Entlastung auf dem Kreuzweg – Verbesserung des mechanischen Komforts von Trekkingrucksäcken

Lucas Höschler[1], Frank I. Michel[2], Michael Frisch[3]

[1]Universität Salzburg, FB Sport- und Bewegungswissenschaft
[2]VAUDE Sport GmbH & Co. KG, i-team
[3]Universität Bayreuth, Institut für Biomechanik

14. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie (spinfortec2022)
29. bis 30. September 2022 | Chemnitz

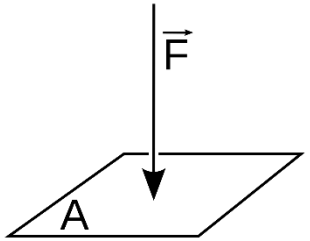
Hintergrund → Objektive Bestimmung des Tragekomforts

„Komfort ist die Abwesenheit von Diskomfort.“ (Herzberg 1958)

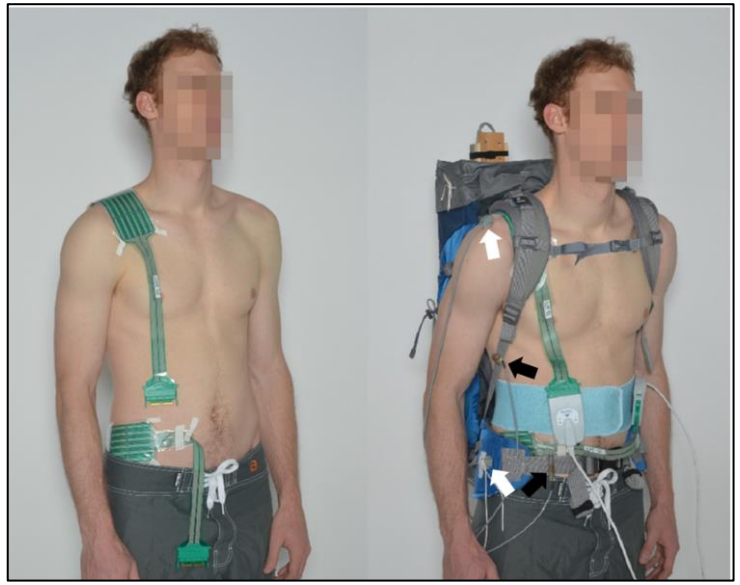
→ Diskomfort messen und minimieren

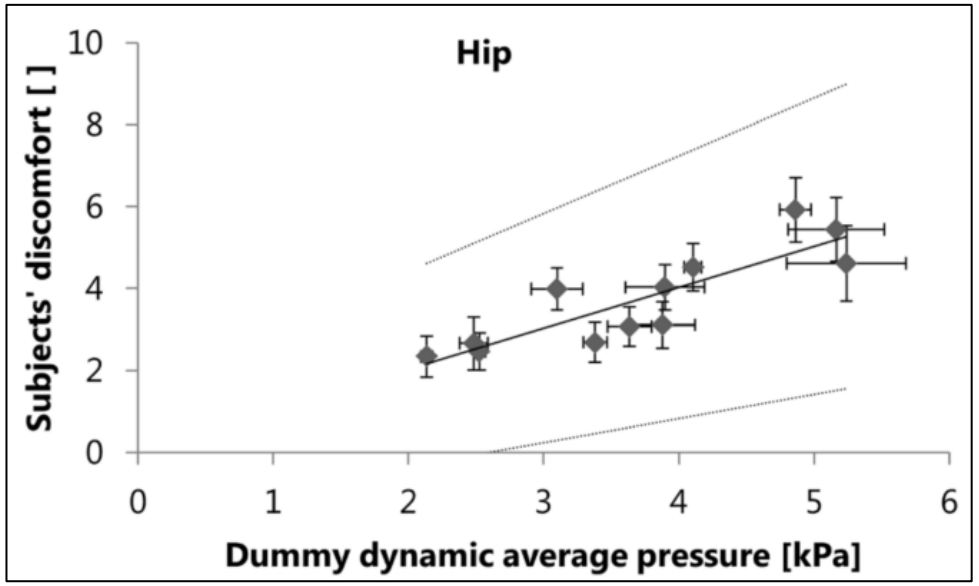
Druck verursacht Schmerz und somit Diskomfort

$$p = \frac{F}{A}$$



Sehr gute Korrelation zum subjektiven Tragekomfort (Wettenschwiler et al., 2015)





Copyright, VAUDE

Hintergrund → ISG Verletzungen beim Rucksacktragen

Kreuzbein = Kraftübertragung zwischen Wirbelsäule und Becken

Schlechter Lasttransfer: Scherkräfte (Goh et al., 1998; Wettenschwiler et al., 2017)

→ Schä

→ Rück

→ ISG E

Anforderungen an Trekkingrucksäcke:

- **Effektive Lastübertragung auf Beckenflossen**
- **Entlastung des lumbo-sakralen Bereichs**

st

Bahr (2019)

