

Nimmt die Hämoglobinmasse durch Ausdauertraining zu?

Kontrollierte Querschnittsstudie mit Eliteausdauerathleten

Steiner, T., Wehrlin, J.P.

Eidgenössische Hochschule für Sport, Ressort Leistungssport, Bundesamt für Sport, 2532 Magglingen

Kontakt:
thomas.steiner@baspo.admin.ch

Einleitung

Das Dauerleistungsvermögen von Ausdauerathleten korreliert in hohem Mass mit der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_2max). Die Sauerstoffversorgung der Muskulatur durch das Blut ist einer der wichtigsten limitierenden Faktoren der VO_2max . Dabei wird Sauerstoff zum grössten Teil von dem in den Erythrozyten enthaltenen Hämoglobin transportiert. Die Gesamtmenge an Hämoglobin (die sogenannte Hämoglobinmasse, HbM) im Blut einer Athletin oder eines Athleten beeinflusst dementsprechend die Sauerstofftransportkapazität und damit auch die VO_2max (Gore et al. 1997).

Neuere Forschungsergebnisse (Wehrlin et al. 2006, Prommer et al. 2008) stellen in Frage, ob die Hämoglobinmasse - anders als bisher angenommen (vgl. Sawka et al. 2000) - bei Ausdauerathleten durch Ausdauertraining tatsächlich zunimmt. Sehr wenig ist zudem über den Effekt von langjährigem Ausdauertraining im Jugendbereich auf die HbM und die VO_2max bekannt.

Fragestellung

Inwieweit bestehen Unterschiede in der Hämoglobinmasse und der VO_2max bei 16-jährigen, 20-23-jährigen und über 23-jährigen Ausdauerathleten?

Methode

Bei drei männlichen Ausdauerathletengruppen (AG; n=45) in verschiedenen Altersbereichen (Alter 16: AG16, in Top 15 des Jahrgangs gemäss Jahreswertungen 2008 Langlauf und Triathlon, da noch kein Nationalkader vorhanden / Alter 20-23: AGU23 und über 23: AGÜ23 aus den Nationalkademern Ski Langlauf sowie Triathlon und Duathlon) sowie drei altersentsprechenden männlichen Kontrollgruppen (n=47; <2h Ausdauersport oder <3h Spielsport in der Woche (ausserschulisch); KG16, KGU23; KGÜ23) wurden HbM (Kohlenmonoxid-Rückatmung, vgl. Abb.1), VO_2max und diverse Blut- bzw. anthropometrische Parameter erhoben. Die Merkmale der verschiedenen Probandengruppen sind in Tabelle 1 aufgelistet.



Abb. 1. Proband während der zweiminütigen Rückatmungsphase bei der Kohlenmonoxyd-Rückatmungsmethode.

