitige Rückkehr zum Sport nach einer Infektion, nicht diagnostizierte Herzfehler oder zu intensives Training sind bekannte Risikofaktoren. Daher ist eine sportspezifische Gesundheitsuntersuchung relevant (Barkley, 2021; Lombardo et al., 2019). Das ÖISM ermöglicht eine Vorsorgeuntersuchung für Sportler*innen des Hobby- bis Elitesports, die das Sporttreiben berücksichtigt.

Die Bedeutung einer zielgerichteten Untersuchung und die Optimierung dieser inspirierte die SportsLegend-Studie (Sportliche Listungsfähigkeit und Gesundheit), welche im ÖISM durchgeführt wird. Im Rahmen dieser Studie werden gesundheits- und leistungsbezogene Daten in einer Datenbank gesammelt. Die Datenerhebung erfolgt anhand der Untersuchungen im ÖISM, wodurch ein heterogenes Kollektiv entsteht.

In der Datenbank finden sich Daten bezüglich Sportart und Leistungsniveau sowie über Ruheuntersuchungen, Belastungstests, Echokardiografien, Lungenfunktionen und Blutwerte. Das resultierende Kollektiv besteht aus gesunden Sportler*innen, wodurch Schlüsse auf physiologische Veränderungen durch sportliche Aktivität gezogen werden können (Lombardo et al., 2019). Die Sammlung dieser Daten dient dazu, wissenschaftliche Erkenntnisse daraus zu ziehen und die Gesundheitsuntersuchungen sowie Leistungsdiagnostiken von Sportlern*innen zu verbessern.

1.1 Blutwerte - Grundlagen

Blutwerte werden in der Medizin bestimmt, um pathologische Abweichungen beziehungsweise Erkrankungen zu erkennen. Im Bereich der Sportmedizin werden Blutwerte ausgewählter Parameter bestimmt, um beim Screening von Eliteathlet*innen oder Sportler*innen Mangelzustände oder Überlastungen frühzeitig zu erkennen (Meyer & Meister, 2011).

Die Blutkomposition kann durch viele Faktoren beeinflusst werden. Nicht nur Ernährung beeinflusst Blutwerte, auch Sportausübung hat Auswirkungen auf unterschiedliche Blutbestandteile. Aufgrund dessen ist es naheliegend, dass körperliche Aktivität zu physiologischen Abweichungen der Blutwerte führen kann (Lombardo et al., 2019).

Einige Studien beschäftigen sich mit akuten Änderungen von Blutwerten, die nur wenige Minuten bis Stunden nach körperlicher Belastung eintreten (Ciekot-Sołtysiak et al., 2024; El-Sayed, 1998; Peake et al., 2017). Ein geringerer Anteil der Wissenschaft untersucht Langzeitwirkungen sportlicher Betätigung auf verschiedene Parameter und Blutwerte (Díaz Martínez et al., 2022; Heinicke et al., 2001). Studien zu langfristigen Veränderungen befassen sich häufig mit spezifischen Sportarten und Fluktuationen über eine Spiel- oder Wettkampfsaison hinweg (Meyer & Meister, 2011). Aufgrund der bisherigen Forschung ist es naheliegend, dass Sport langfristige Auswirkungen auf ausgewählte Blutwerte haben kann.

1.1.1 Derzeitiger Forschungsstand

Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV

Besonders im Zusammenhang mit Ausdauersport ist es bekannt, dass Athlet*innen veränderte Blutwerte aufweisen können. Sportarten mit einem höheren anaeroben Anteil erzielen die gleichen Effekte wie überwiegend aerobe Sportarten, jedoch in geringerer Ausprägung (Heinicke et al., 2001). Während Heinicke et al. (2001) auf langfristige Veränderungen in Bezug auf Blutvolumen, Hämoglobin, mittleres Erythrozyten-Einzelvolumen (MCV) und Plasmavolumen hinweisen, beschreiben Rietjens et al. (2002) Veränderungen von Blutwerten innerhalb der Saisons eines Jahres bei Triathlet*innen. Heinicke et al. (2001) erfassen eine Zunahme der Werte, während Rietjens et al. (2002) eine Reduktion des Hämoglobins, Hämatokrits und des MCVs beobachten. Diese Reduktion verstärkt sich in der Trainings- und Wettkampfsaison. Folge dieser Anpassungen könnte eine sogenannte Sportleranämie sein (Rietjens et al., 2002), die bei ausdauertrainierten Personen häufig auftritt. Es handelt sich dabei um eine Pseudoanämie durch Zunahme des Plasmavolumens und mit relativ geringer Produktion roter Blutkörperchen (Lombardo et al., 2019; Shaskey & Green, 2000).

Über mehrere Studien hinweg zeigt sich, dass es kurzfristig durch Sport zu einer Reduktion des Blut- und Plasmavolumens kommt. Erythrozyten, Hämoglobin und Hämatokrit nehmen jedoch kurzfristig zu (Ciekot-Sołtysiak et al., 2024; Minuzzi et al., 2017; Peake et al., 2017). Abhängig sind diese Veränderungen unter anderem vom Zeitpunkt der Blutabnahme nach einer Belastung. Bereits eine Stunde nach der Belastung kommt es zu einem Anstieg des Blut- und Plasmavolumens sowie zu einer Reduktion der Erythrozyten, des Hämoglobins und des Hämatokrits (Shaskey & Green, 2000). Langfristige Veränderungen der genannten Parameter zeigen sich vor allem bei ausdauertrainierten Sportler*innen. Erythrozyten, Hämoglobin und Hämatokrit nehmen im Ruhezustand mit gesteigerter Ausdauerleistungsfähigkeit ab, während das Blut- und Plasmavolumen ansteigen (Schmidt, 2002; Schmidt & Prommer, 2010; Shaskey & Green, 2000). Änderungen des MCV durch Ausdauertraining sind umstritten, während manche Studien einen Anstieg (Heinicke et al., 2001; Schumacher et al., 2000) feststellen, beschreiben andere eine Senkung (Rietjens et al., 2002; Santhiago et al., 2009) oder keine bedeutenden Veränderungen (Santos, 2019).

Leukozyten

Leukozyten sind Bestandteil des Immunsystems. Die Anzahl der Leukozyten im Blut wird daher genutzt, um den Gesundheitszustand festzustellen. Eine erhöhte Leukozytenzahl weist auf eine Erkrankung hin (Palacios et al., 2015; Peake et al., 2017). Weitere Gründe für den Anstieg der weißen Blutkörperchen sind körperliche Betätigung, Schwangerschaft oder erhöhter Stress (Janssen et al., 2024). Sportliche Aktivität von einer Dauer unter zwei Stunden löst eine biphasische Leukozytose aus. Der erste Anstieg der Leukozyten erfolgt während der Belastung und der zweite in den ersten Stunden der Nachbelastungsphase (Gabriel et al., 2003; Lobo et al., 2022; Minuzzi et al., 2017; Scharhag, 2004). Hohe Werte bei Sportler*innen könnten daher mit Belastungen kurz vor der Untersuchung zusammenhängen. Im Weiteren kommt es in der Nachbelastungsphase zu einer Abnahme der Leukozyten unter den Ausgangswert. Dieser sogenannte „open-window“ Effekt kann je nach Dauer der Belastung unterschiedlich lange anhalten (Jamurtas et al., 2018; Peake et al., 2017; Scharhag, 2004). Daher ist bei der Interpretation der Leukozyten der Zeitpunkt der Blutabnahme ausschlaggebend. Rosa-Neto et al. (2022) beschreiben einen langfristigen Zusammenhang zwischen Leukozyten im Blut und körperlicher Aktivität. Die Zahl der weißen Blutkörperchen steigt linear mit inaktiver Zeit an. Bereits durch 30 Minuten Sport bei mittlerer oder hoher Intensität kommt es zu einer Reduktion der Leukozyten im Blut (Rosa-Neto et al., 2022). Ausdauertrainierte Personen weisen im Vergleich zu Personen aus anderen Sportarten und im Vergleich zu Untrainierten geringere Leukozytenzahlen auf (Horn et al., 2010; Panagoulas et al., 2023). Sportlich aktive Kinder

und Jugendliche weisen ebenfalls eine geringere Anzahl an Leukozyten im Blut auf als inaktive (García-Hermoso et al., 2021).

Thrombozyten

Thrombozyten spielen in der Wundheilung eine große Rolle. Es besteht aber auch ein Zusammenhang der Thrombozytenzahl und kardiovaskulären Krankheiten. Um kardiovaskuläre Erkrankungen vorzubeugen wird Sport und Bewegung empfohlen (Kristiansen et al., 2023). Ein Zusammenhang von Sport und der Menge an Thrombozyten ist daher naheliegend. Körperliche Aktivität sorgt für einen Anstieg der Thrombozytenzahl im Blut. Auslöser dafür ist eine Ausschüttung von Blutplättchen aus der Milz und dem Knochenmark (El-Sayed et al., 2005). Aufgrund erhöhter Thrombozytenzahlen durch sportliche Aktivität wurde die Entstehung von Blutgerinnseln erforscht. Einige Studien zeigen keine Veränderungen (Bachero-Mena et al., 2017; Coppola et al., 2004; Kristiansen et al., 2023), während andere eine Reduktion der entstehenden Gerinnsel beschreiben (Coppola et al., 2004). Während Thrombozyten durch Sport kurzfristig ansteigen (Blumkaitis et al., 2024; El-Sayed et al., 2005), kommt es langfristig laut Willis et al. (2018) zu keinen signifikanten Veränderungen. Bedeutender ist die Beeinflussung der Aktivierung der Blutplättchen und dadurch entstehende Blutgerinnsel (Willis et al., 2018). Bei Wasserpolospielern sinkt die Thrombozytenzahl signifikant in Trainingsphasen mit hoher Intensität (Bukvić et al., 2024).

Aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse der Studien ist der langfristige Einfluss von Sport auf die Anzahl der Thrombozyten im Blut nicht eindeutig. Im Laufe des Lebens sinkt die Anzahl an Blutplättchen. Kinder weisen die höchste und ältere Menschen die geringste Thrombozytenzahl auf (Biino et al., 2013). Biino et al. (2013) schreiben außerdem, dass ein Unterschied zwischen Frauen und Männern besteht, wobei Frauen mehr Blutplättchen als Männer aufweisen.

Harnstoff

Ein weiterer relevanter Blutparameter im Sport ist der Harnstoff. Die Konzentration von Harnstoff im Blut weist auf die Nierenfunktion sowie Proteinabbau, Proteinsynthese und Muskelregeneration hin (E. C. Lee et al., 2017; Lombardo et al., 2019). Körperliche Belastung führt aufgrund erhöhter Gluconeogenese und gesteigertem Proteinkatabolismus zu einem Anstieg der Harnstoffkonzentration im Blut. Ein erhöhter Harnstoffwert kann aufgrund des Katabolismus durch hochintensive Trainings, Dehydration oder hohe Proteinzufuhr vorkommen (Díaz Martínez et al., 2022). Körperliche Belastung in Form von Laufen oder Radfahren sorgt für einen stärkeren Anstieg der Harnstoffkonzentration im Blut als Schwimmen (Poortmans et al., 2015). Nach der Belastung bleibt der Wert weiterhin

erhöht. Der Anstieg des Harnstoffs im Serum wird durch die Intensität der sportlichen Aktivität beeinflusst. Je höher die Intensität, desto stärker ist der Anstieg der Harnstoffkonzentration im Blut (Banfi et al., 2012; Haralambie & Berg, 1976). Ein Rückgang des Wertes auf den Ausgangswert erfolgt je nach Intensität und kann von nur wenigen bis zu 24 Stunden dauern. Langfristig kommt es durch Sport zu einer Erhöhung des Harnstoffs im Serum. Besonders Ausdauersportler*innen weisen langfristig erhöhte Werte auf (Nunes et al., 2012; Poortmans et al., 2015).

1.1.2 Relevanz dieser Studie

Referenzintervalle dienen der effizienten Beurteilung der Physiologie oder Pathologie eines gemessenen medizinischen Wertes. Da Normbereiche anhand gemessener Daten erstellt werden, ist die Genauigkeit der Intervalle von der Zusammensetzung des Kollektivs abhängig. Nur wenige Studien beschäftigen sich mit den Referenzintervallen von Blutwerten sportlich aktiver Personen (Díaz Martínez et al., 2022; Meyer & Meister, 2011).

Wie in *Kapitel 1.1* beschrieben, beeinflusst Sport hämatologische Parameter. Durch diesen Einfluss ist es nahliegend, dass aktuell gültige Referenzintervalle für Sportler*innen nicht ausreichend treffsicher sind. Daher ist es erforderlich, Referenzbereiche für gesunde Sportler*innen zu ermitteln und den Forschungsstand in diesem Bereich zu ergänzen.

1.2 Problematik von Referenzbereichen

1.2.1 Referenzbereiche

Referenzbereiche werden anhand gemessener Daten ermittelt. Die Validität des Intervalls für eine Zielgruppe ist vom Kollektiv der Datenerhebung abhängig. Referenzintervalle werden häufig als 2.5 %-Perzentil und das 97.5 %-Perzentil eines Parameters festgelegt. 5 % der erhobenen Daten von nicht kranken Personen liegen daher außerhalb des Normbereichs und werden als abnorm oder pathologisch interpretiert (Ozarda, 2016; Ozarda, Sikaris, et al., 2018). Sport, Geschlecht, Alter und Ernährung beeinflussen Blutparameter auf unterschiedliche Art und Weise.

Bei der Erstellung eines Referenzintervalls werden Werte unterschiedlichster Teilgruppen herangezogen und gemischt. Die Datenmenge wird anschließend statistisch analysiert und das Referenzintervall (mit Grenzwerten am 2.5 %- und 97.5 %-Perzentil) wird ermittelt. Aufgrund des umfassenden Kollektivs haben aktuell gültige Referenzintervalle eine große Spannweite und sind unspezifisch (Gräsbeck, 2004; Haeckel et al., 2017; Özcürümez et al., 2019). Vorteil des großen Kollektivs ist es, dass die Werte für die Allgemeinbevölkerung genutzt werden können. Der Nachteil besteht darin, dass die Normbereiche aufgrund der gemischten Referenzpopulation auf Personen aus spezifischen Gruppen der Bevölkerung

nicht zutreffen. Diese entstehende Ungenauigkeit wird ersichtlich, wenn Referenzintervalle für Teilpopulationen erstellt und verglichen werden (Ozarda, Higgins, et al., 2018). Eine Fehlinterpretation der Werte aufgrund unspezifischer Referenzintervalle kann zu einer Fehldiagnose führen. Ist ein Referenzintervall zu breit angelegt können Krankheiten übersehen werden, wodurch Sportler*innen einem erhöhten Risiko ausgesetzt sein könnten. Kommt es zu einer Fehldiagnose aufgrund einer der Referenzgrenzen, können physiologische Werte als pathologisch oder pathologische Werte als physiologisch interpretiert werden. Dadurch kann es in Folge zu fehlerhaften Empfehlungen und irreführenden oder sogar falschen Diagnosen kommen (Díaz Martínez et al., 2022; Nunes et al., 2012).

1.2.2 Möglichkeiten

Da Referenzintervalle der Interpretation von gemessenen medizinischen Werten dienen, gibt es mehrere Lösungsansätze, um die Interpretation anhand von Referenzbereichen verlässlicher zu gestalten. Einerseits ist das Heranziehen von longitudinalen Beobachtungen einzelner Individuen eine Möglichkeit, um eine individuelle Beurteilung der Gesundheit zu ermöglichen. Dabei werden über den Verlauf einer Therapie, einer Trainingssaison oder wiederholter Gesundheitsuntersuchungen gemessene Werte gespeichert und miteinander verglichen. Durch dieses Vorgehen kann der Änderungsverlauf unterschiedlicher Parameter individuell beobachtet werden. Anhand einer langfristigen Beobachtung kann ein individuelles Referenzintervall erstellt werden, was wiederum eine personenspezifische Diagnose und Prognose ermöglicht (Ozarda, 2016).