Copyright, VAUDE

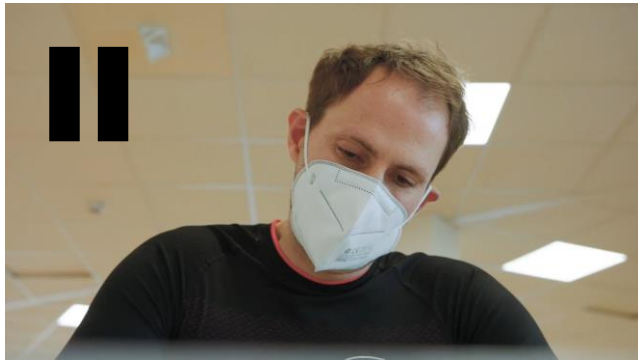
Methode → Modifizierung eines Trekkingrucksacks

Asymmetric 42+8 (REF)

Modifizierter Rucksack (MOD)

Copyright, VAUDE

Methode → Studiendesign



17 Probanden (31,7 ± 9,8 Jahre)

- Anthropometrische Vermessung
- Sportlerprofil

2 Rucksäcke (randomisiert)

- 10 kg Zuladung
- Gleiche Einstellung

Laufband

- 2 min bei 4,5 km/h (10 Schrittzyklen)
- Wanderschuhe

Subjektives Feedback

- Gesamtnote
- Offenes Feedback

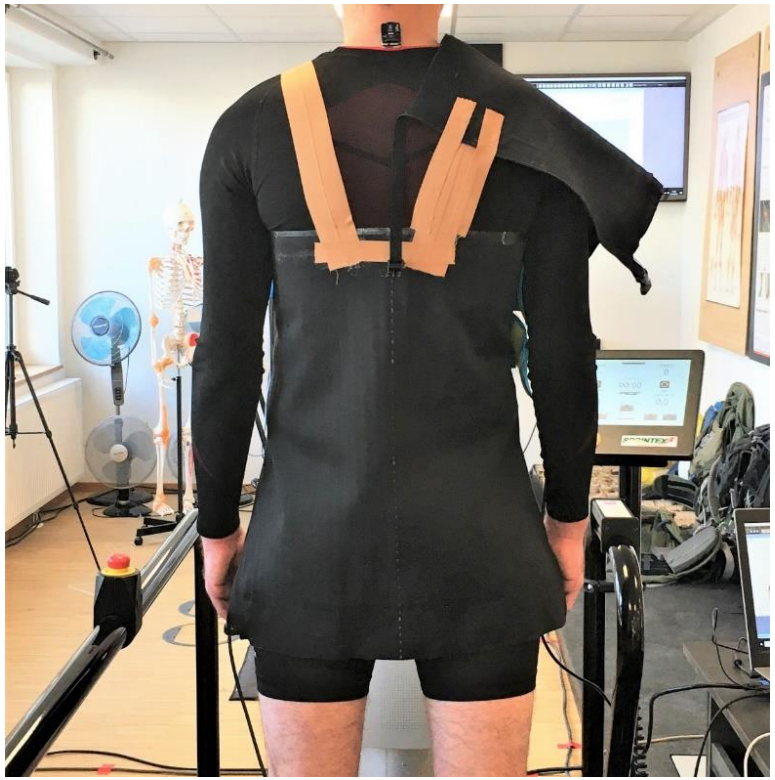
Copyright, VAUDE

Methode → Druckmessung

Flexible Sensormatte (Tactilus)

- Schulter: 437 Sensoren [33 x 27 cm]
- Rücken: 1024 Sensoren [47 x 47 cm]

Platzierung



Copyright, VAUDE

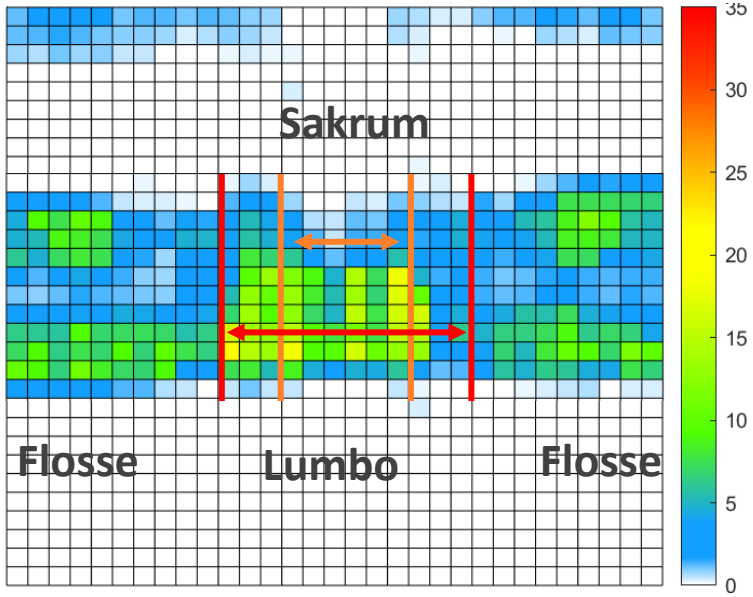
Methode → Datenanalyse

Segmentierung

Parameter (über 10 Schrittzyklen)

