

Ergebnisse

Leistungspotential bei selbstgewählter und wissenschaftlich vorgegebener Ernährungsstrategie unter extremen Ausdauerbelastungen

Kuno Hottenrott, Thomas Gronwald, Ali Hazaa, Manon Kraus, Steffen Müller, Stephan Schulze, Martin Steiner, Georg Neumann*

Institut für Leistungsdiagnostik und Gesundheitsförderung
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (ILUG®)

* **Projektleiter**: Prof. Dr. phil. habil. Kuno Hottenrott

Probanden und Testbelastung

N=18 leistungsstarke Radsportler und Triathleten

1. Einfahren: 20 min auf der Rolle
2. VO₂max-Test auf FES-Ergometer
3. Dauertest: 2:30 h auf der Rolle
4. Zeitfahren: 40 Meilen auf der Rolle

Gesamttestdauer: > 5 Stunden

Untersuchungsort: ILUG® Uni-Halle (Saale) (www.ilug.de)

Untersuchungszeit: Februar 2009

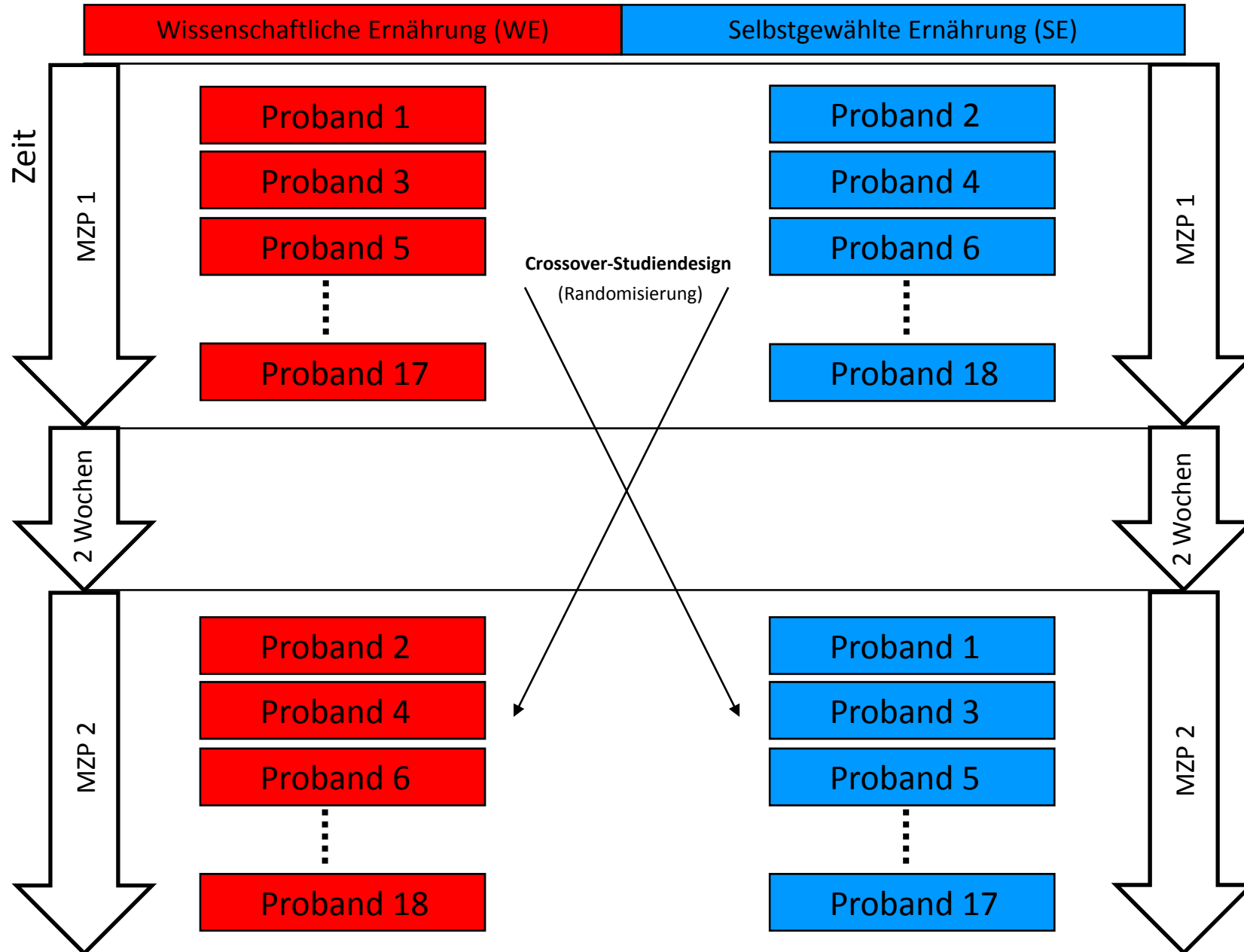
WE: Wissenschaftlich vorgegebene Ernährung (High 5 – Produkte)

SE : Selbstgewählte Ernährung

Randomisiertes Crossover-Untersuchungsdesign

Signifikanz: * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Studiendesign



Untersuchungsablauf

Ruhemessung

Messparameter:

Körperhöhe - Körpergewicht - % Fett (2 Punkt) - Bioimpedanz (4 Punkt) - Urin - EKG - Laktat

20 min Einfahren auf der Rolle (CompuTrainer) bei 100 Watt

VO₂max-Test

Messparameter:

Maximale Leistung - VO₂max - Maximale Herzfrequenz – Laktat (2 min / 5min nach dem VO₂max-Test)

30 min Pause

Dauertest über 2 h 30 min auf der Rolle (CompuTrainer) bei 70 % der VO₂max

Messparameter:

Laktat (Vor dem Dauertest, nach jeder 10-Meilen-Runde und nach 2 h 30 min)

5 min Pause

Messparameter:

Körpergewicht - % Fett (2 Punkt) - Urin

40 Meilen Zeitfahren auf der Rolle (CompuTrainer)

Messparameter:

Körpergewicht - % Fett (2 Punkt) - Urin - Laktat (Nach dem Zeitfahren)

30 min Pause

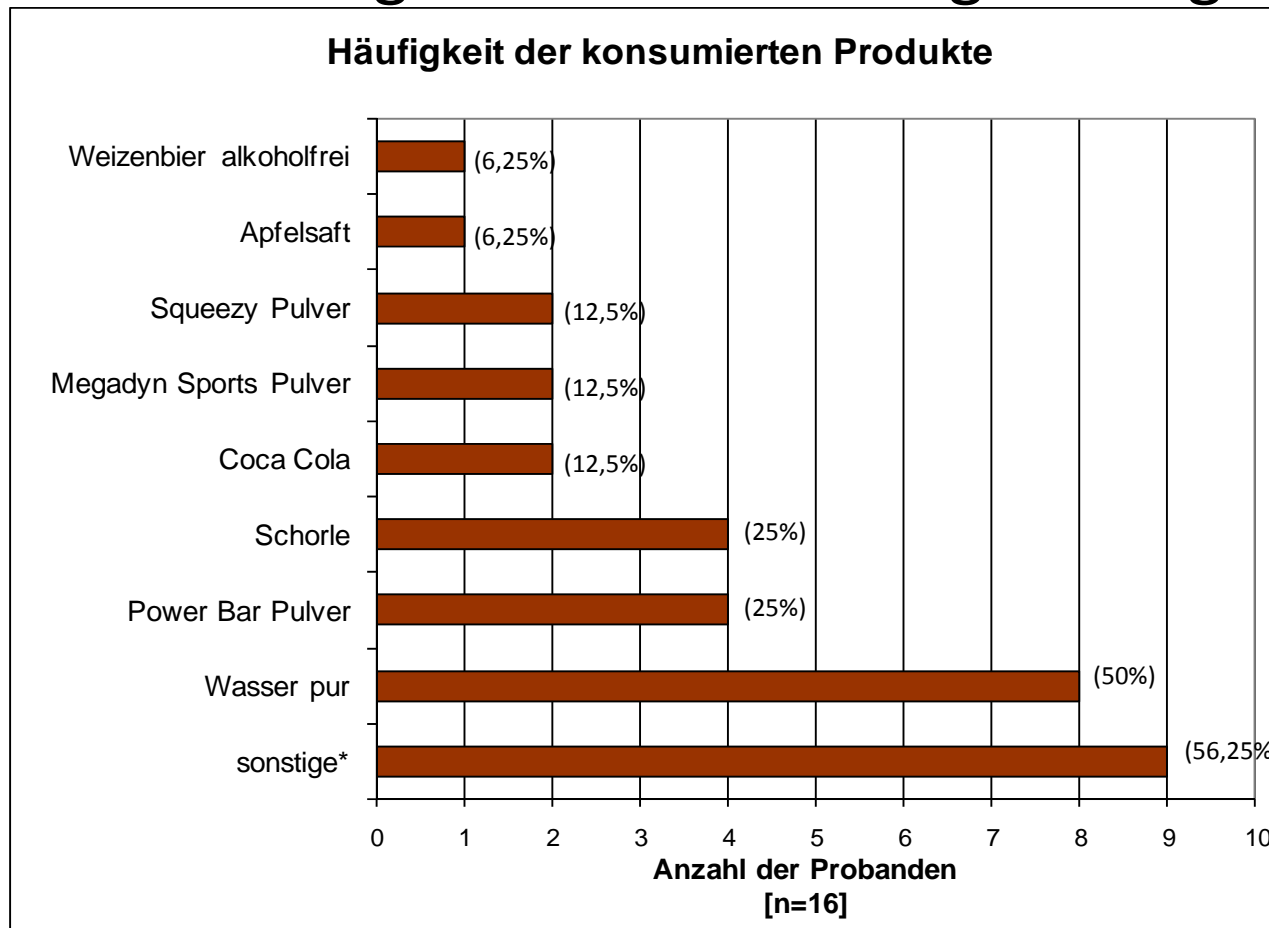
Messparameter:

Körpergewicht - % Fett (2 Punkt) - Bioimpedanz (4 Punkt)

HF-Messung (15 s)

