Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Sport BASPO**

SWISS CYCLING

**EHSM**
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

# «Engine Check»

## Ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit Swiss Cycling

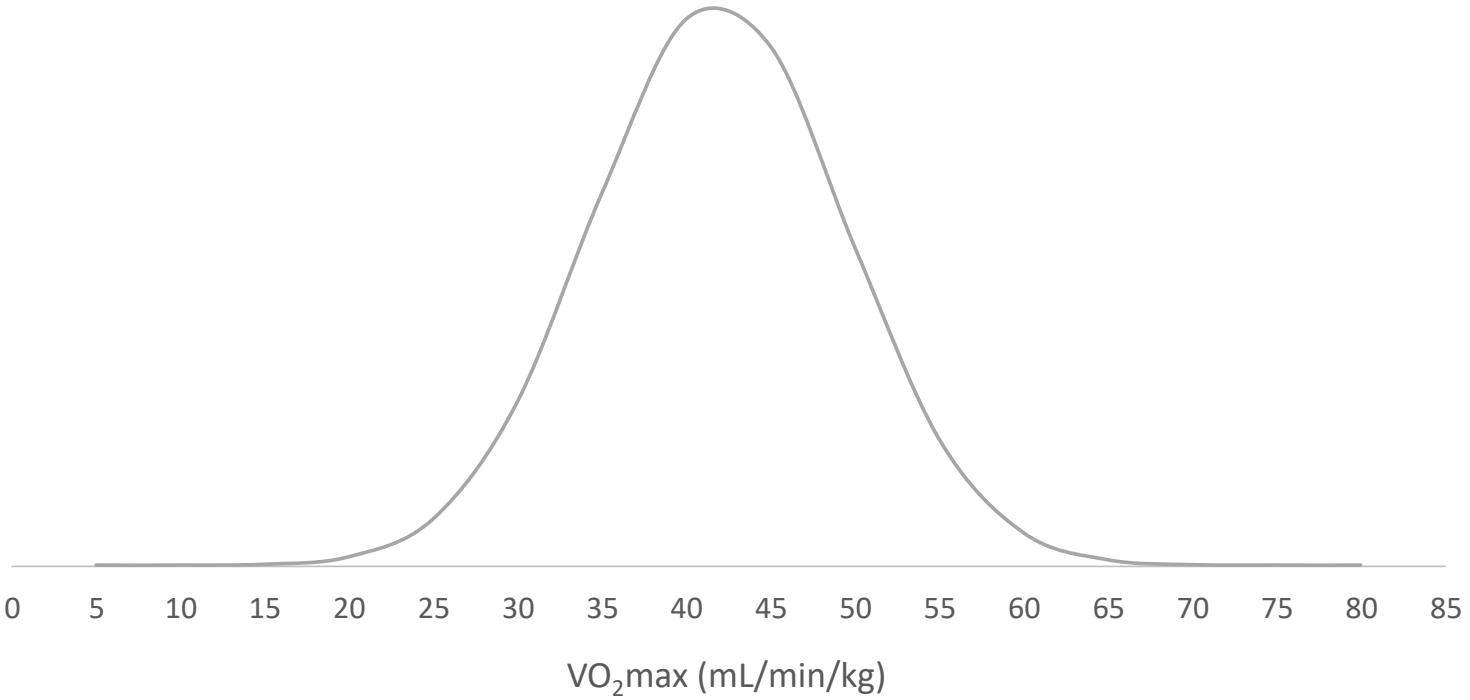
**Forum Nachwuchs & Ausbildung Swiss Olympic**

Nina Zenger

Dezember 2020

# Die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit ($VO_2max$)

EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen




Häufigkeitsverteilung der relativen $VO_2max$ bei Männern gemessen auf dem Fahrrad.
(ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 7th ED. 2006)