- p_{max}
- p_{mean}
- Kontakfläche

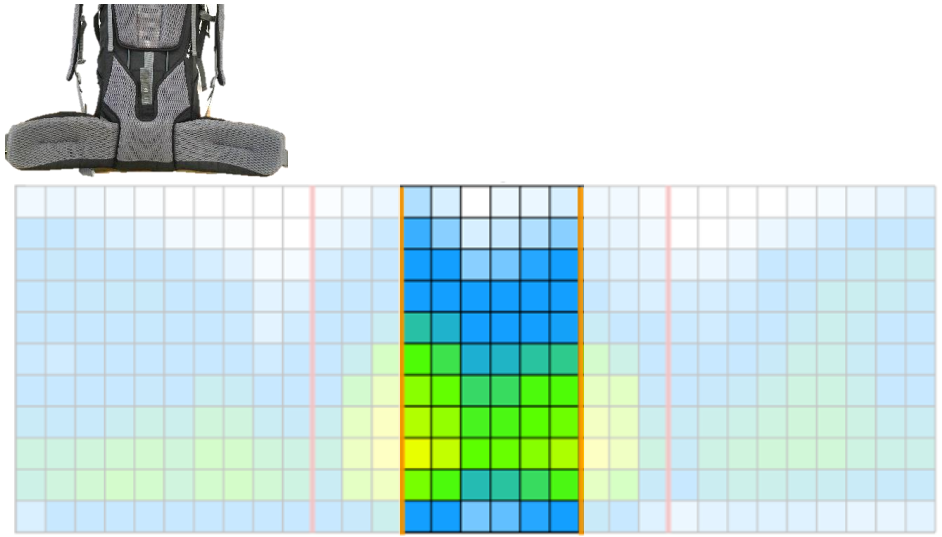
unabhängiger T-Test (α = 0,05)

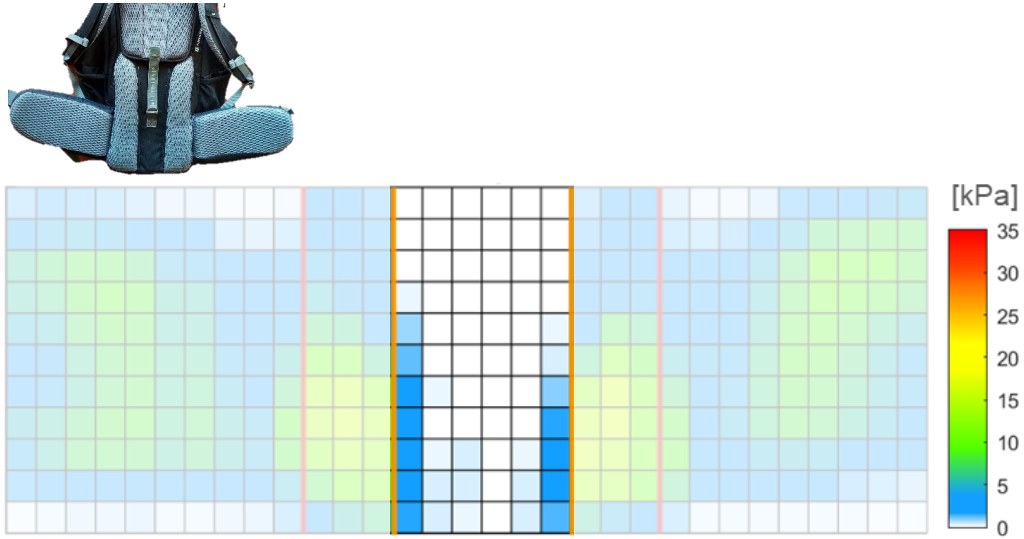


Kumar et al. (2021)