Ein anderer Lösungsansatz ist es, für Subpopulationen eigene Referenzintervalle zu erstellen. Durch gezielte Einschränkungen der Teilnehmer*innen einer Studie können Normbereiche für Personen mit spezifischen Anforderungen und Ausgangssituationen erstellt werden. Der Einfluss von Lebensstilen, Geschlecht und Alter kann anhand von Ein- und Ausschlusskriterien berücksichtigt und die entstehende Variation minimiert werden. Genaue Definitionen von gesunden Proband*innen sowie Einschränkungen der Population durch Ein- und Ausschlusskriterien ermöglichen die Ermittlung spezifischer Referenzintervalle für Subpopulationen. Aufgrund inter- und intraindividuelle Variationen weisen eingeschränkte Intervalle weiterhin Fehlerpotential auf, jedoch repräsentieren sie Subpopulationen verlässlicher als allgemeine Referenzbereiche (Díaz Martínez et al., 2022; Gräsbeck, 2004).

1.2.3 SportsLegend-Studie

Die SportsLegend-Studie dient der Sammlung von anthropometrischen, medizinischen und leistungsdiagnostischen Daten sportlicher Individuen. Da die Sportler*innen Gesundheitsuntersuchungen im ÖISM wahrnehmen, werden in der Datenbank der Studie gesunde sowie krankhafte Datenpunkte festgehalten. Der Großteil der Studienteilnehmer*innen sind gesunde, sporttaugliche Personen, wodurch der Datensatz zur Ermittlung von Referenzintervallen geeignet ist. Die SportsLegend-Studie bietet eine Gelegenheit, Referenzbereiche für Sportler*innen zu ermitteln und somit die Verlässlichkeit von Diagnosen bei sportlichen Personen zu erhöhen. Das Ziel der SportsLegend-Studie ist es, Gesundheitsuntersuchungen, Trainingsempfehlungen, Trainingsplanung sowie Diagnosen von sportspezifischen physiologischen Veränderungen und weitere sportmedizinische Prozesse zu vereinfachen und deren Spezifität zu erhöhen.

1.3 Ziel der Masterarbeit

Ziel dieser Masterarbeit ist die Erstellung von geschlechts- sowie altersspezifischen Referenzintervallen von ausgewählten Blutparametern sportlich aktiver Personen. Die Analyse von Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten und Harnstoff im Blut von gesunden Sportler*innen in einem Alter von 13 – 35 Jahren, dient der Erstellung der Normbereiche. Anhand der ermittelten Referenzbereiche sollen Unterschiede beziehungsweise Abweichungen von aktuell gültigen Referenzintervallen aufgedeckt werden.

Im Weiteren sollen die ermittelten Referenzbereiche die effiziente und akkurate Beurteilung des Gesundheitszustandes österreichischer Sportler*innen erleichtern und weitere Forschung in diesem Bereich anregen.

2 Methoden

2.1 Allgemeines der SportsLegend-Studie

Die SportsLegend-Studie ist ein Projekt des ÖISM und die übergeordnete Studie dieser Masterarbeit. Im Rahmen der SportsLegend-Studie werden anthropometrische, medizinische und leistungsdiagnostische Daten von vorwiegend gesunden Sportler*innen in einer Datenbank gesammelt. Anschließend werden diese Daten genutzt, um unterschiedliche Längs- oder Querschnittstudien durchzuführen. Im Weiteren wird vor der Datenerhebung eine Einwilligungserklärung von den Teilnehmer*innen der Studie unterzeichnet. Ein positives Votum der Ethikkommission liegt für die SportsLegend-Studie bereits vor.

Im Zuge der SportsLegend-Studie wurden bereits Daten von 682 Sportler*innen zusammengetragen. Die Teilnehmer*innen der Studie wurden am ÖISM untersucht. Aufgrund der verfügbaren Angebote des ÖISM kommt es zu einer Variation der erhobenen Daten über Studienteilnehmer*innen. Im Rahmen einer Sporttauglichkeitsuntersuchung werden andere Daten erhoben als im Zuge einer Leistungsdiagnostik. Gemeinsamkeiten der Untersuchungen sind die Erhebung anthropometrischer Daten wie Body Mass Index (BMI), Größe und Gewicht, sowie eine Ruheuntersuchung mit Lungenfunktion und einer Elektrokardiographie (EKG).

Da die Studie bereits seit 2022 durchgeführt wird, kommt es über die Jahre durch Änderungen der Methoden und Messgeräte zu Abweichungen der Menge an erhobenen Daten pro Person. Blutabnahmen und -analysen werden im Verhältnis bei einem geringen Anteil der Untersuchungen durchgeführt. Ein Teil der Auswertungen der Blutproben wurden einige Zeit im Labor des ÖISM durchgeführt. Mit 2022 wurde teilweise das Labor Vidotto mit der Analyse beauftragt. Seit März 2024 werden alle Blutproben im Labor Vidotto ausgewertet.

Blutwerte, die im Rahmen der Untersuchungen zwischen 2022 und November 2024 im ÖISM und Labor Vidotto ermittelt wurden, bilden die Basis dieser Masterarbeit.

2.1.1 SportsLegend-Datenbank

Die Datenbank der SportsLegend-Studie ist eine Sammlung personenbezogener, medizinischer und leistungsdiagnostischer Daten von im ÖISM untersuchten Sportler*innen. Die Datenbank befindet sich in Form einer Microsoft Excel Datei auf zwei Computern des ÖISM und kann nur durch befugte Personen eingesehen und bearbeitet werden. Die Datenbank ist pseudonymisiert und beinhaltet unter anderem Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, BMI, Körperfettanteil (KFA), Sportart, Leistungsniveau, Ruhe-

Herzfrequenz, Ruhe-Blutdruck, EKG-Daten, Lungenfunktionswerte, Blutwerte sowie Belastungswerte in Form von Laktatwerten und erreichten maximalen Leistungen am Fahrrad, Laufband oder Ruderergometer.

Da einige Personen im Laufe der Jahre mehrmals untersucht wurden, beinhaltet die Datenbank Ergebnisse mehrerer Untersuchungstermine für ein und dieselbe Person. Die SportsLegend Datenbank wird laufend ergänzt und dient der wissenschaftlichen Forschung im Bereich der Sportmedizin und Leistungsdiagnostik.

2.2 Studiendesign dieser Masterarbeit

2.2.1 Datenschutz

Im Rahmen dieser Masterarbeit werden medizinische und personenbezogene Daten genutzt, welche im Laufe der SportsLegend-Studie erfasst wurden. Bevor die Daten der Sportler*innen in die Datenbank eingetragen werden, werden die Personen pseudonymisiert. Die Pseudonymisierung wird in Microsoft Excel durch Nummernvergabe durchgeführt. Anhand der Datenbank allein ist es daher nicht ersichtlich, um welche Person es sich handelt. Die Datenbank und die Datei der Pseudonymisierung befindet sich auf einem Rechner im ÖISM und ist für Unbefugte unzugänglich. Der passwortgeschützte Rechner befindet sich in einem abgeschlossenen Raum. Befugte Personen verpflichten sich durch die Unterzeichnung einer Verschwiegenheitserklärung der Geheimhaltung der medizinischen und personenbezogenen Daten. Außerdem müssen die Teilnehmer*innen der SportsLegend-Studie vor der Untersuchung am ÖISM eine Einwilligungserklärung unterschreiben. Da die zugrundeliegenden Daten dieser Masterarbeit aus der Datenbank der SportsLegend-Studie entnommen werden, ist keine konkrete Identifizierung einer teilnehmenden Person möglich.

2.2.2 Untersuchungen im Österreichischen Institut für Sportmedizin

Personen unterschiedlichster Altersgruppen und Sportarten werden im ÖISM untersucht. Sie erhalten vom ÖISM vor einer Untersuchung keine Verhaltensrichtlinien. Sportler*innen erscheinen somit zu den Terminen mit unterschiedlichsten Ausgangsbedingungen. Die Spannweite reicht von vorbelastet und nüchtern bis erholt nach einer ausgiebigen Mahlzeit. Die Untersuchungen reichen von Sporttauglichkeitsuntersuchungen bis zu Leistungsdiagnostiken.

Im Rahmen jeder Untersuchung wird der allgemeine Gesundheitszustand der Personen erhoben. Die Körpergröße, das Gewicht, der BMI sowie der KFA werden im Rahmen einer Ruheuntersuchung festgestellt. Ebenso wird ein Ruhe-EKG, eine Testung der Lungenfunktion sowie ein Anamnesegespräch durchgeführt. Im Rahmen des

Anamnesegesprächs werden Sportanamnese, Familienanamnese und die eigene Anamnese erhoben. Eine Blutanalyse wird nur bei einem Teil der Sportler*innen durchgeführt. Der körperliche Anteil der Ruheuntersuchung besteht aus der Erhebung anthropometrischer Daten, der Inspektion, der Perkussion, der Palpation und der Auskultation. Außerdem wird der Ruhe-Blutdruck an beiden Armen gemessen. Die Durchführung des Ruhe-EKGs und der Lungenfunktionstestung dienen ebenfalls zur Erfassung des allgemeinen Gesundheitszustandes. Sollte eine akute Erkrankung oder eine Auffälligkeit vorliegen, wird vom anwesenden ärztlichen Personal entschieden, ob die Untersuchung wie geplant durchgeführt werden kann. Sollten Kontraindikationen vorliegen, wird die Belastungsuntersuchung an einen anderen Tag verlegt und eine weitere Abklärung empfohlen. Wenn eine Untersuchung unter Belastung durchgeführt werden kann, wird die Person am Laufband oder Fahrradergometer belastet. Während der Belastung wird je nach Anforderung ein Belastungs-EKG, eine Leistungsdiagnostik oder beides durchgeführt. Die Untersuchungen dienen zur Feststellung des Gesundheitszustandes und der Leistungsfähigkeit der untersuchten Personen.

2.2.3 Blutabnahme und -analyse

Analysen der Blutwerte werden im ÖISM bei einem geringen Anteil der Untersuchungen durchgeführt. Die Entnahme der Blutprobe erfolgt meist im Anschluss an die Ruheuntersuchung und wird mittels Punktion einer Vene in der Ellenbeuge durchgeführt. Es werden je nach Untersuchung unterschiedlich viele Proben entnommen. Meist ein Serumröhrchen ohne Zusatz und eine Probe, welche mit Ethylendiamintetraazetat (EDTA) verdünnt wird. Das Serumröhrchen ruht nach der Entnahme 20 bis 60 Minuten, um die Gerinnung einsetzen zu lassen. Das EDTA-Blut wird für 15 Minuten geschwenkt. Bei Erstellung des Blutbildes im Labor des ÖISM werden die Proben innerhalb von sechs Stunden ausgewertet. Das Serum wird nach der Ruhezeit mittels Universal 320 R (Andreas Hettich GmbH & Co. KG, Tuttlingen, Germany) für zehn Minuten zentrifugiert, während das EDTA-Blut nach der Erstellung des Blutbildes zentrifugiert wird, um weitere Parameter erheben zu können.

Analysen im Labor des ÖISM werden mittels Swelab-alfa (Boule Medical AB, Stockholm, Sweden) durchgeführt. Für die Analyse und Blutbilderstellung im Labor Vidotto werden die Proben gekühlt gelagert und innerhalb weniger Stunden zur Auswertung ins Labor transportiert. Anschließend werden die Proben mittels Sysmex-XN-Geräten (Sysmex GmbH, Vienna, Austria) analysiert. Mit Hilfe der Sysmex-XN-Serie werden die Bestandteile des Blutes mittels Fluoreszenz-Durchflusszytometrie gemessen. Die Messergebnisse werden anschließend dem ÖISM übermittelt. Infolgedessen werden die Ergebnisse der

Untersuchung inklusive der Blutwerte in die Datenbank der SportsLegend-Studie übertragen, sofern eine Einwilligung vorliegt.

Swelab-alfa

Die hämatologische Analyse mittels Swelab-alfa kann anhand drei unterschiedlicher Methoden erfolgen. In dieser Studie wird der Cap-Piercer Modus genutzt, um Blutbilder anhand des EDTA-Blutes zu erstellen. Dabei wird die Probe vor dem Einführen geschwenkt und anschließend mit der Kappe nach unten in das Analysegerät eingerastet. Die Analyse dauert etwa 45 Sekunden. Die Ergebnisse werden direkt ausgedruckt.

Für diese Masterarbeit werden folgende Parameter, welche mittels Swelab-alfa erstellt wurden, genutzt: *Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten*

Sysmex-XN

Die Sysmex-XN-Serie wird vom Labor Vidotto genutzt, um Blutproben effizient zu analysieren. Die Geräte nutzen Fluoreszenz-Durchflussszytometrie, um ein Differentialblutbild zu erstellen. Im Auftrag des ÖISM werden für Sportler*innen aus unterschiedlichen Sportarten angepasste Blutbilder erstellt. Sysmex-XN stellt eine individuelle Analyse nach Angaben der Testpanels zur Verfügung. Die Fluoreszenz-Durchflussszytometrie ermöglicht eine effiziente und valide Auswertung der Blutproben.

Für diese Masterarbeit wurden folgende Blutwerte, welche von Sysmex-XN-Geräten analysiert wurden, herangezogen: *Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten, Harnstoff*

Die Nutzung der Werte beider Messmethoden und Geräte ergibt sich aufgrund der Datenlage innerhalb der SportsLegend-Datenbank. Aufgrund des Wechsels der Analysemethoden über die Jahre entsteht nur dann ein angemessenes Kollektiv, wenn im Rahmen dieser Masterarbeit beide Methoden berücksichtigt werden.

Im Weiteren wurden die angeführten Parameter ausgewählt, um möglichst viele Blutwerte innerhalb der Studie abzudecken. Durch die Mischung der Methoden liegen in keinem anderen Parameter ausreichend Datensätze vor, um analysiert zu werden.

2.3 Studienteilnehmer*innen

Aufgrund der Vielfalt der untersuchten Sportler*innen am ÖISM kommt es zu einem heterogenen Kollektiv. Die Daten von 160 der 682 in der Datenbank enthaltenen Personen konnten für diese Arbeit herangezogen werden.

511 Personen wurden ausgeschlossen, da keine Blutanalyse durchgeführt wurde. Außerdem wurde eine Altersspanne von 13 – 35 Jahre als Einschlusskriterium festgelegt. Da diese Arbeit auf Daten von gesunden Sportler*innen beruht, wurden krankhafte Werte aus der Statistik entfernt. Von den verbliebenen 171 Personen mit Blutanalyse wurden fünf aufgrund des Alters (> 35 Jahre), zwei wegen einer Anämie mit Eisenmangel, zwei aufgrund von erhöhtem Harnstoff durch Vorbelastung, zwei mit Leukozytose aufgrund einer vorliegenden Erkrankung, eine durch erhöhte Leukozyten und Kreatinkinase (CK) durch Vorbelastung und eine aufgrund von Leukopenie aus der Studie ausgeschlossen.

Als Ausschlusskriterien galten krankhafte Auffälligkeiten in den Blutwerten, Alter unter 13 oder über 35 Jahren, Vorerkrankungen und Einnahme von Medikamenten, welche hämatologische Ergebnisse beeinflussen, sowie sportliche Aktivität unter 2 Stunden pro Woche.

Das entstandene Kollektiv besteht aus 160 gesunden Sportler*innen aus unterschiedlichen Sportarten und wurde in zwei Altersgruppen (Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre; Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre) geteilt. Manche der Sportler*innen wurden mehrmals untersucht. Da es sich bei dieser Arbeit um eine Querschnittstudie handelt, wurde von jeder Person nur der erste Untersuchungstermin mit Blutanalyse herangezogen. Aufgrund der Nutzung unterschiedlicher Panels zur Blutanalyse ist das Kollektiv mit einer Analyse des Harnstoffs im Blut kleiner. Die anthropometrischen Daten der Sportler*innen können *Tabelle 1* und *Tabelle 2* entnommen werden.