# $VO_2$max
# Limitierende Faktoren



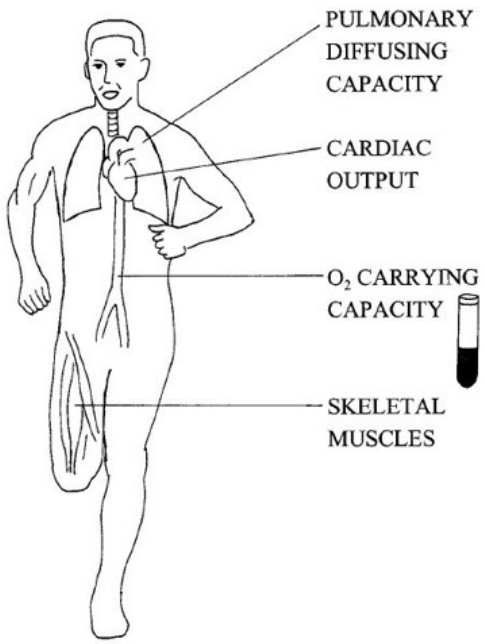
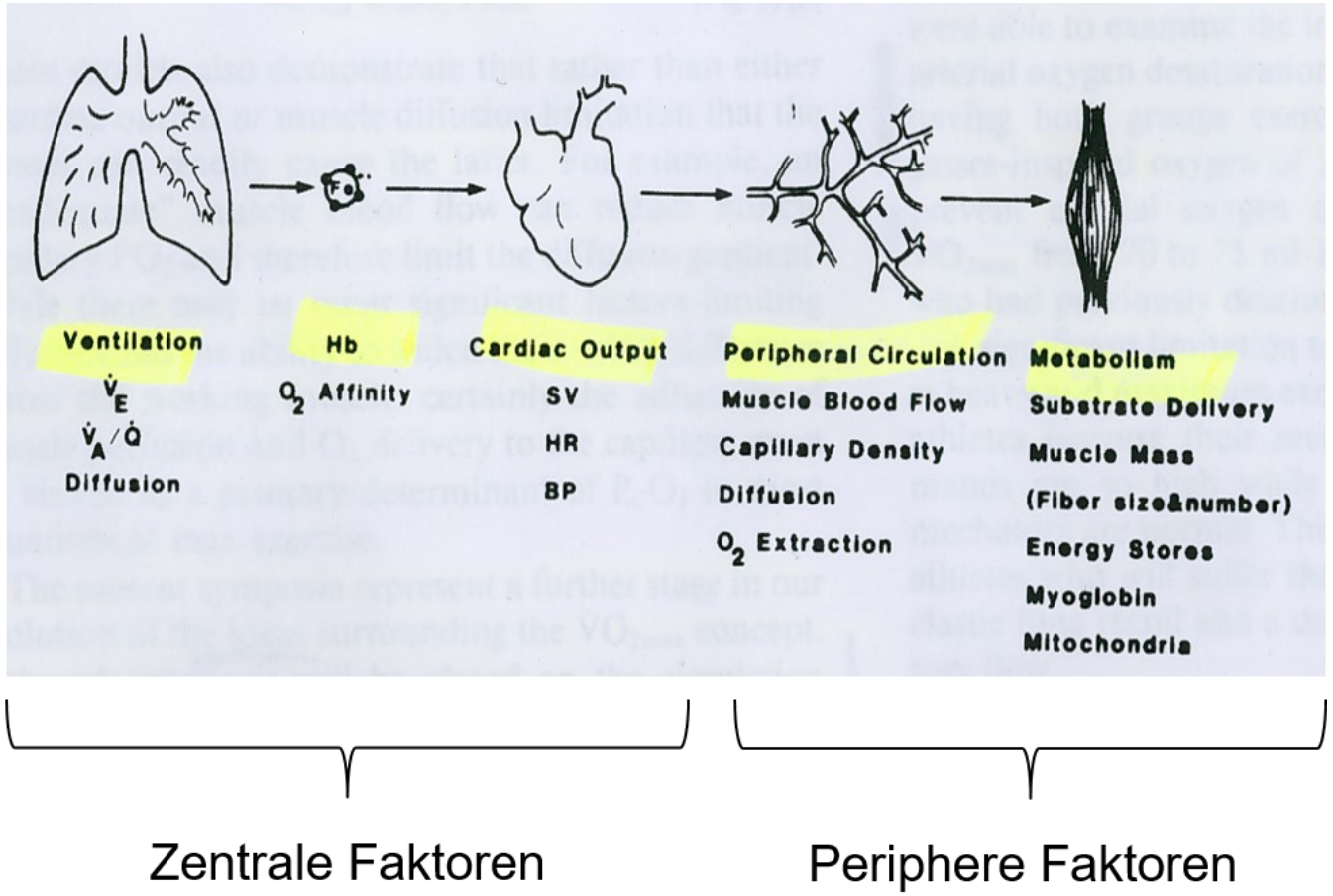



Figure 4—Physiological factors that potentially limit maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) in the exercising human.




Sutton, 1992. $VO_2$max - new concepts on an old theme. Medicine and Science in Sports and Exercise.

# $VO_2$max – Das Bruttokriterium für die aerobe Leistungsfähigkeit



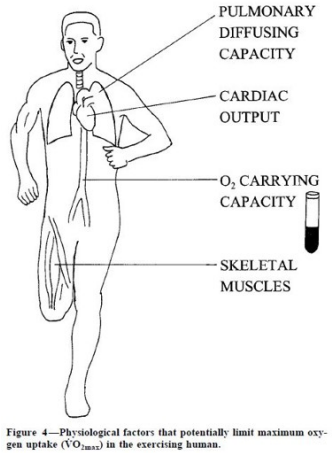
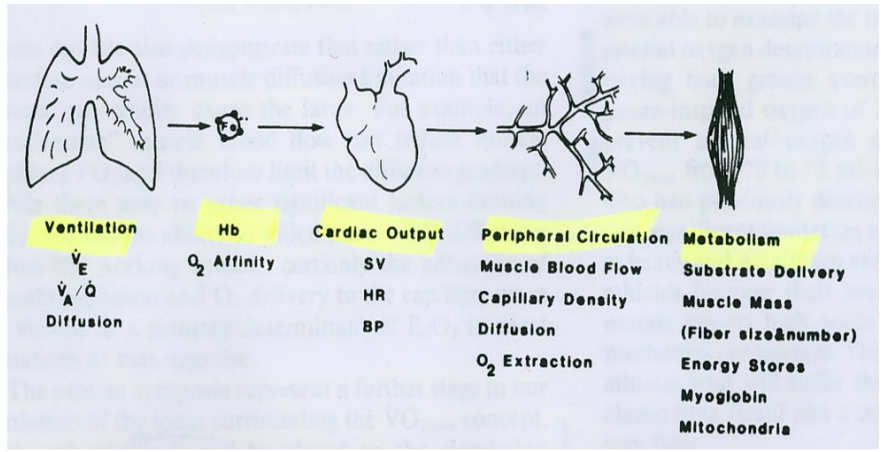



Figure 4—Physiological factors that potentially limit maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) in the exercising human.