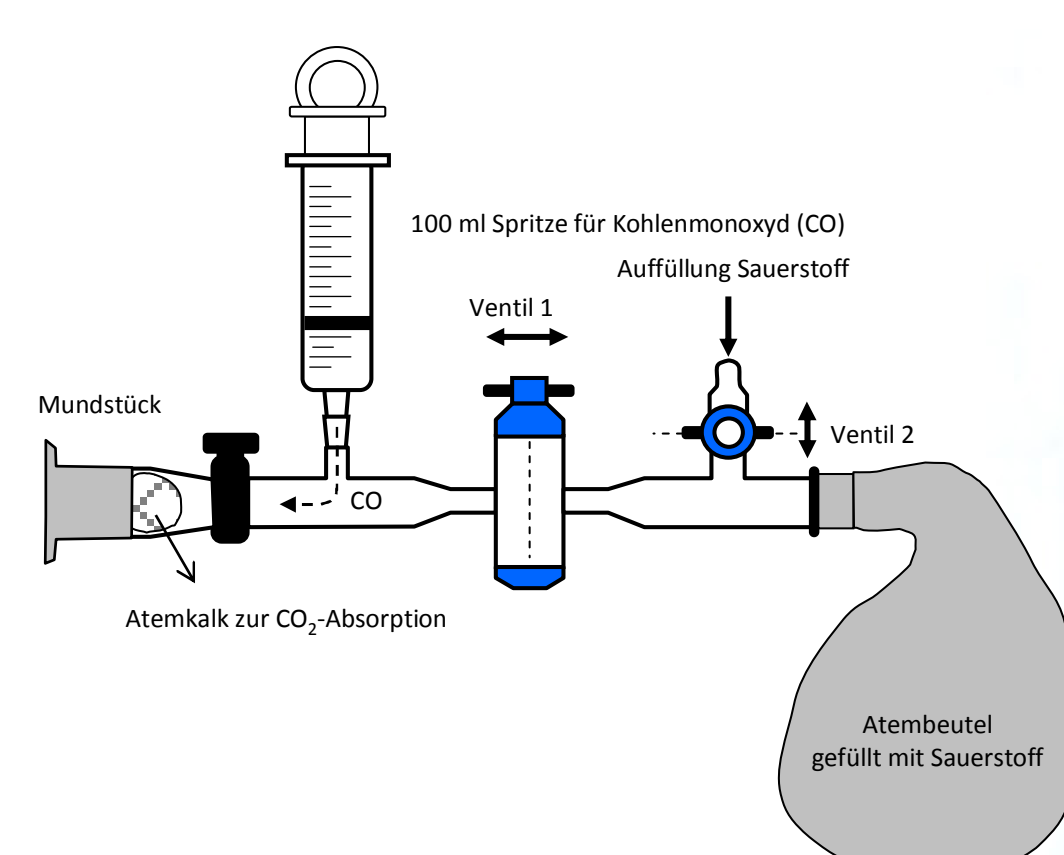


Abb. 2. Glasspirometer zur Messung der Hämoglobinmasse mit der Kohlenmonoxyd-Rückatmungsmethode.

Die Werte sind jeweils als auf das Körpergewicht bezogene Mittelwerte \pm SD angegeben. Zur Prüfung des Alterseinfluss auf HbM und VO_2max wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Post-hoc (Bonferroni) durchgeführt. Mittelwertsunterschiede bei AG und KG im gleichen Altersbereich wurde mit T-Tests für unabhängige Stichproben überprüft. Eine lineare Regressionsanalyse wurde zum Untersuchen des Zusammenhangs zwischen der HbM und der VO_2max verwendet. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0.05$ festgelegt.

Tab. 1. Kenndaten der Athleten- und der Kontrollgruppen

	n	Alter [Jahre]	Grösse [cm]	Gewicht [kg]	BMI	Körperfett [%]	Training Ausdauer [h/Woche]	Training Total [h/Woche]
Athletengruppen								
AG16	15	15.9 \pm 0.7	174.6 \pm 6.5 [†]	61.0 \pm 8.6 [†]	20.0 \pm 2.3 [†]	5.6 \pm 2.8	7.3 \pm 1.8 ^{**†}	8.4 \pm 1.8 ^{**†}
AGU23	14	21.3 \pm 0.9	179.8 \pm 4.5	74.4 \pm 4.8	23.0 \pm 1.5	6.7 \pm 1.5 [*]	14.1 \pm 3.4 ^{**}	16.3 \pm 2.5 ^{**}
AGÜ23	16	27.5 \pm 3.0	180.0 \pm 5.7	71.8 \pm 5.9	22.2 \pm 1.6	6.3 \pm 1.7 [*]	16.2 \pm 4.9 ^{**}	18.8 \pm 4.9 ^{**}
Kontrollgruppen								
KG16	16	15.9 \pm 0.3	174.5 \pm 7.8 [†]	61.9 \pm 7.6 [†]	20.3 \pm 1.8 [†]	7.5 \pm 3.0	0.6 \pm 0.5	1.9 \pm 1.5
KGU23	15	21.3 \pm 1.2	179.1 \pm 5.0	72.4 \pm 6.4	22.5 \pm 1.6	9.4 \pm 3.9	1.1 \pm 0.5	2.6 \pm 1.4
KGÜ23	16	28.1 \pm 4.0	181.0 \pm 6.3	76.3 \pm 5.8	23.3 \pm 1.9	11.2 \pm 4.9	0.8 \pm 0.8	2.3 \pm 1.4