Copyright, VAUDE

Ergebnisse → Druckverteilung



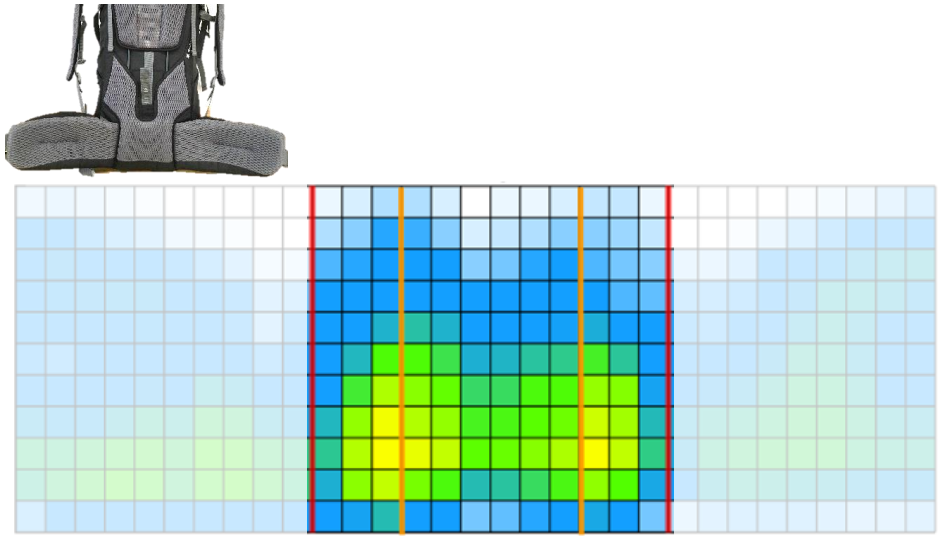


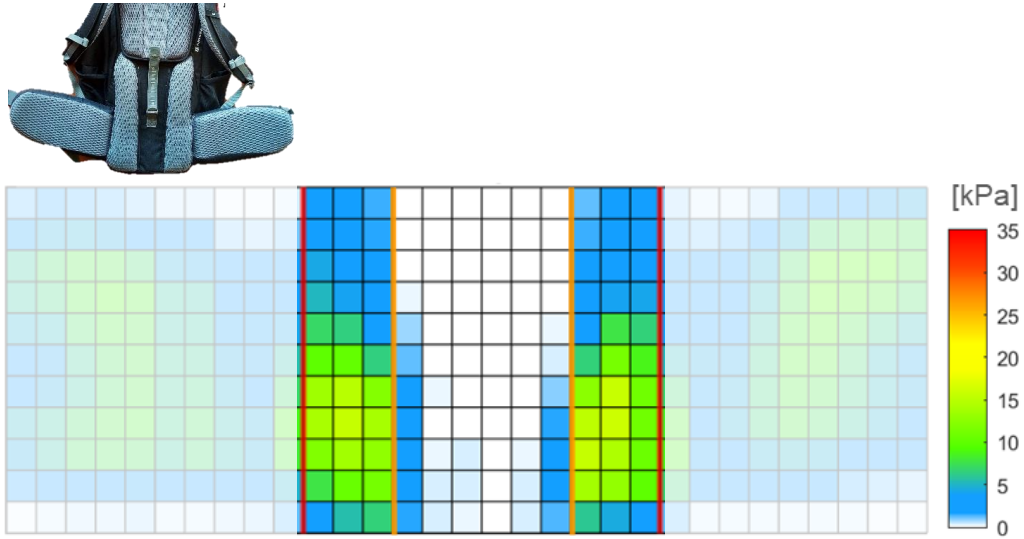
Sakrum

	REF	MOD	*Sig.*
p_{max} [kPa]	22,6	9,1	**< 0,001**
p_{mean} [kPa]	5,6	3,0	**0,017**
Kontaktfläche [cm²]	117,4	30,9	**< 0,001**