Zentrale Faktoren

Periphere Faktoren

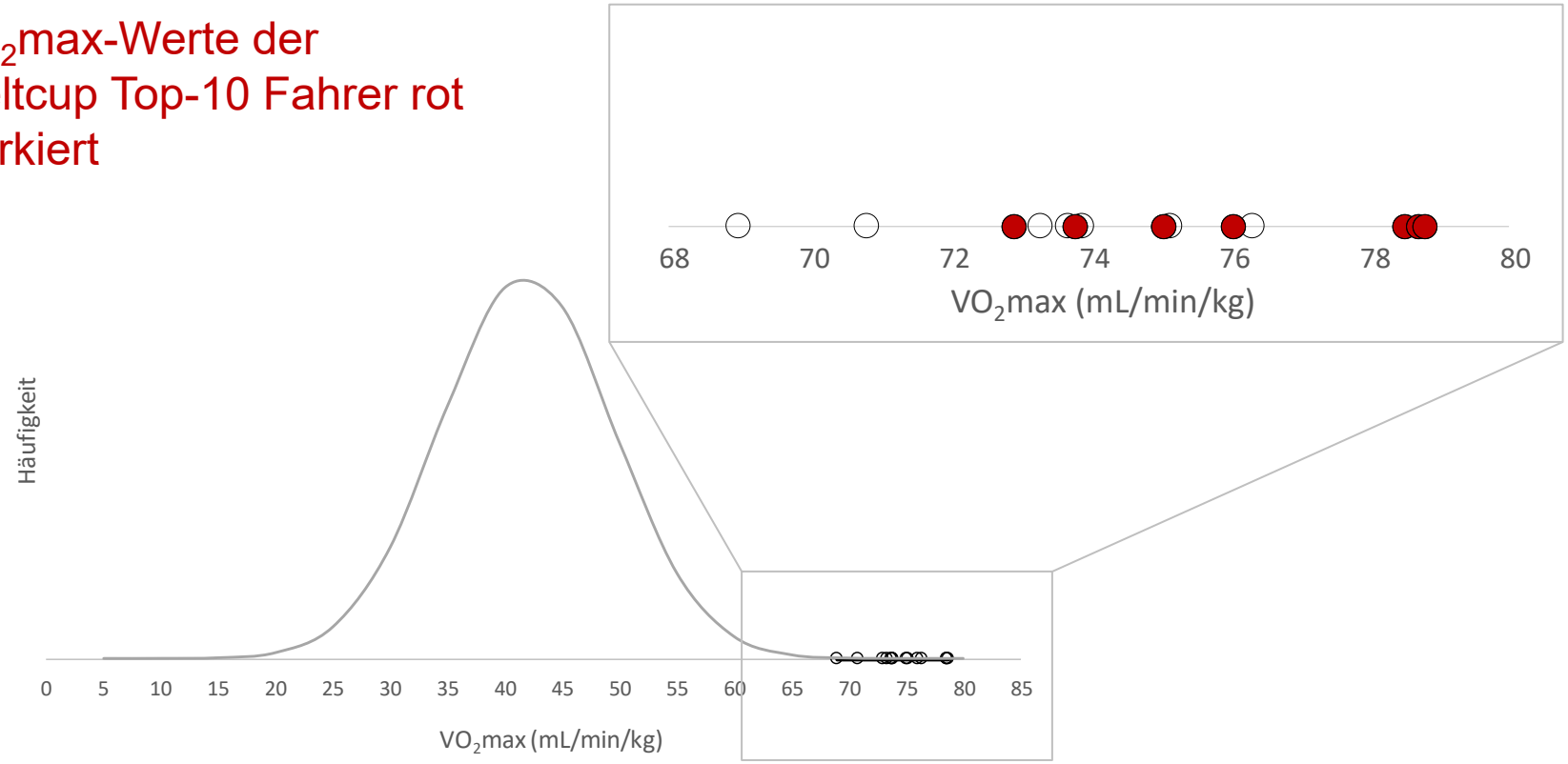
$VO_2$max

Sutton, 1992. $VO_2$max - new concepts on an old theme. Medicine and Science in Sports and Exercise.

# $VO_2$max von Schweizer Spitzenmountainbikern

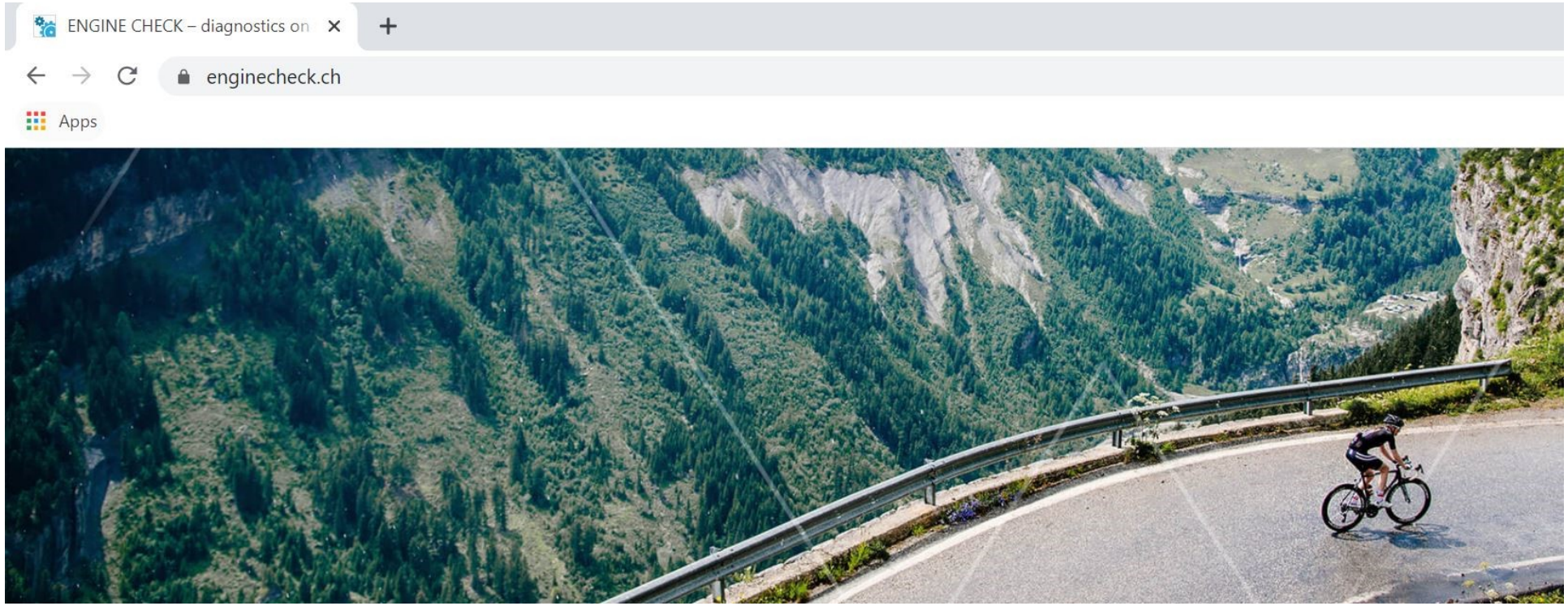
EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen

$VO_2$max-Werte der Weltcup Top-10 Fahrer rot markiert




Die relative $VO_2$max von Schweizer Spitzenmountainbikern auf dem Fahrrad gemessen.
(Interne Daten BASPO, 2020)

# Wie hoch ist deine $VO_2max$?

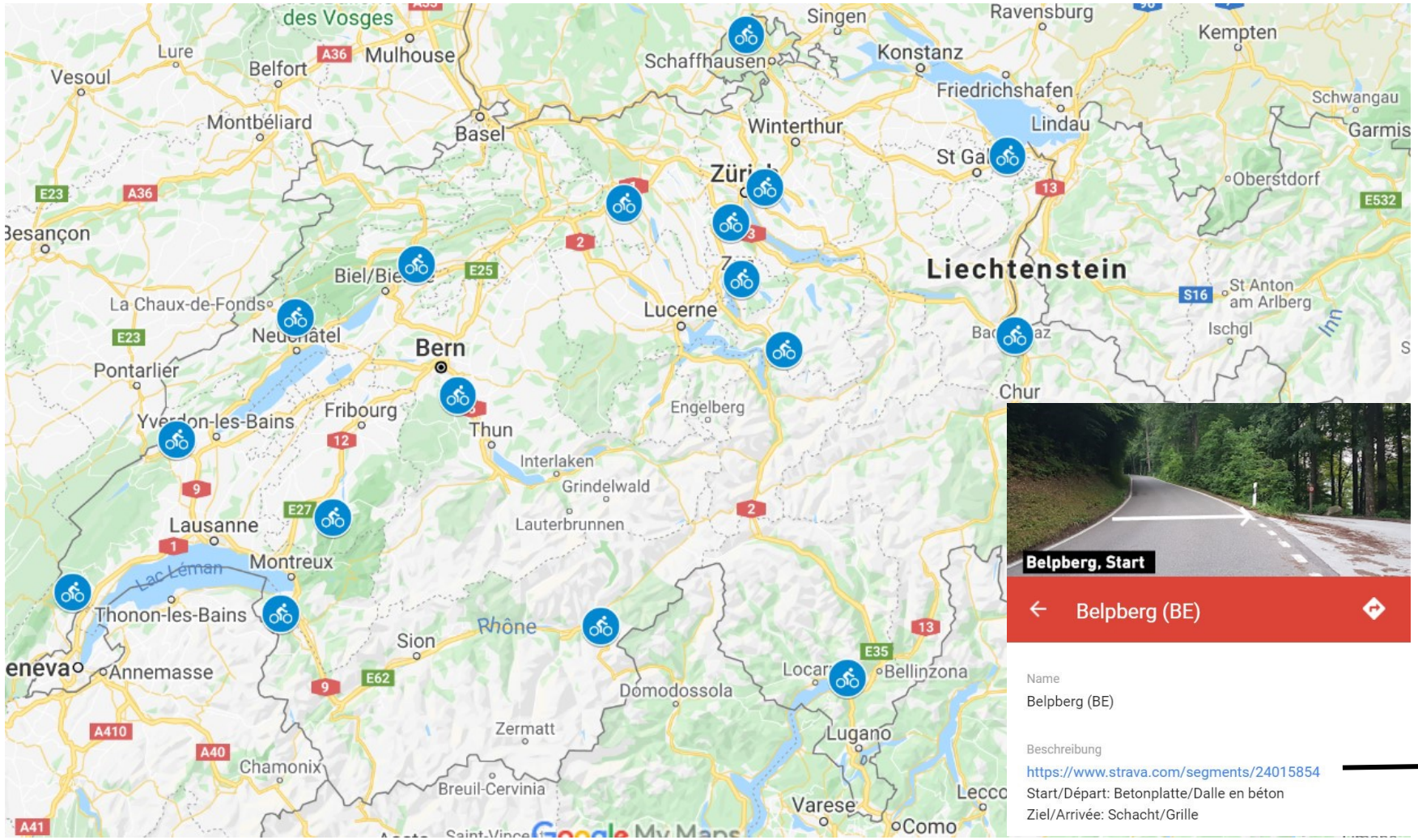



WIE GROSS IST DEIN MOTOR?

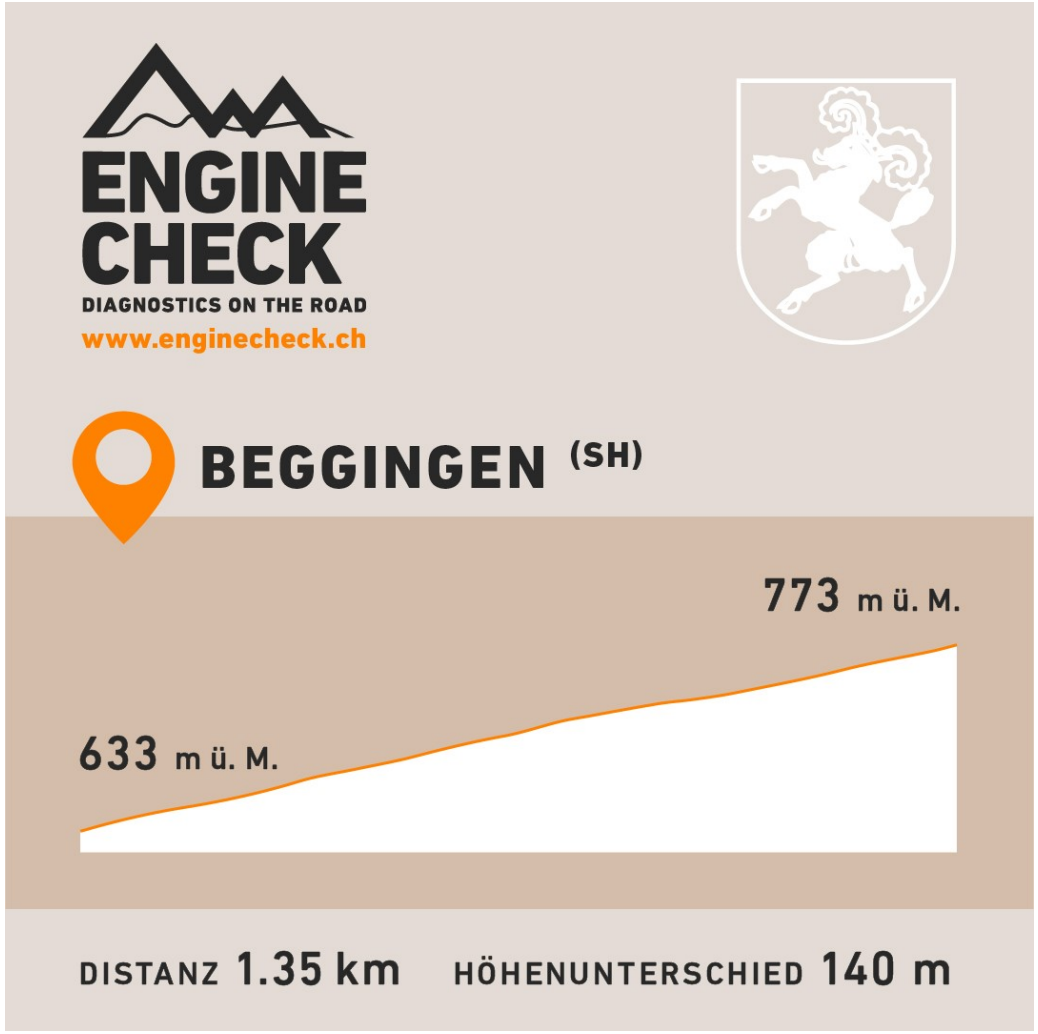
**Tritt mit ENGINE CHECK in die Pedale, dann findest du es heraus!**

ENGINE CHECK eröffnet dir die Gelegenheit, dein Leistungsvermögen im Selbstverfahren zu ermitteln – jederzeit, in jedem Landesteil, ohne Kostenfolge.

# Wo finde ich eine Teststrecke?



# Teststrecke

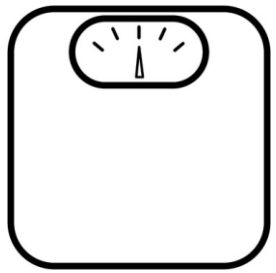



EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

# Testablauf

Zeitmessung

+



Systemgewicht

ENGINE CHECK
DIAGNOSTICS ON THE ROAD

Analyse-App öffnen

$VO_2max$

EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen

# Model Leistungsberechnung (1)
# Fahrwiderstände

$$F = C_r\, m\, g + s\, m\, g + \underbrace{\cancel{m\, a}}_{\text{Trägheitswiderstand}} + 0.5\, C_d A\, \rho\, v^2$$

$$F = \underbrace{C_r\, m\, g}_{\text{Rollwiderstand } F_{Roll}} + \underbrace{s\, m\, g}_{\text{Gravitationswiderstand } F_G} + \underbrace{0.5\, C_d A\, \rho\, v^2}_{\text{Luftwiderstand } F_{Air}}$$

Martin et al., 1998. Validation of a Mathematical Model for Road Cycling Power. Journal of Applied Biomechanics.

# Model Leistungsberechnung (2)
# Leistung

EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen

- Leistung = Kraft · Geschwindigkeit

$$P = F\ v$$

$$\rightarrow\ P\ \eta = F_{Roll}\ v + F_G\ v + F_{Air}\ v$$

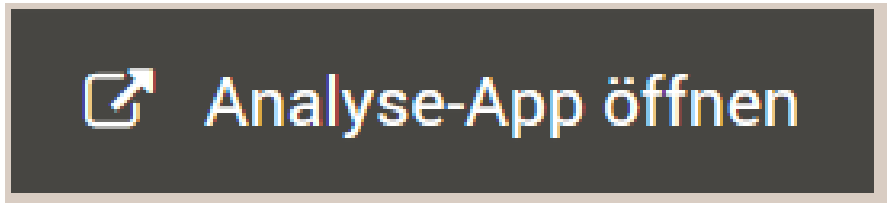
$\eta$: Verluste im Antrieb (drive train efficiency)

Martin et al., 1998. Validation of a Mathematical Model for Road Cycling Power. Journal of Applied Biomechanics.

# Zurück zur Praxis …

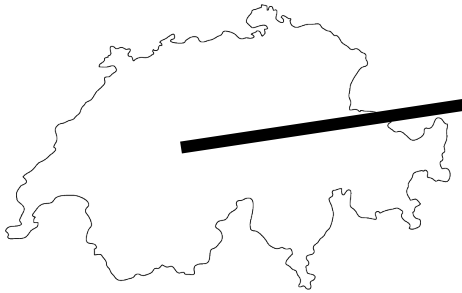
ENGINE CHECK
DIAGNOSTICS ON THE ROAD

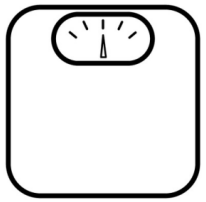
EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen




www.enginecheck.ch

# Analyse-App





Segment

Fahrzeit

min s

Körpergewicht

kg 0 g

Systemgewicht [1]

kg 0 g

Körpergrösse

cm

Temperatur [2]