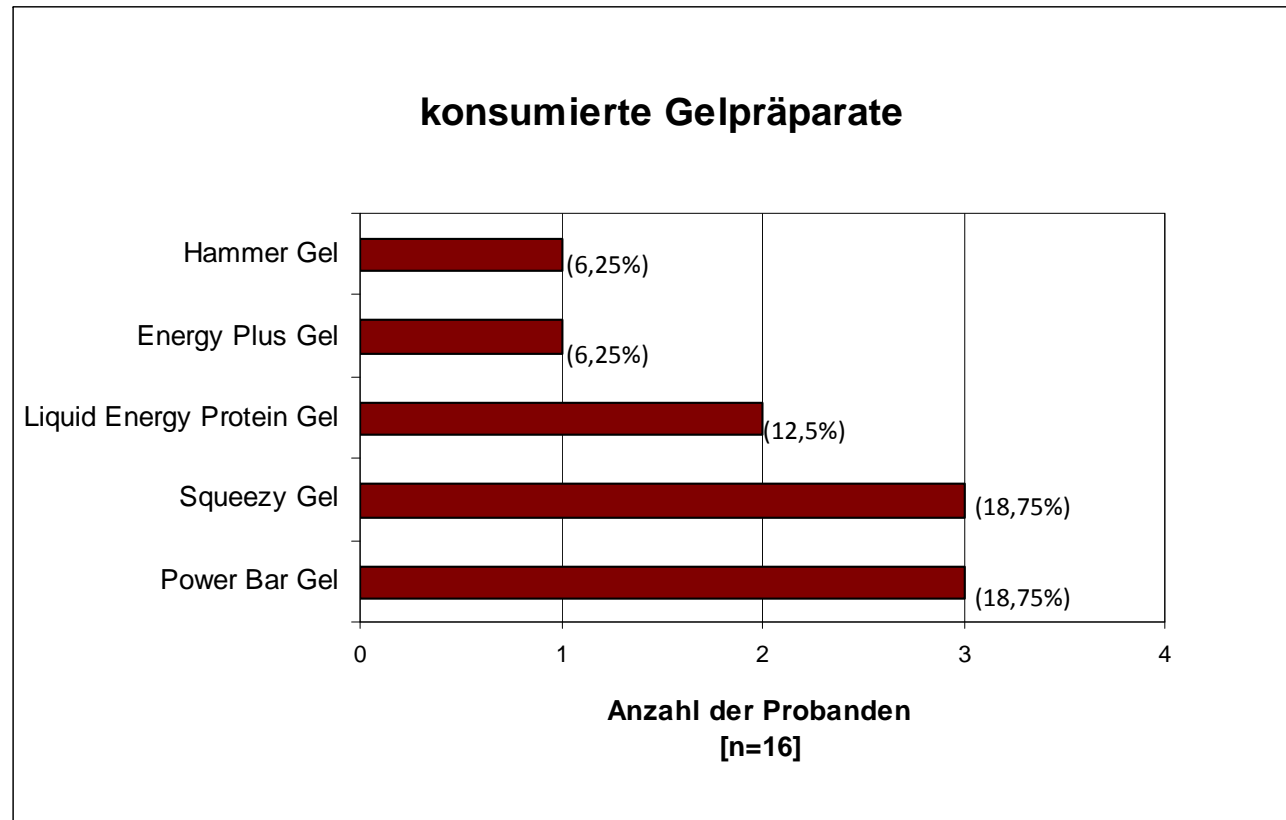
HRV-Messung

SE: Selbstgewählte Ernährungsstrategie

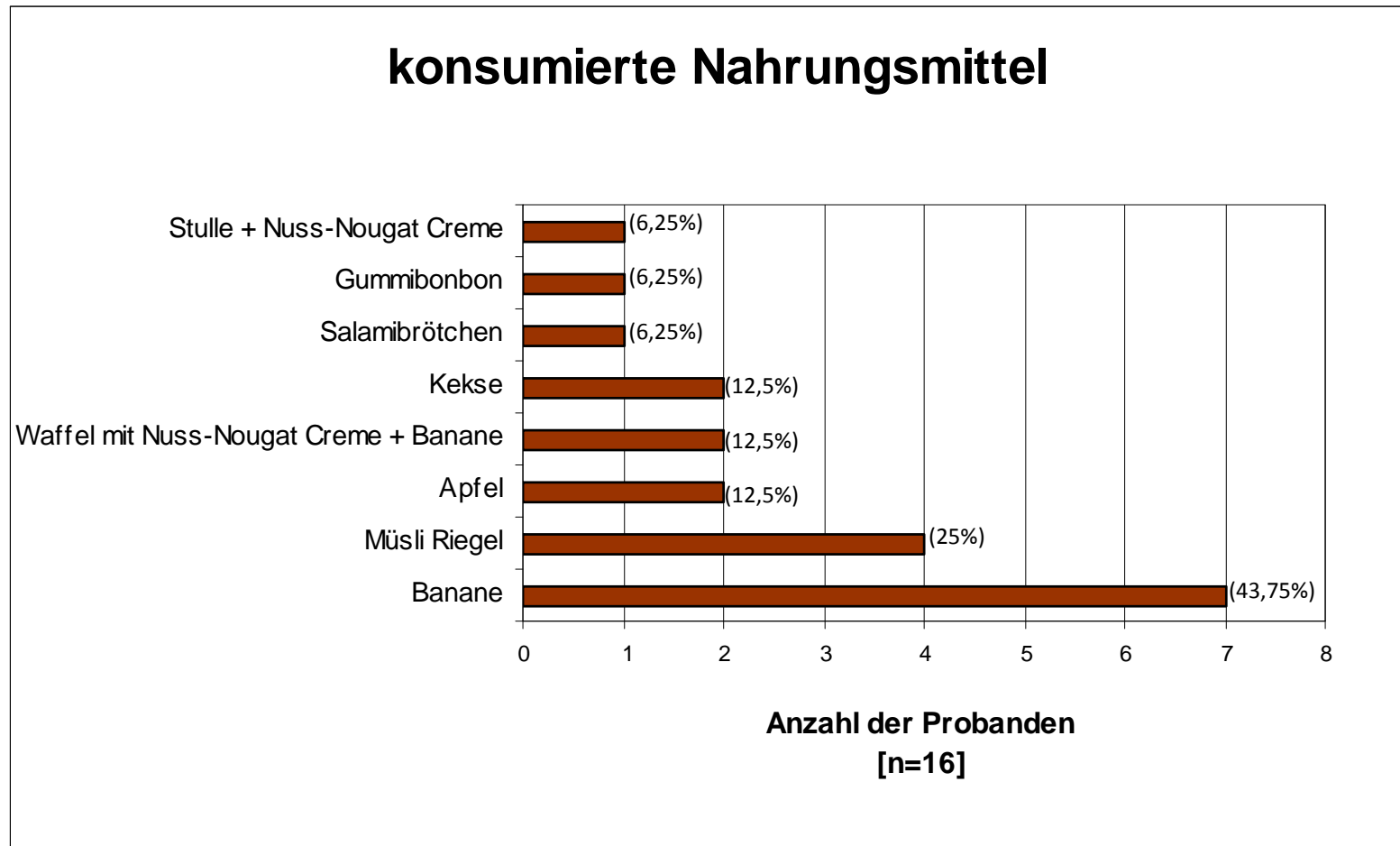


* Basica Pulver, Aktiv3-Isoton Pulver, Sponser Carboloader Pulver, Maxim Pulver, Power Shotz Pulver, Powersystem Kohlenhydratpulver, Fitline Activize, Säure Basen Pulver, Eiweißpulver