Copyright, VAUDE

Ergebnisse → Druckverteilung



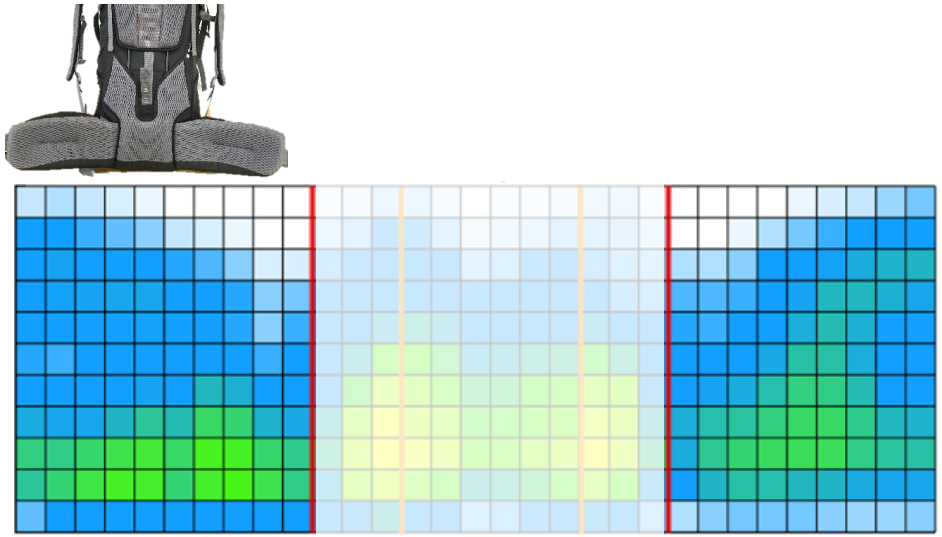


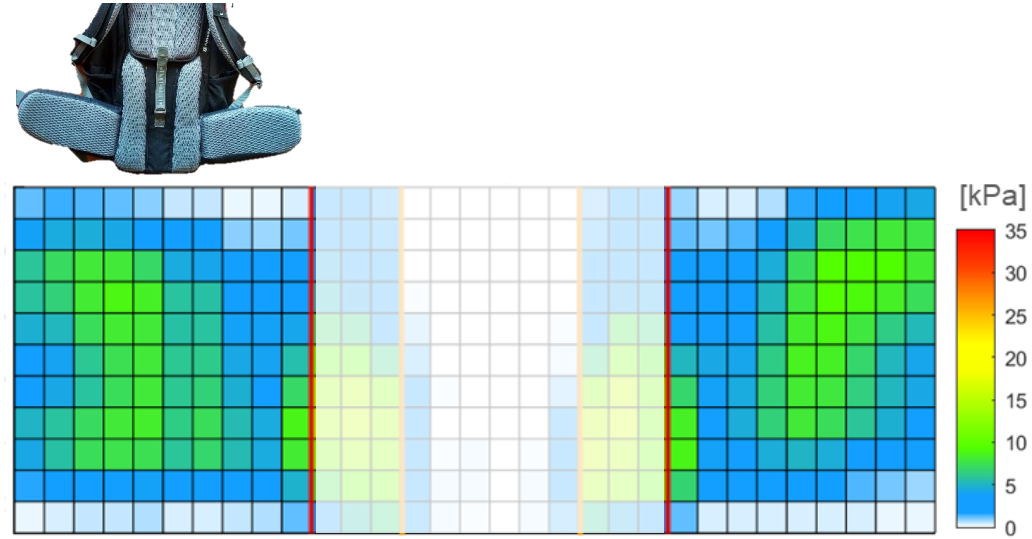
Lumbalpolster

	REF	MOD	*Sig.*
p_{max} [kPa]	29,7	28,5	0,590
p_{mean} [kPa]	6,2	6,9	0,191
Kontaktfläche [cm²]	241,6	169,6	**< 0,001**

Copyright, VAUDE

Ergebnisse → Druckverteilung





Flossen

	REF	MOD	*Sig.*
p_{max} [kPa]	19,0	21,1	0,176
p_{mean} [kPa]	4,2	4,6	0,317
Kontaktfläche [cm²]	421,8	472,3	**0,017**

Copyright, VAUDE

Ergebnisse → subjektives Feedback

REF
2,0

- Häufigste Kritik (6x): „hängt zu tief "

MOD
2,0

- Häufigste Kritik (4x): „hängt zu tief "
- Spalt positiv bewertet: „Sakrum spürbar entlastet, luftig" (7x)
- Flossenform unterschiedlich bewertet:
  → „umschließt gut" (2x)
  → „unangenehmer Druck am Beckenkamm" (4x)

Copyright, VAUDE

Diskussion

Entlastung des lumbo-sakralen Bereichs

→ Vorbeugen von ISG Beschwerden (Bahr, 2019)

Verbesserter Lasttransfer auf Beckenflossen

→ Gesteigerter Tragekomfort (Lenton et al., 2018)

→ Geringerer Energieverbrauch (Pigman et al., 2017)

Kein Unterschied beim subjektiven Feedback

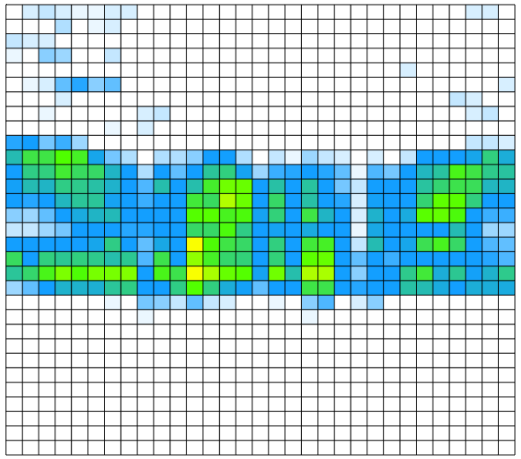
→ Individuelle Einflussfaktoren z.B. Anthropometrie (Kolich & Taboun, 2004)

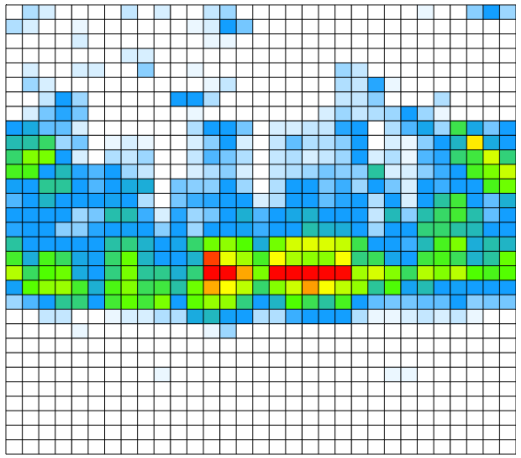
Limitationen:

→ Kurze Messdauer

→ Standardisierung

BMI: 24,8 kg/m²





21,4 kg/m²

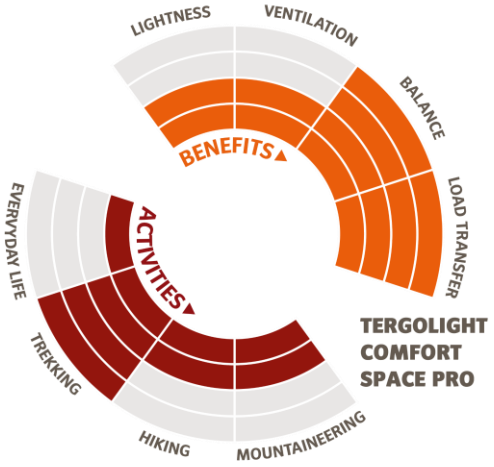
Copyright, VAUDE

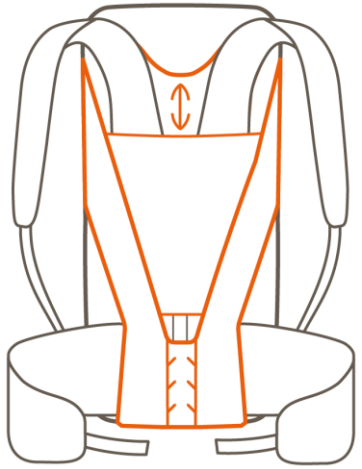
Ausblick → Comfort Space Tragesystem

Implementiert in allen Trekkingrucksäcken Sommerkollektion 2022

Weitere Infos erhalten Sie bei uns im Laden

VAUDE





Copyright, VAUDE

PARIS LODRON UNIVERSITÄT SALZBURG

UNIVERSITÄT BAYREUTH

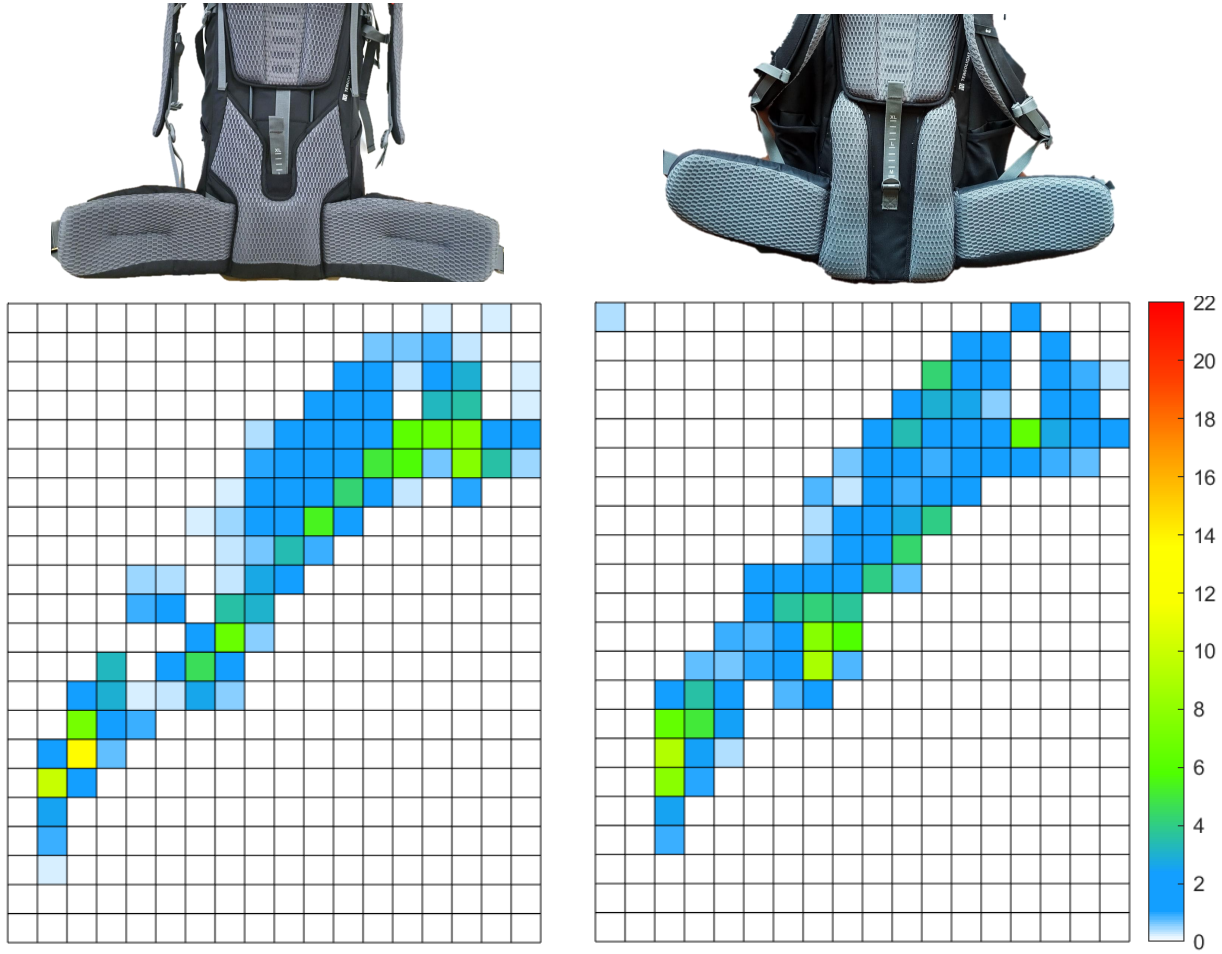
VAUDE
The Spirit of Mountain Sports

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Lucas Höschler (M.Sc.)
Kontakt: lucas.hoeschler@plus.ac.at

14. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie (spinfortec2022)
29. bis 30. September 2022 | Chemnitz

Appendix → Druckverteilung Schulter



Schulter

	REF	MOD	*Sig.*
p_{max} [kPa]	18,4	18,7	0,771
p_{mean} [kPa]	3,0	3,3	0,191
Kontaktfläche [cm²]	190,4	192,0	0,847

Copyright, VAUDE

Appendix → Spezifikationen Druckmesssystem

	Schultermatte	Beckenmatte
Messbereich	0 – 20,7 kPa	0 – 34,7 kPa
Messgitter	23 x 19 (437)	32 x 32 (1024)
Messfläche	32,7 x 27,1 cm	46,5 x 46,5 cm
Single Sensor	1,42 x 1,42 cm (2,02 cm²)	1,45 x 1,45 cm (2,11 cm²)
Fs	100 Hz	50 Hz

Copyright, VAUDE

Appendix → Probanden & Anthropometrie

N = 17 ♂	Mittelwert	Minimum	Maximum	Range
Alter [y]	31,7	19	51	32
Körpergröße [cm]	180	174	192	22
Gewicht [kg]	74,1	64	84	20
BMI [kg/m²]	22,9	19,3	26,7	7,4
Sakrumbreite [cm]	9,8	9	11,5	1,5
Kyphose [°]	45,1	33	55	22
Lordosel [°]	40,2	22	56	34
Gesäßwinkel [°]	64,5	50	76	26
Schulterbreite biakr. [cm]	35,9	32	39	7
Schulterwinkel [°]	21,1	10,1	33,5	23,4