C

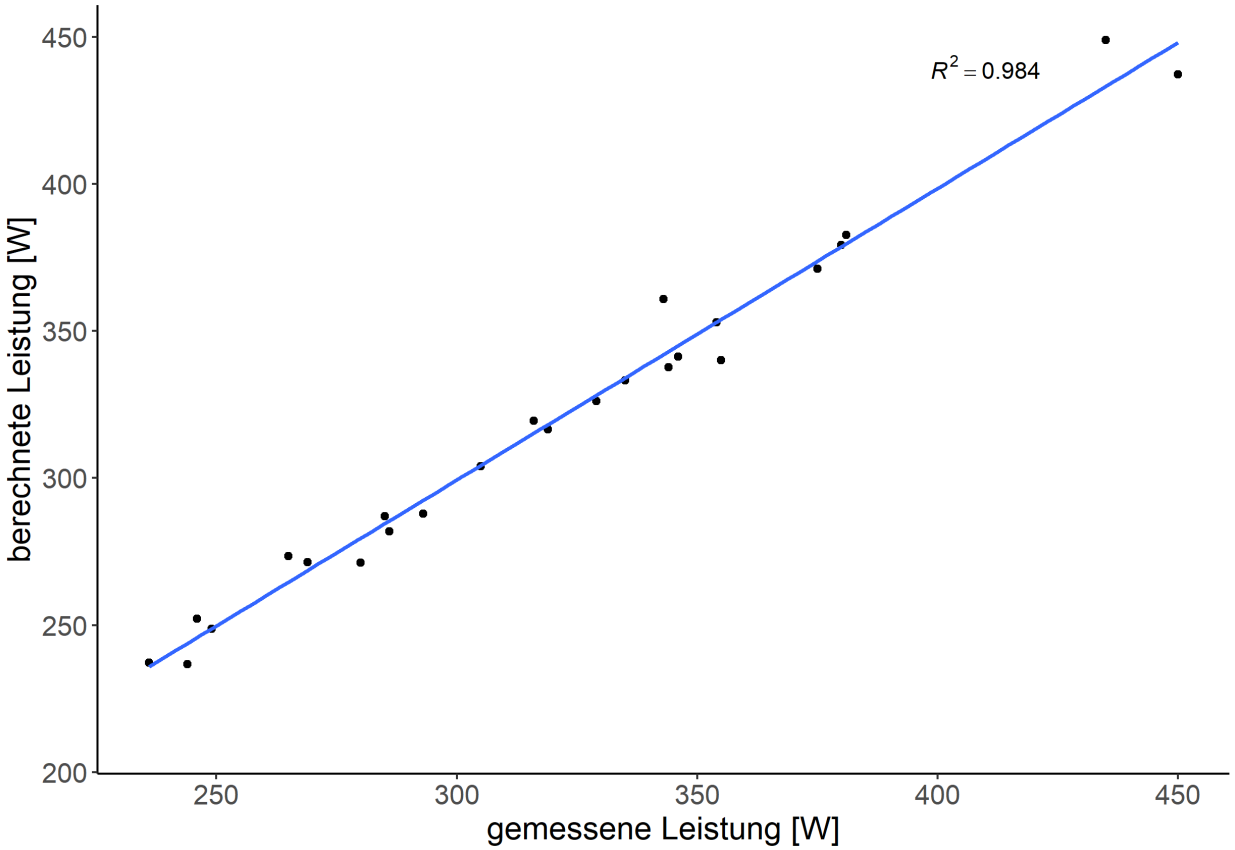
Geschlecht

Max. Herzfrequenz

S/min

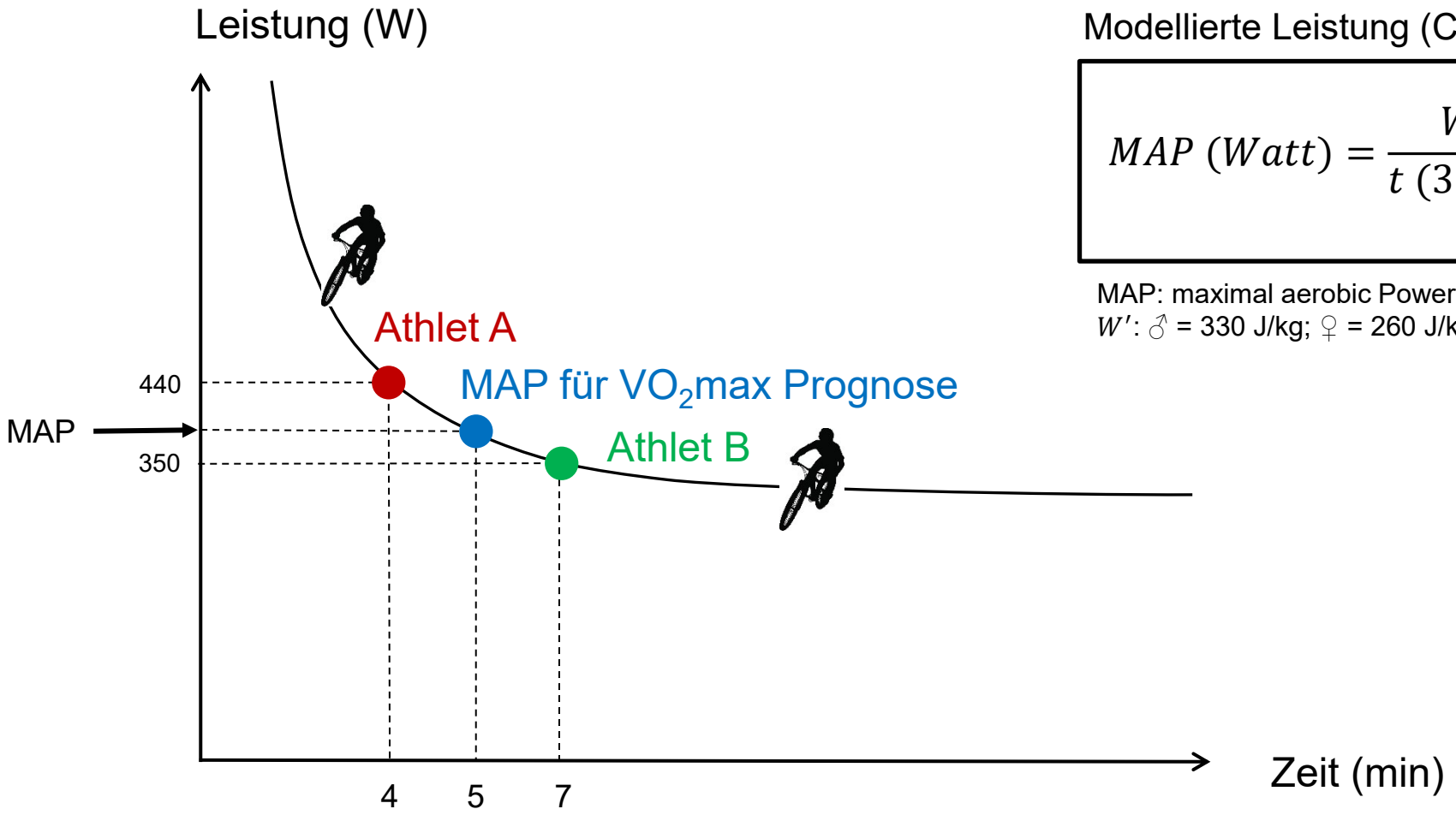
EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen

# Model Leistungsberechnung (3)
# Validierung




Berechnete Leistung in Gegenüberstellung zur gemessenen Leistung mittels Powertap G3 Naben.
(Interne Daten BASPO, 2020)

# Critical Power Model



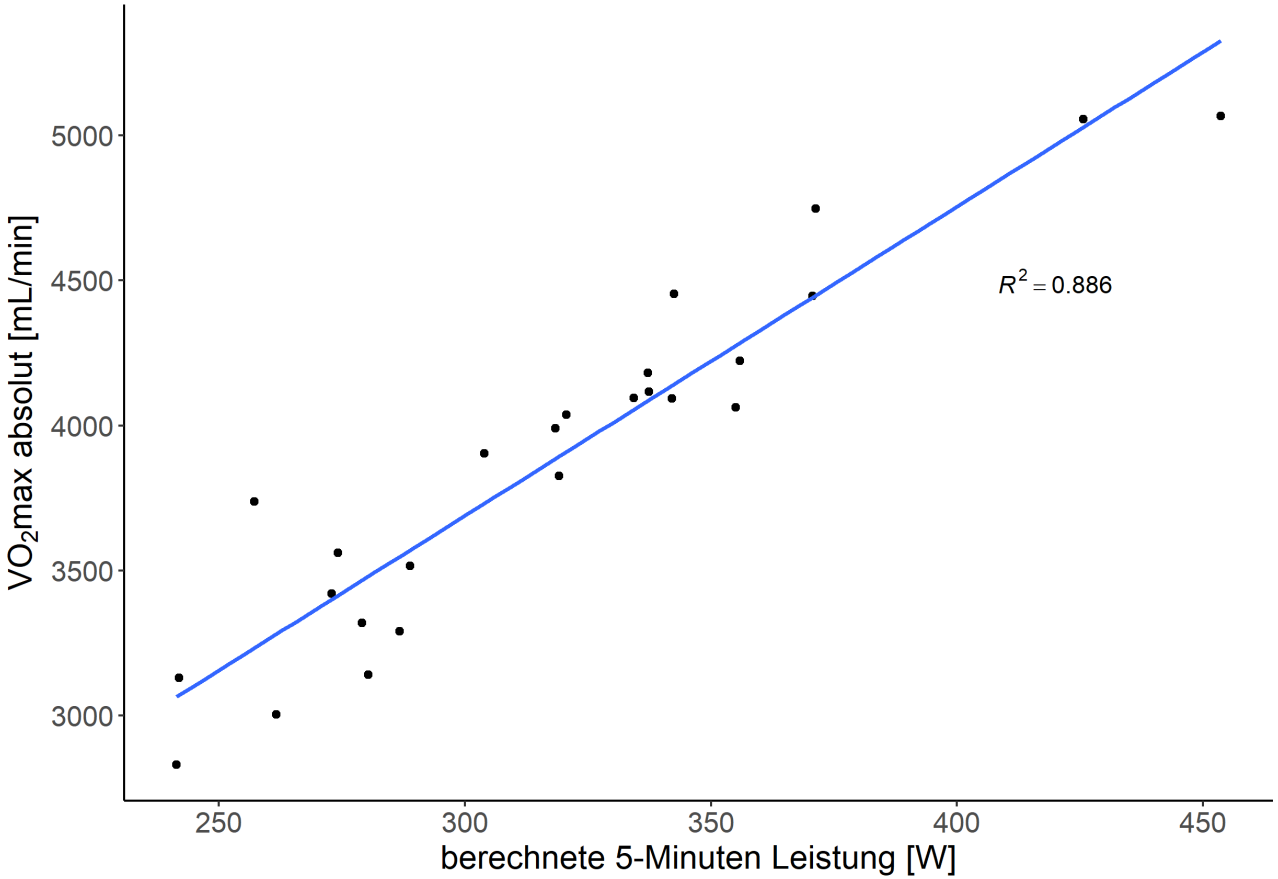

Modellierte Leistung (Critical Power Model)

$$MAP\ (Watt) = \frac{W'}{t\ (300\ s)} + CP$$

MAP: maximal aerobic Power
$W'$: ♂ = 330 J/kg; ♀ = 260 J/kg

Jones et al., 2010. Critical Power: Implications for Determination of $VO_{2max}$ and Exercise Tolerance. Medicine and Science in Sports and Exercise.

# Zusammenhang zwischen $VO_2$max und Leistung




$$VO_2max = 10.6 \cdot MAP + 465$$

Gegenüberstellung der im Labor gemessenen $VO_2$max und der im Engine Check berechneten 5-Minuten-Leistung (MAP).

(Interne Daten BASPO, 2020)

# Output Engine Check

## Auswertung

| | Absolute Werte | Relative Werte |
|---|---|---|
| Durchschnittliche Leistung | 283 Watt | 4.4 W/kg |
| 5-min-Leistung | 297 Watt | 4.6 W/kg |
| 60-min-Leistung (FTP) | 232 Watt | 3.6 W/kg |
| Max. Sauerstoffaufnahme ($VO_2max$) | 3618 mL/min | 55.7 mL/min/kg |

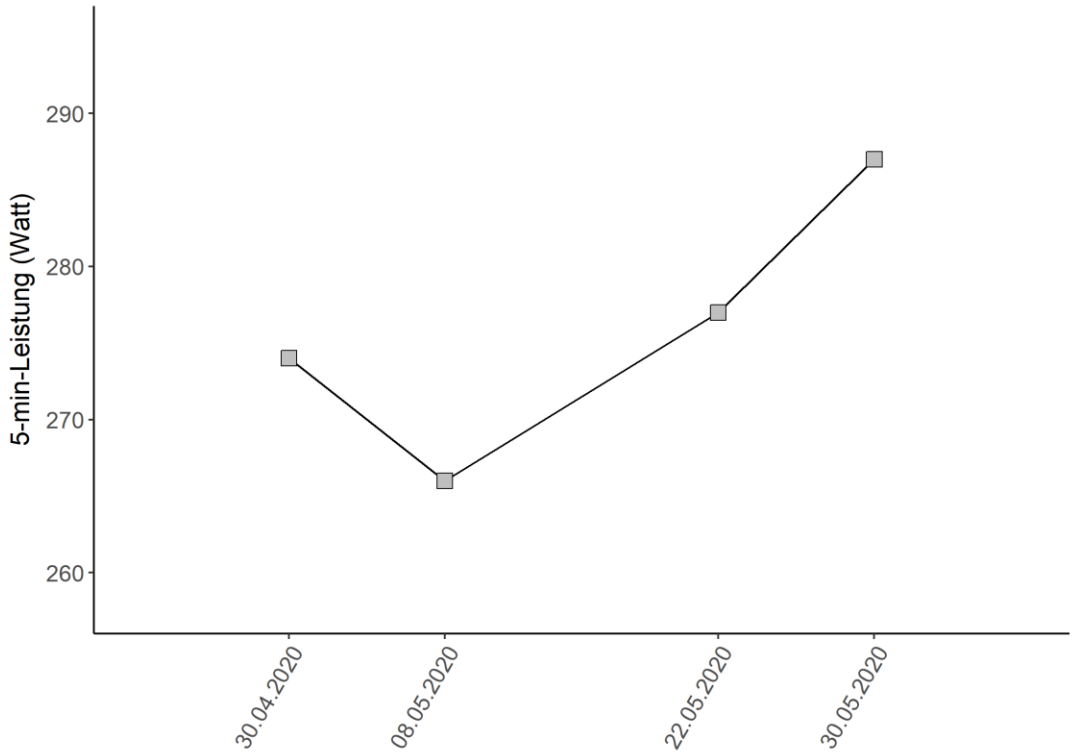
## Trainingszonen

| Zone | Beschreibung | Leistung (Watt) | Herzfrequenz (S/min) | Trainingsbeispiele |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Regeneration | < 130 | < 119 | Dauermethode: 30-60min |
| 2 | Ausdauer | 130 - 175 | 119 - 146 | Dauermethode: 2-3h |
| 3 | Tempo | 175 - 210 | 146 - 165 | Fahrtechniktraining |
| 4 | FTP | 210 - 245 | 165 - 185 | Intervallmethode: 4-6 x 10min Belastung / 2min Erholung |
| 5 | $VO_2max$ | 245 - 280 | > 185 | Intervallmethode: 4 x 4-8min Belastung / 3min Erholung |
| 6 | Anaerobe Kapazität | 280 - 350 | - | Intermittierend: 2-3 Serien (14 x 30s all-out / 15s) / 3min |
| 7 | Neuromuskuläre Leistung | > 350 | - | Wiederholungsmethode: 3-6 Sprints (6s all-out) / 4-6min |

# Leistungsentwicklung

EHSM
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen

Sina Frei, Mountainbikerin

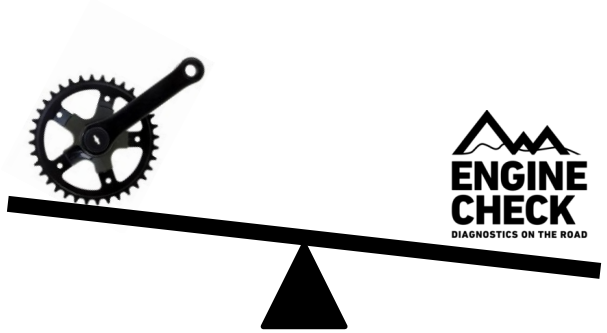



Entwicklung der absoluten 5-min-Leistung ermittelt mittels Engine Check.

# Weitere Anwendungsbeispiele

| | | 5-min-Leistung (Watt) | | 5-min-Leistung (W/kg)[1] | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Männer | Frauen | Männer | Frauen |
| World class | | 580 | 420 | 7.6 | 6.7 |
| | | 572 | 414 | 7.5 | 6.6 |
| | | 564 | 409 | 7.4 | 6.5 |
| | | 556 | 403 | 7.3 | 6.5 |
| | | 549 | 397 | 7.2 | 6.4 |
| | | 541 | 391 | 7.1 | 6.3 |
| | | 533 | 386 | 7.0 | 6.2 |
| | | 525 | 380 | 6.9 | 6.1 |
| | Exceptional | 517 | 374 | 6.8 | 6.0 |
| | | 509 | 368 | 6.7 | 5.9 |
| | | 501 | 363 | 6.6 | 5.8 |
| | | 493 | 357 | 6.5 | 5.7 |
| | | 486 | 351 | 6.4 | 5.6 |

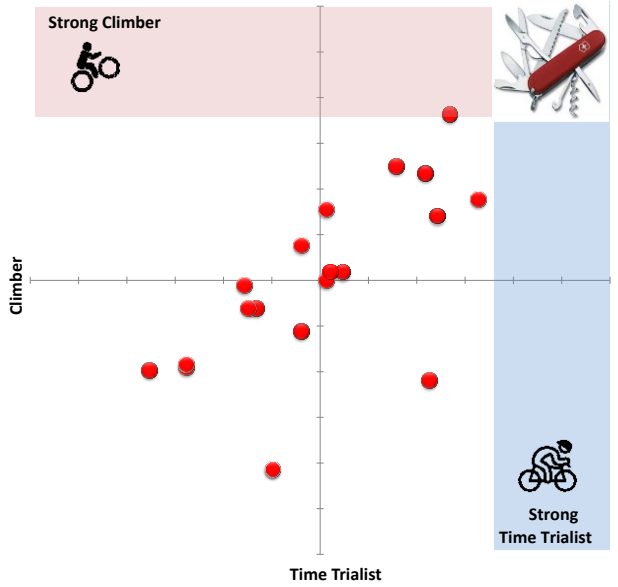
Referenzwerttabelle




Kalibration Powermeter

EHSM
Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

Talent-ID




Fahrerprofil

# ENGINE CHECK

DIAGNOSTICS ON THE ROAD

www.enginecheck.ch