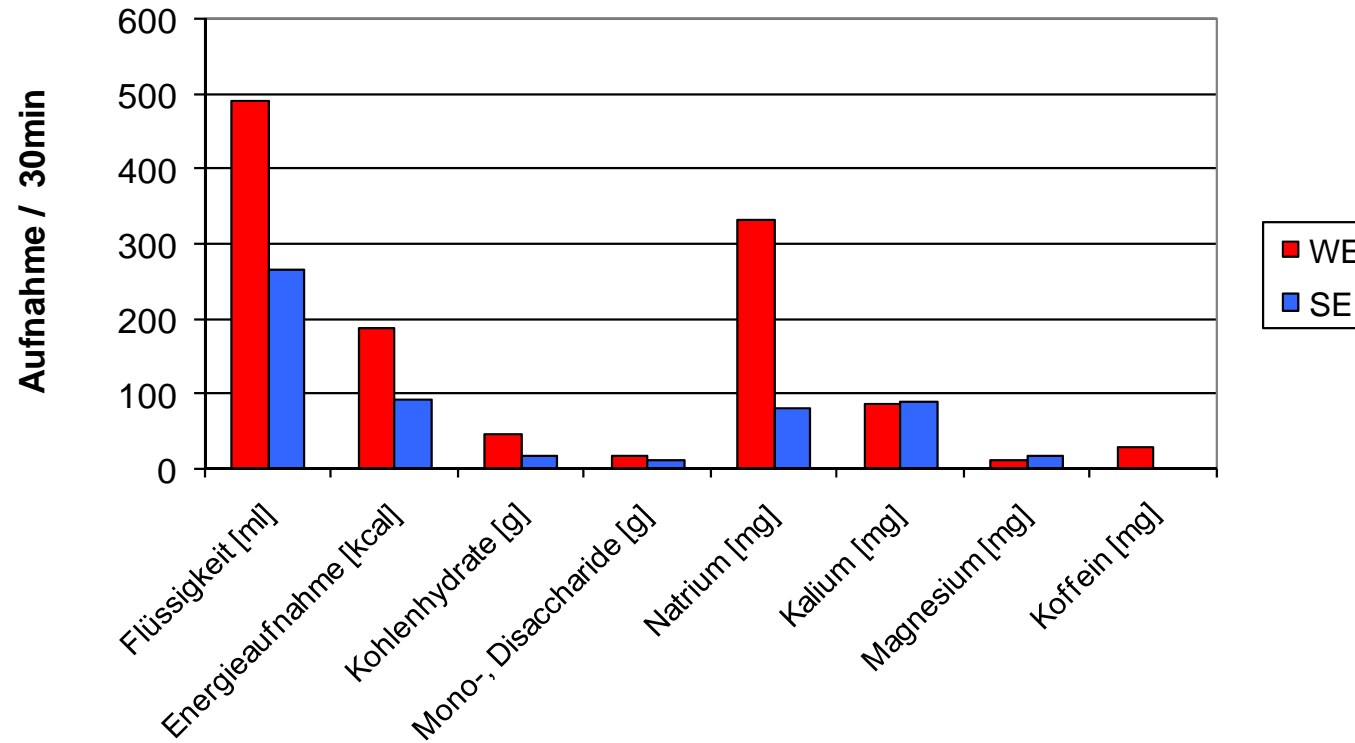
SE: Selbstgewählte Ernährungsstrategie



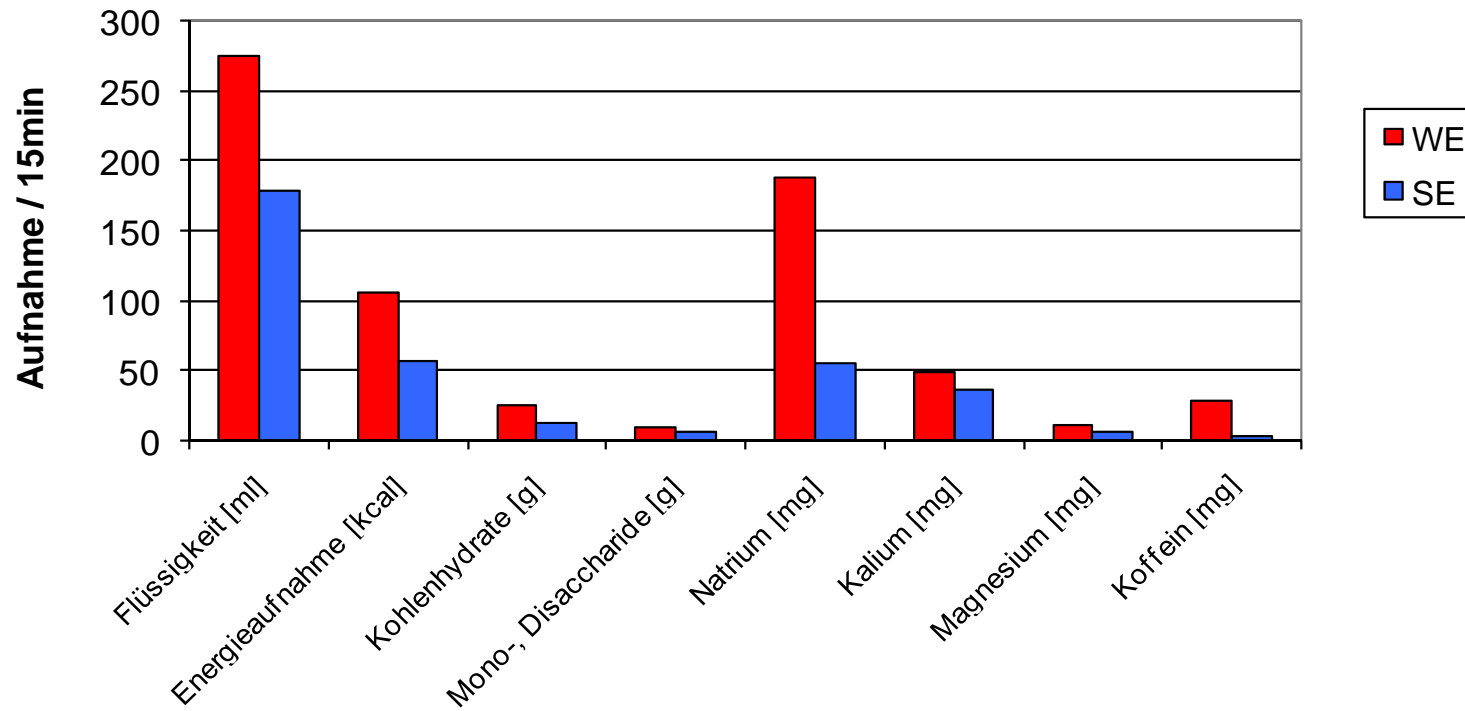
SE: Selbstgewählte Ernährungsstrategie

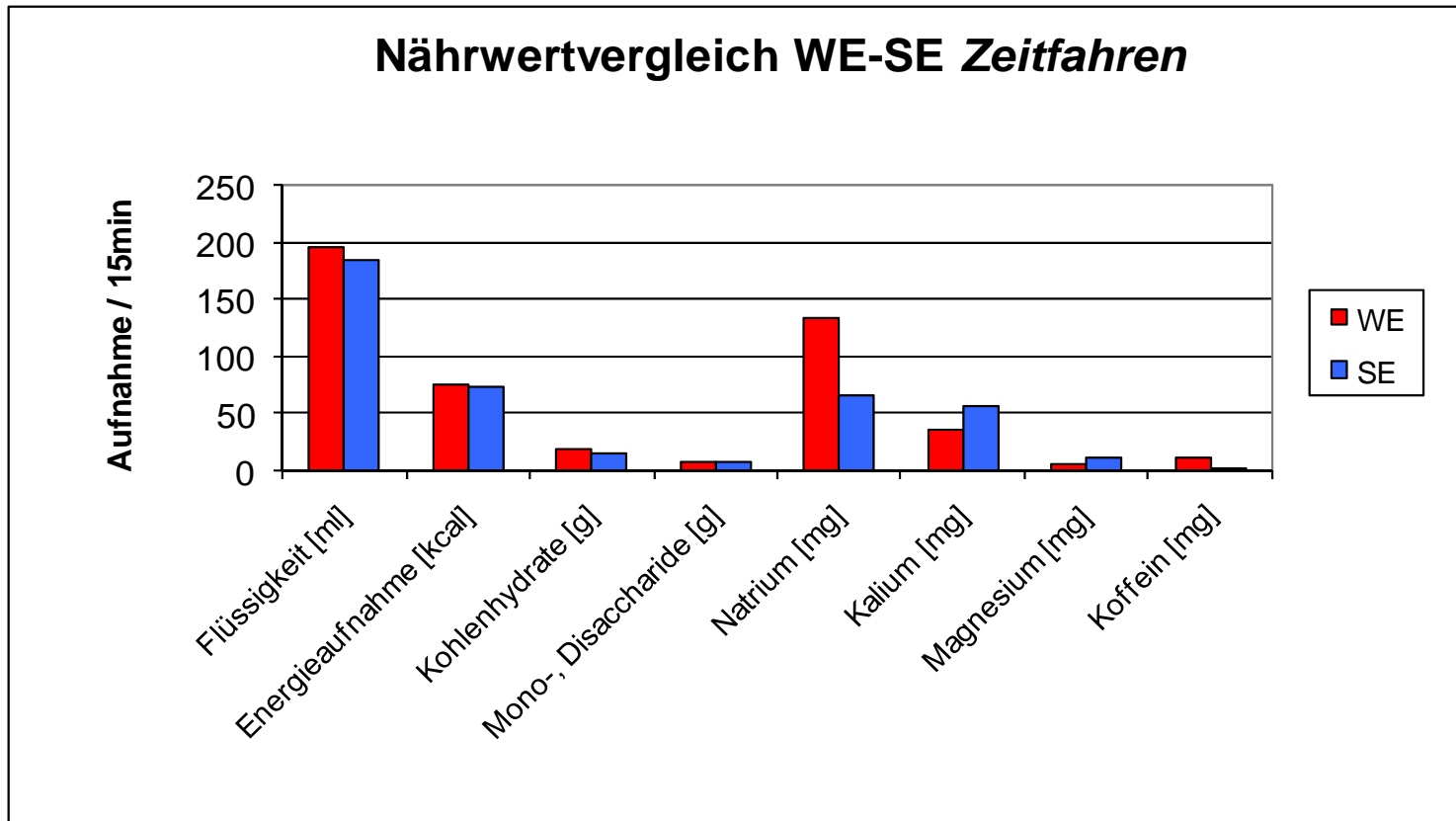


Nährwertvergleich WE-SE Warm up



Nährwertvergleich WE-SE *Dauertest*





Gründe für erhöhte Flüssigkeits- und Energieaufnahme der SE:

- veränderte Ernährungsstrategie bei Probanden, die erst mit High 5 fuhren (Proband 7, 9 und 13)
- hohe Energiezufuhr durch feste Nahrungsmittel (Gele, Riegel, Bananen,...)

Statistik

Warm-up und Pause

| | Flüssigkeit [ml] | | Energie [kcal] | | Kohlenhydrate [g] | | Mono-, Disaccharide [g] | |
|-------------------------|------------------|--------|-----------------|-------|-------------------|------|-------------------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 489,53 | 24,84 | 186,94 | 9,16 | 46,25 | 2,26 | 16,38 | 0,8 |
| SE | 264,44 | 135,43 | 92,21 | 69,34 | 18,62 | 13 | 10,36 | 8,64 |
| | MWU | n | MWU | n | MWU | n | t-Test | n |
| Signifikanz 2-seitig | 0,000*** | 32 | 0,000*** | 32 | 0,000*** | 32 | 0,014* | 32 |

| | Natrium [mg] | | Kalium [mg] | | Magnesium [mg] | | Koffein [mg] | |
|-------------------------|-----------------|-------|-------------|-------|----------------|-------|-----------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 332,46 | 16,3 | 86,73 | 4,25 | 12,05 | 0,59 | 28,9 | 1,41 |
| SE | 81,34 | 81,98 | 89,39 | 110,8 | 16,26 | 20,07 | 0 | 0 |
| | MWU | n | MWU | n | MWU | n | MWU | n |
| Signifikanz 2-seitig | 0,000*** | 32 | 0,184 | 32 | 0,239 | 32 | 0,000*** | 32 |

Statistik

Dauertest

| | Flüssigkeit [ml] | | Energie [kcal] | | Kohlenhydrate [g] | | Mono-, Disaccharide [g] | |
|-------------------------|------------------|-------|-----------------|-------|-------------------|------|-------------------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 274,5 | 29,24 | 105,07 | 11 | 26,04 | 2,73 | 9,82 | 1,03 |
| SE | 178,39 | 74,98 | 56,09 | 22,91 | 11,96 | 4,72 | 6,64 | 3,74 |
| | t-Test | n | t-Test | n | t-Test | n | t-Test | n |
| Signifikanz 2-seitig | 0,000*** | 32 | 0,000*** | 32 | 0,000*** | 32 | 0,004** | 32 |

| | Natrium [mg] | | Kalium [mg] | | Magnesium [mg] | | Koffein [mg] | |
|-------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|----------------|------|-----------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 187,85 | 19,67 | 49,01 | 5,13 | 11,28 | 1,36 | 27,68 | 3,35 |
| SE | 54,58 | 50,05 | 36,56 | 40,68 | 6,42 | 6,65 | 3,81 | 9,94 |
| | t-Test | n | MWU | n | t-Test | n | t-Test | n |
| Signifikanz 2-seitig | 0,000*** | 32 | 0,001*** | 32 | 0,011* | 32 | 0,000*** | 32 |

Statistik

Zeitfahren

| | Flüssigkeit [ml] | | Energie [kcal] | | Kohlenhydrate [g] | | Mono-, Disaccharide [g] | |
|-------------------------|------------------|-------|----------------|-------|-------------------|------|-------------------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 195,14 | 57,45 | 75,22 | 21,92 | 18,61 | 5,42 | 6,59 | 1,92 |
| SE | 184,89 | 55,97 | 73,79 | 21,34 | 15,56 | 5,48 | 8,12 | 3,03 |
| | t-Test | n | t-Test | n | t-Test | n | t-Test | n |
| Signifikanz 2-seitig | 0,630 | 29 | 0,861 | 29 | 0,144 | 29 | 0,109 | 29 |

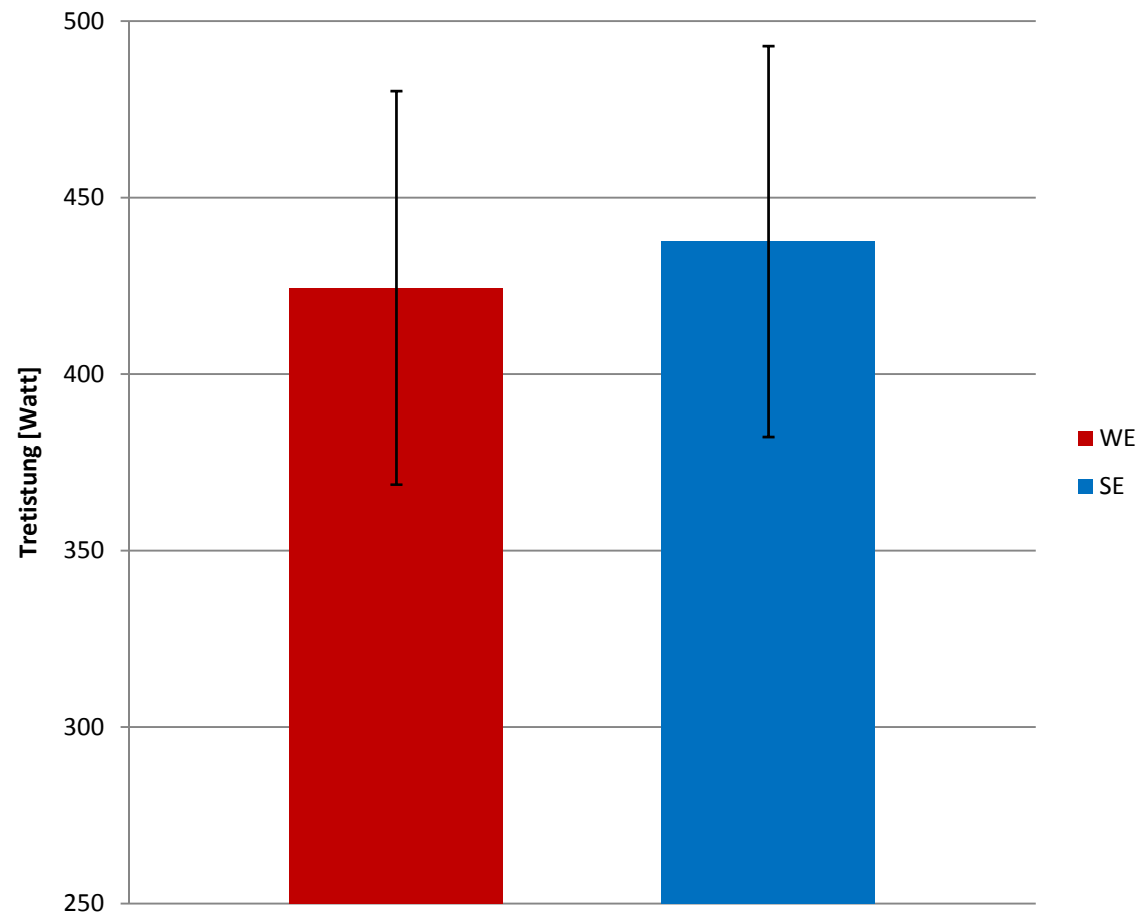
| | Natrium [mg] | | Kalium [mg] | | Magnesium [mg] | | Koffein [mg] | |
|-------------------------|-----------------|-------|-------------|-------|----------------|-------|-----------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MD | SW |
| WE | 133,76 | 38,98 | 34,89 | 10,17 | 4,85 | 1,41 | 11,63 | 3,39 |
| SE | 65,12 | 40,8 | 55,65 | 38,47 | 11,53 | 10,69 | 2,31 | 4,26 |
| | t-Test | n | t-Test | n | MWU | n | t-Test | n |
| Signifikanz 2-seitig | 0,000*** | 29 | 0,070 | 29 | 0,102 | 29 | 0,000*** | 29 |

Ergebnisse des VO₂max-Tests

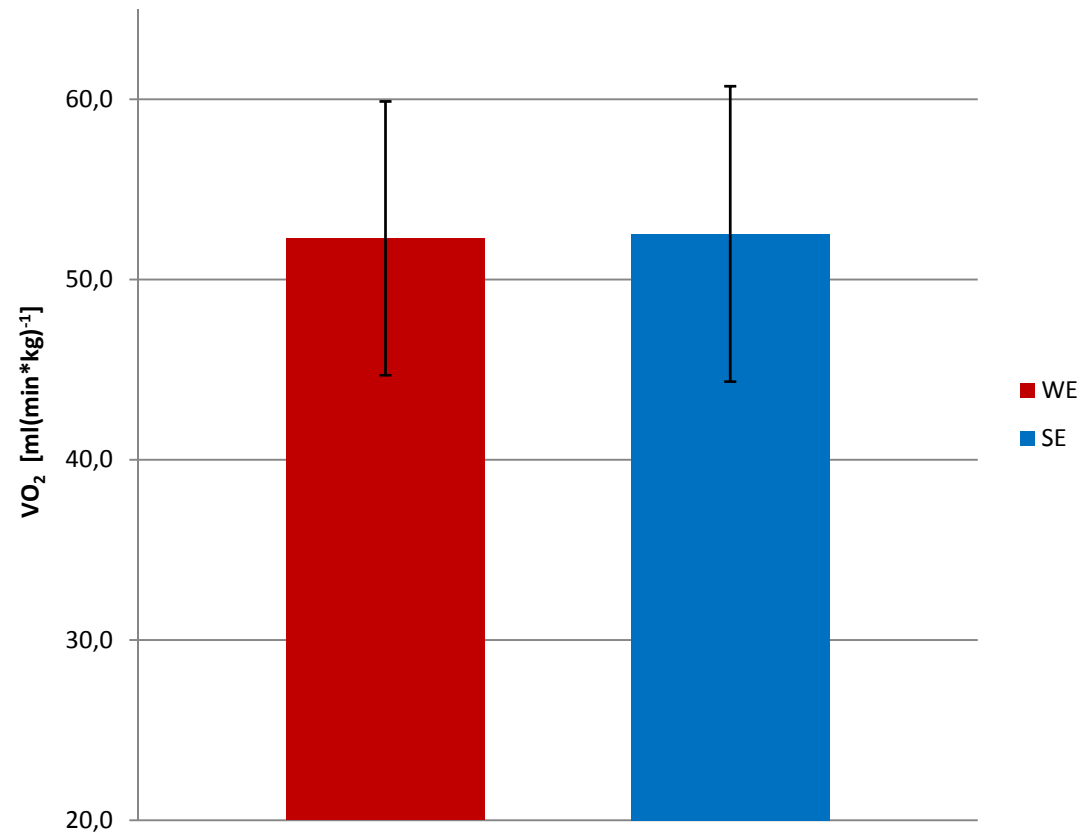
| | P max [Watt] | | rel. VO2 max [ml/kg/min] | | HF max [1/min] | | Laktat max [mmol/l] | |
|---------------------------------|----------------|----|--------------------------|-----|----------------|----|---------------------|-----|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 424 | 56 | 52,3 | 7,6 | 180 | 13 | 10,3 | 2,1 |
| SE | 438 | 55 | 52,5 | 8,2 | 183 | 11 | 10,8 | 2,8 |
| | t | df | t | df | t | df | t | df |
| | -3,115 | 15 | -0,371 | 15 | -2,296 | 15 | -0,630 | 15 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,007** | | 0,716 | | 0,036* | | 0,538 | |

Die Ausgangsleistung (Pmax im VO₂max-Test) ist hoch sig. höher und die max. HF ist sig. höher vor der Testung (Dauertest und Zeitfahren) mit „Selbstverpflegung“. Die max. Sauerstoffaufnahme und die erreichte max. Laktatkonzentration unterscheiden sich nicht.