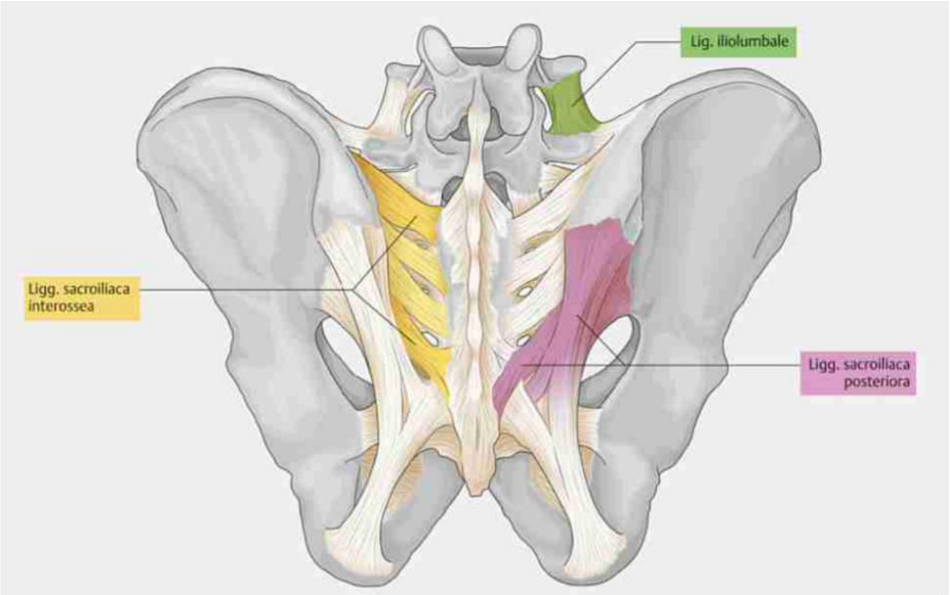
Copyright, VAUDE

Appendix → ISG Verletzungsmechanismen beim Rucksacktragen

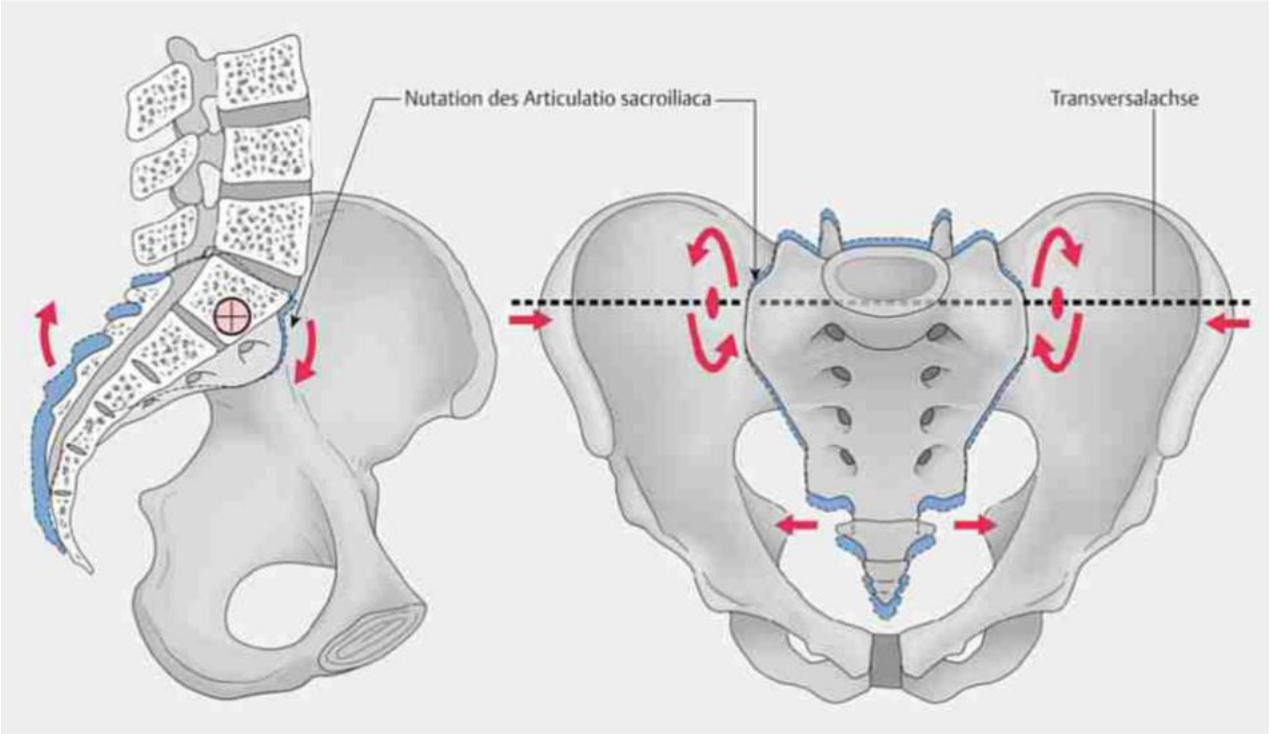
- Kreuzbein = Zentrum der Kraftübertragung zwischen Wirbelsäule und Becken
- Stabiles Iliosakralgelenk (ISG): straffe Gelenkkapsel, starke Bandstruktur & Muskulatur
- natürlicher Stabilisierungsmechanismus bei hohen Belastungen (Nutation)

→ **Scherkräfte**

- Schädigung des Bandapparats und Gelenkknorpels
- Instabilität und Hypermobilität
- Rückenschmerzen, ISG Blockaden



Pingel et al. (2018)



Copyright, VAUDE

Bahr, M. (2019). Das Kreuz mit der Last. *DAV Panorama,* 2019(5), S. 74-76.

Goh, J.-H., Thambyah, A., & Bose, K. (1998). Effects of varying backpack loads on peak forces in the lumbosacral spine during walking. *Clinical Biomechanics*, *13*(1), S26-S31. https://doi.org/10.1016/s0268-0033(97)00071-5

Hertzberg, H. T. E. (1958). Appendix I - Seat Comfort. In R. Hansen & D. Y. Cornog (Hrsg.), Annotated Bibliography of Applied Physical Anthropology in Human Engineering (S. 297-300). Defense Technical Information Center.

Kolich, M., & Taboun, S. M. (2004). Ergonomics modelling and evaluation of automobile seat comfort. *Ergonomics*, *47*(8), 841–863. https://doi.org/10.1080/0014013042000193273

Kumar, A., Vishwakarma, & Nitin (2015). An Anthropometric Analysis of Dry Human Sacrum: Gender Discrimination. *International Journal of Science and Research*, *4*(4), 1306–1310.

Lenton, G. K., Doyle, T. L. A., Saxby, D. J., Billing, D., Higgs, J., & Lloyd, D. G. (2018). Integrating a hip belt with body armour reduces the magnitude and changes the location of shoulder pressure and perceived discomfort in soldiers. *Ergonomics*, *61*(4), 566–575. https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1381278

Pigman, J., Sullivan, W., Leigh, S., & Hosick, P. A. (2017). The Effect of a Backpack Hip Strap on Energy Expenditure While Walking. Human factors, 59(8), 1214–1221. https://doi.org/10.1177/0018720817730179

Wettenschwiler, P. D., Lorenzetti, S., Stämpfli, R., Rossi, R. M., Ferguson, S. J., & Annaheim, S. (2015). Mechanical Predictors of Discomfort during Load Carriage. *PloS one*, *10*(11), e0142004. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142004

Wettenschwiler, P. D., Lorenzetti, S., Ferguson, S. J., Stämpfli, R., Aiyangar, A. K., Rossi, R. M., & Annaheim, S. (2017). Loading of the lumbar spine during backpack carriage. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, *20*(5), 558–565. https://doi.org/10.1080/10255842.2016.1261849

Copyright, VAUDE