

Erholungsfähigkeit in Abhängigkeit von der Tageszeit



Emanuel Berli

Klasse G5b

Kantonsschule Uster

Abgabe: 11.2020

Betreuungslehrperson: Simon Suter

Inhalt

1. Abstract.....	3
2. Einleitung	4
3. Theorie	4
4. Material und Versuchsaufbau.....	5
4.1 Versuchsaufbau	5
4.2 Material.....	6
4.3 Über die Probanden.....	6
5. Ergebnisse	6
5.1 Ergebnisse.....	6
5.2 Mögliche Fehlerquellen	8
6. Interpretation und Diskussion	8
7. Literaturverzeichnis (Referenzen).....	10
8. Schlusswort.....	11
9. Anhang	12
9.1 Messresultate (Diagramme)	12

1. Abstract

Gibt es beim Sport eine unterschiedliche Erholungsfähigkeit in Abhängigkeit zur Tageszeit? Zu dieser Fragestellung gibt es aktuell keine Literatur. Als Mass für die Erholungsfähigkeit habe ich die Abnahme der Herzfrequenz nach einer Belastung und die Zeit bis zum Erreichen der Ruheherzfrequenz definiert. Mit dieser Arbeit untersuche ich, ob es einen Unterschied in der Erholung nach 100-Meter-Sprints bei 9 Probanden gibt, zwischen Testzeiten am Morgen (10:00-12:00 Uhr) und am Nachmittag (16:00-18:00 Uhr). Durch die Messung der Herzfrequenz mittels Brustgurt der Firma Polar® konnte ich 3 Erholungstypen identifizieren. So gibt es den Morgentyp, bei dem sich die Herzfrequenz in der Erholung nach morgendlicher Belastung stärker senkt, den Nachmittagstyp mit stärkerem Frequenzabfall am Nachmittag und den Ganztagestyp, bei dem die Herzfrequenz unabhängig der Tageszeit gleich absinkt. Klare Hinweise für eine bessere Erholung am Nachmittag, wie ich aufgrund meiner persönlichen Erfahrungen beim Sport vermutet habe, finden sich in meiner Arbeit nicht, einzig ein um 1-2 Minuten früheres Auftreten der minimalen Herzfrequenz in der Erholungsphase könnte dafür sprechen. Die kleine Probandenzahl macht für die Fragestellung keine abschliessende Aussage möglich, dafür wären mehr Probanden und allenfalls ausgedehntere Untersuchungen nötig.

2. Einleitung

Jeder hat sich in seinem Leben schon einmal körperlich betätigt, der eine mehr, der andere weniger. Nach jeder dieser Belastungen muss man sich erholen. Dies benötigt eine gewisse Zeit und geht manchmal schneller und manchmal langsamer, je nachdem, ob man gut oder schlecht trainiert ist (Gröber, 2012). Wenn man nun Sport macht und nach maximaler Ausbelastung eine Pause benötigt, kommt es bei der Zeit bis zur Erholung auf die Länge der Pause an. Falls man sich nach der Belastung zu stark auskühlt, muss man sich erneut aufwärmen, um weiter Sport treiben zu können. Genauso wichtig ist es, dass man nicht zu wenige Pausen macht, weil sonst die Muskeln zu schnell und zu stark übersäuern, was dem Körper mehr schadet als nützt (Faude, 2019). Um das Training zu optimieren ist es aus diesem Grund wichtig, dass man weiss, wie lange eine Erholungsphase sein muss, um eine optimale Leistung hervorrufen zu können. Doch ist diese bei jeder Tageszeit gleich lang? Mir persönlich ist es aufgefallen, dass ich mich am Morgen und am Abend unterschiedlich schnell zwischen Belastungen erhole. So stellt sich mir die Frage: Kann man sich am Nachmittag schneller erholen als am Morgen? Um dies herauszufinden, sprinten verschiedene Testpersonen 100 Meter und wiederholen den Sprint nach einer 10 minütigen Erholungsphase, in der nach regelmässigen Abständen die Herzfrequenz gemessen wird. Diesen Versuch wiederholen wir dann zu einer späteren Uhrzeit und vergleichen den entstandenen Unterschied.

3. Theorie

Durch den Vergleich und die Zusammentragung von über 50 Studien konnte erwiesen werden, dass die maximale Sprunghöhe zwischen 13.30-16.30 Uhr und die maximale Ausdauerbelastung zwischen 11:00-15:00 Uhr erreicht werden kann. (Knaier, 2020) Diese maximale Auslastung ist jedoch von Person zu Person unterschiedlich und muss für jeden neu bestimmt werden, wenn man genauere Resultate für Einzelpersonen will. Es gibt aber auch einige wenige Personen, bei denen diese Angaben nicht zutreffen und die zum Beispiel erst am Abend ihre maximale Ausdauerleistung erreichen können, was in Wettkämpfen zu Vor- oder Nachteilen führen kann (Roth, 2020). Es gibt jedoch nur einige wenige Studien zum Thema Erholungsfähigkeit und Studien über die Erholungsfähigkeit zu verschiedenen Uhrzeiten gibt es nicht. Dies wurde bis jetzt schlicht noch nicht untersucht.

Der Grossteil der in der Literatur verfügbaren Arbeiten untersuchten allesamt die Maximalkraft. In meiner Arbeit geht es jedoch um die Erholungszeit beziehungsweise Erholungsfähigkeit zwischen Maximalbelastungen, welche nicht zwingend von der tatsächlichen Maximalkraft abhängen muss. Die Erholung in meiner Arbeit definiere ich durch die Herzfrequenzabnahme verglichen zum Maximalwert. Dieser Wert lässt sich für jede Minute

berechnen. Daraus kann ein Durchschnitt errechnet werden, der mit dem Mittelwert der Standardabweichung des Nachmittags verglichen werden kann.

Es ist anzunehmen, dass die Erholungszeit zwischen den Trainingseinheiten von mehreren Faktoren abhängig ist. Zum einen dürfte sie, genauso wie die maximale Ausbelastung, von Person zu Person unterschiedlich sein und von der Art des Trainings abhängen. Bei strengeren Trainings benötigt man mehr Pausen als bei leichteren. Ausserdem spielt das Ziel der Tätigkeit eine grosse Rolle: Wenn man beispielsweise nur die Stärke der Muskeln testen will, sollte man eine bis zwei Minuten Pause machen, bei einem Aufbau-Krafttraining ist ein Minimum von einer dreiminütigen Pause zwischen den Übungen angemessen (Willardson, 2006).

4. Material und Versuchsaufbau

4.1 Versuchsaufbau

Die Messungen wurden auf der 400m-Bahn im Sportzentrum Buchholz in Uster durchgeführt. Wir haben dafür eine der sechs Tartanbahnen beansprucht, um auf dieser einerseits die Sprints, andererseits aber auch das Aufwärmen durchzuführen.