Alle Werte sind Mittelwerte \pm SD. Trainingsstunden total ohne Schulsport bei der Gruppe der 16-jährigen. [†] $p < 0.01$; ^{**} $p < 0.001$ Mittelwertsdifferenzen zwischen altersspezifischen AG und KG. ^{*} $p < 0.05$; Mittelwertsdifferenz in der Athleten- bzw. Kontrollgruppe zwischen 16-jährigen und den Gruppen U23 und Ü23. [†] $p < 0.05$; Mittelwertsdifferenz in der Athleten- bzw. Kontrollgruppe zwischen 16-jährigen und der Gruppe Ü23.

Resultate

Die HbM (12.3 ± 0.8 g/kg) als auch die VO_2max (66.1 ± 3.6 ml/min/kg) war bei der AG16 tiefer ($p < 0.01$) als bei der AGU23 (14.2 ± 1.1 / 72.9 ± 3.6) und AGÜ23 (14.6 ± 1.1 / 73.4 ± 6.0) (vgl. Abb. 3 und 4). Die Werte der Kontrollgruppen unterschieden sich nicht voneinander.

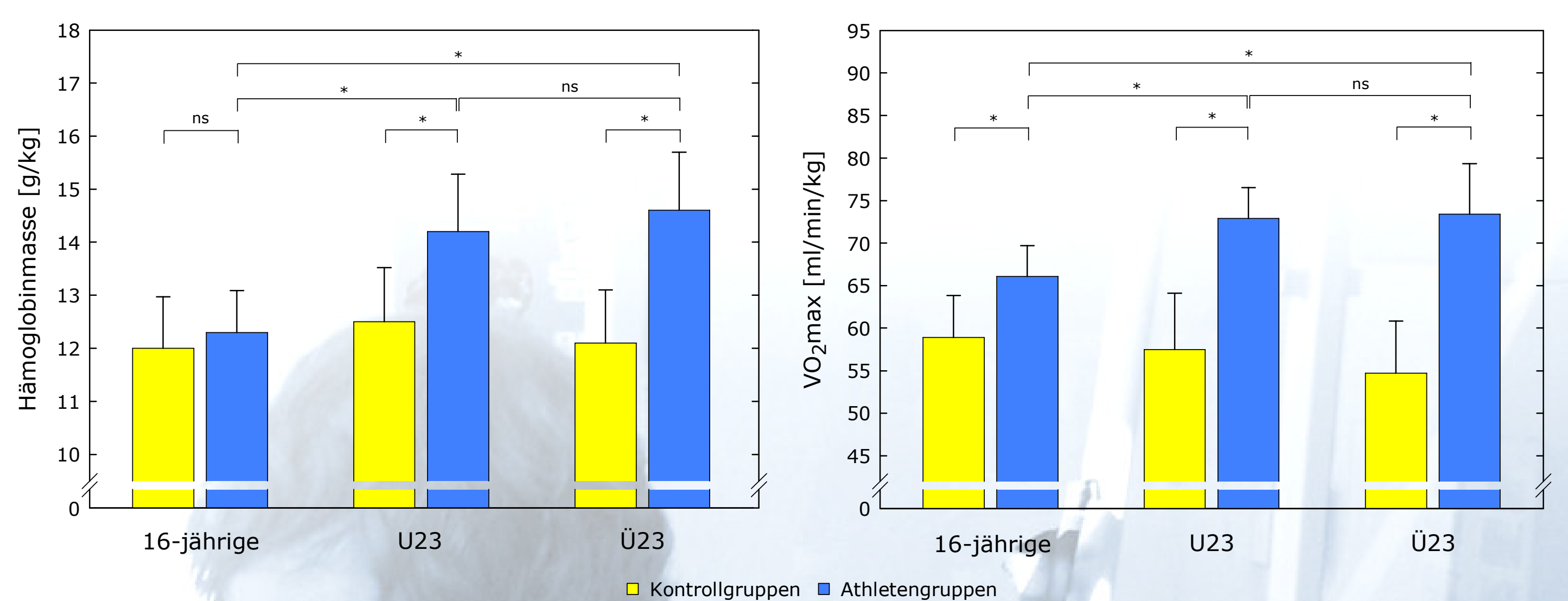


Abb. 3 und 4. Hämoglobinmasse in g/kg und VO_2max in ml/min/kg bei den Athleten- und Kontrollgruppen. ns: nicht signifikanter Unterschied. ^{*} $p < 0.01$: signifikanter Unterschied zwischen altersspezifischer Athleten- und Kontrollgruppe (T-Test) bzw. innerhalb der Athletengruppen (ANOVA mit Bonferroni post-hoc).

Die HbM und die VO_2max waren bei der AGU23 und AGÜ23 höher ($p < 0.01$) als bei den entsprechenden Kontrollgruppen (KGU23: 12.5 ± 1.0 / 57.5 ± 6.6 ; KGÜ23: 12.1 ± 1.0 / 54.7 ± 6.2), währenddem bei den AG16 und KG16 nur die VO_2max (66.1 vs. 58.9 ± 5.0) unterschiedlich war ($p < 0.001$), nicht so aber die HbM (12.3 vs. 12.0 ± 1.0) ($p = 0.39$). Zwischen der HbM und der VO_2max wurde eine hohe Korrelation festgestellt ($r = 0.74$, vgl. Abb.5).

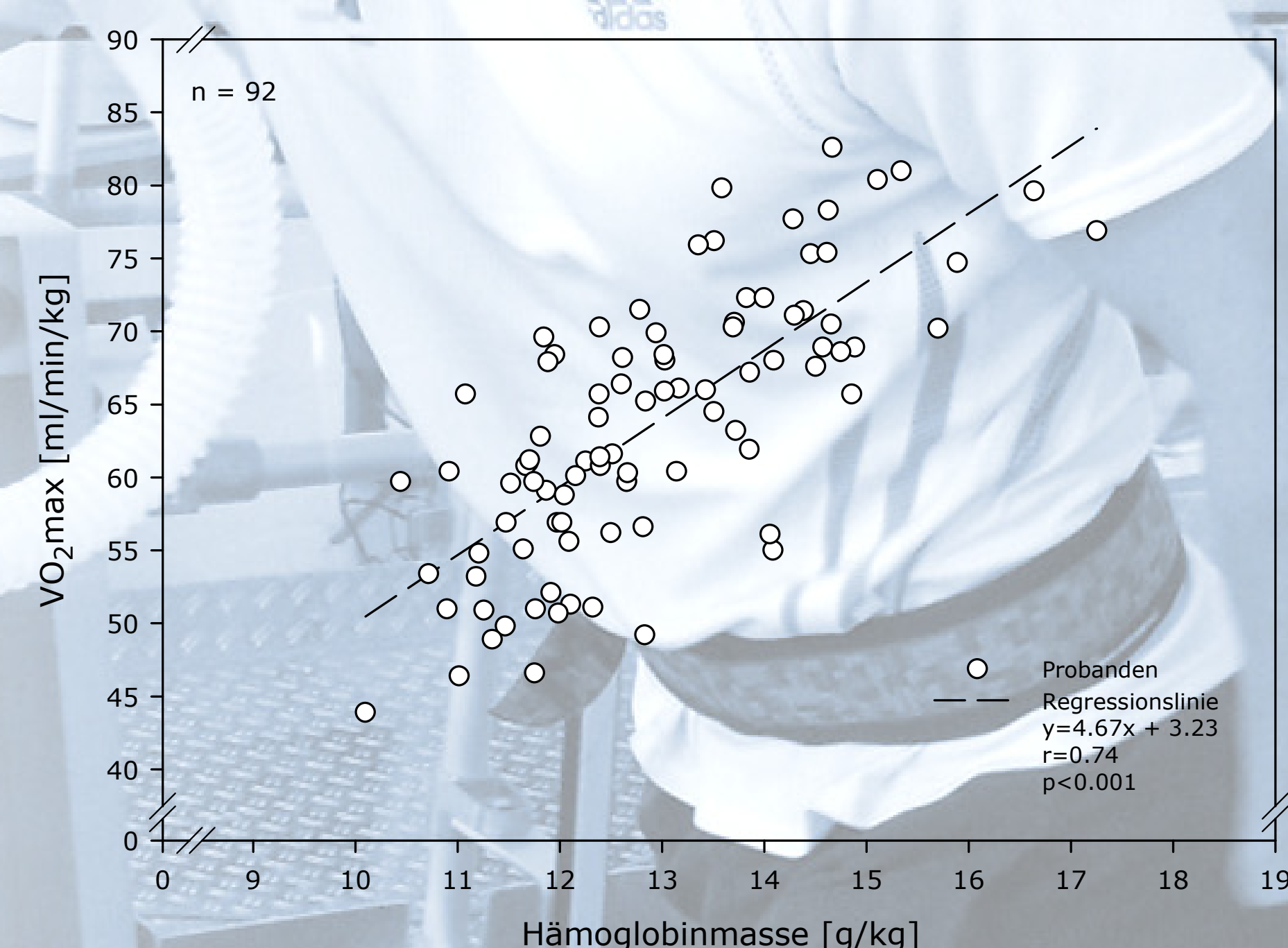


Abb. 5. Zusammenhang zwischen der relativen Hämoglobinmasse und der maximalen Sauerstoffaufnahme (n=92).

Diskussion und Konklusion

Die Resultate deuten darauf hin, dass die HbM durch Ausdauertraining bei Ausdauerathleten nur zwischen dem 16. Altersjahr und dem U23-Alter, nicht aber zwischen dem U23- und Ü23-Alter zunimmt. Aufgrund des Querschnittsdesigns und der Tatsache, dass im Bereich der 16-jährigen Probanden noch kein Nationalkader besteht, müssen die Resultate mit einer gewissen Vorsicht betrachtet werden. Die Ergebnisse werden durch das Fortführen der Studie (Längsschnitt) noch weiter überprüft, um eine mögliche Verfälschung der Studienresultate durch eine falsche Auswahl der Athleten im Altersbereich von 16 Jahren auszuschliessen.

Dass die HbM bei erwachsenen Ausdauerathleten im Saisonverlauf nur sehr geringen Schwankungen unterlegen ist, beschreiben auch Prommer et al. (2008). Dies lässt vermuten, dass mit Ausdauertraining individuelle Obergrenzen der HbM bei Ausdauerathleten nicht erhöht werden können.

Referenzen

- Gore, C.J., Hahn, A.G., Burge, C.M. & Telford, R.D. (1997). VO_2max and haemoglobin mass of trained athletes during high intensity training. *Int J Sports Med*, 18 (6), 477-482.
- Prommer, N., Sottas, P-E., Schoch, C., Schuhmacher, Y-O. & Schmidt, W. (2008). Total Hemoglobin Mass – A New Parameter to Detect Blood Doping. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40 (12), 2112-2118.
- Sawka, M.N., Convertino, V.A., Eichner, E.R., Schnieder, S.M. & Young, A.J. (2000). Blood volume: importance and adaptations to exercise training, environmental stresses and trauma/sickness. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32 (2), 332-348.
- Wehrlin, J.P., Zuest, P., Hallén, J. & Marti, B. (2006). Live high-train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes. *J Appl Physiol*, 100, 1938-1945.