Tab. 1: Beschreibung Sportler*innen mit den Blutwerten: Erythrozyten, Hämoglobin Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten

Parameter	Frauen	
	Altersgruppe 1 (n = 10)	Altersgruppe 2 (n = 25)
Größe (m)	1.70 ± 0.07 [1.71; 0.08]	1.70 ± 0.07 [1.70; 0.08]
Gewicht (kg)	66.4 ± 7.4 [64.7; 12.0]	64.0 ± 6.8 [63.0; 9.0]
BMI (kg·m ⁻²)	23.0 ± 2.2 [22.5; 3.2]	22.1 ± 1.0 [22.0; 1.5]
Alter (Jahre)	17 ± 2 [17; 3]	26 ± 5 [25; 9]
Parameter	Männer	
	Altersgruppe 1 (n = 84)	Altersgruppe 2 (n = 41)
Größe (m)	1.77 ± 0.11 [1.76; 0.13]	1.86 ± 0.07 [1.86; 0.13]
Gewicht (kg)	66.8 ± 13.7 [66.0; 18.4]	85.1 ± 10.8 [85.4; 19.5]
BMI (kg·m ⁻²)	21.1 ± 2.6 [21.0; 3.6]	24.7 ± 2.1 [24.7; 2.8]
Alter (Jahre)	15 ± 2 [15; 2]	24 ± 3 [24; 3]

Kollektiv Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten
 Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre; Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre
 Daten werden als Mittelwerte ± Standardabweichung [Median; Interquartilsbereich] dargestellt.
 BMI, Body-Mass-Index; (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2;
 n = 84 Männer Altersgruppe 1; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

Tabelle 1 beschreibt das Kollektiv der teilnehmenden Sportler*innen mit Blutwerten der Erythrozyten, des Hämoglobins, Hämatokrits und MCVs sowie der Leuko- und Thrombozyten. Es nahmen zehn Frauen im Alter von 14 bis 18 Jahren an dieser Studie teil. Die Körpergröße dieser Sportlerinnen betrug zwischen 1.59 und 1.80 m. Das Körpergewicht der jüngeren Frauen belief sich auf 55.4 bis 77.0 kg, während der BMI zwischen 19 und 26.6 kg·m⁻² lag. 25 Frauen, im Alter von 19 bis 35 Jahren, erfüllten die Teilnahme Kriterien. Deren Körpergröße belief sich auf 1.59 bis 1.82 m, während ihr Gewicht zwischen 53 und 81.2 kg lag. Der niedrigste BMI dieser Gruppe betrug 20 kg·m⁻², während das Maximum 24.51 kg·m⁻² betrug.

In der Datenbank fanden sich 84 junge Männer, die für diese Studie geeignet waren. Die jüngeren Männer waren zwischen 13 und 18 Jahre alt und 1.43 bis 2.05 m groß. Das Minimum des Körpergewichts dieser Gruppe belief sich auf 34, das Maximum auf 103 kg. Der BMI der Gruppe lag zwischen 15.8 und 26.8 kg·m⁻². Die ältere Gruppe der Männer bestand aus 41 Sportlern im Alter von 19 bis 32 Jahren. Sie waren zwischen 1.72 und 1.98 m groß und wogen 66 bis 105 kg. Der BMI der älteren Männer streute von 20.5 bis 30.1 kg·m⁻².

Tab. 2: Beschreibung Sportler*innen mit dem Blutwert: Harnstoff

Parameter	Frauen	
	Altersgruppe 1 (n = 10)	Altersgruppe 2 (n = 23)
Größe (m)	1.70 ± 0.07 [1.71; 0.08]	1.70 ± 0.06 [1.70; 0.08]
Gewicht (kg)	66.4 ± 7.4 [64.7; 12.0]	64.0 ± 6.9 [64.0; 8.9]
BMI (kg·m ⁻²)	23.0 ± 2.2 [22.5; 3.2]	22.1 ± 1.1 [22.1; 1.8]
Alter (Jahre)	17 ± 2 [17; 3]	26 ± 5 [25; 9]
Parameter	Männer	
	Altersgruppe 1 (n = 76)	Altersgruppe 2 (n = 36)
Größe (m)	1.77 ± 0.11 [1.76; 0.14]	1.86 ± 0.08 [1.86; 0.13]
Gewicht (kg)	66.3 ± 14.0 [65.3; 17.0]	84.7 ± 10.5 [84.1; 20.0]
BMI (kg·m ⁻²)	21.0 ± 2.6 [21.0; 3.5]	24.1 ± 2.0 [24.7; 2.7]
Alter (Jahre)	15 ± 2 [15; 3]	24 ± 3 [23; 3]

Kollektiv Harnstoff

Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre; Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre

Daten werden als Mittelwerte ± Standardabweichung [Median; Interquartilsbereich] dargestellt.

BMI, Body-Mass-Index; (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 23 Frauen Altersgruppe 2

n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Altersgruppe 2)

Das Kollektiv der Sportler*innen mit einer Auswertung des Harnstoffs wird in *Tabelle 2* beschrieben. Die Gruppe der jüngeren Frauen war ident zu der des Kollektivs aus *Tabelle 1*. Die Gruppe der älteren Frauen setzte sich aus 23 Sportlerinnen im Alter von 19 bis 34 Jahren zusammen. Die Sportlerinnen waren 1.61 bis 1.82 m groß und hatten ein Körpergewicht zwischen 53 bis 81.2 kg. Der geringste BMI der Gruppe betrug 20 und der höchste 24.5 kg·m⁻².

Von den 84 jüngeren Männern wurde bei 76 ein Harnstoffwert ermittelt. Die jungen Sportler waren zwischen 13 und 18 Jahre alt und 1.43 bis 2.05 m groß. Das Gewicht betrug 34 bis 103 kg und der BMI lag zwischen 15.8 bis 26.8 kg·m⁻². Die Gruppe der älteren Männer bestand aus 36 Teilnehmern im Alter von 19 bis 32 Jahren. Die Körpergröße der Gruppe lag zwischen 1.72 und 1.98 m, während sich das Gewicht in einem Bereich von 68.1 bis 105 kg bewegte. Der BMI der Sportler belief sich auf 20.5 bis 30.1 kg·m⁻².

2.4 Statistik

Die erhobenen Daten wurden zuerst in die Datenbank der SportsLegend-Studie eingetragen. Diese ist in Form einer Microsoft Excel Datei angelegt. Anschließend wurden die Daten in Excel auf vorhandene Blutwerte gefiltert. Die gefilterten Daten wurden danach ins Statistical Package für Social Sciences (IBM SPSS Statistics 29) importiert. In SPSS wurde anschließend auf Ausreißer, Extremwerte und Ausschlusskriterien geprüft. In weiteren Schritten wurden die Daten in Altersgruppe 1 (13 – 18 Jahre) und Altersgruppe 2 (19 – 35 Jahre) gegliedert, sowie nach Geschlecht (Frauen und Männer) aufgeteilt.

Darauffolgend wurden mittels deskriptiver Statistik Minimum, Maximum und durchschnittliche Werte berechnet. Anschließend wurden die Daten als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung [Median; Interquartilsabstand] angegeben.

Eine Überprüfung auf Normalverteilung ($p > 0.05$) der einzelnen Parameter wurde mittels Shapiro-Wilk-Test beziehungsweise Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Um auf Unterschiede ($p < 0.05$) der Gruppen zu prüfen, wurde ein Mann-Whitney-U-Test genutzt. Mittels Microsoft Excel wurde die Effektstärke, in Form des Pearson-Korrelationskoeffizienten, der signifikanten Ergebnisse berechnet. Mittels SPSS wurden anschließend die 2.5 %- und 97.5 %-Perzentile für alle Parameter ermittelt. Für diese Bestimmung wurde der Datensatz in Frauen und Männer sowie Altersgruppe 1 und Altersgruppe 2 getrennt.

2.5 Untersuchte Parameter

Die hämatologischen Parameter, welche in dieser Masterarbeit untersucht wurden, waren: *Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten, Harnstoff*

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik Blutparameter

Tabelle 3 und *4* zeigen die Verteilung der Blutparameter der Sportler*innen. Die berechneten Referenzintervalle sind graphisch in *Abbildung 1* bis *Abbildung 14* dargestellt und in *Tabelle 9* tabellarisch niedergeschrieben.

Tab. 3: Frauen – Deskriptive Statistik Blutparameter

Parameter	Frauen									
	Altersgruppe 1 (n = 10)					Altersgruppe 2 (n = 25)				
	Min	25 %	Median	75 %	Max	Min	25 %	Median	75 %	Max
Erythrozyten (10 ⁶ /μl)	4.2	4.2	4.5	4.8	4.9	3.7	4.0	4.5	5.0	5.2
Hämoglobin (g/dl)	12.4	12.2	13.0	13.8	13.7	11.7	12.5	13.6	14.7	14.8
Hämatokrit (%)	37	38	39	40	40	35	36	40	44	43
MCV (fl)	82	80	85	90	91	81	83	88	93	97
Leukozyten (Zellen/μl)	4800	4875	5850	6825	7700	3800	3750	5300	6850	8400
Thrombozyten (G/l)	192	172	216	260	287	148	166	235	304	317
	(n = 10) ⁺					(n = 23) ⁺				
Harnstoff (mg/dl) ⁺	19	15	26	37	38	19	18	28	38	45

Min = Minimum, Max = Maximum, Median; 25 %-Perzentile; 75 %-Perzentile
(n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2)

⁺ Kollektiv Harnstoff (n = 10 Altersgruppe 1; n = 23 Altersgruppe 2)

Tabelle 3 zeigt, dass die Mediane des Hämoglobins, des Hämatokrits, des MCVs, der Thrombozyten und des Harnstoffs bei jüngeren Frauen geringer waren als die Werte der Altersgruppe 2. In den Medianen der Erythrozyten gab es keinen Unterschied. Der Median der Leukozyten der jüngeren Frauen lag, gegensätzlich der anderen Parameter, höher als der Median der älteren. Die Maxima aller erhobenen Blutwerte lagen in der Altersgruppe 1 tiefer als in der Altersgruppe 2. Im Falle der niedrigsten Werte konnte beobachtet werden, dass die Minima der jüngeren Frauen höher als die der älteren waren. Dies trifft auf alle erhobenen Parameter, außer dem Harnstoff zu. Für die minimale Harnstoffkonzentration im Blut erreichten beide Gruppen denselben Wert.

Tab. 4: Männer – Deskriptive Statistik Blutparameter

Parameter	Männer									
	Altersgruppe 1 (n = 84)					Altersgruppe 2 (n = 41)				
	Min	25 %	Median	75 %	Max	Min	25 %	Median	75 %	Max
Erythrozyten (10 ⁶ /μl)	4.3	4.5	5.1	5.7	5.7	4.7	4.8	5.2	5.6	5.7
Hämoglobin (g/dl)	11.8	13.1	14.7	16.3	17.1	14.2	14.3	15.4	16.5	17.5
Hämatokrit (%)	36	38	43	48	49	42	41.9	45	47.9	50
MCV (fl)	75	80.6	86	90.6	97	82	85	88	91	93
Leukozyten (Zellen/μl)	3200	4000	5400	6800	9400	3800	4050	5500	6950	8200
Thrombozyten (G/l)	148	164	236	308	357	142	153	207	261	267
	(n = 76) ⁺					(n = 36) ⁺				
Harnstoff (mg/dl) ⁺	17	21.9	32	41.9	47	22	27	39	50.6	47

Min = Minimum, Max = Maximum, Median; 25 %-Perzentile; 75 %-Perzentile

(n = 84 Männer Altersgruppe 1; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

⁺ Kollektiv Harnstoff (n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

Wie in *Tabelle 4* ersichtlich, lagen die Mediane der Altersgruppe 1 angehörigen Männer in allen Parametern, ausgenommen den Thrombozyten, niedriger als die der älteren Sportler. Der Median der Thrombozyten war bei jüngeren Männern um 29 G/l höher als bei älteren.

Dasselbe Muster zeigte sich in den Minima der Parameter: während jüngere Männer mehr Thrombozyten aufwiesen als ältere, lagen die minimalen Werte aller anderen Parameter bei den älteren Sportlern höher als bei den jüngeren. Die erreichten Maximalwerte der Gruppen waren im Falle der Erythrozyten und der Harnstoffkonzentration im Blut ident. Das Maximum des Hämoglobins sowie des Hämatokrits war bei jüngeren Sportlern geringer als bei älteren. Die Maxima des MCVs, der Leukozyten und der Thrombozyten lagen bei Sportlern im Alter von 13 – 18 Jahren höher als bei Männern der Altersgruppe 2.

3.2 Unterschiede zwischen den Altersgruppen

In *Tabelle 5* und *6* sind die Unterschiede der Blutparameter zwischen den Altersgruppen beschrieben. Die Vergleiche sind nach Geschlecht getrennt.

Tab. 5: Frauen – Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Frauen								
Parameter	Altersgruppe 1 (n = 10)			Altersgruppe 2 (n = 25)			p	[r]
	Min	Median	Max	Min	Median	Max		
Erythrozyten (10 ⁶ /μl)	4.2	4.5	4.9	3.7	4.5	5.2	0.756	-
Hämoglobin (g/dl)	12.4	13.0	13.7	11.7	13.6	14.8	0.085	-
Hämatokrit (%)	37	39	40	35	40	43	0.085	-
MCV (fl)	82	85	91	81	88	97	0.134	-
Leukozyten (Zellen/μl)	4800	5850	7700	3800	5300	8400	0.289	-
Thrombozyten (G/l)	192	216	287	148	235	317	0.361	-
	(n = 10) ⁺			(n = 23) ⁺				
Harnstoff (mg/dl) ⁺	19	26	38	19	28	45	0.263	-

Min = Minimum; Max = Maximum; Median; r = Angabe der Effektstärke

Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre; Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre

Mann-Whitney-U-Test zur Feststellung von Unterschieden zwischen den Altersgruppen

(n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2)

⁺ Kollektiv Harnstoff (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 23 Frauen Altersgruppe 2)

Signifikanzniveau: p < 0.05

* Eine Signifikanz liegt vor

Wie in *Tabelle 5* ersichtlich, konnte in keinem der Parameter ein signifikanter Unterschied der Blutwerte der Frauen in den zwei Altersgruppen nachgewiesen werden (p > 0.05).

Tab. 6: Männer – Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Männer								
Parameter	Altersgruppe 1 (n = 84)			Altersgruppe 2 (n = 41)			p	[r]
	Min	Median	Max	Min	Median	Max		
Erythrozyten (10 ⁶ /μl)	4.3	5.1	5.7	4.7	5.2	5.7	0.135	-
Hämoglobin (g/dl)	11.8	14.7	17.1	14.2	15.4	17.5	< 0.001*	0.3
Hämatokrit (%)	36	43	49	42	45	50	< 0.001*	0.3
MCV (fl)	75	86	97	82	88	93	< 0.001*	0.3
Leukozyten (Zellen/μl)	3200	5400	9400	3800	5500	8200	0.724	-
Thrombozyten (G/l)	148	236	357	142	207	267	0.004*	0.3
	(n = 76) ⁺			(n = 36) ⁺				
Harnstoff (mg/dl) ⁺	17	32	47	22	39	47	< 0.001*	0.4

Min = Minimum; Max = Maximum; Median; r = Angabe der Effektstärke

Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre; Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre

Mann-Whitney-U-Test zur Feststellung von Unterschieden zwischen den Altersgruppen

(n = 84 Männer Altersgruppe 1; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

⁺ Kollektiv Harnstoff (n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

Signifikanzniveau: p < 0.05

* Eine Signifikanz liegt vor

Tabelle 6 beschreibt die Unterschiede zwischen den Altersgruppen der Männer. Während Erythrozyten und Leukozyten keinen signifikanten Unterschied zwischen den jüngeren und älteren Sportlern aufwiesen ($p > 0.05$), zeigten sich in den anderen Parametern signifikante Abweichungen voneinander ($p < 0.05$). Es bestand ein schwacher signifikanter Unterschied des Hämoglobinwerts ($n = 125$; $r = 0.3$; $p < 0.001$), Hämatokrits ($n = 125$; $r = 0.3$; $p < 0.001$), MCVs ($n = 125$; $r = 0.3$; $p < 0.001$), der Thrombozyten ($n = 125$; $r = 0.3$; $p = 0.004$) und des Harnstoffs im Blut ($n = 112$; $r = 0.4$; $p < 0.001$) zwischen den Altersgruppen der Männer. Die Mediane der jüngeren Männer lagen in allen Parametern, ausgenommen der Thrombozyten, niedriger als die der älteren Sportler. Männer der Altersgruppe 1 erreichten einen höheren Median der Thrombozyten als die der Altersgruppe 2.

3.3 Unterschiede zwischen den Geschlechtern

Tabelle 7 und **8** beschreiben die Unterschiede der Blutparameter zwischen Frauen und Männern innerhalb der Altersgruppen.