Aus praktischen Gründen wird die Testzeit am Morgen auf 10:00-12:00 Uhr festgelegt, die nachmittägliche auf 16:00 – 18:00 Uhr. Vor dem Beginn der Testläufe werden jeweils die Aussentemperatur, sowie die Wetterbedingungen notiert.

Für die Messungen werden zwei Personen benötigt: Eine im Ziel, um die Zeitmessung zu starten und stoppen. Die andere hält sich beim Start auf um das Startsignal sowie das Aufwärmen zu organisieren.

Der Ablauf einer Messeinheit sieht wie folgt aus: Die erste Pulsmessung erfolgt beim Start vor dem Aufwärmen. Die Aufwärmstrecke beträgt 400 Meter, was genau einer Runde der Tartanbahn entspricht. Die Vorgabe zum Aufwärmen ist, dass man sich möglichst gleichmässig und locker einlaufen soll. Sobald der Proband wieder im Start eintrifft, wird der Puls erneut gemessen und eine zweiminütige Erholungspause mit dem Ziel, den Ruhepuls zu erreichen, gestartet. Kurz vor dem Startsignal erfolgt eine weitere Pulsmessung. Die erste Pulsmessung nach der Belastung (Erholungsphase 1) erfolgt direkt nach Erreichen des Ziels. Danach wird der Puls in einminütigen Abständen gemessen. Vier Minuten nach Ende des ersten Laufs geht die Testperson mit der Hilfsperson langsam zurück zum Start. Genau zehn Minuten nach Beginn der ersten Erholungsphase startet der zweite Durchlauf, dabei wird die letzte Messung von der Person im Start aufgezeichnet, damit die Begleitperson wieder zurück zum Ziel gehen kann. Nach dem zweiten Lauf (Erholungsphase 2) wird der Puls analog zum ersten Lauf gemessen und notiert. Nach weiteren 10 Minuten wird die Testperson entlassen. Jeder Proband muss diesen Testlauf zwei Mal durchlaufen, einmal am Morgen zwischen 10:00 Uhr und 12:00 Uhr sowie einmal zwischen 16:00 Uhr und 18:00 Uhr.

4.2 Material

Die Messungen erfolgen mit Brustgurten (Modell: Polar T31) für die Herzfrequenz (Hf) Messung und Pulsuhren der Kantonsschule Uster. Die Uhren nehmen die Messungen durch Brustfrequenzsensoren auf und können den Puls kontinuierlich wiedergeben, die Daten werden aber nicht kontinuierlich aufgezeichnet, sondern nur visualisiert auf der Uhr. Es wird daher in einminütigen Intervallen Herzfrequenzwerte tabellarisch notiert. Die Bestimmung der 100 Meter Laufzeit erfolgt per Handmessung mit dem iPhone.

4.3 Über die Probanden

Ursprünglich waren zehn Probanden geplant, jedoch fiel eine Testperson nach der ersten Messung aus aufgrund eines Knochenbruches an der Hand. Weitere zwei Testpersonen hatten gesundheitliche Probleme mit dem Schlaf und dem Knie, konnten jedoch die zweiten Messungen noch nachholen.

Das Alter der neun Probanden erstreckt sich von 13-48 Jahre, dabei sind alle ausser zwei unter 20 Jahre alt. Alle Probanden ausser zwei betreiben regelmässig Sport mit einer Gesamtdauer von 5-10 Stunden pro Woche. Alle Probanden schlafen in einem regelmässigen Rhythmus und ernähren sich ausgewogen. Keine der neun Testpersonen isst nur vegetarisch oder vegan. Keine der Testpersonen hat am Tag vor einer Messung Sport betrieben.

5. Ergebnisse

5.1 Ergebnisse

Gemessene Herzfrequenzwerte (Tabelle 1):

Die durchschnittliche Herzfrequenz vor Testbeginn liegt am Morgen bei 98 bpm, am Nachmittag bei 102 bpm. Die Erholungsphase beginnt nach dem 100-Meter-Sprint. Die Ruhepulse werden während der Erholungsphasen bei keinem Probanden erreicht. So beträgt der Herzfrequenz-Endwert nach der Erholungsphase nach dem 1. Sprint durchschnittlich 131 bpm (134% vom Startwert), nach dem 2. Sprint 118 bpm (121%). Am Nachmittag sind die Erholungswerte nach dem 1. Lauf bei 130 bpm (133%), nach dem 2. Lauf bei 117 bpm (120%).

Die Maximalfrequenzen (Hf-Peakwert) werden bei allen Probanden jeweils wie erwartet kurz nach dem Belastungsende gemessen. Diese sind im Durchschnitt nach dem ersten Lauf am Morgen gleich hoch wie am Nachmittag (180 vs. 181 bpm). Beim 2. Lauf sind die Werte am Morgen minim höher als am Nachmittag (183 vs. 180 bpm).

Die minimalen Pulswerte während der Erholungsphasen sind am Morgen und Nachmittag bei allen Läufen vergleichbar (1. Lauf: 119 vs. 121 bpm, 2. Lauf: 118 vs. 117 bpm). Gleiches gilt für die über 10 Minuten gemittelten Erholungswerte und die Endwerte der Herzfrequenzen in den Erholungsphasen.

Vergleicht man die Minimalwerte der Herzfrequenzen während der 10-minütigen Überwachungsphasen zwischen Morgen und Nachmittag, sind diese ebenfalls vergleichbar (1. Lauf: 119 vs. 121 bpm, 2. Lauf: 118 vs. 117 bpm). Ein deutlicher Unterschied besteht aber jeweils bei den Endwerten in der Erholungsphase nach dem 1. Lauf, sowohl am Morgen wie auch am Nachmittag: Kurz vor Beginn des 2. Laufes kommt es bei 7 von 9 Probanden im Vergleich zum Minimalwert zu einem Anstieg der Frequenzen von 9-11 bpm. Dieses Phänomen lässt sich am Ende der Erholungsphase des 2. Laufes nicht nachweisen.