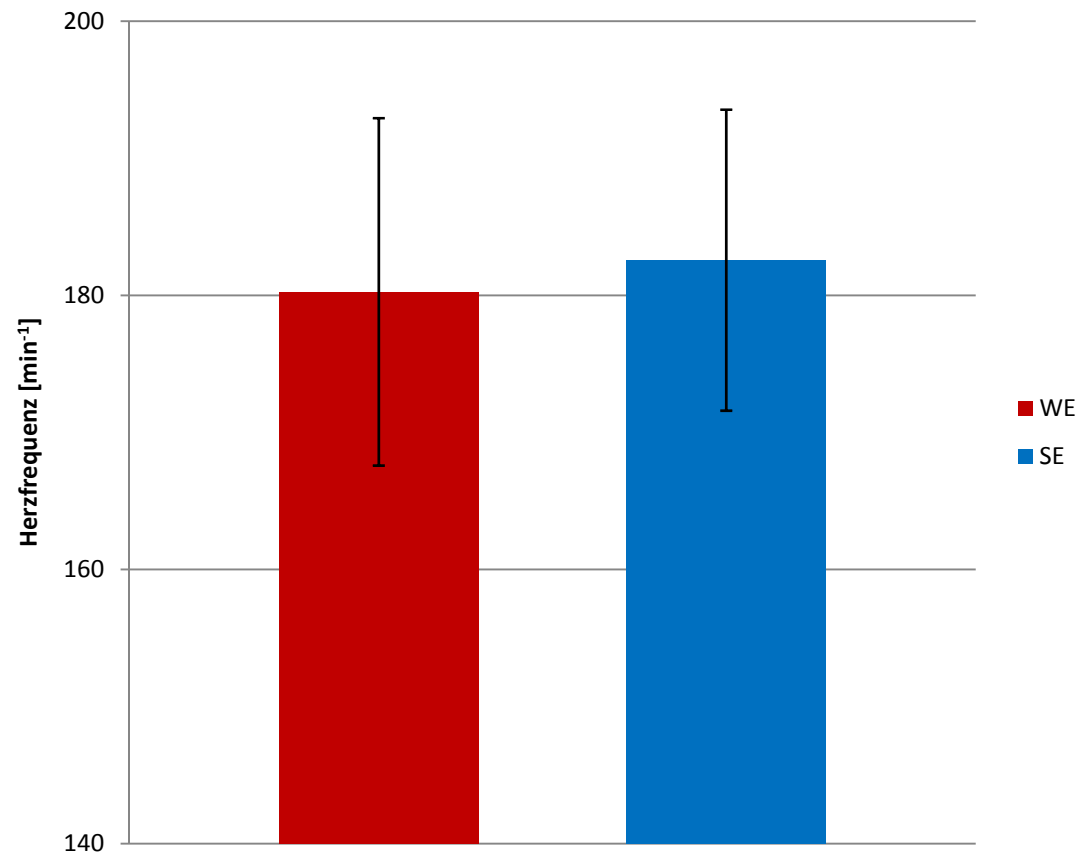
Maximale Tretleistung im VO₂max-Test



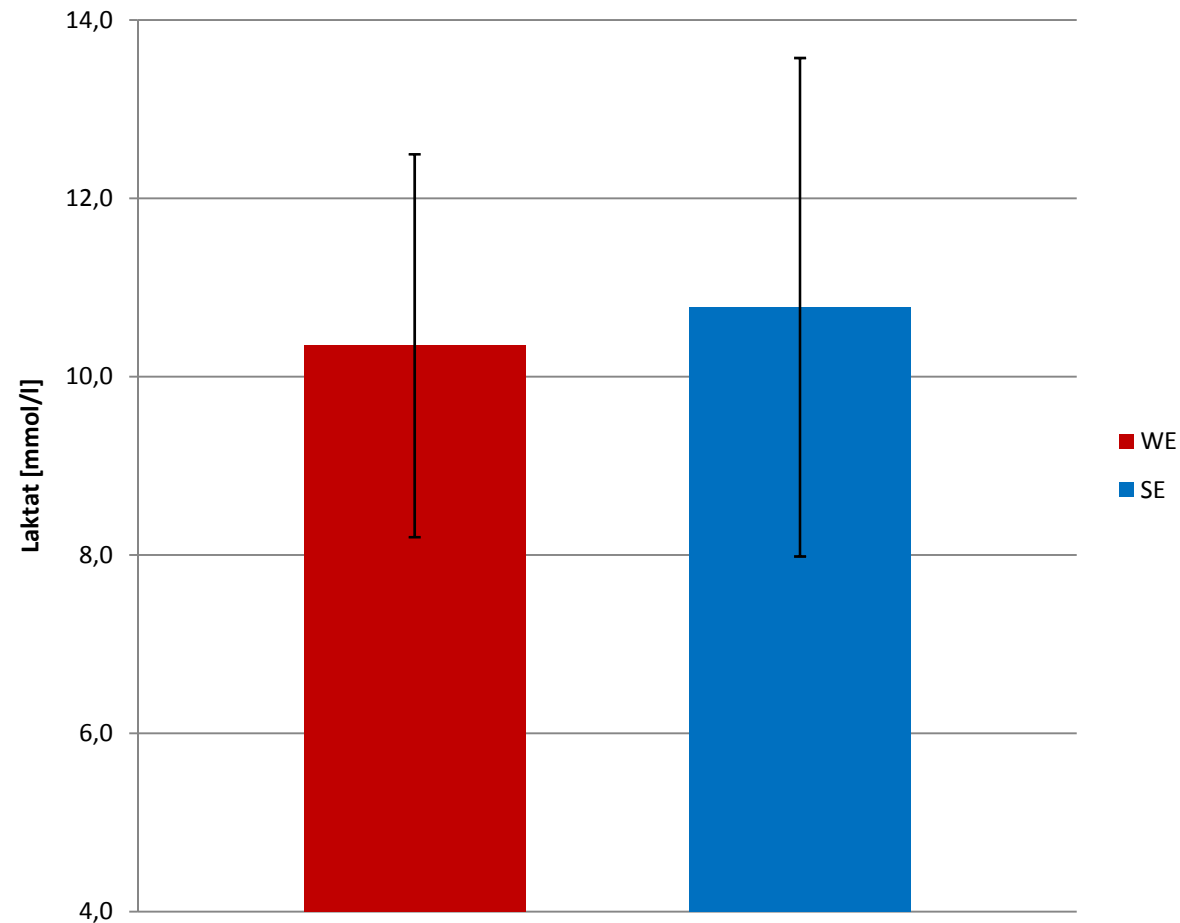
Sauerstoffaufnahme im VO₂max-Test



Maximale Herzfrequenz im VO₂max-Test



Max. Laktatkonzentration im VO₂max-Test

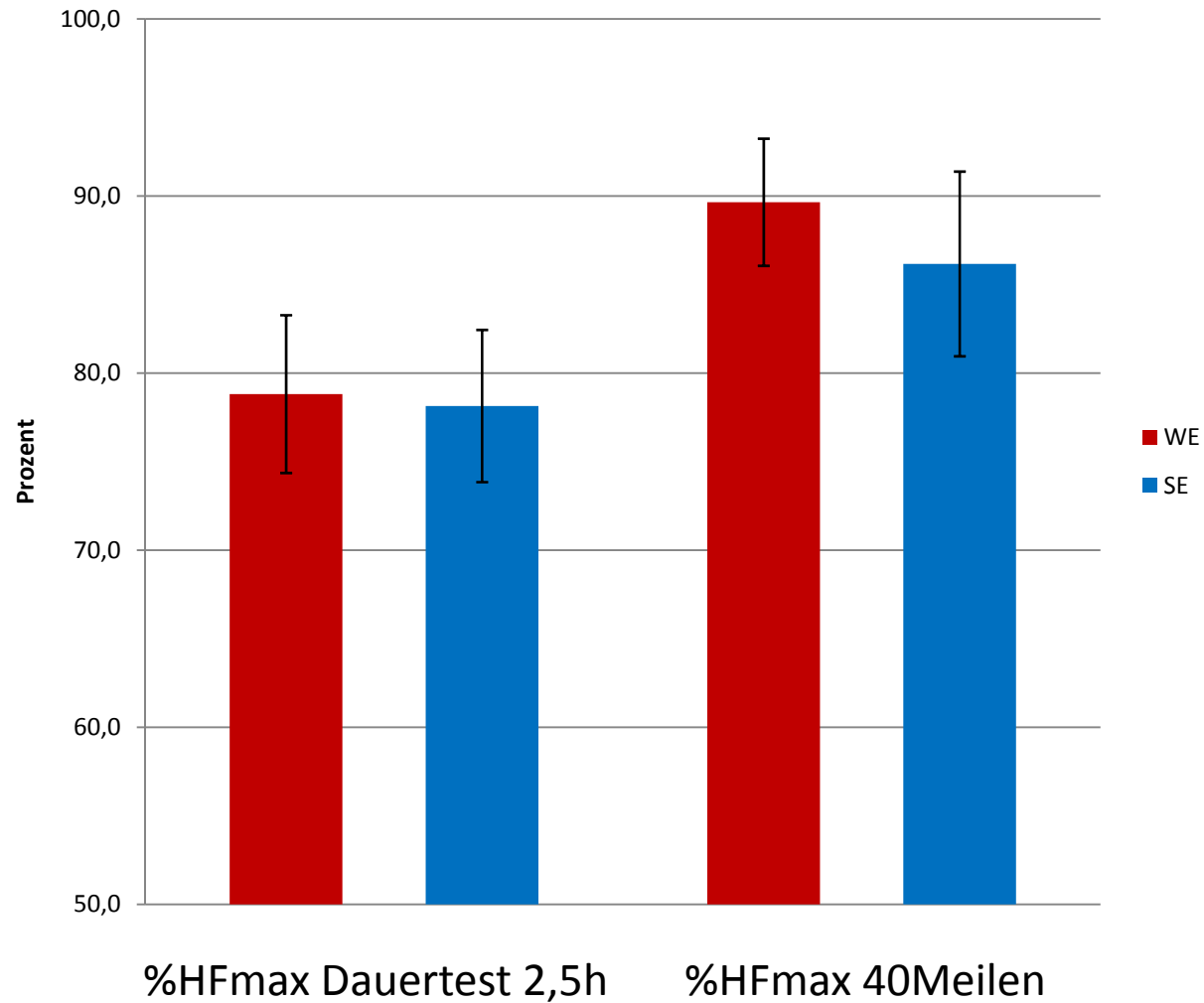


Statistik:

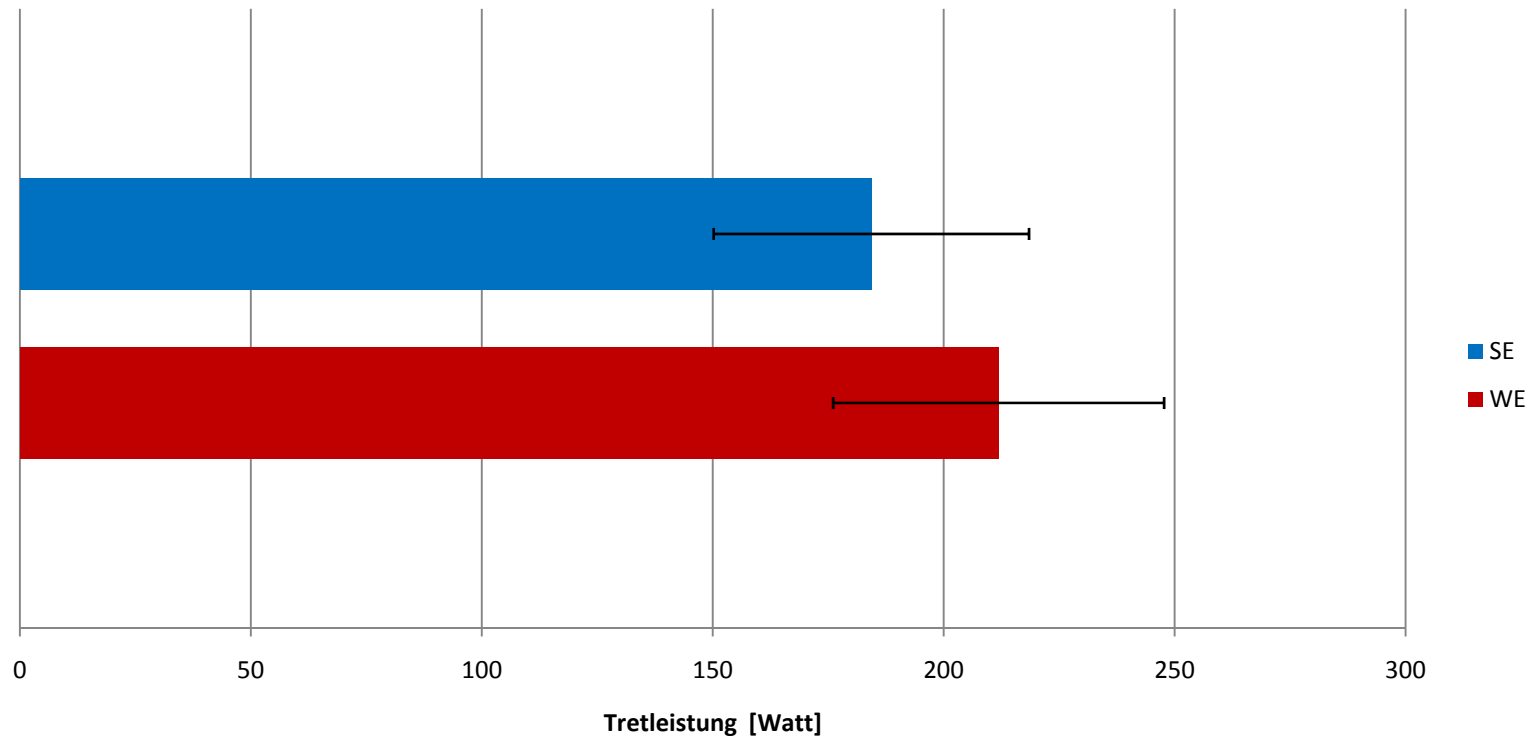
%HFmax im Dauertest und Zeitfahren
sowie Zeitdauer und Tretleistung im Zeitfahren über 40 Meilen.

| | %HFmax Dauertest 2,5h | | %HFmax 40 Meilen | | Zeitdauer 40 Meilen [hh:mm:ss] | | Tretleistung 40 Meilen [Watt] | |
|---------------------------------|-----------------------|-----|------------------|-----|-----------------------------------|----------|----------------------------------|----|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SW | MW | SW |
| WES | 78,8 | 4,5 | 89,6 | 3,6 | 02:07:33 | 00:10:41 | 212 | 36 |
| SES | 78,1 | 4,3 | 86,2 | 5,2 | 02:15:45 | 00:13:18 | 184 | 34 |
| | t | df | t | df | t | df | t | df |
| | 1,061 | 15 | 2,356 | 13 | -3,920 | 13 | 5,416 | 13 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,305 | | 0,035* | | 0,002** | | 0,000*** | |

%HFmax beim Dauertest 2,5h und Zeitfahren



Mittlere Tretleistung 40 Meilen



Mit „High5“ fahren die Sportler das Zeitfahren mit durchschnittlich 212 Watt und mit „Selbstverpflegung“ mit durchschnittlich 184 Watt. Der Unterschied ist hoch signifikant.

Auswertung von HF, Glukose, Laktat, Rundenzeiten, Körpergewicht und 2-Punkt Bioimpedanz

T-Test für gepaarte Stichproben

Dauertest und Zeitfahren

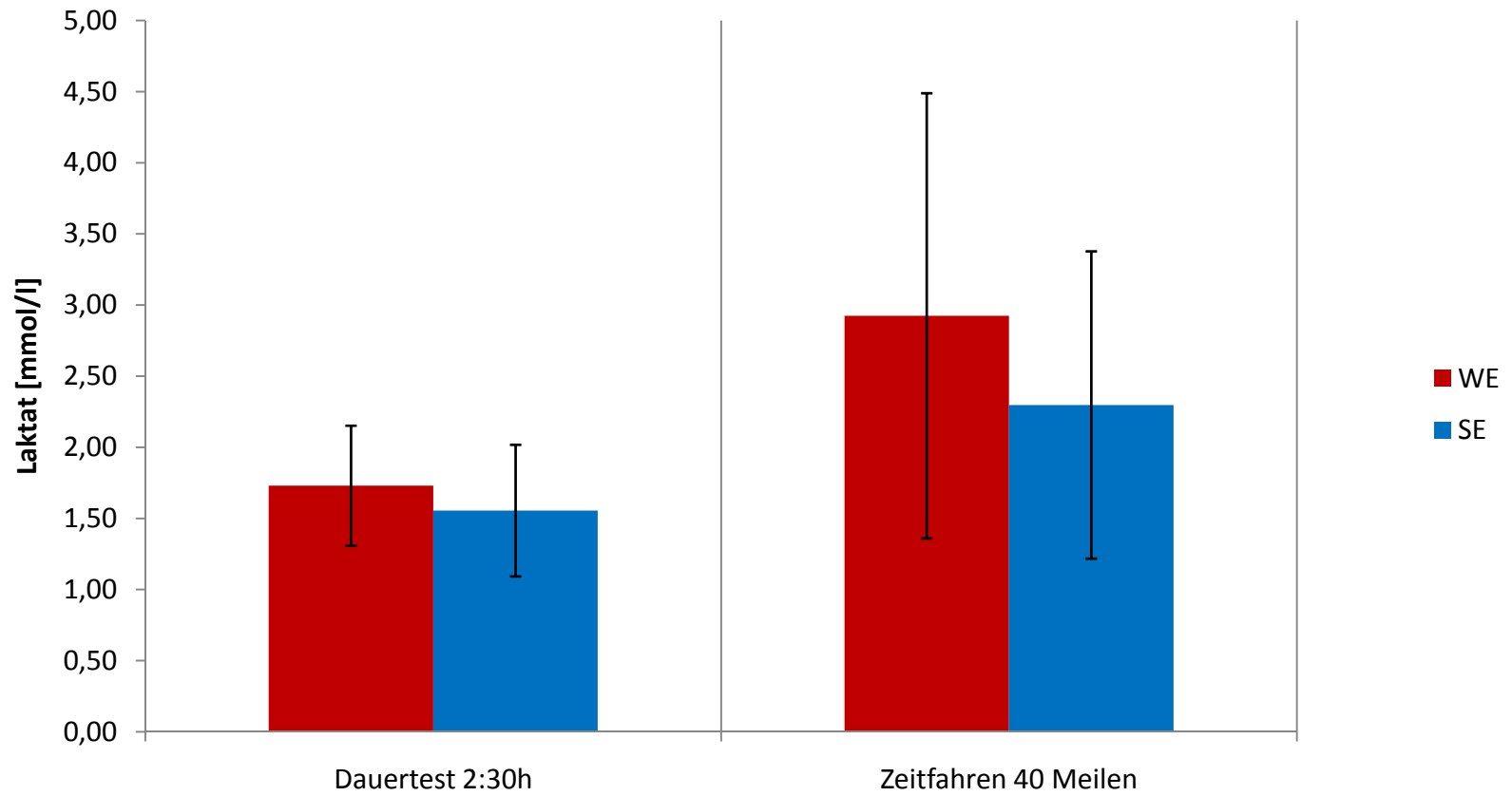
AUSWERTUNG ÜBER DIE JEWeilIGE GESAMTDAUER

Mittleres Laktat/Glukose im Dauertest und Messwert am Ende des Zeitfahrens

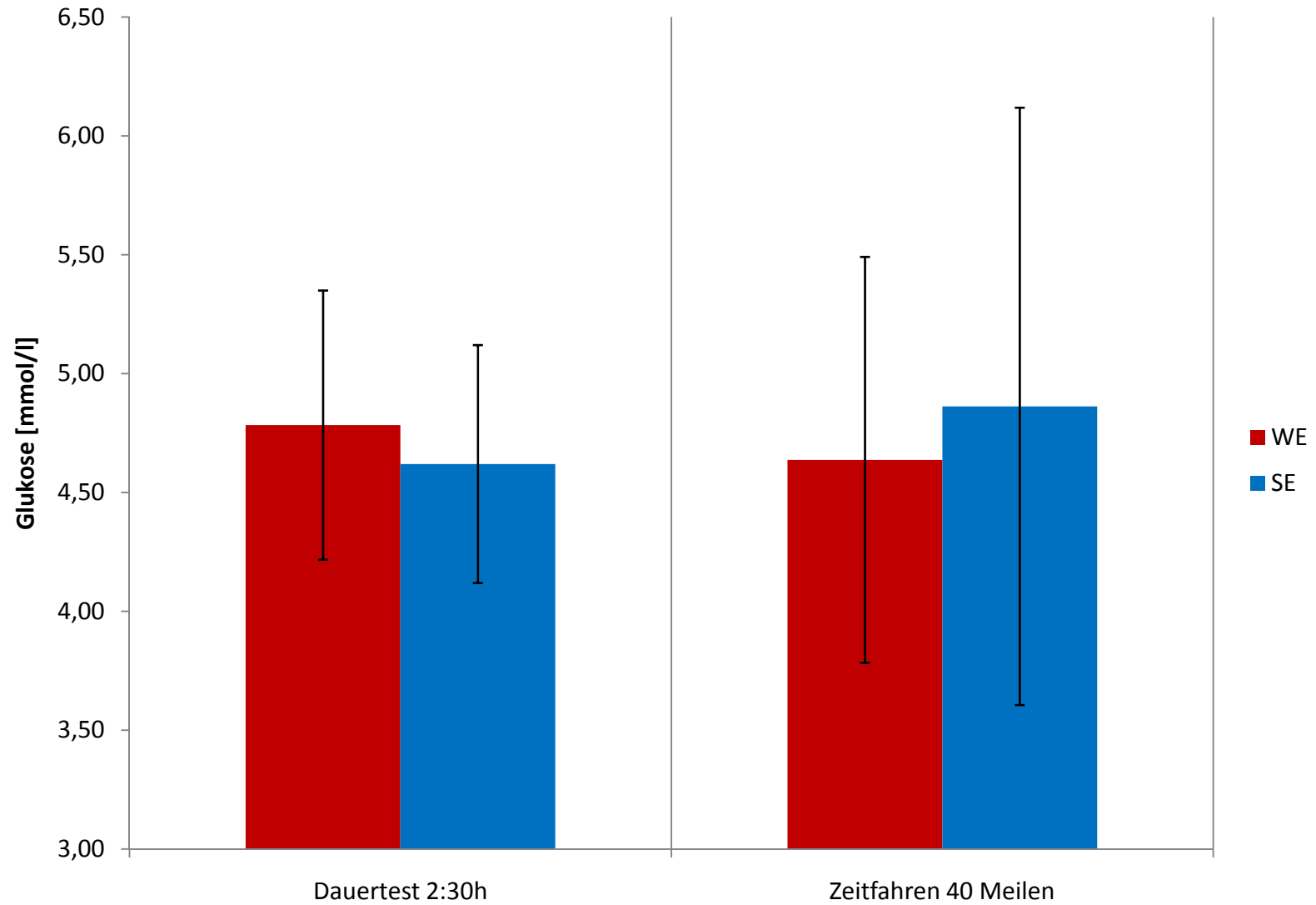
| | Avg. LA 2:30h [mmol/l] | | End-LA Zeitf [mmol/l] | | Avg. Glu 2:30h [mmol/l] | | End-Glu Zeitf [mmol/l] | |
|---------------------------------|------------------------|------|-----------------------|------|-------------------------|------|------------------------|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 1,63 | 0,34 | 2,92 | 1,56 | 4,69 | 0,46 | 4,64 | 0,85 |
| SE | 1,56 | 0,46 | 2,30 | 1,08 | 4,76 | 0,58 | 4,86 | 1,26 |
| | t | df | t | df | t | df | t | df |
| | 0,821 | 15 | 1,234 | 13 | -0,885 | 15 | -0,513 | 13 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,424 | | 0,239 | | 0,390 | | 0,617 | |

Keine signifikanten Unterschiede der Gruppen bei der Laktat- und Glukosekonzentration im gemittelten Dauertest und am Ende des Zeitfahrens.

Mittlerer Laktatwert



Mittlerer Glukosewert

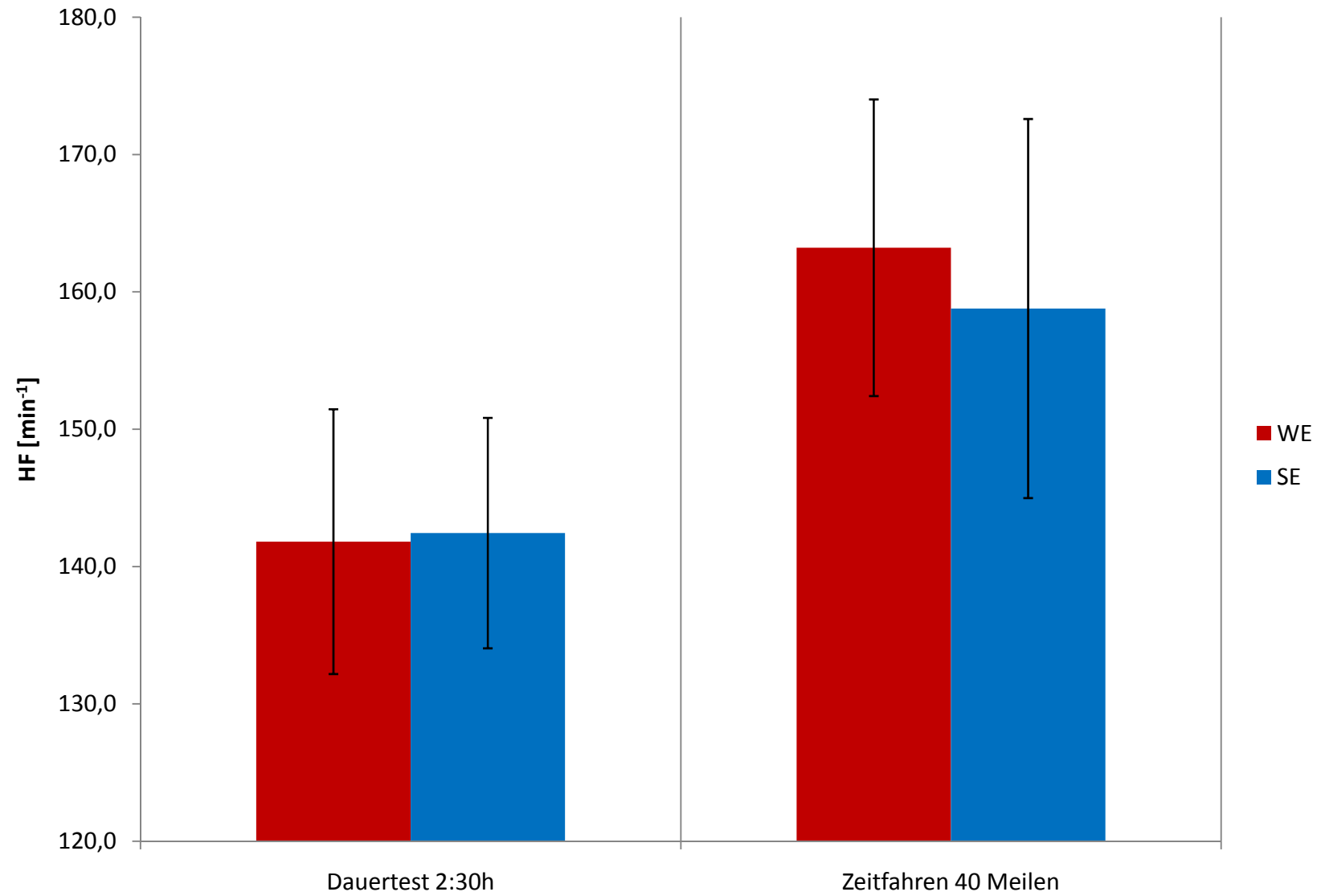


Mittlere HF im Dauertest und Zeitfahren

| | Avg. HF 2:30h [min-1] | | Avg. HF Zeitf [min-1] | |
|-----------------------------|-----------------------|-----|-----------------------|------|
| | MW | SD | MW | SD |
| WE | 141,8 | 9,6 | 163,2 | 10,8 |
| SE | 142,4 | 8,4 | 158,8 | 13,8 |
| | t | df | t | df |
| | -0,363 | 15 | 1,977 | 13 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,722 | | 0,070 | |

Keine signifikanten Unterschiede bei Auswertung der durchschnittlichen Herzfrequenz über den gesamten Dauertest und das gesamte Zeitfahren.

Mittlere Herzfrequenz



Dauertest und Zeitfahren

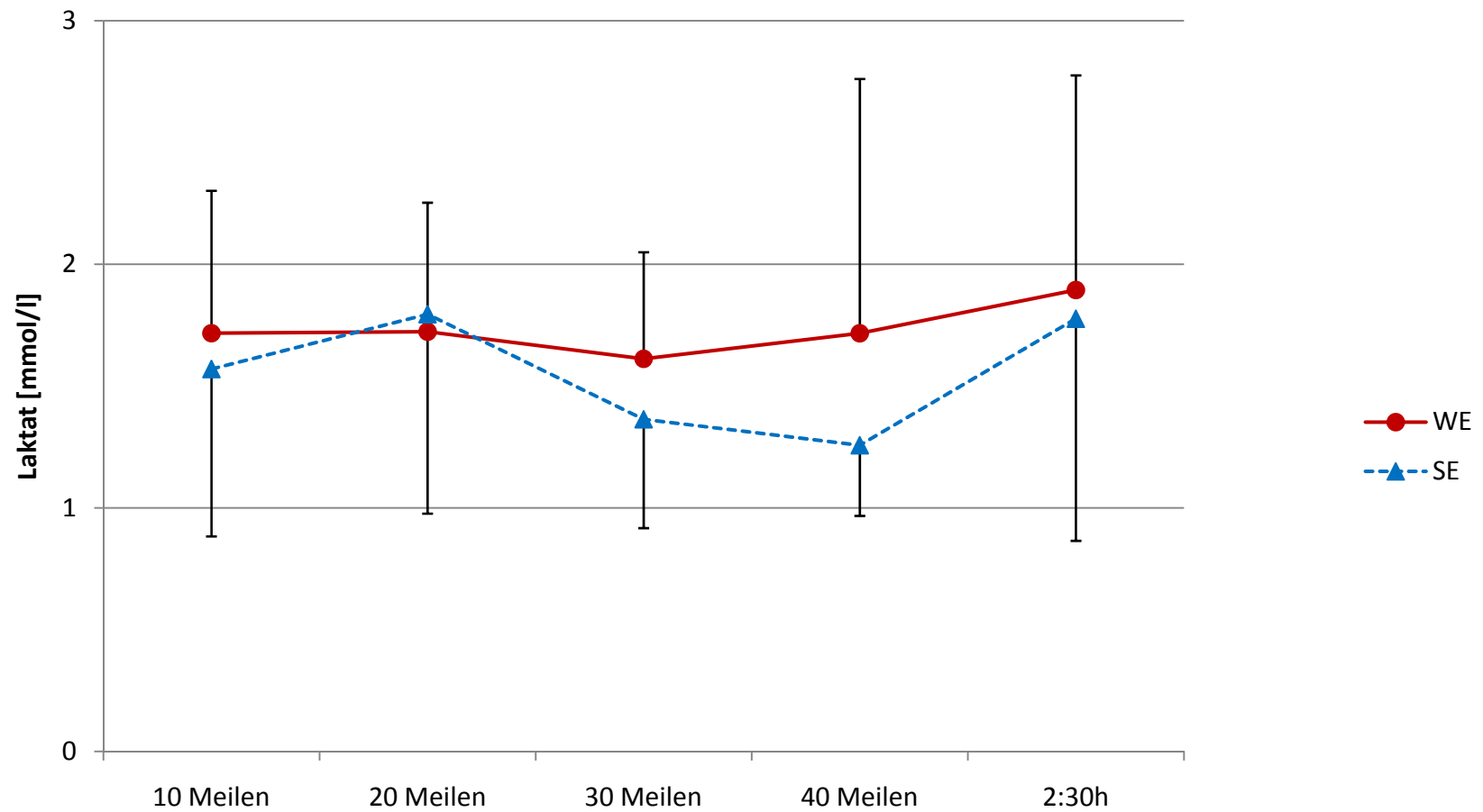
RUNDENBASIERTE AUSWERTUNG

Dauertest – Laktat und Glukose

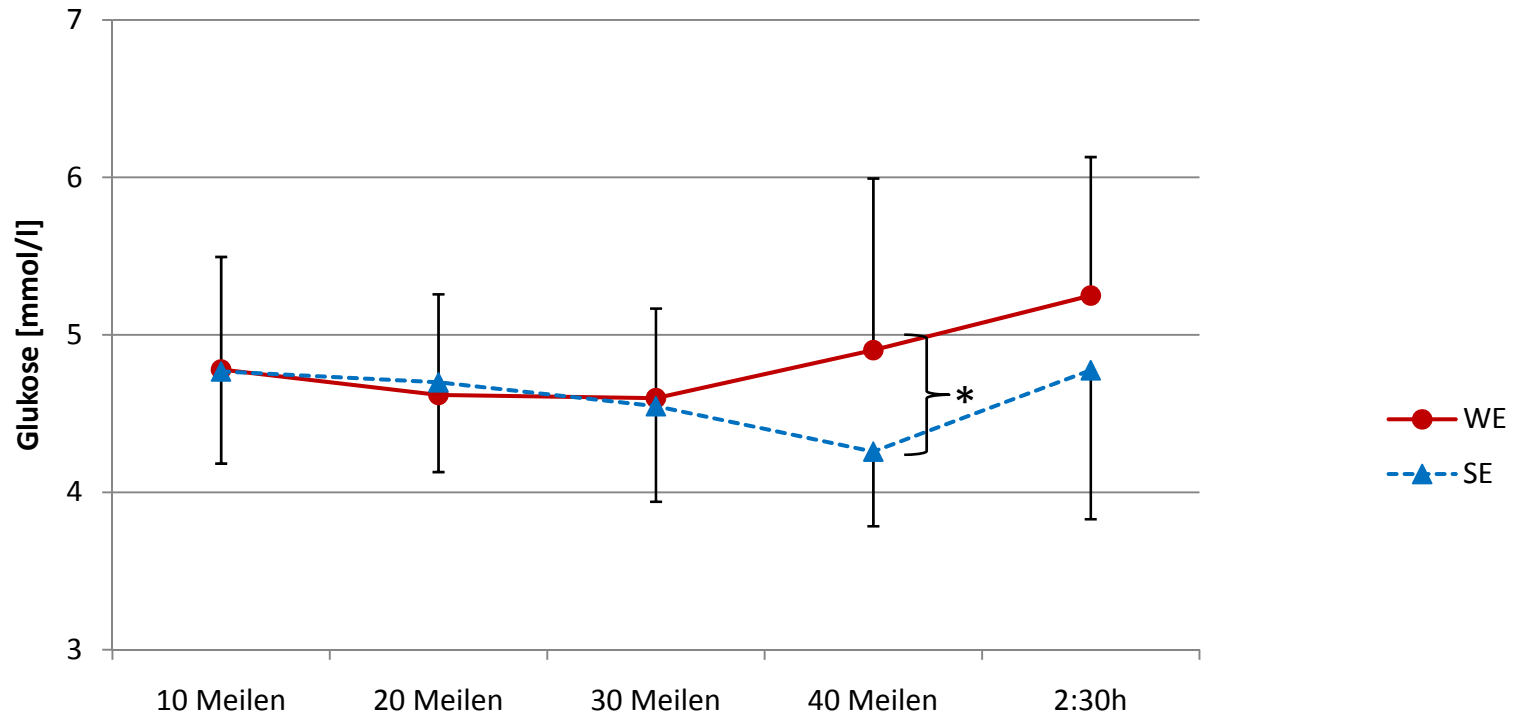
Rundenbasierte Auswertung des Laktat- und Glukosewertes beim Dauertest ergibt eine signifikant höhere Glukosekonzentration der WE-Gruppe am Ende der 4. Runde.

| | | Gepaarte Differenzen | | | |
|-----------|-----------------------------|--------------------------------------|-------|----|-----------------|
| | | 95% Konfidenzintervall der Differenz | | | |
| | | Obere | T | df | Sig. (2-seitig) |
| Paaren 1 | LA-10M_WE - LA-10M_SE | ,38793 | ,240 | 12 | ,815 |
| Paaren 2 | LA-20M_WE - LA-20M_SE | ,41787 | -,193 | 14 | ,850 |
| Paaren 3 | LA-30M_WE - LA-30M_SE | ,56952 | 1,906 | 14 | ,077 |
| Paaren 4 | LA-40M_WE - LA-40M_SE | 1,03097 | 1,785 | 13 | ,098 |
| Paaren 5 | La-2:30h_WE - LA-2:30h_SE | 1,53106 | 1,000 | 6 | ,356 |
| Paaren 6 | Glu-10M_WE - Glu_10M_SE | ,36609 | ,047 | 13 | ,963 |
| Paaren 7 | Glu-20M_WE - Glu-20M_SE | ,22255 | -,560 | 14 | ,584 |
| Paaren 8 | Glu-30M_WE - Glu-30M_SE | ,40112 | ,353 | 14 | ,729 |
| Paaren 9 | Glu-40M_WE - Glu-40M_SE | 1,26943 | 2,504 | 13 | ,026* |
| Paaren 10 | Glu-2:30h_WE - Glu-2:30h_SE | 1,38923 | 1,263 | 6 | ,254 |

Dauertest - Laktatkonzentration



Dauertest - Glukosekonzentration

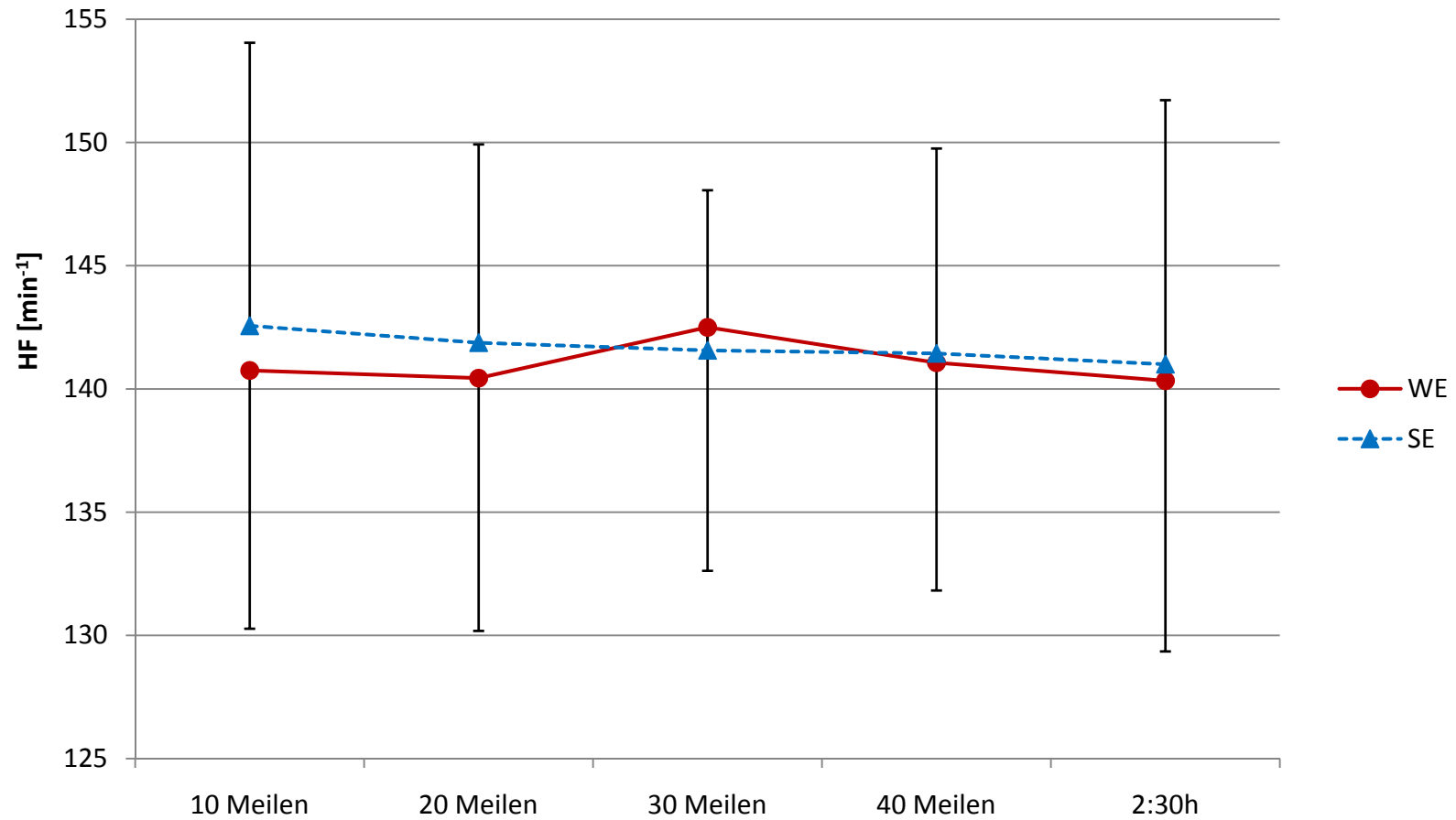


Dauertest - Herzfrequenz

Rundenbasierte
Auswertung der
Herzfrequenz beim
Dauertest ergibt keine
signifikanten
Unterschiede.

| | | Gepaarte Differenzen | T | df | Sig. (2-seitig) |
|----------|------------------------------|---|--------|----|-----------------|
| | | 95% Konfidenzinterv all der Differenz | | | |
| | | Obere | | | |
| Paaren 1 | HF10M230_WE - HF10M230_SE | 1,502 | -1,165 | 15 | ,262 |
| Paaren 2 | HF20M230_WE - HF20M230_SE | 3,621 | -,606 | 15 | ,554 |
| Paaren 3 | HF30M230_WE - HF30M230_SE | 5,167 | ,472 | 15 | ,643 |
| Paaren 4 | HF40M230_WE - HF40M230_SE | 3,028 | -,235 | 15 | ,817 |
| Paaren 5 | HF230_WE - HF230_SE | ,646 | -1,646 | 11 | ,128 |

Dauertest - Herzfrequenz

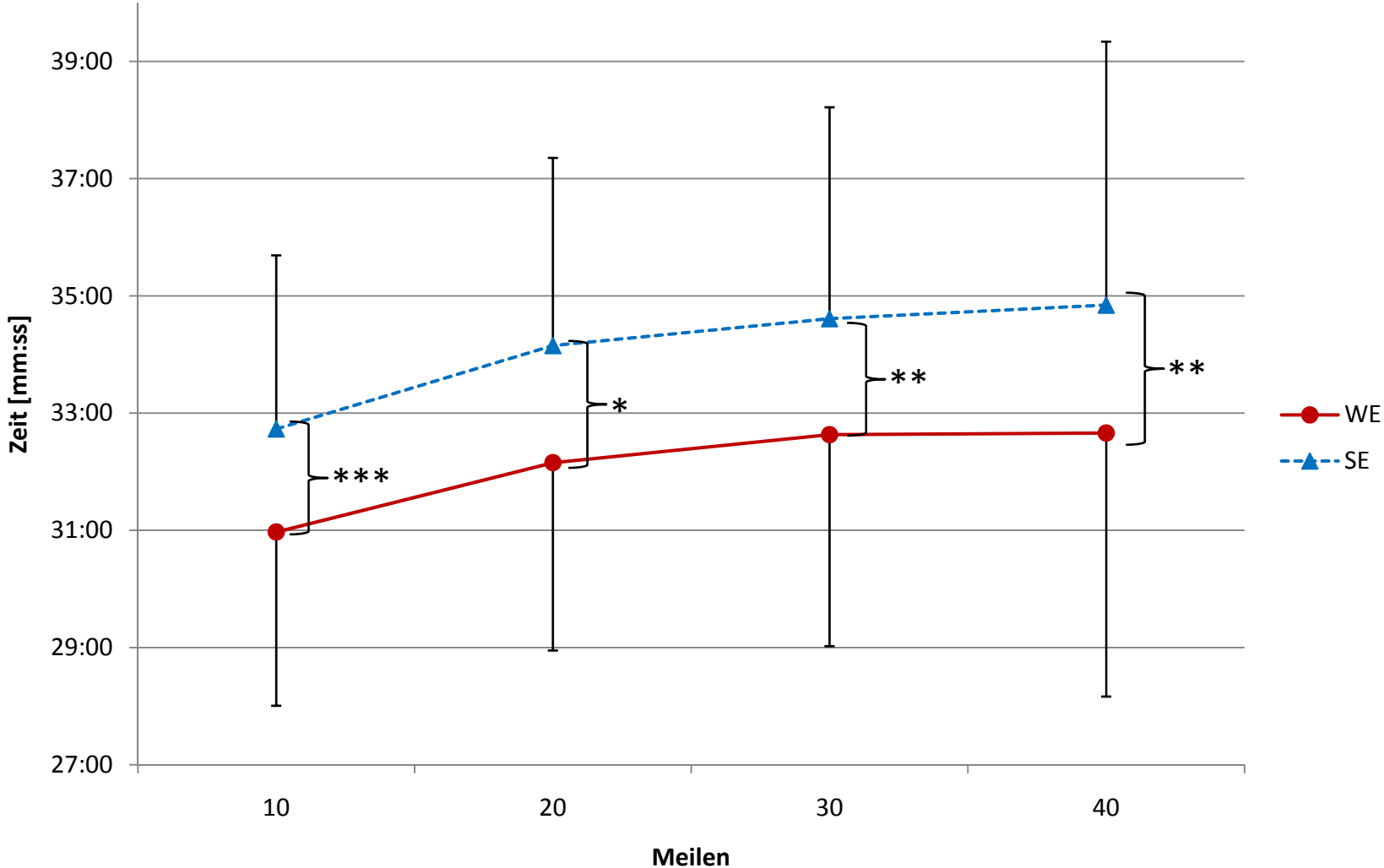


Rundenzeiten beim Zeitfahren

| | t-10Meilen Zeitf [sec] | | t-20Meilen Zeitf [sec] | | t-30Meilen Zeitf [sec] | | t-40Meilen Zeitf [sec] | |
|---------------------------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 1858,2 | 171,1 | 1929,2 | 192,5 | 1957,9 | 187,8 | 1959,6 | 184,5 |
| SE | 1963,7 | 177,8 | 2049,1 | 192,2 | 2076,6 | 216,5 | 2090,6 | 269,8 |
| | t | df | t | df | t | df | t | df |
| | -4,694 | 13 | -2,520 | 13 | -3,914 | 13 | -2,994 | 13 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,000*** | | 0,026* | | 0,002** | | 0,010** | |

Signifikant bis höchst signifikant niedrigere Rundenzeiten der WE-Gruppe über den gesamten Verlauf des Zeitfahrens.

Zeitfahren - Rundenzeiten

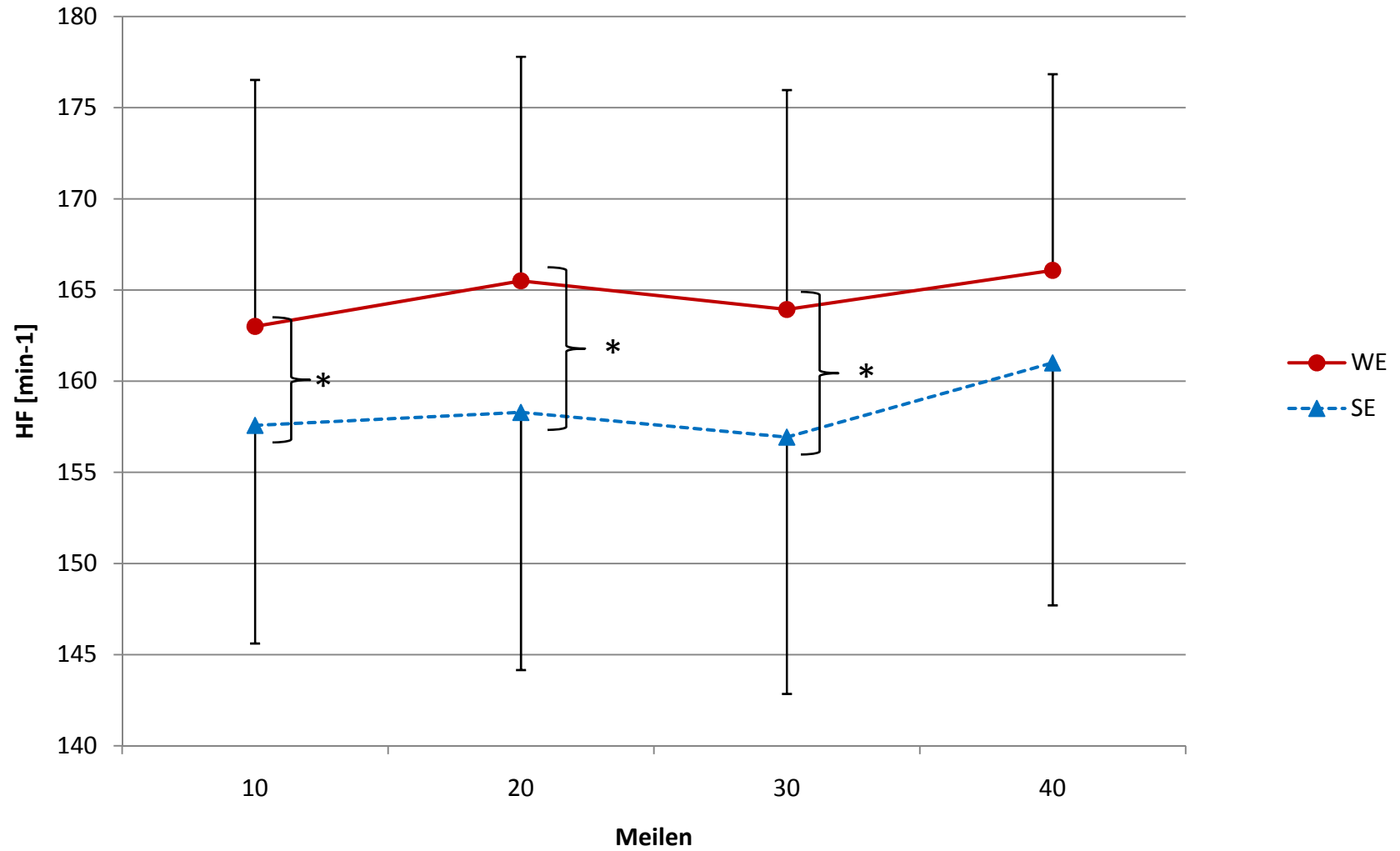


Herzfrequenz beim Zeitfahren

| | HF-10Meilen Zeitf [min ⁻¹] | | HF-20Meilen Zeitf [min ⁻¹] | | HF-30Meilen Zeitf [min ⁻¹] | | HF-40Meilen Zeitf [min ⁻¹] | |
|-------------------------|--|------|--|------|--|------|--|------|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 163,0 | 13,5 | 165,5 | 12,3 | 163,9 | 12,0 | 166,1 | 10,8 |
| SE | 157,6 | 12,0 | 158,3 | 14,1 | 156,9 | 14,1 | 162,1 | 13,2 |
| | t | df | t | df | t | df | t | df |
| | 2,933 | 13 | 2,167 | 13 | 2,211 | 13 | 1,347 | 12 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,012* | | 0,049* | | 0,046* | | 0,203 | |

Signifikant höhere Herzfrequenzen der WE-Gruppe während der ersten drei Runden.

Zeitfahren - Herzfrequenz



Vor Testbeginn, nach Dauertest und nach Zeitfahren

URINAUSWERTUNG

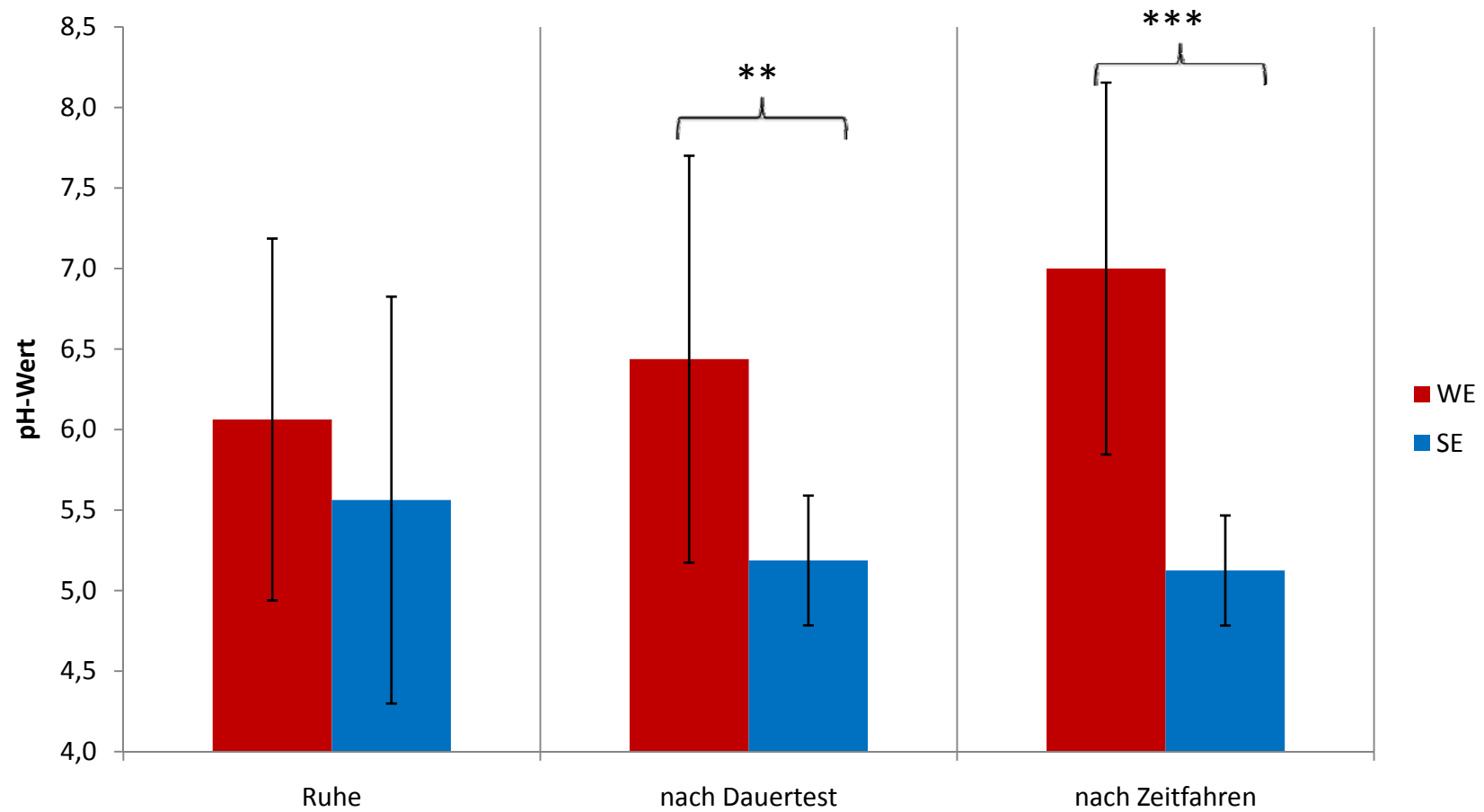
pH-Wert zu Beginn, nach dem Dauertest und nach dem Zeitfahren

| | pH-Ruhe | | pH-2:30h | | pH-Zeitf | |
|----------------------|---------|-----|----------------|-----|-----------------|-----|
| | MW | SD | MW | SD | MW | SD |
| WE | 6,1 | 1,1 | 6,4 | 1,3 | 7,0 | 1,2 |
| SE | 5,6 | 1,3 | 5,2 | 0,4 | 5,1 | 0,3 |
| | t | df | t | df | t | df |
| | 1,732 | 15 | 4,226 | 15 | 6,895 | 15 |
| Signifikanz 2-seitig | 0,104 | | 0,001** | | 0,000*** | |

Hochsignifikant höherer pH-Wert nach dem Dauertest und höchst signifikant höherer pH-Wert nach dem Zeitfahren bei der WE-Gruppe. Am Ende des gesamten Testverlaufs ist der pH-Wert der WE-Gruppe neutral.

pH-Wert

Urinauswertung



Vor Testbeginn, nach Dauertest, nach Zeitfahren und nach 30 min
Erholung

KÖRPERGEWICHT UND 2-PUNKT BIOIMPEDANZ (KÖRPERFETT)

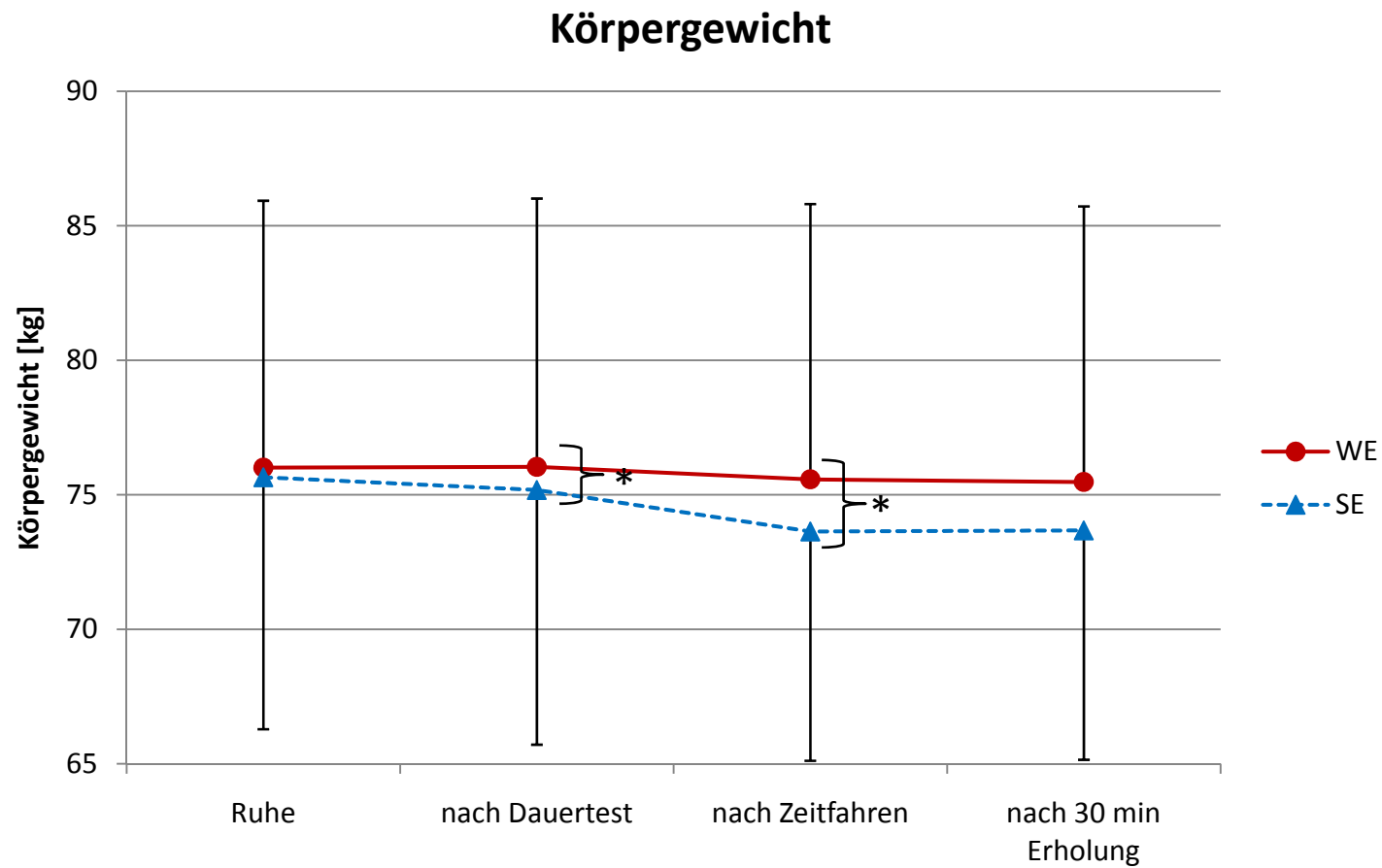
Körpergewicht und 2-Punkt Bioimpedanz (Körperfett)

- Signifikant höheres Körpergewicht der WE-Gruppe nach dem Dauertest und nach dem Zeitfahren.
- Signifikant niedrigere Bioimpedanz der WE-Gruppe nach dem Zeitfahren -> vermutlich besserer Wasserhaushalt

Test bei gepaarten Stichproben

| | | Gepaarte Differenzen | | | |
|----------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|----|-----------------|
| | | 95% Konfidenzintervall der Differenz | | | |
| | | Obere | T | df | Sig. (2-seitig) |
| Paaren 1 | KG-Ruhe_WE - KG-Ruhe_SE | ,9470528 | 1,285 | 15 | ,218 |
| Paaren 2 | KG-50Miles_WE - KG-50Miles_SE | 1,6117672 | 2,454 | 15 | ,027* |
| Paaren 3 | KG-Zeitf_WE - KG-Zeitf_SE | 1,2263882 | 2,146 | 14 | ,050* |
| Paaren 4 | KG-Ende_WE - KG-Ende_SE | 1,0796117 | 1,475 | 14 | ,162 |
| Paaren 5 | Fett-2P-Ruhe_WE - Fett-2P-Ruhe_SE | ,5964 | -,202 | 15 | ,843 |
| Paaren 6 | Fett-2P-230_WE - Fett-2P-230_SE | ,6628 | ,351 | 15 | ,730 |
| Paaren 7 | Fett-2P-Zeitf_WE - Fett-2P-Zeitf_SE | -,0390 | -2,308 | 13 | ,038* |
| Paaren 8 | Fett-2P-Ende_WE - Fett-2P-Ende_SE | ,0537 | -1,948 | 14 | ,072 |

Verlauf des Körpergewichts



2-Punkt Bioimpedanz