Tab. 7: Altersgruppe 1 – Unterschiede nach Geschlecht

Altersgruppe 1								
Parameter	Frauen (n = 10)			Männer (n = 84)			p	[r]
	Min	Median	Max	Min	Median	Max		
Erythrozyten ($10^6/\mu\text{l}$)	4.2	4.5	4.9	4.3	5.1	5.7	< 0.001*	0.4
Hämoglobin (g/dl)	12.4	13.0	13.7	11.8	14.7	17.1	< 0.001*	0.5
Hämatokrit (%)	37	39	40	36	43	49	< 0.001*	0.5
MCV (fl)	82	85	91	75	86	97	0.859	-
Leukozyten (Zellen/ μl)	4800	5850	7700	3200	5400	9400	0.323	-
Thrombozyten (G/l)	192	216	287	148	236	357	0.469	-
	(n = 10) ⁺			(n = 76) ⁺				
Harnstoff (mg/dl) ⁺	19	26	38	17	32	47	0.048*	0.2

Min = Minimum; Max = Maximum; Median; r = Angabe der Effektstärke

Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre

Mann-Whitney-U-Test zur Feststellung von Unterschieden zwischen Frauen und Männern

(n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 84 Männer Altersgruppe 1)

⁺ Kollektiv Harnstoff (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 76 Männer Altersgruppe 1)

Signifikanzniveau: $p < 0.05$

* Eine Signifikanz liegt vor

Wie in **Tabelle 7** ersichtlich, bestand kein signifikanter Unterschied des MCVs, der Leukozyten und der Thrombozyten zwischen den Geschlechtern im Alter von 13 – 18 Jahren ($p > 0.05$). Alle anderen untersuchten Blutparameter wiesen signifikante Unterschiede zwischen Sportlern und Sportlerinnen auf ($p < 0.05$). Es bestand ein schwacher signifikanter Unterschied der Erythrozytenzahl ($n = 94$; $r = 0.4$; $p < 0.001$) und der Harnstoffkonzentration im Blut ($n = 86$; $r = 0.2$; $p = 0.048$) zwischen Männern und Frauen der Altersgruppe 1. Ein schwacher bis mittlerer signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen dieser Altersgruppe wiesen die Hämoglobinwerte ($n = 94$; $r = 0.5$; $p < 0.001$)

und die Hämatokrits ($n = 94$; $r = 0.5$; $p < 0.001$) auf. Im Falle aller signifikanten Unterschiede war der Median der Frauen geringer als jener der Männer.

Tab. 8: Altersgruppe 2 – Unterschiede der Sportler*innen

Altersgruppe 2								
Parameter	Frauen (n = 25)			Männer (n = 41)			p	[r]
	Min	Median	Max	Min	Median	Max		
Erythrozyten ($10^6/\mu\text{l}$)	3.7	4.5	5.2	4.7	5.2	5.7	< 0.001*	0.7
Hämoglobin (g/dl)	11.7	13.6	14.8	14.2	15.4	17.5	< 0.001*	0.8
Hämatokrit (%)	35	40	43	42	45	50	< 0.001*	0.8
MCV (fl)	81	88	97	82	88	93	0.984	-
Leukozyten (Zellen/ μl)	3800	5300	8400	3800	5500	8200	0.968	-
Thrombozyten (G/l)	148	235	317	142	207	267	0.018*	0.3
	(n = 23)*			(n = 36)*				
Harnstoff (mg/dl)*	19	28	45	22	39	47	< 0.001*	0.5

Min = Minimum; Max = Maximum; Median; r = Angabe der Effektstärke

Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre

Mann-Whitney-U-Test zur Feststellung von Unterschieden zwischen Frauen und Männern

(n = 25 Frauen Altersgruppe 2; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

* Kollektiv Harnstoff (n = 23 Frauen Altersgruppe 2; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

Signifikanzniveau: $p < 0.05$

* Eine Signifikanz liegt vor

Tabelle 8 zeigt, dass keine Unterschiede der Parameter MCV, Leukozyten und Thrombozyten zwischen den Geschlechtern in der Altersgruppe 2 vorlagen ($p > 0.05$). Alle anderen Blutparameter wiesen signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf ($p < 0.05$). Ein schwacher signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen der Altersgruppe 2 bestand bei den Thrombozyten ($n = 66$; $r = 0.3$; $p = 0.018$). Ein schwacher bis mittlerer Unterschied zwischen den Geschlechtern ergab sich bei der Erythrozytenzahl ($n = 66$; $r = 0.7$; $p < 0.001$) und der Harnstoffkonzentration im Blut ($n = 59$; $r = 0.5$; $p < 0.001$). Der Hämoglobinwert ($n = 66$; $r = 0.8$; $p < 0.001$) und Hämatokrit ($n = 66$; $r = 0.8$; $p < 0.001$) wiesen einen starken Unterschied zwischen Männern und Frauen im Alter von 19 – 35 Jahren auf. Die Mediane der Parameter mit signifikanten Unterschieden lagen, abgesehen von den Thrombozyten, bei Frauen unter denen der Männer. Der mittlere Thrombozytenwert der Frauen war höher als bei den Männern.

3.4 Ermittelte Referenzintervalle

Die Violinen-Plots in *Abbildung 1* bis *14* zeigen die Verteilung und Dichte der Werte. Der Punkt an der Geraden beschreibt den Median, während die Linien selbst den Bereich der 2.5 %- bis 97.5 %-Perzentile visualisieren. Eine tabellarische Zusammenfassung der Referenzintervalle ist in *Tabelle 9* zu finden.

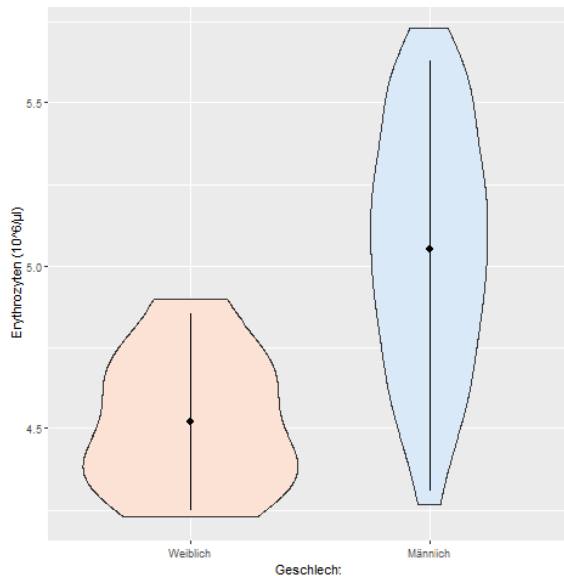


Abb. 1: Violinen Plot – Erythrozyten ($10^6/\mu\text{l}$) Sportler*innen Altersgruppe 1

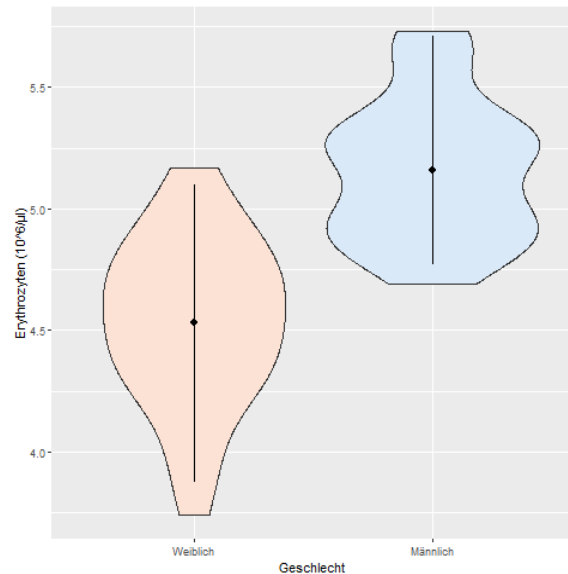


Abb. 2: Violinen Plot – Erythrozyten ($10^6/\mu\text{l}$) Sportler*innen Altersgruppe 2

Abbildung 1 veranschaulicht die Verteilungen, die Mediane und die Referenzintervalle der Erythrozytenwerte der jüngeren Sportler*innen. Die Frauen dieser Altersgruppe erreichten einen Median von $4.5 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ ($0.3 \cdot 10^6/\mu\text{l}$). Das aus den Werten resultierende Referenzintervall reichte von 4.3 bis $4.9 \cdot 10^6/\mu\text{l}$. Der Median der Männer lag bei $5.1 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ ($0.6 \cdot 10^6/\mu\text{l}$), wobei sich der Referenzbereich von 4.3 bis $5.6 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ spannte.

Abbildung 2 zeigt die Verteilungen, Mediane und Referenzintervalle der Erythrozyten von Sportler*innen in einem Alter zwischen 19 und 35 Jahren. Frauen dieser Altersgruppe erreichten einen Median von $4.5 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ ($0.5 \cdot 10^6/\mu\text{l}$). Aus den Werten der Frauen ergab sich ein Referenzintervall von 3.9 bis $5.1 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ Erythrozyten. Die Sportler dieser Altersgruppe erreichten einen Median von $5.2 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ ($0.4 \cdot 10^6/\mu\text{l}$). Aus den 41 Werten der Männer ergab sich ein Referenzintervall von 4.8 bis $5.7 \cdot 10^6/\mu\text{l}$.

In *Abbildung 3* sind die Verteilungen, Dichte, Mediane und Referenzintervalle des Hämoglobins der jüngeren Frauen und Männer visualisiert, während *Abbildung 4* die Werte der älteren Zielgruppe beschreibt.

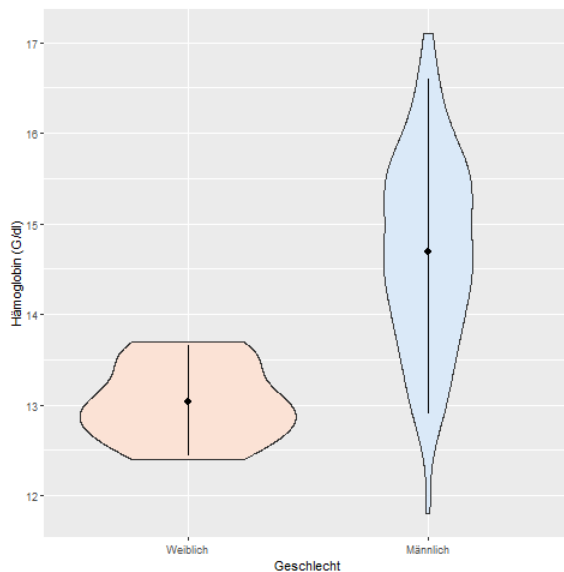


Abb. 3: Violinen Plot – Hämoglobin (g/dl) Sportler*innen Altersgruppe 1

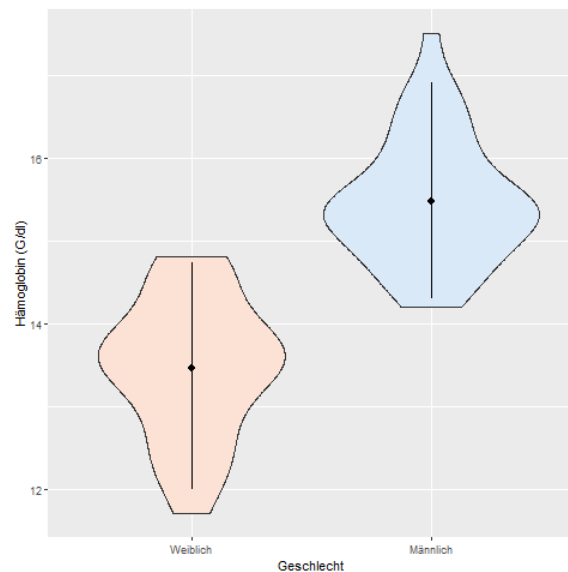


Abb. 4: Violinen Plot – Hämoglobin (g/dl) Sportler*innen Altersgruppe 2

Wie in *Abbildung 3* ersichtlich erreichten Sportlerinnen der Altersgruppe 1 einen Median von 13.0 g/dl (0.8 g/dl) Hämoglobin. Aus den gemessenen zehn Werten ergab sich ein Referenzintervall von 12.4 bis 13.7 g/dl. Die Hämoglobinwerte der Studienteilnehmer ergaben einen Median von 14.7 g/dl (1.6 g/dl) für jüngere Sportler. Es ergab sich ein Referenzintervall von 12.9 bis 16.6 g/dl Hämoglobin.

Abbildung 4 zeigt, dass im Falle der älteren Frauen ein Median von 13.6 g/dl (1.1 g/dl) erreicht wurde. Anhand der Werte der Sportlerinnen ergab sich ein 2.5 %-Perzentil von 12.0 g/dl und ein 97.5 %-Perzentil von 14.7 g/dl. Männer im Alter von 19 – 35 Jahren erreichten einen mittleren Wert von 15.4 g/dl (1.1 g/dl) Hämoglobin. Der Normbereich für Männer der Altersgruppe 2 lag bei einem 2.5 %-Perzentil von 14.3 g/dl und einem 97.5 %-Perzentil von 16.9 g/dl.

Abbildung 5 und 6 veranschaulichen die Normbereiche, Verteilungen und Mediane der Hämatokritwerte der Studienteilnehmer*innen. *Abbildung 5* umfasst die Werte der Altersgruppe 1, während *Abbildung 6* die der älteren Sportler*innen abbildet.

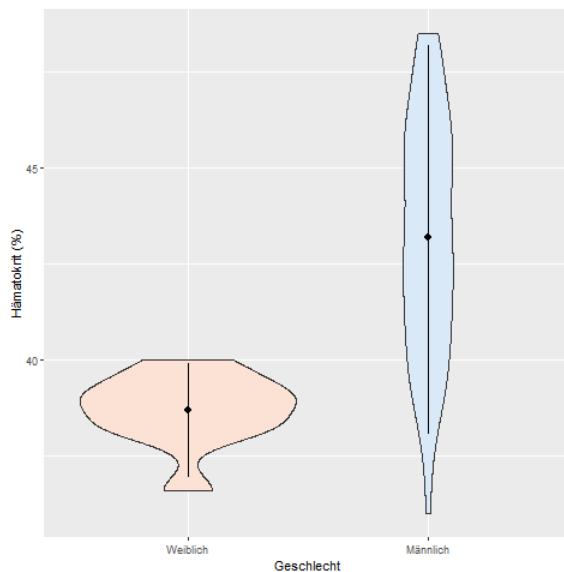


Abb. 5: Violinen Plot – Hämatokrit (%) Sportler*innen Altersgruppe 1

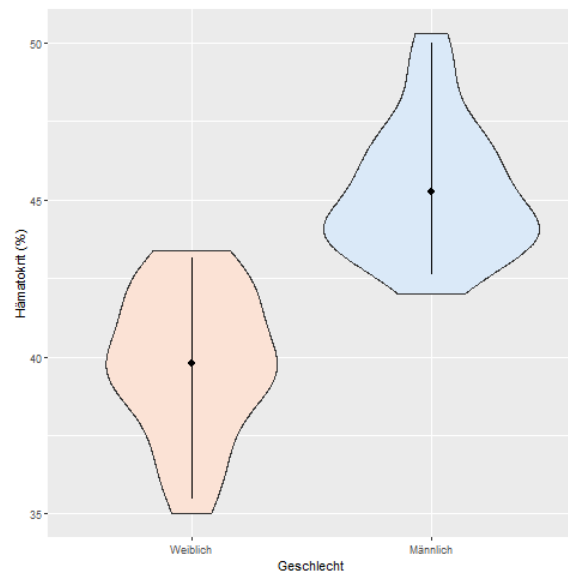


Abb. 6: Violinen Plot – Hämatokrit (%) Sportler*innen Altersgruppe 2

Wie *Abbildung 5* zeigt, ergaben die Hämatokritwerte der Sportlerinnen einen Zentralwert der jüngeren Frauen von 39 % (1 %). Das Referenzintervall der Sportlerinnen in einem Alter von 13 – 18 Jahren lag bei einem unteren Wert von 37 % und einem oberen von 40 %. Die Ergebnisse der Sportler ergaben für die Jüngeren einen Median von 43 % (5 %) und ein Referenzintervall von 38 bis 48 %.

Abbildung 6 zeigt die Hämatokritwerte der älteren Sportlerinnen mit einem Median von 40 % (4 %). Das Referenzintervall der Studienteilnehmerinnen der Altersgruppe 2 reichte von 35 bis 43 % Hämatokrit. In der Gruppe der Sportler im Alter zwischen 19 und 35 Jahren ergab sich ein mittlerer Wert von 45 % (3 %) und der resultierende Referenzbereich reichte von einer unteren Grenze mit 43 % bis zu einer Obergrenze von 50 %.

Abbildungen 7 und 8 beziehen sich auf den MCV der Studienteilnehmer*innen. Sie beschreiben die Verteilungen, Mediane und Normbereiche der beiden Altersgruppen.