Tabelle 1: Herzfrequenzmesswerte im bpm						
	Testbeginn	Vor Lauf	Nach Lauf (Hf-Peakwert)	Minimalwert Erholung	Ø Erholung Minute 1- 10	Endwert Erholung
1. Lauf						
Morgen	98 (74-120)	124 (94-175)	180 (144-206)	119 (103-140)	129 (119-156)	131 (101-150)
Nachmittag	102 (82-129)	125 (104-155)	181 (169-208)	121 (108-147)	128 (121-154)	130 (117-144)
2. Lauf						
Morgen		131 (101-150)	183 (170-200)	118 (102-130)	127 (118-154)	118 (102-130)
Nachmittag		130 (117-144)	179 (165-205)	117 (105-130)	125 (117-151)	117 (105-130)
Erklärungen: bpm = beats per minute (Schläge pro Minute). Ø = Durchschnitt. Werte in Klammer () = Range						

Tabelle 1

Zeitpunkt und Ausmass der Herzfrequenzabnahme in der Erholungsphasen in Bezug auf die Maximalfrequenz (Tabelle 2):

Beim 1. Lauf wird der tiefste Frequenzwert am Morgen im Schnitt nach 9.1 Minuten, am Nachmittag nach 8.7 Minuten erreicht. Die minimale Herzfrequenz nach dem 2. Lauf wird am Morgen nach 10.0 Minuten und am Nachmittag mit nach 8.4 Minuten deutlich früher erreicht. Das Ausmass der Herzfrequenzabnahme nach dem 1. Lauf beträgt absolut betrachtet unabhängig von der Tageszeit jeweils 60 bpm (33%), die Abnahmewerte nach 10 Minuten sind wegen dem Frequenzanstieg vor der 2. Belastung leicht tiefer, insbesondere am Morgen im Vergleich zum Nachmittag (49% vs. 53%). Beim 2. Lauf sinkt die Herzfrequenz am Morgen minim stärker als am Nachmittag (65 vs. 61 bpm bzw. 35% vs. 34%). Betrachtet man die durchschnittliche Abnahme der Herzfrequenzen, entsteht ein kleiner Widerspruch, da die Werte nach dem 1. Lauf am Morgen tiefer sind wie am Nachmittag (50 vs. 53 bpm), nach dem 2. Lauf am Morgen aber höher (57 vs. 53 bpm). Es lassen sich 3 Gruppen von Probanden definieren: Bei 3 von 9 Fällen ist die Pulsabnahme am Morgen höher als am Abend, in 3 Fällen gleich und in weiteren 3 tiefer. Das unterschiedliche Verhalten dieser Gruppen erklärt, dass bei der Betrachtung der durchschnittlichen Abnahmen über beide Läufe keine Unterschiede zwischen Morgen und Abend vorliegen (54 vs. 53 bpm), die relative Pulsabnahme beträgt jeweils 30%.

Tabelle 2: Zeitpunkt und Ausmass der Herzfrequenzabnahme in der Erholungsphasen									
	Zeitpkt. min. Hf in Minuten	Max. Abnahme Hf in bpm	in %	Abnahme n. 10 min in bpm	in %	Ø Abnahme 1-10 min in bpm	in %	Ø Abnahme gesamt in bpm	in %
1. Lauf									
Morgen	9.1 (9-10)	60 (41-89)	34 (23-45)	49 (23-78)	27 (14-39)	50 (24-60)	28 (13-34)		
Nachmittag	8.2 (8-10)	60 (43-81)	33 (23-39)	53 (39-71)	28 (23-37)	53 (27-60)	29 (15-33)		
2. Lauf									
Morgen	10 (10-10)	65 (52-92)	35 (29-47)	65 (52-92)	35 (29-47)	57 (29-65)	31 (16-35)	54 (24-65)	30 (13-35)
Nachmittag	8.4 (6-10)	61 (47-87)	34 (28-42)	61 (47-87)	34 (28-42)	53 (28-61)	30 (16-34)	53 (27-61)	30 (15-34)
Erklärungen: bpm = beats per minute (Schläge pro Minute), Hf = Herzfrequenz, % = Prozent, Ø = Durchschnitt, max = Maximal, min = Minuten. Werte in Klammer () = Range									

Tabelle 2

5.2 Mögliche Fehlerquellen

Bei der Messung der Herzfrequenz der ersten 3 Probanden zeigte sich eine deutliche Abhängigkeit der Werte von der Körperposition; bereits ein kurzes Hinknien, um etwas vom Boden aufzuheben, führte zu starken Schwankungen bis 30 bpm. Zu ähnlichen Unterschieden kam es beim Anlehnen oder Hinsitzen. Nachdem dieses Pulsverhalten bei den ersten 3 Probanden auffiel, wurde darauf geachtet, dass alle weiteren stehen bleiben oder langsam gehen.

Weiter gab es vereinzelt technische Schwierigkeiten mit den Herzfrequenzmessbändern. So wurden während der ersten Messungen auf den Uhren kurzzeitig keine oder klar falsche Messwerte angezeigt (z.B. Herzfrequenzwerte von 70/min direkt nach dem Sprint). Die Ursache dieser Ungenauigkeiten lässt sich aufgrund der Berechnung der Mittelwerte durch die Uhr und das Verrutschen des Brustgurtes während dem Rennen erklären. Durch eine erneute Kontrolle des Gurtes konnten konstantere Messwerte erreicht werden, meist verschob sich dadurch aber die Startzeit um 5-10 Sekunden.

Die Wetterbedingungen der beiden Läufe waren aufgrund der verschiedenen Tageszeiten unterschiedlich und nicht beeinflussbar. Bei höherer Temperatur steigen der Blutdruck und der Puls, womit eine schnellere Abgabe von Hitze über die Haut möglich ist (Wang, 2018). Dies könnte sich positiv auf die Erholungszeit auswirken. Indirekt hat das Wetter aber noch einen anderen Einfluss: Jeder der schon draussen Sport betrieben hat, weiss, dass es unangenehm ist bei sehr kalter oder sehr heisser Temperatur Sport zu machen. Entsprechend ist auch die Motivation der einzelnen Läufer unterschiedlich. So kann derselbe Läufer zur selben Zeit sehr unterschiedliche Zeiten laufen.

Die Anzahl der Probanden ist bei für die Testpersonen aufwändigen Messungen klein, daher sind Fehler durch Zufälle nicht auszuschliessen. An einem Messtag fand während dem Testen direkt neben der Laufbahn ein Fussballspiel statt, was zu möglichem Stress der Probanden durch Beobachtung führen kann (Werner Wittling, 2015).

6. Interpretation und Diskussion

Mit der vorliegenden Studie versuche ich eine Aussage hinsichtlich einer besseren Erholung in Abhängigkeit der Tageszeit zu machen und nachzuweisen, dass die Erholung am Nachmittag besser ist als am Morgen. Als Mass für Erholung wird die durchschnittliche Abnahme der Herzfrequenz im Verhältnis zum Maximalwert kurz nach der Belastung, sowie das zeitliche Auftreten des Minimalpulses definiert. Die Fragestellung kann ich mit der vorliegenden Daten nur teilweise positiv beantworten.

In den Testläufen lassen sich 3 Gruppen von je 3 Probanden mit unterschiedlichem Herzfrequenzverhalten identifizieren. Eine Gruppe, bei der die morgendliche Herzfrequenz im Vergleich zu den Messwerten am Nachmittag vermehrt abfällt (Morgentyp), eine zweite, bei der sie gleich bleibt

(Ganztagestyp) und eine, bei der sie vermindert abfällt (Nachmittagstyp). Am deutlichsten ersichtlich ist das unterschiedliche Frequenzverhalten bei der Testperson 5&6 (vermehrte Herzfrequenzabnahme Morgen = Morgentyp) und bei Testperson 2&8 (vermehrte Herzfrequenzabnahme am Nachmittag = Nachmittagstyp). Da das Frequenzverhalten sowohl nach dem ersten wie auch nach dem zweiten Lauf bei allen Probanden jeweils gleich ist, lässt vermuten, dass es sich für die Person um ein gleichbleibendes Phänomen handelt. Entsprechend der Typenzuteilung könnte somit eine Empfehlung für die optimale Erholungs- bzw. Trainingszeit gemacht werden. Diese Erkenntnisse decken sich mit den Angaben aus der Literatur über den Einfluss von Tageszeiten hinsichtlich der Maximalkraft (Roth, 2020).

Eine vollständige Erholung findet weder am Morgen noch am Nachmittag statt. Die Herzfrequenz bei Testbeginn beträgt um 100 bpm und wird in den Erholungsphasen nach beiden Läufen nicht mehr erreicht. Die tiefsten Werte lassen sich nach dem 2. Sprint, ganz am Ende der Testreihen mit 117-118 bpm (Tabelle 1) dokumentieren und sind am Morgen und am Nachmittag mit je 120% des Startwertes identisch. Aus den weiterhin erhöhten Werten kann geschlossen werden, dass sich die Probanden innert 10 Minuten nicht vollständig erholen können.

Interessant ist, dass der Zeitpunkt der tiefsten Herzfrequenz während der Erholung (Tabelle 2) am Nachmittag in beiden Läufen 1-2 Minuten früher ist, was ein Hinweis auf eine bessere Erholungsfähigkeit am Nachmittag sein könnte.

Aus den erhobenen Daten können weitere spannende Aussagen gemacht werden. So zeigte sich bei den meisten Testpersonen ein Anstieg der Herzfrequenz in der letzten Minute vor dem 2. Sprint (120 bpm auf 131 bpm). Dies erklärt sich durch die Vorbereitung des Körpers auf den bevorstehenden Lauf (Schmole, 1984). Weiter ist es klar ersichtlich, dass die sportlichen Probanden im Durchschnitt einen um 20 bpm tieferen Puls haben als die unsportlichen. Ausserdem erholen sich die sportlichen Testläufer schneller und der Puls sinkt tiefer.

Zusammenfassend lässt meine Arbeit unterschiedliche Erholungstypen vermuten. Mit dem unterschiedlichen Herzfrequenzverhalten lassen sich die Probanden in einen Morgen-, Nachmittag-, und Ganztagestyp einteilen, womit sich Empfehlungen für den optimalen Trainingszeitpunkt ableiten lassen könnten. Die Vermutung, dass die Erholung am Nachmittag besser ist als am Morgen, lässt sich mit den akuten Daten nicht beweisen. Einzig die raschere Abnahme der Herzfrequenz in der Erholungsphase am Nachmittag könnte darauf hinweisen.

Aufgrund der tiefen Probandenanzahl kann die Fragestellung nicht abschliessend beurteilt werden. Weitere Untersuchungen mit mehr Personen, sowie wiederholtes Testen der Einzelpersonen zum Ausschluss von möglichen äusseren Fehlerquellen wie Aussentemperatur, Wetterbedingungen und Stress- oder Störfaktoren sind nötig.

7. Literaturverzeichnis (Referenzen)

7.1 Quellenverzeichnis

- Faude, O. (25. 08 2019). *Springer Link*. Abgerufen am 01. 10 2020 von https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-662-53386-4_27-1
- Gröber, U. (2012). L-Carnitin im Sport. *Zeitschrift für Orthomolekulare Medizin*. Abgerufen am 27. 08 2020
- Knaier, R. (24. 1 2020). *edoc.unibas*. Abgerufen am 27. 8 2020 von <https://edoc.unibas.ch/74950/>
- Roth, R. (24. 1 2020). *edoc.unibas*. Abgerufen am 27. 08 2020 von <https://edoc.unibas.ch/74949/>
- Schmole, M. (1984). Abgerufen am 10. 09 2020 von Springer Link: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-69916-0_19
- Wang, A. (März 2018). Abgerufen am 03. 11 2020 von PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28028653/>
- Werner Wittling, R. A. (19. 02 2015). Abgerufen am 31. 10 2020 von Deutsche Heilpraktiker-Zeitschrift: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0035-1546441>
- Willardson, J. M. (11 2006). *PubMed*. Abgerufen am 24. 09 2020 von <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17194236/>

7.2 Abbildungsverzeichnis

Titelblatt: Abbildung 1, Regeneration: Kürzer Treten um vorwärts zu kommen, <https://www.laufen.de/d/kuerzer-treten>, Abruf: 10.09.2020. **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabelle 1, Emanuel Berli, 02.11.2020 (Excel)

Tabelle 2, Emanuel Berli, 02.11.2020 (Excel)

8. Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich meine Projekt-Arbeit selbstständig und nur unter Zuhilfenahme der in den Verzeichnissen oder in den Anmerkungen genannten Quellen angefertigt habe. Die Mitwirkung von anderen Personen hat sich auf Beratung und Korrekturlesen beschränkt.

Ich nehme zur Kenntnis, dass meine Arbeit zur Überprüfung der korrekten und vollständigen Angabe der Quellen mit Hilfe einer Software (Plagiatserkennungstool) geprüft wird. Zu meinem eigenen Schutz wird die Software auch dazu verwendet,

später eingereichte Arbeiten mit meiner Arbeit elektronisch zu vergleichen und damit Abschriften und eine Verletzung meines Urheberrechts zu verhindern.