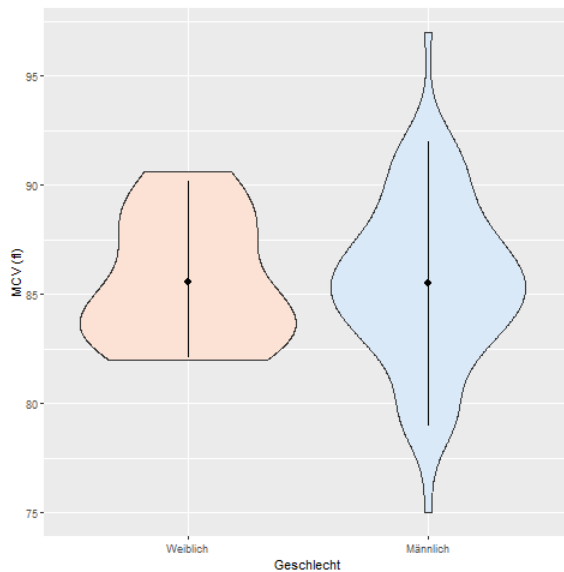


Abb. 7: Violinen Plot – MCV (fl) Sportler*innen Altersgruppe 1

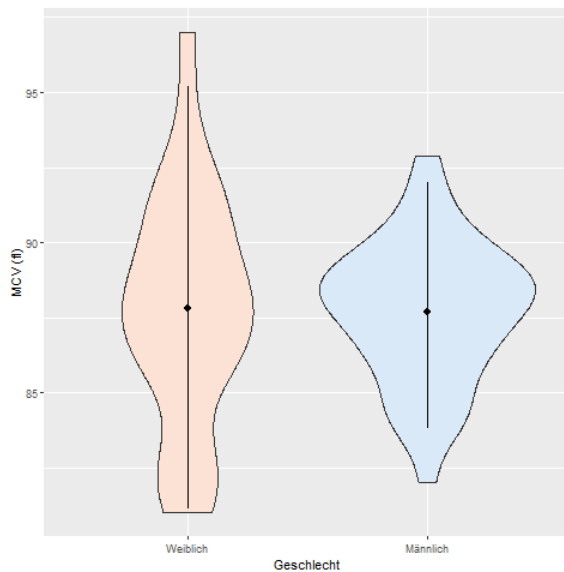


Abb. 8: Violinen Plot – MCV (fl) Sportler*innen Altersgruppe 2

Die MCV der Sportler*innen der Altersgruppe 1 werden in *Abbildung 7* visualisiert. Das Referenzintervall der Frauen dieser Gruppe reichte von 82 fl bis 90 fl. Der Median des MCV der jungen Sportlerinnen lag bei 85 fl (5 fl). Die Männer erreichten einen Zentralwert von 86 fl (5 fl). Aus den 84 Werten der Sportler ergab sich ein Referenzintervall von 79 fl bis 92 fl.

Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse des MCVs der Altersgruppe 2. Die älteren Studienteilnehmerinnen erreichten einen mittleren Wert von 88 fl (5 fl). Das aus den Werten resultierende Referenzintervall liegt bei einem 2.5 %-Perzentil von 81 fl und einem 97.5 %-Perzentil von 95 fl. Sportler der Altersgruppe 2 erreichten einen Median von 88 fl (3 fl). Anhand der 41 MCV-Werte der älteren Männer ergibt sich ein Referenzintervall von 84 bis 92 fl.

Die Verteilungen, Mediane und Referenzintervalle der Leukozyten der beiden Altersgruppen werden in *Abbildung 9* und *10* nach Geschlecht getrennt dargestellt.

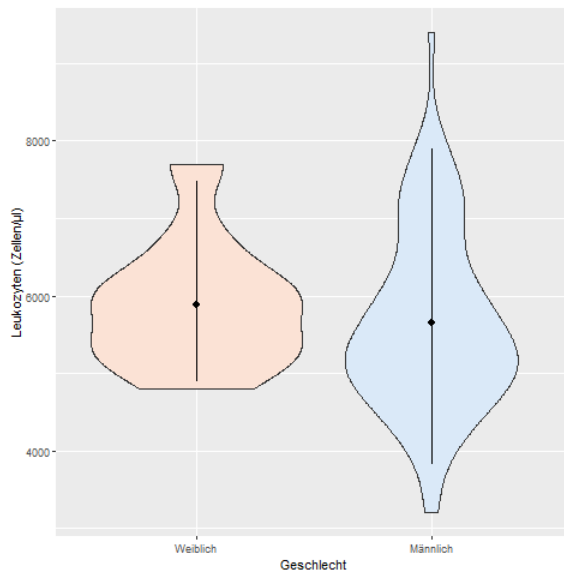


Abb. 9: Violinen Plot – Leukozyten (Zellen/ μ l)
Sportler*innen Altersgruppe 1

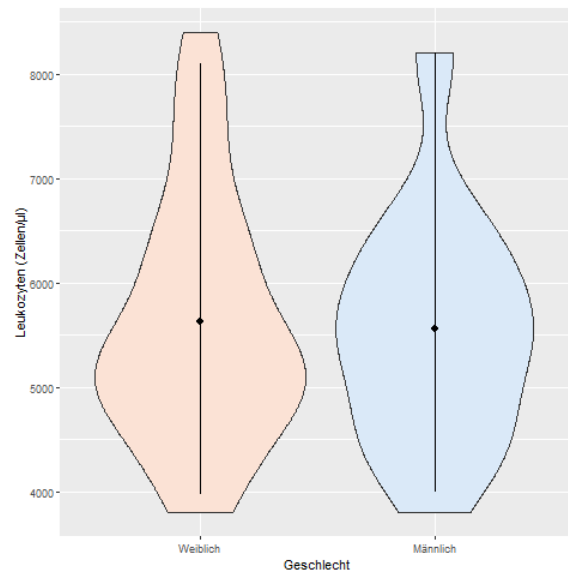
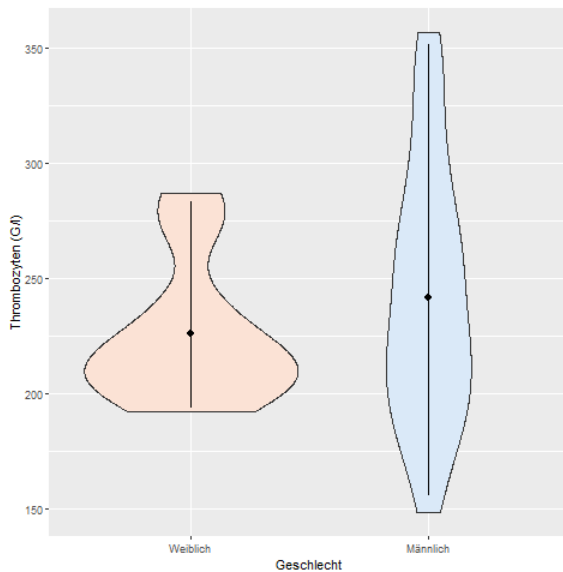


Abb. 10: Violinen Plot – Leukozyten (Zellen/ μ l)
Sportler*innen Altersgruppe 2

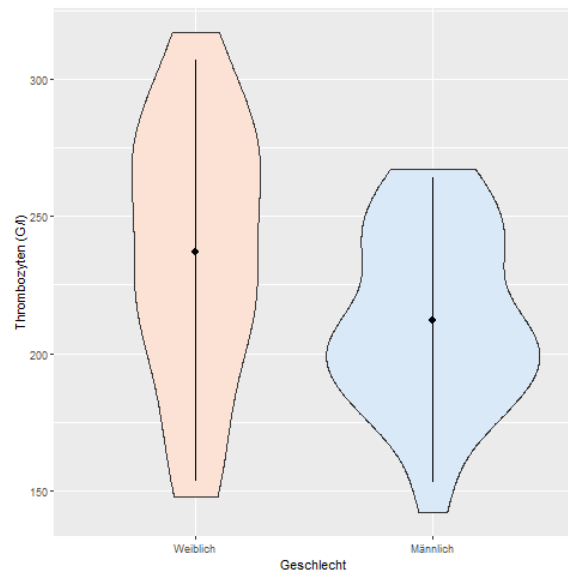
Abbildung 9 zeigt den Median der jüngeren Frauen bei 5850 Zellen/ μ l (975 Zellen/ μ l), während der mittlere Wert der jungen Sportler bei 5400 Zellen/ μ l (1400 Zellen/ μ l) lag. Das Referenzintervall für Leukozyten bei jungen Sportlerinnen lag aufgrund der zehn gemessenen Werte bei 4890 bis 7475 Zellen/ μ l. Für Sportler in einem Alter zwischen 13 und 18 Jahren ergab sich anhand der Messwerte ein Referenzintervall von 3832 bis 7900 Zellen/ μ l.

Abbildung 10 zeigt die Referenzintervalle der älteren Studienteilnehmer*innen. Der Median der Sportlerinnen lag bei 5300 Zellen/ μ l (1550 Zellen/ μ l). Der Normbereich für diese Gruppe lag bei einem 2.5 %-Perzentil von 3980 Zellen/ μ l und einem 97.5 %-Perzentil von 8100 Zellen/ μ l. Das aus den Messwerten resultierende Referenzintervall für Männer der Altersgruppe 2 lag bei 4000 bis 8200 Zellen/ μ l.

Abbildung 11 und 12 visualisieren die Verteilungen, Mediane und Referenzintervalle der Thrombozyten der Sportler*innen.



**Abb. 11: Violinen Plot – Thrombozyten (G/l)
Sportler*innen Altersgruppe 1**



**Abb. 12: Violinen Plot – Thrombozyten (G/l)
Sportler*innen Altersgruppe 2**

Abbildung 11 visualisiert die Referenzbereiche der Altersgruppe 1. Sportlerinnen im Alter zwischen 13 und 18 Jahren erreichten einen mittleren Thrombozytenwert von 216 G/l (44 G/l). Der aus den zehn Werten resultierende Referenzbereich für diese Gruppe lag bei 194 bis 239 G/l. Sportler derselben Altersgruppen erreichten einen Median von 236 G/l (72 G/l). Der Normbereich, welcher anhand der 84 Messwerte ermittelt wurde, lag bei einem 2.5 %-Perzentil von 155 G/l und einem 97.5 %-Perzentil von 352 G/l.

Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse der Altersgruppe 2. Die Gruppe der älteren Sportlerinnen erreichten einen Median von 235 G/l (69 G/l) und das ermittelte Referenzintervall lag bei 153 bis 307 G/l. Der Median der älteren Männer lag bei 207 G/l (54 G/l). Der für diese Altersgruppe ermittelte Normbereich begann bei dem 2.5 %-Perzentil mit 153 G/l und endete bei dem 97.5 %-Perzentil von 264 G/l.

Abbildung 13 und 14 bilden die Verteilungen, Mediane und Referenzintervalle des Harnstoffs im Blut der Sportler*innen der beiden Altersgruppen nach Geschlecht ab. *Abbildung 13* beschreibt die Werte der jüngeren Studienteilnehmer*innen und *Abbildung 14* die der älteren Sportler*innen.

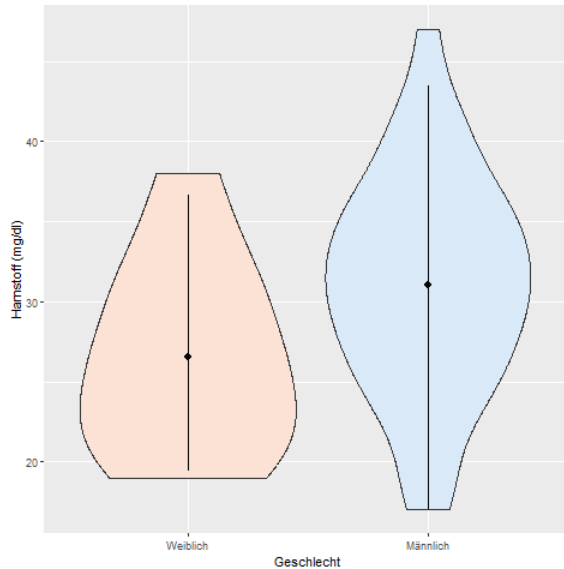


Abb. 13: Violinen Plot – Harnstoff (md/dl) Sportler*innen Altersgruppe 1

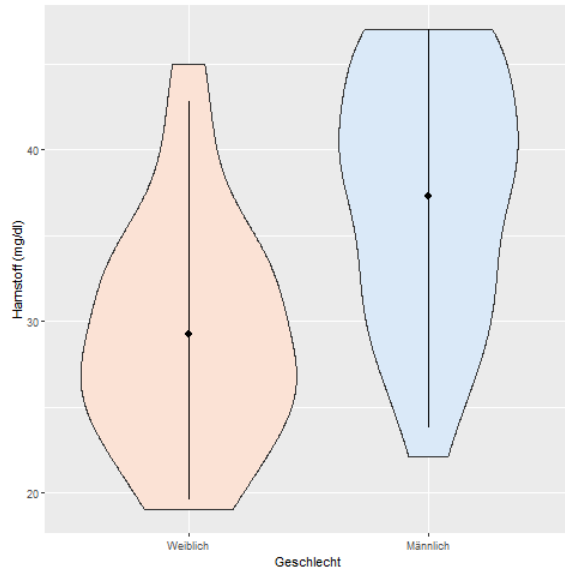


Abb. 14: Violinen Plot – Harnstoff (md/dl) Sportler*innen Altersgruppe 2

Der Median der Frauen im Alter von 13 bis 18 Jahren lag, wie in *Abbildung 13* ersichtlich, bei 26 mg/dl (11 mg/dl). Das ermittelte Referenzintervall für diese Gruppe ergab Werte von 19 bis 37 mg/dl. Der Median der 76 Männer der Altersgruppe 1 lag bei 32 mg/dl und der aus den Messwerten ermittelte Normbereich bei 17 bis 44 mg/dl.

Abbildung 14 visualisiert die Ergebnisse der Altersgruppe 2. Für die Sportlerinnen dieser Gruppe lag der ermittelte Referenzbereich am 2.5 %-Perzentil bei 20 und am 97.5 %-Perzentil bei 43 mg/dl. Der Median der Studienteilnehmerinnen im Alter von 19 bis 35 Jahren ergab einen Wert von 28 mg/dl (10 mg/dl). Die Sportler derselben Altersgruppe erreichten einen Median von 39 mg/dl (12 mg/dl). Der Normbereich der Studienteilnehmer der Altersgruppe 2 lag bei 24 bis 47 mg/dl.

In *Tabelle 9* sind die in den *Abbildungen 1* bis *14* visualisierten Referenzintervalle tabellarisch niedergeschrieben.

Tab. 9: Ermittelte Referenzintervalle nach Geschlecht und Alter

Parameter	Alter (Jahre)	n	Frauen			n	Männer		
			2.5%	Median	97.5%		2.5%	Median	97.5%
Erythrozyten (10 ⁶ /μl)	13 - 18	10	4.3	4.5	4.9	84	4.3	5.1	5.6
	19 - 35	25	3.9	4.5	5.1	41	4.8	5.2	5.7
Hämoglobin (g/dl)	13 - 18	10	12.4	13.0	13.7	84	12.9	14.7	16.6
	19 - 35	25	12.0	13.6	14.7	41	14.3	15.4	16.9
Hämatokrit (%)	13 - 18	10	37	39	40	84	38	43	48
	19 - 35	25	35	40	43	41	43	45	50
MCV (fl)	13 - 18	10	82	85	90	84	79	86	92
	19 - 35	25	81	88	95	41	84	88	92
Leukozyten (Zellen/μl)	13 - 18	10	4890	5850	7475	84	3823	5400	7900
	19 - 35	25	3980	5300	8100	41	4000	5500	8200
Thrombozyten (G/l)	13 - 18	10	194	216	239	84	155	236	352
	19 - 35	25	153	235	307	41	153	207	264
Harnstoff (mg/dl) ⁺	13 - 18	10	19	26	37	76	17	32	44
	19 - 35	23	20	28	43	36	24	39	47

Ermittelte Referenzintervalle nach Geschlecht und Alter

Altersgruppe 1 = 13 – 18 Jahre; Altersgruppe 2 = 19 – 35 Jahre

(n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2; n = 84 Männer Altersgruppe 1;

n = 41 Männer Altersgruppe 2)

⁺ Kollektiv Harnstoff (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 23 Frauen Altersgruppe 2;

n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

4 Diskussion

Gesundheitsuntersuchungen werden durchgeführt und Blutbilder erstellt, um den Gesundheitszustand einer Person auf Krankheiten und Risiken zu überprüfen. Im Sport dienen Sie zusätzlich dazu, die Anstrengung und Regeneration der Sportler*innen mitzuverfolgen. Körperliche Aktivität hat Einfluss auf diverse Parameter im Blut und verändert die Blutwerte kurzfristig und auch langfristig (Meyer & Meister, 2011).

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden sportspezifische Referenzintervalle der Erythrozyten, des Hämoglobins, des Hämatokrits, des MCVs, der Leukozyten, der Thrombozyten sowie der Harnstoffkonzentration im Blut berechnet. Die Resultate dieser Studie geben Auskunft über Veränderungen der Blutparameter für zwei unterschiedliche Altersgruppen und über die Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Weiters werden die dabei ermittelten Referenzintervalle für alle Blutparameter und einzelnen Untersuchungsgruppen beschrieben.

4.1 Alter und Blutwerte

Im Rahmen dieser Studie wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Frauen nachgewiesen ($p > 0.05$). Dies könnte auf die geringe Anzahl an Teilnehmerinnen, vor allem in der jüngeren Zielgruppe, zurückzuführen sein. Wie in *Tabelle 6* beschrieben konnten altersspezifische signifikante Unterschiede des Hämoglobins, des Hämatokrits, des MCVs, der Thrombozyten sowie des Harnstoffs im Blut der Männer nachgewiesen werden ($p < 0.05$). In der Literatur werden Änderungen der Blutwerte beider Geschlechter im Laufe des Alters beschrieben (Adeli, Higgins, et al., 2015; Bogner et al., 2019; J. Y. Lee et al., 2022; Phillips et al., 2021).

Erythrozyten; Hämoglobin

Erythrozyten, sowie Hämoglobin durchlaufen nach Phillips et al. (2021) ähnliche Veränderungen im Laufe des Alterungsprozesses. Männer erreichen im Alter von circa 20 Jahren den höchsten Hämoglobinwert. Anschließend sinkt die Hämoglobinkonzentration stetig ab. Die Konzentration des Hämoglobins der Frauen beschreibt hingegen eine wellenförmige Veränderung. Im Alter von circa 14 Jahren erreichen Frauen den ersten Höhepunkt, danach sinkt der Wert bis zum 30. Lebensjahr. Anschließend erfolgt erneut ein Anstieg, welcher bei circa 60 Jahren sein Maximum erreicht. Ähnliche Veränderungen konnten in Bezug auf Erythrozyten beobachtet werden. Der biphasische Verlauf der Blutwerte bei Frauen, kann auf die Geschlechtsreife zurückgeführt werden. Die Ergebnisse dieser Masterarbeit weisen keine Unterschiede der Erythrozyten und des Hämoglobins zwischen den Altersgruppen der Sportlerinnen auf ($p > 0.05$). Wie bereits erwähnt könnte

dies auf der geringen Teilnehmerinnenzahl, vor allem der Altersgruppe 1, beruhen. Eine Übereinstimmung mit Phillips et al. (2021) besteht in Bezug auf die Männer. Es bestand ein signifikanter Unterschied der Hämoglobinkonzentration ($n = 125$; $r = 0.3$; $p < 0.001$) zwischen Altersgruppe 1 und Altersgruppe 2, dabei lag der Median der älteren Männer höher. Widersprüchlich zur Literatur bestand kein Unterschied zwischen den Erythrozytenzahlen der jüngeren und älteren Männer.

Hämatokrit

Nach J. Y. Lee et al. (2022) kommt es zu keinen Veränderungen des Hämatokrits mit dem Alter. Während es auch bei den Sportlerinnen in dieser Studie zu keinen Unterschieden kam, bestand ein schwacher signifikanter Unterschied des Hämatokrits ($n = 125$; $r = 0.3$; $p < 0.001$) zwischen den Altersgruppen der Männer. Der Median der älteren Männer lag um 2 %P höher als der mittlere Wert der jüngeren. Laut Bogner et al. (2019) sind die Veränderungen der Blutwerte mit dem Alter unter anderem auf Wachstum und Entwicklung zurückzuführen.

MCV

Phillips et al. (2021) und J. Y. Lee et al. (2022) beschreiben eine altersabhängige Veränderung des MCVs. Beide Studien weisen einen starken Anstieg des Wertes bis zum 20. Lebensjahr nach. Anschließend steigt der Wert langsam und stetig weiter an. In der vorliegenden Studie konnte ein geringer signifikanter Unterschied der MCV-Werte ($n = 125$; $r = 0.3$; $p < 0.001$) zwischen den Altersgruppen der Männer ermittelt werden. Entsprechend der Literatur erreichten ältere Männer höhere Werte als jüngere.

Leukozyten

Im Falle der Leukozyten kam es bei den Analysen im Rahmen dieser Masterarbeit zu keinen Unterschieden zwischen den Altersgruppen der Frauen und denen der Männer. In der Literatur wird eine Abnahme der Leukozytenzahl mit dem Alter beschrieben. Besonders ausgeprägt ist diese in den ersten Lebensjahren und in der Pubertät (Adeli, Raizman, et al., 2015; Li et al., 2020). Bogner et al. (2019) beschrieben für Frauen und Männer im Alter von 14 – 17 Jahren Werte in einem Bereich von 3520 bis zu 11440 Zellen/ μ l. Díaz Martínez et al. (2022) verglichen mit Referenzintervallen der generellen Bevölkerung das Intervall der Leukozyten reichte von 3900 bis 10200 Zellen/ μ l. In dieser Masterarbeit kam es zu keinen Unterschieden zwischen den Sportler*innen in einem Alter von 13 – 18 Jahren und 19 – 35 Jahren ($p > 0.05$). Zurückzuführen ist der Unterschied zur Literatur auf die Anpassungen des Immunsystems im Laufe des Lebens und auf das Ausmaß der sportlichen Aktivität der Teilnehmer*innen (Adeli, Raizman, et al., 2015; Díaz Martínez et al., 2022; Li et al., 2020).

Thrombozyten

Biino et al. (2013) beschreiben höhere Thrombozytenzahlen bei jüngeren Frauen und Männern als bei älteren. Die vorliegende Masterarbeit konnte bei den Männern einen geringen signifikanten Unterschied ($n = 125$; $r = 0.3$; $p = 0.004$) der Werte zwischen den Altersgruppen nachweisen. Dabei lag der Median der jüngeren Sportler um 29 G/l höher als der mittlere Wert der älteren. Anhand der Messwerte der Sportlerinnen konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Die älteren Studienteilnehmerinnen wiesen einen höheren Median und Maximalwert, jedoch ein geringeres Minimum auf als die der Altersgruppe 1. Biino et al. (2013) beschreibt eine stärkere altersbedingte Abnahme der Thrombozyten bei Männern als bei Frauen. In Betracht der Sportler bestätigen die Signifikanzen der vorliegenden Studie die Ergebnisse von Biino et al. (2013), da die Thrombozyten der Männer eine signifikante Reduktion aufweisen. Bei den Frauen, besteht keine Übereinstimmung der Ergebnisse dieser Arbeit mit den Ergebnissen von Biino et al. (2013). Auslöser der geschlechts- und altersspezifischen Unterschiede der Thrombozytenzahlen werden auf genetische Faktoren zurückgeführt, genaue Auslöser konnten noch nicht bestimmt werden (de Gaetano et al., 2022).

Harnstoff

Ein Anstieg des Harnstoffs im Blut geht mit zunehmenden Alter einher und ist auf Wachstum und Entwicklung zurückzuführen (Adeli, Higgins, et al., 2015). Dies spiegelt sich in den gemessenen Werten dieser Masterarbeit wider. Der Median der jüngeren Frauen lag um 2 mg/dl niedriger als der der älteren, jedoch bestand kein signifikanter Unterschied ($p > 0.05$). Im Falle der Männer lag ein schwacher signifikanter Unterschied zwischen den Harnstoffwerten der Altersgruppen ($n = 112$; $r = 0.4$; $p < 0.001$) vor. Dabei lag der Median der jüngeren Sportler bei 32 mg/dl und der mittlere Wert der älteren bei 39 mg/dl.

4.2 Geschlecht und Blutwerte

Es besteht eine Übereinstimmung der Ergebnisse dieser Studie mit der Literatur bezüglich des Einflusses des Geschlechts auf diverse Blutwerte (Adeli, Higgins, et al., 2015; Biino et al., 2013; Grau et al., 2018). Unterschiede der Blutwerte zwischen Männern und Frauen ergeben sich durch geschlechtsspezifische physiologische Unterschiede und sind nach der Pubertät deutlicher erkennbar (Adeli, Higgins, et al., 2015; Bogner et al., 2019).

Erythrozyten, Hämoglobin, Hämatokrit, MCV

Männer weisen laut Grau et al. (2018) höhere Erythrozyten-, Hämoglobin- und Hämatokritwerte auf als Frauen. Ähnliche Ergebnisse lieferte diese Studie: Der Median der Erythrozyten der jüngeren Männer lag um $0.6 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ höher als der mittlere Wert der jungen Sportlerinnen. Die Werte der Altersgruppe 2 verhielten sich ähnlich, wobei der Median der Männer um $0.7 \cdot 10^6/\mu\text{l}$ höher war. Dasselbe Muster spiegelten die Hämoglobinwerte wider, wobei hier der Median der Männer in der jüngeren Altersgruppe um 1.7 g/dl und in Altersgruppe 2 um 1.8 g/dl höher lag als bei den Frauen. Die mittleren Hämatokritwerte der jungen Sportler lagen um 4 %P über jenen der Sportlerinnen gleichen Alters. In der Altersgruppe 2 belief sich die Differenz der Geschlechter auf 5 %P, wobei der Median der Männer höher lag. Im Weiteren beschreiben Grau et al. (2018) und Lee et al. (2022) höhere MCV-Werte bei Frauen als bei Männern. In dieser Masterarbeit konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den MCV-Werten der Sportler und Sportlerinnen gefunden werden.

Leukozyten

Laut Adeli, Raizmann et al. (2015) bewegt sich die Anzahl an Leukozyten im Blut bei Frauen und Männern in denselben Bereichen. Im Rahmen dieser Studie konnten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden ($p > 0.05$). Aufgrund sportlicher Aktivität steigt der Leukozytenwert an und bleibt eine geraume Zeit erhöht (Blumkaitis et al., 2024). Dieser Anstieg ist Blumkaitis et al. (2024) zufolge bei Frauen stärker ausgeprägt als bei Männern, weitere Resultate derselben Studie weisen bei Sportlerinnen in Ruhe höhere Leukozytenwerte nach als bei Sportlern. Während in dieser Masterarbeit ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden konnten, war in den Maximalwerten der Altersgruppe 2 eine Tendenz zu den Ergebnissen von Blumkaitis et al. (2024) zu erkennen. Die maximal erreichte Leukozytenzahl der älteren Frauen war 8400 Zellen/ μl , während das Maximum der gleichaltrigen Männer 8200 Zellen/ μl betrug. Gegensätzlich dazu lag der Median der Sportlerinnen dieser Altersgruppe um 200 Zellen/ μl unter dem der Sportler. In der Altersgruppe 1 lag das Minimum und der Median der Frauen höher als bei den Männern, wobei die Sportler ein höheres Maximum erreichten.

Thrombozyten

Im Rahmen dieser Studie wiesen die Thrombozytenwerte der Sportler*innen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern in Altersgruppe 1 auf ($p > 0.05$). Dies widerspricht den Ergebnissen von Grau et al. (2018) und Biino et al. (2013). Die Autoren beschreiben eine höhere Thrombozytenzahl bei Frauen als bei Männern, wobei Biino et al. (2013) erst bei Frauen ab einem Alter von 10 Jahren höhere Werte dokumentieren. Eine Übereinstimmung mit der Literatur findet sich jedoch in den Ergebnissen der Altersgruppe 2. Im Falle der älteren Sportler*innen besteht ein schwacher signifikanter Unterschied ($n = 66$; $r = 0.3$; $p = 0.018$) zwischen den Geschlechtern. Der Median der Frauen lag um 28 G/l höher als der mittlere Wert der Männer.

Harnstoff

Wie in dieser Masterarbeit sowie von Díaz Martínez et al. (2022) und Adeli, Higgins, et al. (2015) ermittelt wurde, ist die Harnstoffkonzentration im Blut bei Männern höher als bei Frauen. Dies zeigt sich in den gemessenen Werten dieser Masterarbeit deutlich. In beiden Altersgruppen wiesen Männer höhere Median- und Maximalwerte auf als Frauen. Der schwache signifikante Unterschied ($n = 86$; $r = 0.2$; $p = 0.048$) zwischen den jüngeren Sportlern und Sportlerinnen ist weniger ausgeprägt als der schwache signifikante Unterschied ($n = 59$; $r = 0.5$; $p < 0.001$) zwischen den älteren.

4.3 Referenzintervalle

Wie in *Tabelle 9* ersichtlich wurden im Rahmen dieser Studie Referenzintervalle speziell für Sportler*innen ermittelt. Diese sollen die Beurteilung des Gesundheitszustandes sportlich aktiver Personen erleichtern und Unterschiede zu Referenzintervallen der Allgemeinbevölkerung aufzeigen.

Erythrozyten

Das ermittelte Intervall der Erythrozyten für jüngere Sportlerinnen reichte von 4.3 bis zu 4.9 $10^6/\mu\text{l}$ und das der älteren von 3.9 bis 5.1 $10^6/\mu\text{l}$. Im Vergleich zu den Referenzbereichen des Labors Vidotto, in welchem einige der Blutproben ausgewertet wurden, besteht ein signifikanter Unterschied der Mediane der Erythrozytenwerte von Sportlerinnen zu denen der Frauen der Allgemeinbevölkerung ($p < 0.05$). Das Referenzintervall des Labors für Erythrozyten liegt bei einem Minimum von 4.1 $10^6/\mu\text{l}$ und einem Maximum von 5.6 $10^6/\mu\text{l}$. Im Weiteren besteht ein signifikanter Unterschied der Mediane der jüngeren Männer und des hypothetischen Medians des Referenzintervalls des Labors Vidotto ($p < 0.001$). Das ermittelte Intervall der jungen Sportler lag bei 4.3 bis 5.6 $10^6/\mu\text{l}$. Männer im Alter von 19 bis 35 Jahren wiesen keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zum Labor auf. Das entsprechende Intervall dieser Studie lag bei 4.8 bis 5.7 $10^6/\mu\text{l}$.

Bogner et al. (2019) ermittelten Referenzbereiche für Kinder und Jugendliche. Die angeführte Studie legte einen Bereich von 3.8 bis 5.1 $10^6/\mu\text{l}$ für Frauen und einen von 4.6 bis 6.0 $10^6/\mu\text{l}$ für Männer im Alter von 14 – 17 Jahren als physiologisch fest. Im Vergleich mit den Referenzbereichen der Altersgruppe 1 ergibt sich ein signifikanter Unterschied des Medians der jüngeren Männer und den Werten von Bogner et al. (2019).

Díaz Martínez et al. (2022) ermittelten Referenzintervalle für Sportler*innen im Alter von 18 bis 32 Jahren und verglichen diese mit aktuell gültigen Intervallen. Das ermittelte Intervall der Erythrozyten für Frauen lag bei 4.0 bis 5.3 $10^6/\mu\text{l}$. Der Referenzbereich der Männer lag bei 4.5 bis 5.8 $10^6/\mu\text{l}$. Im Vergleich zu den Medianen der Altersgruppe 2 ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Es lag daher eine Übereinstimmung der ermittelten Intervalle mit den von Díaz Martínez et al. (2022) erstellten Intervallen für Sportler*innen vor. Zeitgleich besteht ein Widerspruch zu den aktuell gültigen Referenzbereichen der Allgemeinbevölkerung. Diese Beobachtung legt nahe, dass allgemein gültige Referenzbereiche der Erythrozyten für Sportler*innen ungeeignet sind.

Hämoglobin, Hämatokrit, MCV

Ähnliche Abweichungen bestehen für Hämoglobin und Hämatokrit. Die ermittelten Referenzintervalle dieser Parameter, welche in *Tabelle 9* niedergeschrieben sind, unterscheiden sich in allen Altersgruppen und beiden Geschlechtern signifikant von den genutzten allgemeinen Intervallen des Labors Vidotto ($p < 0.05$). Im Weiteren bestehen signifikante Unterschiede der Altersgruppe 1 zu den von Bogner et al. (2019) angeführten Werten. Der MCV beschreibt dieselben Unterschiede. Keine Unterschiede ($p > 0.05$) der drei genannten Parameter bestehen im Vergleich der Altersgruppe 2 zu Díaz Martínez et al. (2022). Dies weist wiederum darauf hin, dass Sportler*innen angepasste Referenzintervalle benötigen.

Leukozyten, Thrombozyten

Im Weiteren bestehen signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) der ermittelten Sportler*innen spezifischen Referenzintervalle für Leukozyten und Thrombozyten bei den untersuchten im Vergleich zu den Normbereichen der Allgemeinbevölkerung. Dabei war der Median der Teilnehmer*innen dieser Studie geringer als der hypothetische Median des Labors Vidotto. Im Vergleich zu Bogner et al. (2019) und Díaz Martínez et al. (2022) bestehen ebenfalls signifikante Unterschiede im Bereich der Leukozyten ($p < 0.05$). Dabei liegen die Werte der Literatur jeweils höher als die Messwerte der SportsLegend-Studie. Dasselbe Muster spiegelt sich bei den Werten der Thrombozyten wider. Diese Abweichungen der Referenzintervalle könnten durch das Ausmaß der sportlichen Aktivität bedingt sein (Adeli, Raizman, et al., 2015; Coppola et al., 2004; Li et al., 2020).

Harnstoff

Die Harnstoffkonzentration im Blut weist in den ermittelten Referenzintervallen, abgesehen des Intervalls der Männer in Altersgruppe 2, keine Unterschiede zu den aktuell gültigen Intervallen auf. Die Werte der Altersgruppe 2 lagen geringfügig höher als die des Labors Vidotto. Der resultierende signifikante Unterschied ($p < 0.001$) könnte aufgrund sportlicher Aktivität entstehen. Im Weiteren kommt es zu signifikanten Unterschieden der in dieser Arbeit ermittelten Referenzintervalle und denen der Literatur. Teilnehmer*innen der Studie von Díaz Martínez et al. (2022) und Bogner et al. (2019) erreichten höhere Harnstoffkonzentrationen im Blut als die der SportsLegend-Studie. Höhere Harnstoffwerte können unter anderem aufgrund von höherem Alter, Dehydration oder sportlicher Aktivität entstehen (Adeli, Raizman, et al., 2015; Díaz Martínez et al., 2022). Der Unterschied zu den Werten von Díaz Martínez et al. (2022) lässt sich durch den Umfang der sportlichen Aktivität und das Leistungsniveau der von Díaz Martínez et al. (2022) untersuchten Eliteathlet*innen erklären.

Alle untersuchten Parameter dieser Masterarbeit weisen Unterschiede zu aktuell gültigen Referenzintervallen und zu Intervallen der Literatur auf. Daher sollten Referenzbereiche für Sportler*innen erstellt werden. Die in dieser Arbeit ermittelten Referenzintervalle sind in *Tabelle 9* niedergeschrieben. Eine tabellarische Darstellung der Abweichungen der ermittelten Intervalle zu aktuell gültigen und denen der Literatur sind in *Tabelle 10* bis *12* zu finden.

Tabelle 10 beschreibt die Unterschiede der ermittelten Intervalle zu den errechneten Referenzbereichen von Díaz Martínez et al. (2022).

Tab. 10: Vergleiche ermittelte Referenzintervalle und Díaz Martínez et al. (2022)

Parameter	Alter (Jahre)	Sports-Legend						(Díaz Martínez et al., 2022) ^a					
		Frauen			Männer			Frauen			Männer		
		2.5%	Median	97.5%	2.5%	Median	97.5%	RI	Mittelwert	n	RI	Mittelwert	n
Erythrozyten (10 ⁶ /µl)	13 - 18	4.3	4.5	4.9	4.3	5.1	5.6						
	19 - 35	3.9	4.5	5.1	4.8	5.2	5.7						
Hämoglobin (g/dl)	13 - 18	12.4	13.0	13.7	12.9	14.7	16.6						
	19 - 35	12.0	13.6	14.7	14.3	15.4	16.9						
Hämatokrit (%)	13 - 18	37	39	40	38	43	48						
	19 - 35	35	40	43	43	45	50						
MCV (fl)	13 - 18	82	85	90	79	86	92						
	19 - 35	81	88	95	84	88	92						
Leukozyten (Zellen/µl)	13 - 18	4890	5850	7475	3822.5	5400	7900						
	19 - 35	3980	5300 ^a	8100	4000	5500 ^a	8200						
Thrombozyten (G/l)	13 - 18	193.8	216	239	155.375	236	352						
	19 - 35	153	235	307	153	207 ^a	264						
Harnstoff (mg/dl)	13 - 18	19	26	37	17	32	44						
	19 - 35	20	28 ^a	43	24	39 ^a	47						

Wilcoxon-Test: Unterschiede der 2.5% und 97.5% Perzentile zu RI, Referenzintervallen (Mittelwert als hypothetischer Median)

SportsLegend (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2; n = 84 Männer Altersgruppe 1; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

SportsLegend Kollektiv mit Harnstoff (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 23 Frauen Altersgruppe 2; n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

^a signifikanter Unterschied (p < 0.05) zu Díaz Martínez et al. (2022) -> Eliteathleten und Eliteathletinnen 18 - 32 Jahre alt (n = 1330 Frauen; n = 2258 Männer)

Tabelle 11 zeigt die Abweichungen zu den Intervallen von Bogner et al. (2019).

Tab. 11: Vergleiche ermittelter Referenzintervalle und Bogner et al. (2019)

Parameter	Alter (Jahre)	Sports-Legend									(Bogner et al., 2019) ^b					
		n	Frauen			n	Männer			Alter (Jahre)	n	Frauen		n	Männer	
			2.5%	Median	97.5%		2.5%	Median	97.5%			RI	Mittelwert		RI	Mittelwert
Erythrozyten (10 ⁶ /µl)	13 - 18	10	4.3	4.5	4.9	84	4.3	5.1 ^b	5.6	14 - 17	39	3.8 - 5.1	4.5	63	4.6 - 6.0	5.3
	19 - 35	25	3.9	4.5	5.1	41	4.8	5.2	5.7							
Hämoglobin (g/dl)	13 - 18	10	12.4	13.0 ^b	13.7	84	12.9	14.7 ^b	16.6	14 - 17	39	9.0 - 14.6	11.8	63	13.2 - 16.7	15.0
	19 - 35	25	12.0	13.6	14.7	41	14.3	15.4	16.9							
Hämatokrit (%)	13 - 18	10	37	39 ^b	40	84	38	43	48	14 - 17	39	29 - 43	36	63	39 - 49	44
	19 - 35	25	35	40	43	41	43	45	50							
MCV (fl)	13 - 18	10	82	85 ^b	90	84	79	86 ^b	92	14 - 17	39	67 - 95	81	63	76 - 89	83
	19 - 35	25	81	88	95	41	84	88	92							
Leukozyten (Zellen/µl)	13 - 18	10	4890	5850 ^b	7475	84	3822.5	5400 ^b	7900	14 - 17	39	3480 - 12000	7740	63	3900 - 11240	7570
	19 - 35	25	3980	5300	8100	41	4000	5500	8200							
Thrombozyten (G/l)	13 - 18	10	193.8	216 ^b	239	84	155.375	236	352	14 - 17	39	175 - 366	271	63	152 - 353	253
	19 - 35	25	153	235	307	41	153	207	264							
Harnstoff (mg/dl)	13 - 18	10	19	26 ^b	37	76	17	32 ^b	44	14 - 17	39	27 - 65	46	63	36 - 73	55
	19 - 35	23	20	28	43	36	24	39	47							

Wilcoxon-Test: Unterschiede der 2.5% und 97.5% Perzentile zu RI. Referenzintervallen (Mittelwert als hypothetischer Median)

SportsLegend (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2; n = 84 Männer Altersgruppe 1; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

SportsLegend Kollektiv mit Harnstoff (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 23 Frauen Altersgruppe 2; n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

^b signifikanter Unterschied (p < 0.05) zu Bogner et al. (2019) -> Frauen und Männer 14 - 17 Jahre alt (n = 39 Frauen; n = 63 Männer)

Tabelle 12 beschreibt die Unterschiede der ermittelten Intervalle zu den aktuell gültigen Referenzintervallen des externen Labors (Vidotto, 2025).

Tab. 12: Vergleiche ermittelte Referenzintervalle und aktuell gültige Intervalle des Labors Vidotto (2025)

		Sports-Legend						Labor VIDOTTO (2025)*						
Parameter	Alter (Jahre)	n	Frauen			Männer			Alter (Jahre)	Frauen		Männer		
			2.5%	Median	97.5%	n	2.5%	Median		97.5%	RI	Mittelwert	RI	Mittelwert
Erythrozyten (10 ⁶ /µl)	13 - 18	10	4.3	4.5*	4.9	84	4.3	5.1*	5.6	> 14	4.1 - 5.6	4.9	4.5 - 5.9	5.2
	19 - 35	25	3.9	4.5*	5.1	41	4.8	5.2	5.7					
Hämoglobin	13 - 18	10	12.4	13.0*	13.7	84	12.9	14.7*	16.6	> 14	12.0 - 16.0	14.0	14.0 - 18.0	16.0
	19 - 35	25	12.0	13.6*	14.7	41	14.3	15.4*	16.9					
Hämatokrit	13 - 18	10	37	39*	40	84	38	43*	48	> 14	36 - 48	42	40 - 52	46
	19 - 35	25	35	40*	43	41	43	45*	50					
MCV (fl)	13 - 18	10	82	85*	90	84	79	86*	92	> 14	80 - 101	91	80 - 101	91
	19 - 35	25	81	88*	95	41	84	88*	92					
Leukozyten (Zellen/µl)	13 - 18	10	4890	5850*	7475	84	3822.5	5400*	7900	> 14	3800 - 9200	6500	3800 - 9200	6500
	19 - 35	25	3980	5300*	8100	41	4000	5500*	8200					
Thrombozyten (G/l)	13 - 18	10	193.8	216*	239	84	155.375	236*	352	> 14	150 - 430	290	150 - 430	290
	19 - 35	25	153	235*	307	41	153	207*	264					
Harnstoff (mg/dl)	13 - 18	10	19	26	37	76	17	32	44	> 14	12 - 50	31	12 - 50	31
	19 - 35	23	20	28	43	36	24	39*	47					

Wilcoxon-Test: Unterschiede der 2.5% und 97.5% Perzentile zu RI. Referenzintervallen (Mittelwert als hypothetischer Median)

SportsLegend (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 25 Frauen Altersgruppe 2; n = 84 Männer Altersgruppe 1; n = 41 Männer Altersgruppe 2)

SportsLegend Kollektiv mit Harnstoff (n = 10 Frauen Altersgruppe 1; n = 23 Frauen Altersgruppe 2; n = 76 Männer Altersgruppe 1; n = 36 Männer Altersgruppe 2)

* signifikanter Unterschied (p < 0.05) zu Labor VIDOTTO (2025) -> Frauen und Männer > 14 Jahre alt

4.4 Limitationen

Diese Studie basiert auf den ermittelten Werten des ÖISM und der Datenbank der SportsLegend-Studie. Aufgrund der Veränderungen der Untersuchungen sowie der Geräte und Messmethoden kam es zu einigen Limitationen für diese Masterarbeit.

Geplant war eine Analyse der Blutparameter der SportsLegend-Studie, um möglichst viele Parameter zu untersuchen und ein großes Kollektiv zu generieren. Aufgrund der Rarität der Blutabnahmen wurde das Kollektiv jedoch bereits deutlich eingeschränkt. Dadurch entstand eine kleine Gruppengröße für die Altersgruppen der Frauen ($n = 10$; $n = 25$). Im Weiteren kam es zu Einschränkungen der Vielzahl der Parameter, da im Laufe der Jahre von Swelab-alfa auf Sysmex-XN Geräte gewechselt wurde. Die Analyse mit Hilfe des Swelab-alfa ergab ein eingeschränktes Differentialblutbild, während die Sysmex-XN Geräte ein detailliertes Differentialblutbild messen. Zusätzlich werden je nach Sportart und Untersuchung unterschiedliche Blutparameter erhoben.

Aufgrund dieser Abweichungen kam es zu einer Einschränkung der bearbeiteten Werte. Der Wechsel der Geräte und die Veränderung der Methodik im Laufe der Jahre beeinflusste die Robustheit der ermittelten Referenzintervalle. Im Weiteren ist vor allem die Gruppengröße der Frauen eine Limitation dieser Studie. Da Referenzintervalle ein Kollektiv repräsentieren, ist die Gruppengröße von 10 Sportlerinnen der Altersgruppe 1 und 25 der Altersgruppe 2 nicht geeignet, um valide Normbereiche zu ermitteln. Dennoch repräsentieren die errechneten Normbereiche das Kollektiv und können als erste Orientierung genutzt werden. Im Weiteren kam es aufgrund der kleinen Gruppengrößen zu statistischen Einschränkungen. Normalverteilungen waren bei den meisten Parametern nicht gegeben und konnten durch Transformationen nicht erzeugt werden. Daher konnten ausschließlich nicht parametrische Tests durchgeführt werden.

Um diese Limitationen für zukünftige Studien zu vermeiden, sollten deutlich mehr Daten erhoben und größere Gruppen gebildet werden. Durch ein angepasstes und umfangreicheres Kollektiv wären die ermittelten Referenzbereiche repräsentativer und valide. Außerdem sollte ausschließlich eine Messmethode und dieselben Messgeräte genutzt werden, um Fluktuationen zu vermeiden. Durch eine einheitliche Methode der Datenerhebung können herstellerbedingte Fehler ausgeschlossen werden.

4.5 Schlussfolgerungen

Innerhalb von zwei Jahren sammelte die SportsLegend-Studie von 160 gesunden Sportler*innen Blutwerte. Wie erwartet wichen die ermittelten Referenzwerte von denen der Literatur und den aktuell anerkannten Referenzintervallen ab. Dieses Ergebnis betont die Bedeutung der Festlegung spezifischer Normbereiche für Sportler*innen. Aufgrund breiter und unspezifischer Intervalle können Erkrankungen übersehen und Blutwerte fehlinterpretiert werden. Durch fehlende valide Referenzintervalle für spezifische Kollektive steigt das Risiko von Fehldiagnosen. Im Fall der Sportler*innen könnten zum Beispiel krankhaft hohe Werte der Leukozyten als physiologisch interpretiert werden. In Folge der Fehldiagnosen kann es zu fehlerhaften oder ausbleibenden Therapien kommen, wodurch das Risiko für Erkrankungen steigt. Weiters werden in der Literatur für einige Parameter dieselben Normbereiche für beide Geschlechter genutzt.

Diese Studie zeigt, dass weitere Forschung im Bereich der sportart- sowie geschlechts- und altersspezifischen Abweichungen durchgeführt werden sollte. Außerdem wäre eine umfangreichere Studie notwendig, da größere Datensätze die Möglichkeit bieten valide Referenzintervalle zu erstellen

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beschreibung Sportler*innen mit den Blutwerten: Erythrozyten, Hämoglobin Hämatokrit, MCV, Leukozyten, Thrombozyten	20
Tab. 2: Beschreibung Sportler*innen mit dem Blutwert: Harnstoff	21
Tab. 3: Frauen – Deskriptive Statistik Blutparameter	23
Tab. 4: Männer – Deskriptive Statistik Blutparameter	24
Tab. 5: Frauen – Unterschiede zwischen den Altersgruppen.....	25
Tab. 6: Männer – Unterschiede zwischen den Altersgruppen	25
Tab. 7: Altersgruppe 1 – Unterschiede nach Geschlecht	26
Tab. 8: Altersgruppe 2 – Unterschiede der Sportler*innen	27
Tab. 9: Ermittelte Referenzintervalle nach Geschlecht und Alter	35
Tab. 10: Vergleiche ermittelte Referenzintervalle und Díaz Martínez et al. (2022).....	44
Tab. 11: Vergleiche ermittelter Referenzintervalle und Bogner et al. (2019).....	45
Tab. 12: Vergleiche ermittelte Referenzintervalle und aktuell gültige Intervalle des Labors Vidotto (2025)	46

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Violinen Plot – Erythrozyten ($10^6/\mu\text{l}$) Sportler*innen Altersgruppe 1	28
Abb. 2: Violinen Plot – Erythrozyten ($10^6/\mu\text{l}$) Sportler*innen Altersgruppe 2	28
Abb. 3: Violinen Plot – Hämoglobin (g/dl) Sportler*innen Altersgruppe 1	29
Abb. 4: Violinen Plot – Hämoglobin (g/dl) Sportler*innen Altersgruppe 2	29
Abb. 5: Violinen Plot – Hämatokrit (%) Sportler*innen Altersgruppe 1	30
Abb. 6: Violinen Plot – Hämatokrit (%) Sportler*innen Altersgruppe 2	30
Abb. 7: Violinen Plot – MCV (fl) Sportler*innen Altersgruppe 1	31
Abb. 8: Violinen Plot – MCV (fl) Sportler*innen Altersgruppe 2	31
Abb. 9: Violinen Plot – Leukozyten (Zellen/ μl) Sportler*innen Altersgruppe 1	32
Abb. 10: Violinen Plot – Leukozyten (Zellen/ μl) Sportler*innen Altersgruppe 2	32
Abb. 11: Violinen Plot – Thrombozyten (G/l) Sportler*innen Altersgruppe 1	33
Abb. 12: Violinen Plot – Thrombozyten (G/l) Sportler*innen Altersgruppe 2	33
Abb. 13: Violinen Plot – Harnstoff (md/dl) Sportler*innen Altersgruppe 1	34
Abb. 14: Violinen Plot – Harnstoff (md/dl) Sportler*innen Altersgruppe 2	34

Literaturverzeichnis

- Adeli, K., Higgins, V., Nieuwesteeg, M., Raizman, J., Chen, Y., Wong, S., & Blais, D. (2015). Biochemical Marker Reference Values across Pediatric, Adult, and Geriatric Ages: Establishment of Robust Pediatric and Adult Reference Intervals on the Basis of the Canadian Health Measures Survey. *Clinical chemistry*, 61. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2015.240515>
- Adeli, K., Raizman, J. E., Chen, Y., Higgins, V., Nieuwesteeg, M., Abdelhaleem, M., Wong, S. L., & Blais, D. (2015). Complex biological profile of hematologic markers across pediatric, adult, and geriatric ages: Establishment of robust pediatric and adult reference intervals on the basis of the Canadian Health Measures Survey. *Clinical Chemistry*, 61(8), 1075–1086. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2015.240531>
- Bachero-Mena, B., Pareja-Blanco, F., & González-Badillo, J. J. (2017). Enhanced Strength and Sprint Levels, and Changes in Blood Parameters during a Complete Athletics Season in 800 m High-Level Athletes. *Frontiers in Physiology*, 8, 637. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00637>
- Banfi, G., Colombini, A., Lombardi, G., & Lubkowska, A. (2012). Metabolic markers in sports medicine. *Advances in Clinical Chemistry*, 56, 1–54. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7>
- Biino, G., Santimone, I., Minelli, C., Sorice, R., Frongia, B., Traglia, M., Ulivi, S., Di Castelnovo, A., Gögele, M., Natile, T., Francavilla, M., Sala, C., Pirastu, N., Cerletti, C., Iacoviello, L., Gasparini, P., Toniolo, D., Ciullo, M., Pramstaller, P., ... Balduini, C. L. (2013). Age- and sex-related variations in platelet count in Italy: A proposal of reference ranges based on 40987 subjects' data. *PloS One*, 8(1), e54289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054289>
- Blumkaitis, J. C., Nunes, N., Strepp, T., Tomaskovic, A., Wenger, M., Widauer, H., Aglas, L., Simon, P., Stöggl, T. L., & Haller, N. (2024). Exploring sex differences in blood-based biomarkers following exhaustive exercise using bioinformatics analysis. *Biology of Sport*, 41(3), 105–118. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2024.132998>

- Bogner, B., Schwenoha, K., Vogl, M., Weghuber, D., Roth, C., Kipman, U., Cadamuro, J., & Oostingh, G. J. (2019). Evaluation of reference intervals of haematological and biochemical markers in an Austrian adolescent study cohort. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 57(6), 891–900. <https://doi.org/10.1515/cclm-2018-0715>
- Bukvić, F., Marijančević, D., Čičak, H., Šimundić, A.-M., Pašalić, D., & Dukić, L. (2024). Effects of High-Intensity Training on Complete Blood Count, Iron Metabolism, Lipid Profile, Liver, and Kidney Function Tests of Professional Water Polo Players. *Diagnostics*, 14(18), 2014. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14182014>
- Ciekot-Sołtysiak, M., Kusy, K., Podgórski, T., Pospieszna, B., & Zieliński, J. (2024). Changes in red blood cell parameters during incremental exercise in highly trained athletes of different sport specializations. *PeerJ*, 12, e17040. <https://doi.org/10.7717/peerj.17040>
- Coppola, L., Grassia, A., Coppola, A., Tondi, G., Peluso, G., Mordente, S., & Gombos, G. (2004). Effects of a moderate-intensity aerobic program on blood viscosity, platelet aggregation and fibrinolytic balance in young and middle-aged sedentary subjects. *Blood Coagulation & Fibrinolysis*, 15(1), 31.
- de Gaetano, G., Bonaccio, M., & Cerletti, C. (2022). How different are blood platelets from women or men, and young or elderly people? *Haematologica*, 108(6), 1473–1475. <https://doi.org/10.3324/haematol.2022.282131>
- Díaz Martínez, A. E., Alcaide Martín, M. J., & González-Gross, M. (2022). Basal Values of Biochemical and Hematological Parameters in Elite Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 3059. <https://doi.org/10.3390/ijerph19053059>
- El-Sayed, M. S., Ali, N., & Ali, Z. E.-S. (2005). Aggregation and Activation of Blood Platelets in Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(1), 11–22. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00002>

- Gabriel, H., Scharhag, J., Rätz, M., & Kindermann, W. (2003). Characterization of the immediate leukocytosis after anaerobic exercise (Charakterisierung der sofortigen Leukozytose nach anaerober Belastung). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54(10), 274–280.
- García-Hermoso, A., Ramírez-Vélez, R., Alfonso-Rosa, R. M., & Del Pozo Cruz, B. (2021). Cardiorespiratory fitness, physical activity, sedentary behavior, and circulating white blood cells in US youth. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(2), 439–445. <https://doi.org/10.1111/sms.13845>
- Gräsbeck, R. (2004). The evolution of the reference value concept. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 42(7). <https://doi.org/10.1515/CCLM.2004.118>
- Grau, M., Cremer, J. M., Schmeichel, S., Kunkel, M., & Bloch, W. (2018). Comparisons of Blood Parameters, Red Blood Cell Deformability and Circulating Nitric Oxide Between Males and Females Considering Hormonal Contraception: A Longitudinal Gender Study. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01835>
- Haeckel, R., Wosniok, W., Arzideh, F., Zierk, J., Gurr, E., & Streichert, T. (2017). Critical comments to a recent EFLM recommendation for the review of reference intervals. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 55(3). <https://doi.org/10.1515/cclm-2016-1112>
- Haralambie, G., & Berg, A. (1976). Serum urea and amino nitrogen changes with exercise duration. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 36(1), 39–48. <https://doi.org/10.1007/BF00421632>
- Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., Friedmann, B., & Schmidt, W. (2001). Blood Volume and Hemoglobin Mass in Elite Athletes of Different Disciplines. *International Journal of Sports Medicine*, 22(7), 504–512. <https://doi.org/10.1055/s-2001-17613>
- Horn, P., Pyne, D., Hopkins, W., & Barnes, C. (2010). Lower white blood cell counts in elite athletes training for highly aerobic sports. *European journal of applied physiology*, 110, 925–932. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1573-9>

- Jamurtas, A. Z., Fatouros, I. G., Deli, C. K., Georgakouli, K., Poullos, A., Draganidis, D., Papanikolaou, K., Tsimeas, P., Chatzinikolaou, A., Avloniti, A., Tsiokanos, A., & Koutedakis, Y. (2018). The Effects of Acute Low-Volume HIIT and Aerobic Exercise on Leukocyte Count and Redox Status. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(3), 501–508.
- Janssen, H., Koekkoek, L. L., & Swirski, F. K. (2024). Effects of lifestyle factors on leukocytes in cardiovascular health and disease. *Nature Reviews. Cardiology*, 21(3), 157–169. <https://doi.org/10.1038/s41569-023-00931-w>
- Kristiansen, J., Grove, E. L., Pedersen, O. B., Kristensen, S. D., & Hvas, A.-M. (2023). Effect of regular exercise training on platelet function in patients with cardiovascular disease and healthy individuals: A systematic review. *Thrombosis Research*, 231, 223–235. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2022.12.017>
- Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L., & Casa, D. J. (2017). Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(10), 2920. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122>
- Lee, J. Y., Choi, H., Park, J. W., Son, B. R., Park, J. H., Jang, L. C., & Lee, J. G. (2022). Age-related changes in mean corpuscular volumes in patients without anaemia: An analysis of large-volume data from a single institute. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 26(12), 3548–3556. <https://doi.org/10.1111/jcmm.17397>
- Li, K., Peng, Y.-G., Yan, R.-H., Song, W.-Q., Peng, X.-X., & Ni, X. (2020). Age-dependent changes of total and differential white blood cell counts in children. *Chinese Medical Journal*, 133(16), 1900–1907. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000854>
- Lobo, L. F., de Moraes, M. G., Marcucci-Barbosa, L. S., Martins-Junior, F. de A. D., Avelar, L. M., Vieira, E. L. M., Aidar, F. J., Wanner, S. P., Silva, L. S., Noman, M. C., Camargos, B. M., Freitas, K. M., Gonçalves, W. A., Pinho, V., & Nunes-Silva, A. (2022). A Single Bout of Fatiguing Aerobic Exercise Induces Similar Pronounced

- Immunological Responses in Both Sexes. *Frontiers in Physiology*, 13, 833580.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.833580>
- Lombardo, B., Izzo, V., Terracciano, D., Ranieri, A., Mazzaccara, C., Fimiani, F., Cesaro, A., Gentile, L., Leggiero, E., Pero, R., Izzo, B., D'Alicandro, A. C., Ercolini, D., D'Alicandro, G., Frisso, G., Pastore, L., Calabrò, P., & Scudiero, O. (2019). Laboratory medicine: Health evaluation in elite athletes. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 57(10), 1450–1473. <https://doi.org/10.1515/cclm-2018-1107>
- Meyer, T., & Meister, S. (2011). Routine Blood Parameters in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 875–881. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1280776>
- Minuzzi, L. G., Carvalho, H. M., Brunelli, D. T., Rosado, F., Cavaglieri, C. R., Gonçalves, C. E., Gaspar, J. M., Rama, L. M., & Teixeira, A. M. (2017). Acute Hematological and Inflammatory Responses to High-intensity Exercise Tests: Impact of Duration and Mode of Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(7), 551–559. <https://doi.org/10.1055/s-0042-117723>
- Nunes, L., Lazarim, F., Brenzikofer, R., & Macedo, D. (2012). Applicability of the Reference Interval and Reference Change Value of Hematological and Biochemical Biomarkers to Sport Science. In *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (S. 77–98). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/27971>
- Ozarda, Y. (2016). Reference intervals: Current status, recent developments and future considerations. *Biochemia Medica*, 26(1), 5–11. <https://doi.org/10.11613/BM.2016.001>
- Ozarda, Y., Higgins, V., & Adeli, K. (2018). Verification of reference intervals in routine clinical laboratories: Practical challenges and recommendations. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 57(1), 30–37. <https://doi.org/10.1515/cclm-2018-0059>
- Ozarda, Y., Sikaris, K., Streichert, T., & Macri, J. (2018). Distinguishing reference intervals and clinical decision limits – A review by the IFCC Committee on Reference Intervals

- and Decision Limits. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 55(6), 420–431. <https://doi.org/10.1080/10408363.2018.1482256>
- Özcürümez, M. K., Haeckel, R., Gurr, E., Streichert, T., & Sack, U. (2019). Determination and verification of reference interval limits in clinical chemistry. Recommendations for laboratories on behalf of the Working Group Guide Limits of the DGKL with respect to ISO Standard 15189 and the Guideline of the German Medical Association on Quality Assurance in Medical Laboratory Examinations (Rili-BAEK). *Journal of Laboratory Medicine*, 43(3), 127–133. <https://doi.org/10.1515/labmed-2018-0500>
- Palacios, G., Pedrero-Chamizo, R., Palacios, N., Maroto-Sánchez, B., Aznar, S., González-Gross, M., & EXERNET Study Group. (2015). Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutricion Hospitalaria*, 31 Suppl 3, 237–244. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.sup3.8771>
- Panagoulas, I., Charokopos, N., Thomas, I., Spantidea, P. I., de Lastic, A.-L., Rodi, M., Anastasopoulou, S., Aggeletopoulou, I., Lazaris, C., Karkoulas, K., Leonidou, L., Georgopoulos, N. A., Markou, K. B., & Mouzaki, A. (2023). Shifting gears: Study of immune system parameters of male habitual marathon runners. *Frontiers in Immunology*, 13, 1009065. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1009065>
- Peake, J. M., Neubauer, O., Walsh, N. P., & Simpson, R. J. (2017). Recovery of the immune system after exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(5), 1077–1087. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00622.2016>
- Phillips, R., Wood, H., Weaving, G., & Chevassut, T. (2021). Changes in full blood count parameters with age and sex: Results of a survey of almost 900 000 patient samples from primary care. *British Journal of Haematology*, 192(4), e102–e105. <https://doi.org/10.1111/bjh.17290>
- Poortmans, J. R., Jeannaud, F., Baudry, S., & Carpentier, A. (2015). Changes in Kidney Functions during Middle-distance Triathlon in Male Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 36(12), 979–983. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398681>

- Rietjens, G. J. W. M., Kuipers, H., Hartgens, F., & Keizer, H. A. (2002). Red Blood Cell Profile of Elite Olympic Distance Triathletes. A Three-Year Follow-Up. *International Journal of Sports Medicine*, 23(6), 391–396. <https://doi.org/10.1055/s-2002-33736>
- Rosa-Neto, J. C., Lira, F. S., Little, J. P., Landells, G., Islam, H., Chazaud, B., Pyne, D. B., Teixeira, A. M., Batatinha, H., Moura Antunes, B., Guerra Minuzzi, L., Palmowski, J., Simpson, R. J., & Krüger, K. (2022). Immunometabolism-fit: How exercise and training can modify T cell and macrophage metabolism in health and disease. *Exercise Immunology Review*, 28, 29–46.
- Santhiago, V., da Silva, A. S., Papoti, M., & Gobatto, C. A. (2009). Responses of Hematological Parameters and Aerobic Performance of Elite Men and Women Swimmers During a 14-Week Training Program. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1097. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318194e088>
- Santos, J. A. R. dos. (2019). Increasing running volume elicits hematological changes in trained endurance runners: A case study (El aumento del volumen de entrenamiento de carrera induce alteraciones hematológicas en corredores entrenados: un estudio de caso). *Retos*, 35, 117–120. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i35.59237>
- Scharhag, J. (2004). Belastungsleukozytose—Standards der Sportmedizin. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55(2), 57–58.
- Schmidt, W. (2002). Hämatokrit Standards der Sportmedizin. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53 (11), 325–326.
- Schmidt, W., & Prommer, N. (2010). Impact of Alterations in Total Hemoglobin Mass on $\dot{V}O_2\text{max}$. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 38(2), 68. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181d4957a>
- Schumacher, Y. O., Grathwohl, D., Barturen, J. M., Wollenweber, M., Heinrich, L., Schmid, A., Huber, G., & Keul, J. (2000). Haemoglobin, haematocrit and red blood cell indices in elite cyclists. Are the control values for blood testing valid? *International Journal of Sports Medicine*, 21(5), 380–385. <https://doi.org/10.1055/s-2000-3785>

Shaskey, D. J., & Green, G. A. (2000). Sports Haematology. *Sports Medicine*, 29(1), 27–38.

<https://doi.org/10.2165/00007256-200029010-00003>

Vidotto, C. (2025, Jänner 2). Laboranalysenverzeichnis: Laborwerte erklärt | Labor Vidotto

Wien. *Labor Vidotto*. <https://www.labor-vidotto.at/leistungen/analysenverzeichnis/>

Willis, E. A., Shearer, J. J., Matthews, C. E., & Hofmann, J. N. (2018). Association of physical activity and sedentary time with blood cell counts: National Health and Nutrition

Survey 2003-2006. *PLoS ONE*, 13(9), e0204277.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204277>