Ort, Datum Unterschrift

Greifensee, E. Berli
13.12.2020

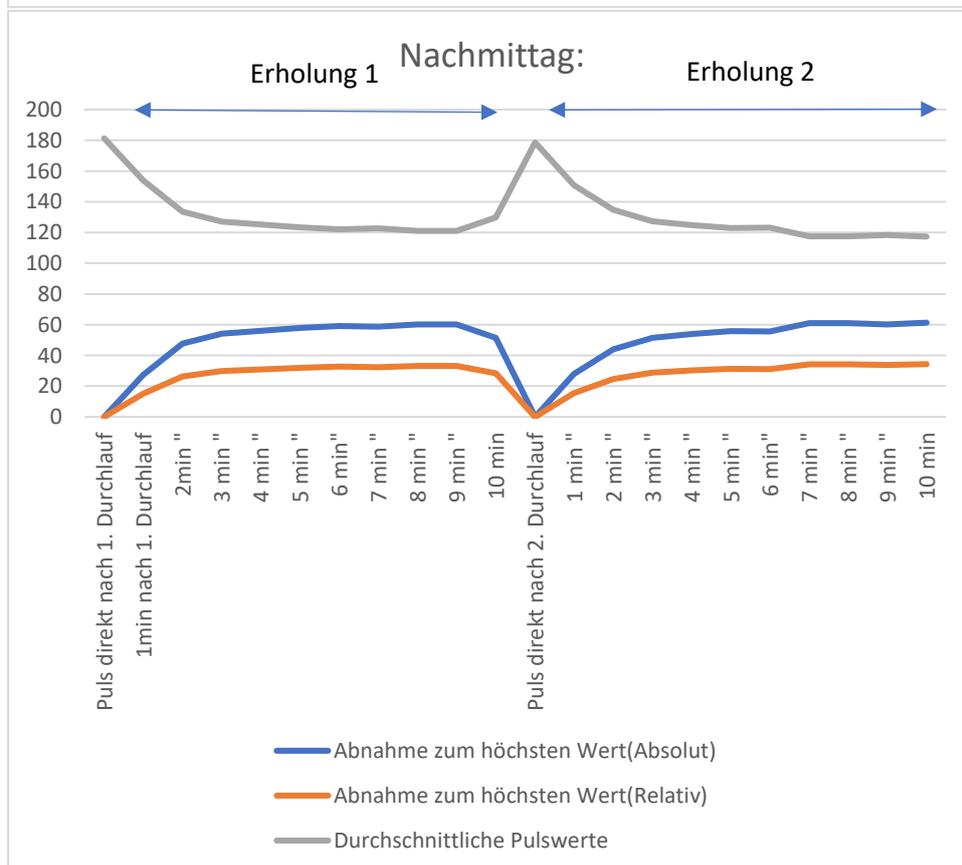
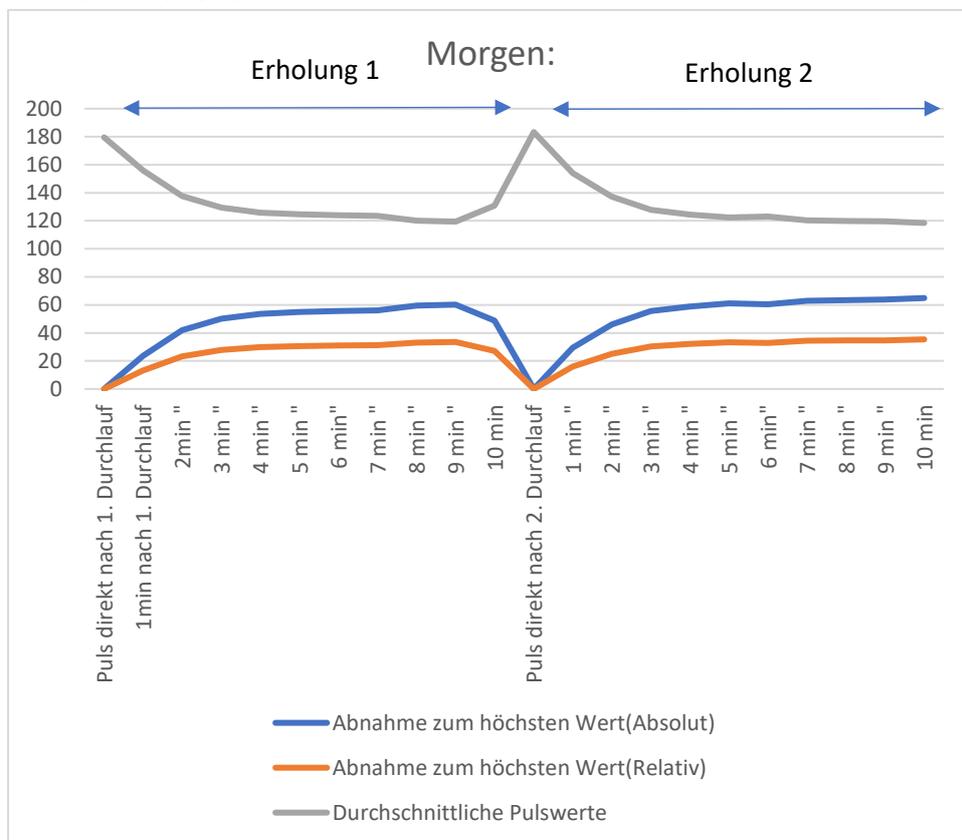
9. Schlusswort

Zum Schluss möchte ich allen Helferinnen und Helfern danken. Durch ihre Unterstützung konnte ich die Durchführung der Messungen zum Teil parallel mit zwei Personen durchführen, konnten die Messungen mit zwei Handys kontrolliert werden. Somit habe ich genauere Werte ermitteln können und etwas Zeit gespart. Weiter danke ich allen Probanden, die sich zum Teil bei noch so kalten Wetterbedingungen auf die Bahn wagten, um die Testläufe zu absolvieren.

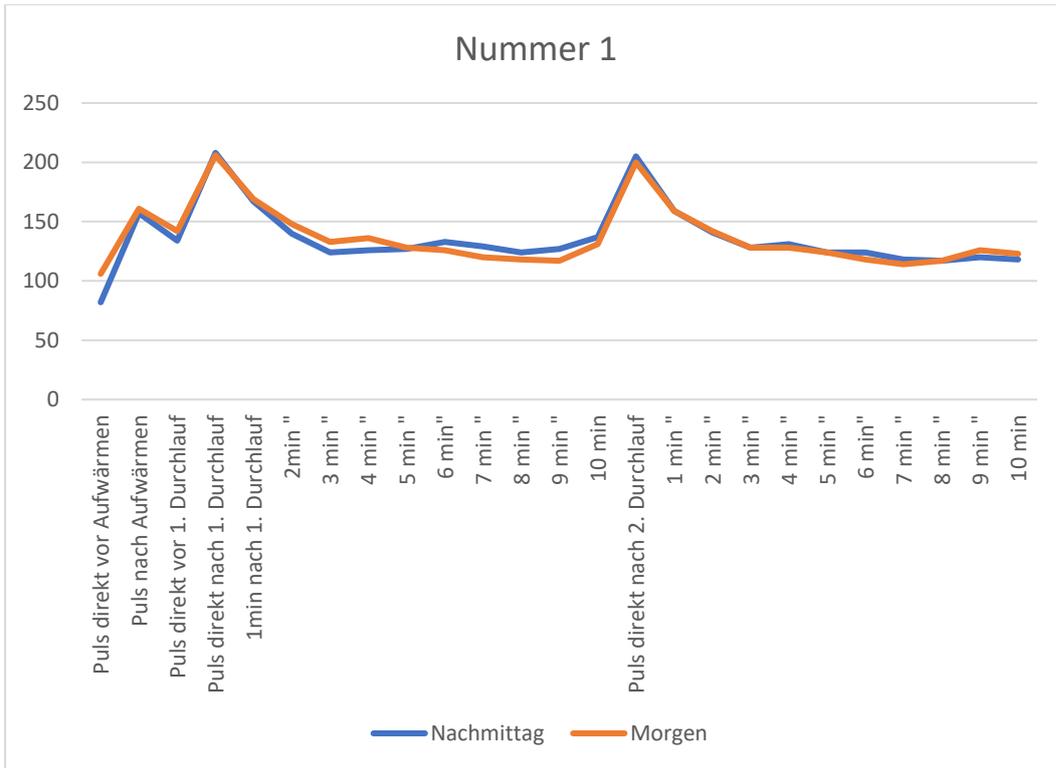
9. Anhang

9.1 Messresultate (Diagramme)

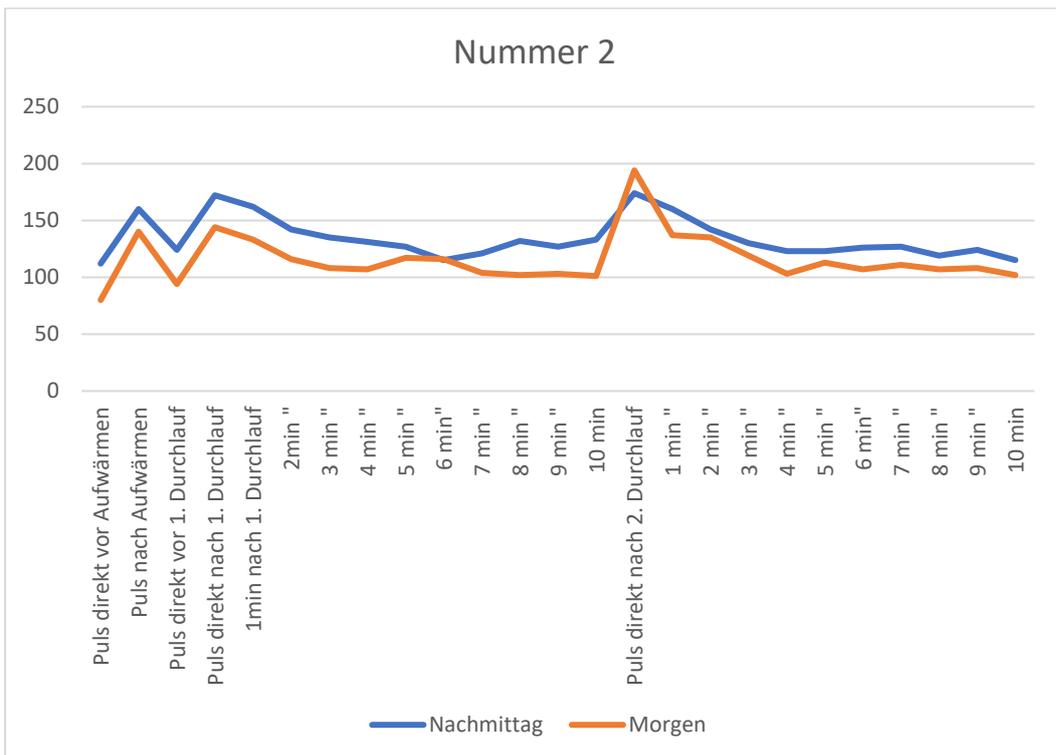
Durchschnittswerte:



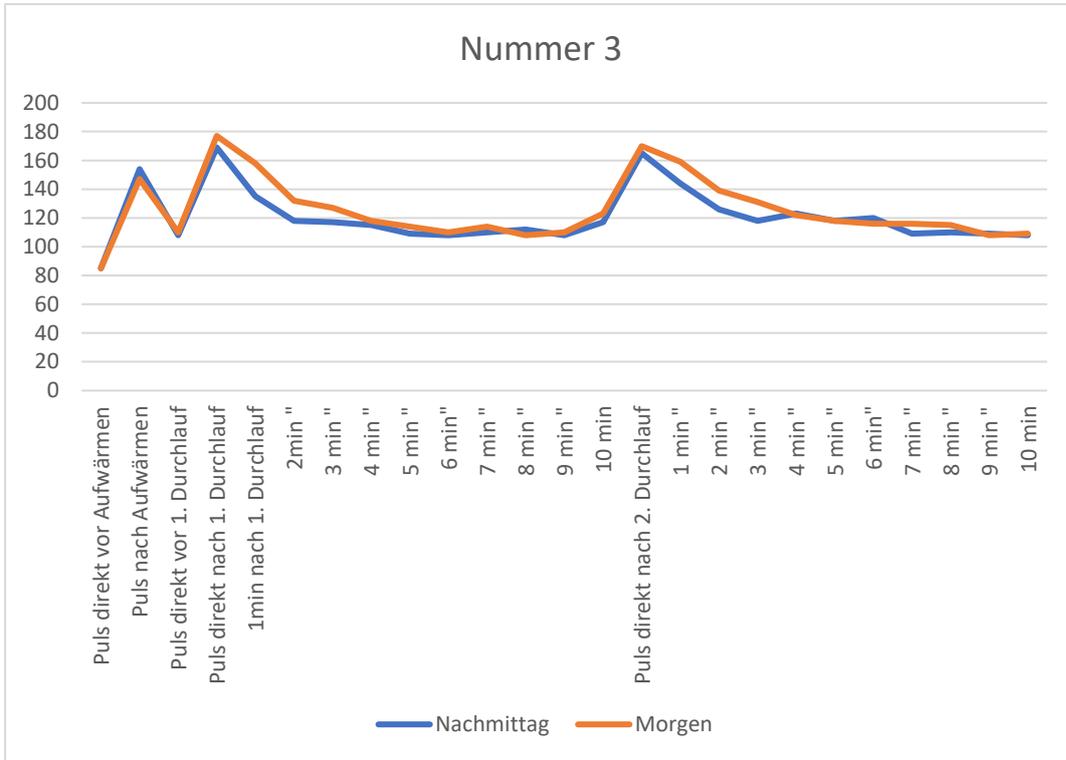
Testperson 1:



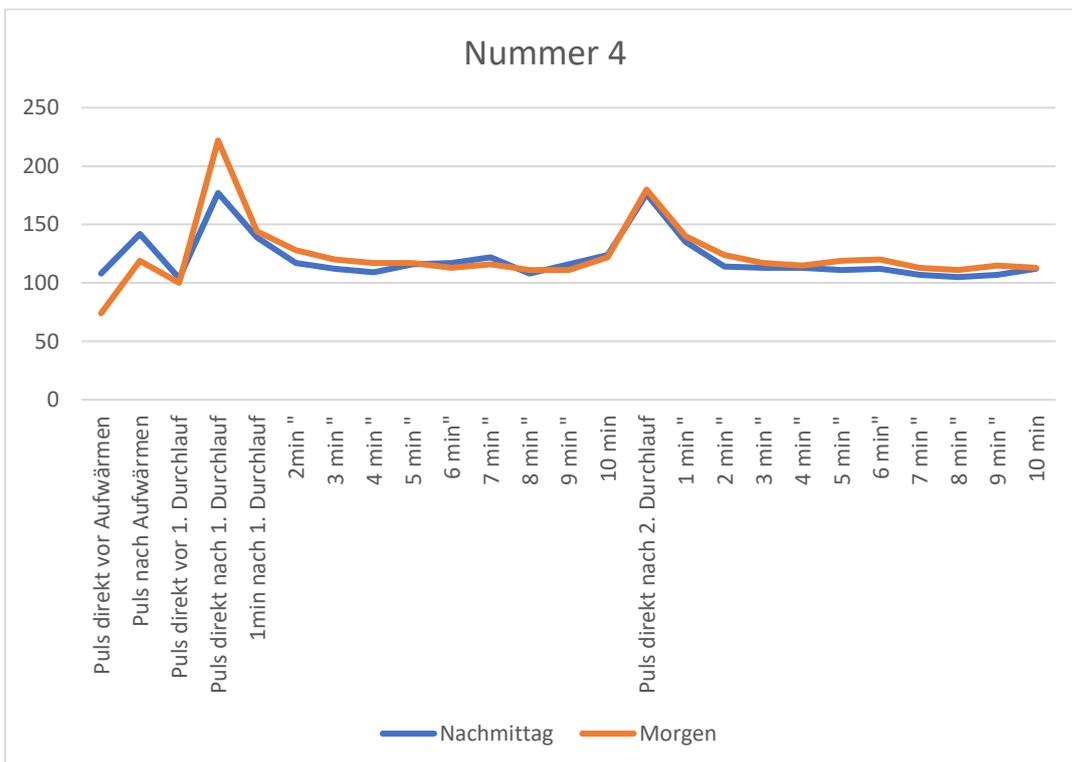
Testperson 2:



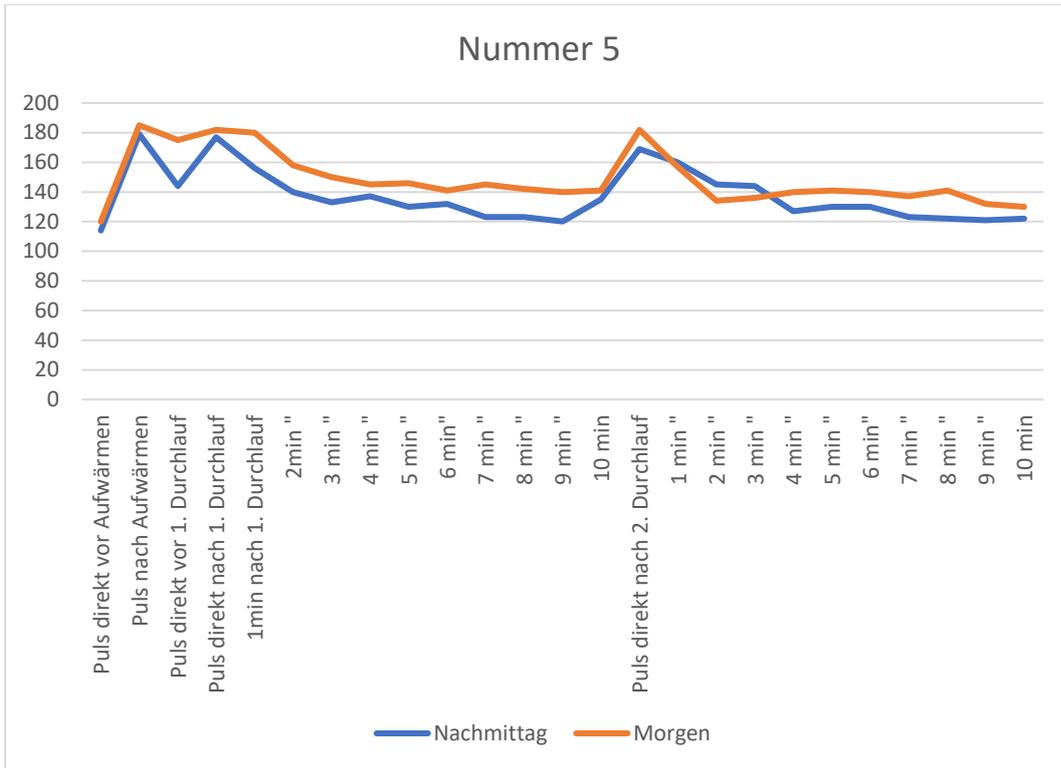
Testperson 3:



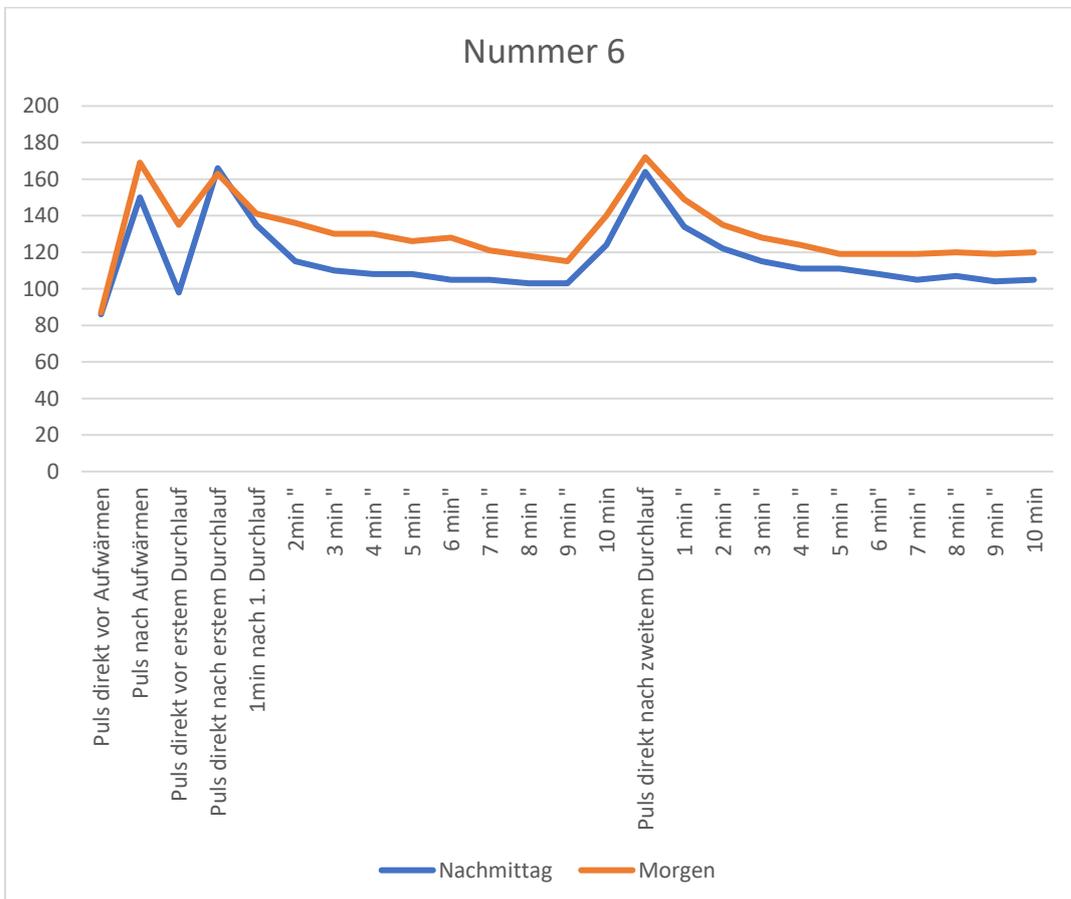
Testperson 4:



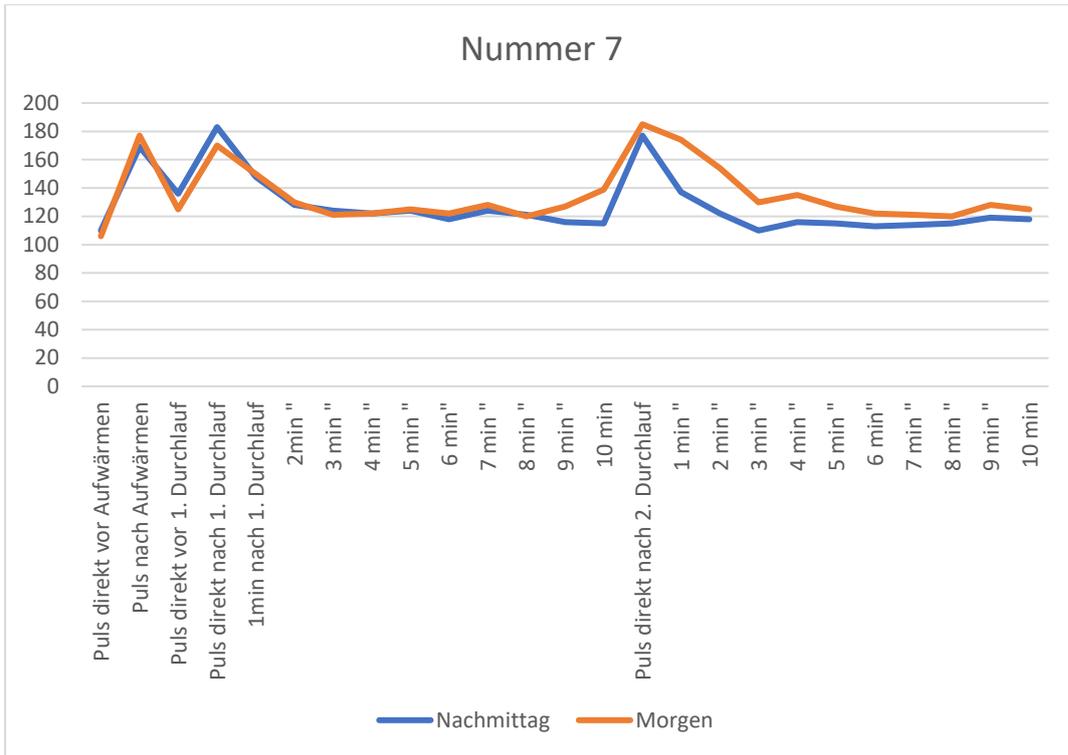
Testperson 5:



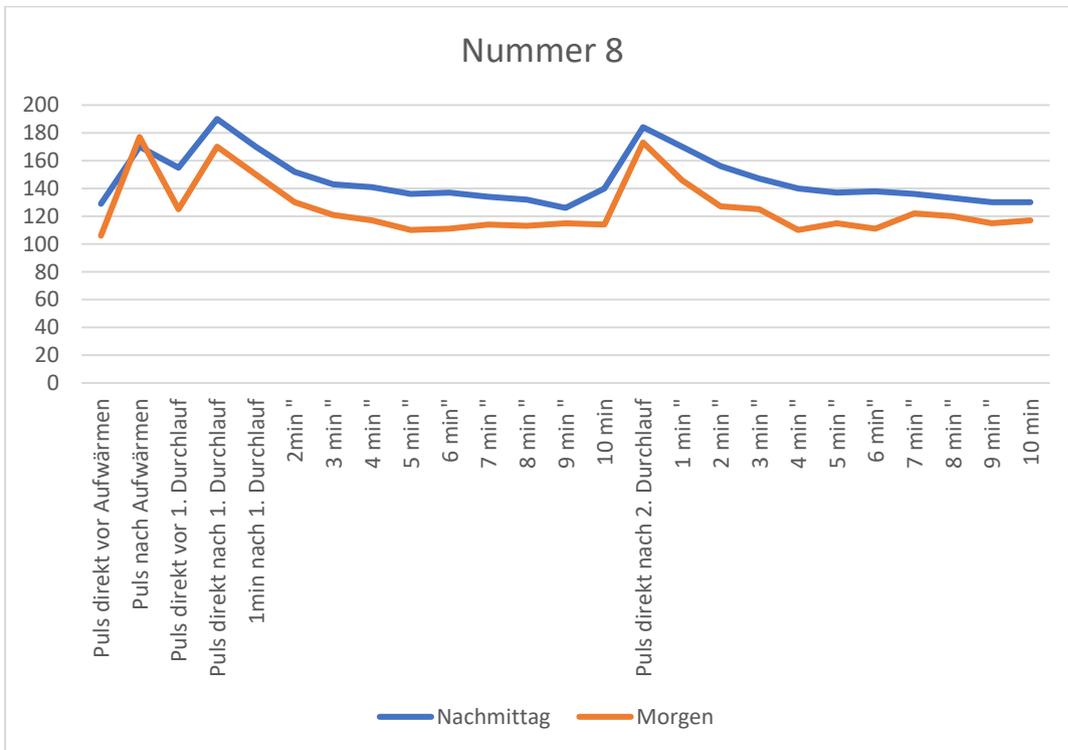
Testperson 6:



Testperson 7:



Testperson 8:



Testperson 9:

