

Zeitschrift:	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber:	Schweizerischer Forstverein
Band:	141 (1990)
Heft:	2
Artikel:	Physiologische Beanspruchung der Beschäftigten beim Holztransport mit Helikopter
Autor:	Buchberger, Josef / Fahrni, Maya
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-764967

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal forestier suisse

141. Jahrgang

Februar 1990

Nummer 2

Physiologische Beanspruchung der Beschäftigten beim Holztransport mit Helikopter

Von Josef Buchberger und Maya Fahrni

Oxf.: 376:302

(Arbeitsärztlicher Dienst des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit,
CH-3003 Bern)

1. Einleitung

Die Bestrebungen nach grösstmöglicher Rationalisierung der Holzernte auch im schwierigen alpinen Gelände sowie die zunehmend anfallenden Zwangsnutzungen in unzugänglichen und verstreuten Gebieten gaben einen wohlgegründeten Anstoss zum Einsatz von Helikoptern für den Holztransport von abgelegenen Holzschlagstellen zu erschlossenen Lagerplätzen. Damit entstand in der Forstwirtschaft eine neue Art besonders risikoreicher Berufstätigkeit, die allerdings nicht durch forstliches Personal, sondern durch das Personal der beauftragten Helikoptertransportbetriebe verrichtet wird.

Im Sinne der heutigen verstärkten Anstrengungen zur Humanisierung der Arbeit sahen sich die Verantwortlichen für die Arbeitssicherheit in der schweizerischen Forstwirtschaft veranlasst, die Möglichkeiten und Lösungsansätze zur Reduktion der Arbeiterschwierisse und der gesundheitlichen Berufsrисiken im Holztransport mit Helikoptern zu untersuchen, um daraus Verbesserungen der Arbeitsorganisation abzuleiten.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde der Arbeitsärztliche Dienst des BIGA ersucht, anhand arbeitsmedizinischer Kriterien und mit Hilfe arbeitsphysiologischer Untersuchungsmethoden die obgenannten Abklärungen und Zielsetzungen zu unterstützen. Wir waren uns dabei von Anfang an bewusst, dass einer differenzierten arbeitsphysiologischen Objektivierung der zu untersuchenden Belastungseinwirkungen fast unüberwindbare methodische Grenzen gesetzt sind.

2. Methodisches Vorgehen

Um die arbeitsmedizinischen Aspekte der beruflichen Beanspruchung der Mitarbeiter beim Holztransport mit Helikoptern zu beurteilen, wurde an 17

Arbeitstagen im Laufe einer Holzerntesaison der gesamte Einsatz von zwei Equipen eines auf Holztransport spezialisierten Helikopterbetriebes mit insgesamt 23 Mitarbeitern verfolgt.

Die arbeitsmedizinische Untersuchung setzte sich aus folgenden Teilen zusammen:

- *Beobachtungen der Arbeitsabläufe* an Lastaufnahme-Arbeitsplätzen (im Bestand), an Lastablage-Arbeitsplätzen (am Lagerplatz) sowie in den Pilotkabinen der Helikopter. Diese Beobachtungen dienten vor allem als Bezugsgrundlage zu den arbeitsphysiologischen Ergebnissen. Unabhängig davon führten die Spezialisten der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen und der SUVA eingehende Arbeitsanalysen durch.
- *Ermittlung der allgemeinen körperlichen bzw. kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit* der einzelnen Mitarbeiter mittels fahrradergometrischer Leistungsversuche zur Gewinnung von Unterlagen für die Bewertung der individuellen physiologischen Beanspruchung. Auf die Beschreibung der Methodik der fahrradergometrischen Versuche mit indirekter Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme und der physischen Arbeitskapazität (PWC 150) kann hier nicht näher eingegangen werden (vgl. *Mellerowicz, H.*, Ergometrie, 1979).
- *Kontinuierliche Registrierung der Herzschlagfrequenz*, mit Hilfe kleiner am Körper zu tragender Geräte zur Aufnahme und Speicherung der Pulszahlen pro Minute (sogenannte Memokardiometrie).

Es wurden insgesamt 75 Registrierungen der Herzschlagfrequenz vorgenommen, in den meisten Fällen während etwa 24stündiger Perioden, um die Pulsfrequenz nicht nur während der Arbeit, sondern zum Vergleich auch in der Freizeit und beim Schlaf zu erfassen.

Die detaillierte Beschreibung der Memokardiometrie findet sich in einigen früheren Veröffentlichungen (zum Beispiel *Buchberger, J.*, Arbeitsmedizinische Informationen Nr. 12/1984).

- *Laktatbestimmungen im Kapillarblut* aus dem Ohrläppchen mit Hilfe eines speziellen Gerätes für enzymatische Bluttropfenanalyse. Die Bestimmungen wurden stichprobenweise sowohl bei intensiven Arbeitsbelastungen als auch in Ruheperioden vorgenommen.
- *Bestimmung der Katecholaminkonzentration im Urin* mittels der Hochdruckflüssigkeitschromatographie. Dabei interessierte vor allem das Verhältnis der Ausscheidungsrate des Adrenalins zur Ausscheidungsrate des Noradrenalins während der fraglichen Arbeitsperioden sowie in Ruhe.

Auf die Beschreibung der chemischen Analyseverfahren wird in dieser hauptsächlich für forstwirtschaftliche und ergonomisch interessierte Kreise bestimmten Schrift verzichtet.

3. Arbeitsphysiologische Ergebnisse und ihre Wertung für die Praxis

3.1 Physiologisches Leistungsvermögen der Untersuchten

Zur Beurteilung des Beanspruchungsgrades und der Zumutbarkeit von Arbeitsbelastungen ist die Kenntnis des individuellen Leistungsvermögens sehr wichtig, denn eine bestimmte Belastung kann bei einer Person mit grossem Leistungsvermögen nur unerhebliche Beanspruchung bewirken, während sie bei einer leistungsschwächeren Person bereits eine unzumutbare Beanspruchung verursacht.

Die körperliche und leistungsphysiologische Charakteristik des untersuchten Kollektivs von Holztransportmitarbeitern ist in der *Tabelle 1* zusammenge stellt.

Die Gruppe besteht durchwegs aus jüngeren gesunden Männern, die sich vorwiegend durch eine überdurchschnittliche kardiopulmonale Leistungsfähigkeit und allgemeine körperliche Rüstigkeit auszeichnen.

Die maximale Sauerstoffaufnahme pro Kilogramm Körpergewicht und die sogenannte physische Arbeitskapazität (fahrradergometrische Leistung bei einer Herzschlagfrequenz von 150 Pulsen/min = PWC 150) liegen lediglich etwa bei einem Viertel der Untersuchten im mittelmässigen Bereich, bei den übrigen können sie als gut bzw. sehr gut eingestuft werden.

Gesamthaft gesehen sind die leistungsphysiologischen Voraussetzungen für starke körperliche Belastungen – sicher nicht zuletzt dank der Selbstselektion – in dieser Gruppe vorhanden. In vereinzelten Fällen erachten wir eine nähere Überprüfung der längerfristigen körperlichen Tauglichkeit für diese Tätigkeit als angezeigt, dies gehört jedoch nicht mehr in den Rahmen der vorliegenden Studie.

Der Übergang von einem beginnenden anaeroben Stoffwechsel (Blutlaktat bei 2 mmol/l) zu einem überwiegend anaeroben (Blutlaktat bei 4 mmol/l) entspricht im Durchschnitt der fahrradergometrischen Leistung von 150 bzw. 180 Watt und der Herzschlagfrequenz von 141 bzw. 160 Puls/Minute.

Tabelle 1. Leistungsphysiologische Charakteristik des untersuchten Kollektivs.

	<i>MW</i>	<i>SA</i>	<i>Streuung</i>
Alter (Jahre)	26	6	19 – 39
Grösse (cm)	179	5	167 – 188
Gewicht (kg)	76	10	60 – 105
PWC150 (Watt)	176	37	125 – 257 (150)*
PWC150/g (Watt)	2,4	0,5	1,8 – 3,7 (2,1)*
VO ₂ max (l/min)	3,9	0,7	2,8 – 5,1 (3,3)*
VO ₂ max/g (ml/min)	51	8	41 – 70 (45)*

* Bei 25% der Untersuchten unterschreitet das kardiopulmonale Leistungsvermögen die Werte in Klammern.

MW = Arithmetischer Mittelwert *SA* = Standardabweichung

3.2 Verhalten der Herzschlagfrequenz

Die Holztransportmitarbeiter beim Helikoptereinsatz verrichten im Prinzip eine grobe dynamische Muskelarbeit, verbunden mit Zeitdruck und besonderen Anforderungen an Aufmerksamkeit und psychisch gesteuerte Verhaltensreaktionen etwa beim Anhängen und Abladen der Holzstämme.

Zur Beurteilung derartiger Beanspruchungen und ihrer Zumutbarkeit eignet sich relativ gut die kontinuierlich registrierte Herzschlagfrequenz, welche die Reaktion des Kreislaufsystems auf physische, thermische und psychische Belastungen widerspiegelt.

Als wichtigste Kennwerte gelten dabei:

- der Arbeitspuls, berechnet als Differenz zwischen der Belastungspulsfrequenz und der Ruhepulsfrequenz,
- die Arbeitspulssumme, das heißt Gesamtzahl von Herzschlägen während der täglichen Arbeitsdauer abzüglich Gesamtzahl von Herzschlägen während einer gleichdauernden Ruheperiode (Schlaf),
- die Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve, ausgedrückt als prozentualer Anteil des Bereiches zwischen dem individuellen Ruhewert und dem individuellen Maximalwert der Pulsfrequenz, welcher während der Arbeitsperiode beansprucht wird.

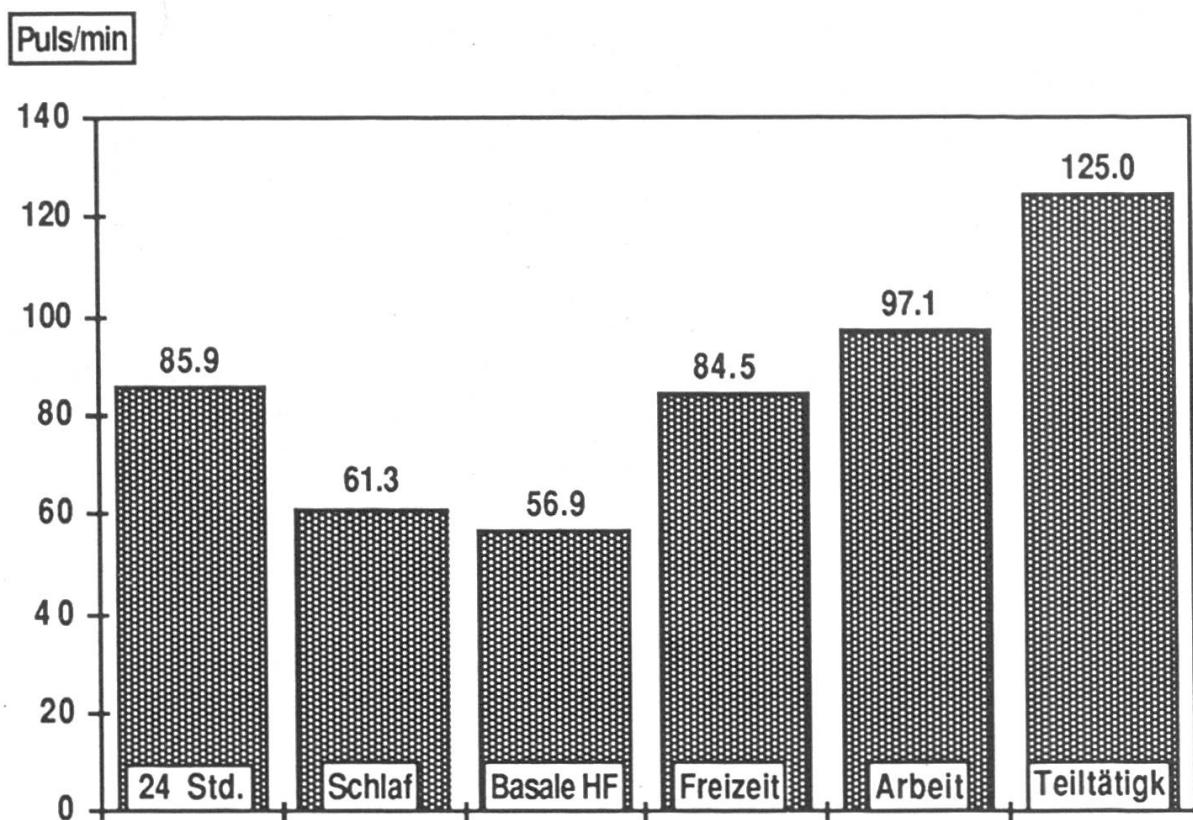


Abbildung 1. Mittelwerte der Pulsfrequenz.

Die Ergebnisse der kontinuierlichen Registrierung der Herzschlagfrequenz bzw. Pulsfrequenz sind in den Abbildungen wie folgt dargestellt:

Die *Abbildung 1* zeigt die mittlere Pulsfrequenz während verschiedener Beobachtungsperioden: Schlafperiode, zweistündige Periode mit der tiefsten Pulsfrequenz (basale Pulsfrequenzen), Freizeitperiode ohne Schlaf, Arbeitsschichtperiode sowie Periode intensiver Arbeit mit Mindestdauer einer Stunde (siehe auch *Tabelle 2*). Momentane, nur kurzdauernde – zum Teil auch grössere – Pulsfrequenzerhöhungen spielen bei der Gesamtbeanspruchung des Kreislaufs von Gesunden eine geringere Rolle.

In der *Abbildung 2* ist die mittlere Pulsfrequenz während ganzen Arbeitsperioden und während besonders belastungsintensiven Perioden im Vergleich zwischen Beschäftigten im Bestand, denjenigen am Lagerplatz und den Piloten dargestellt.

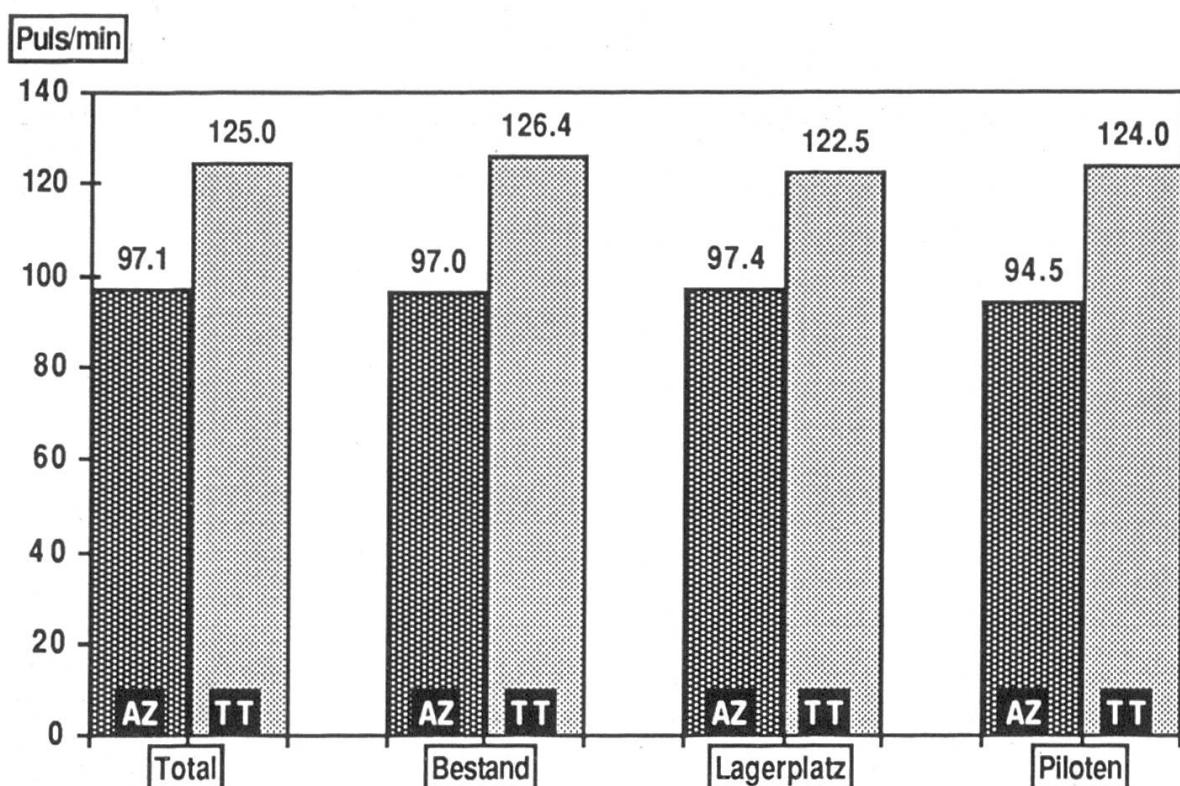


Abbildung 2. Mittlere Pulsfrequenz während der ganzen Arbeitszeit (AZ) und bei besonders anstrengenden Teiltätigkeiten (TT) von mindestens 60 min Dauer.

Eine ähnliche vergleichende Darstellung findet sich in der *Abbildung 3* für den Arbeitspuls und in der *Abbildung 4* für die Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve.

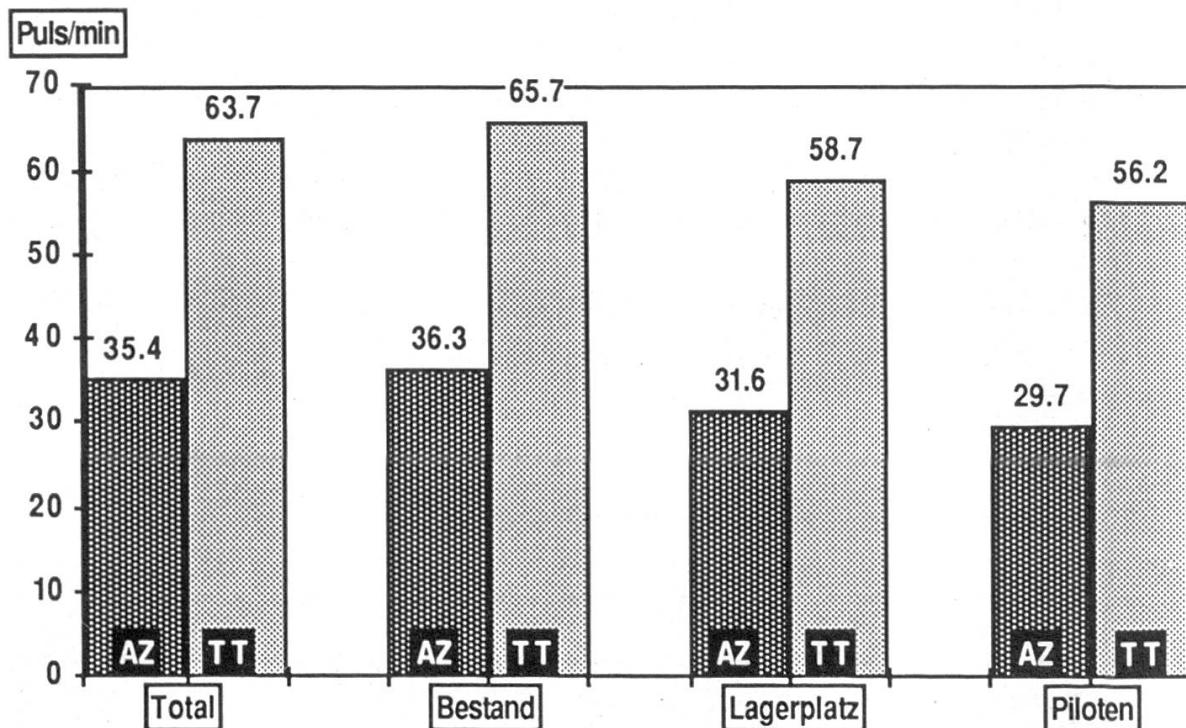


Abbildung 3. Arbeitspuls für die ganze Arbeitszeit (AZ) und für besonders anstrengende Teiltätigkeiten (TT) von mindestens 60 min Dauer.

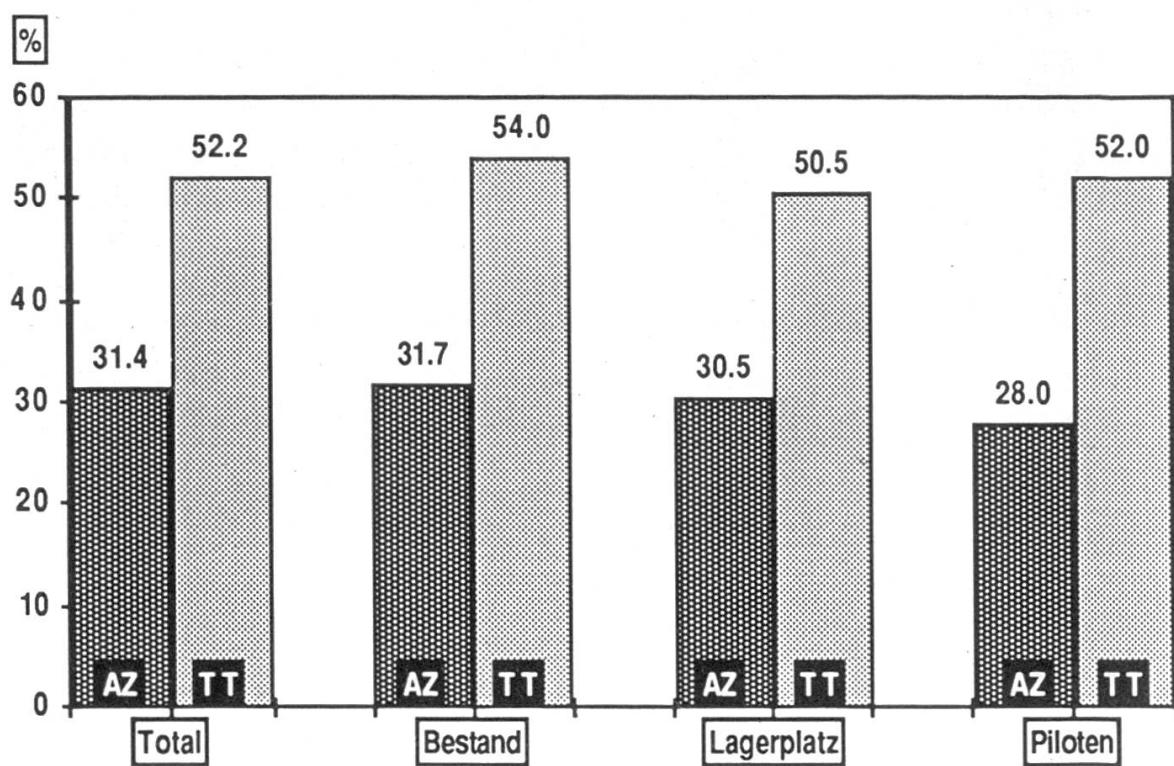


Abbildung 4. Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve.

Es fällt auf, dass die Piloten trotz ihrer wesentlich geringeren Muskelarbeit gleichwohl eine erhebliche Kreislaufbeanspruchung (hohe Pulsfrequenz) aufweisen. Dies ist unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Katecholaminausscheidung (siehe Abschnitt 3.4) vorwiegend auf eine starke konzenttrative Beanspruchung zurückzuführen. Ganz besonders gross zeigte sich die physiologische Beanspruchung der Piloten unter erschwerten, ungewohnten Bedingungen (Krammontage).

Die *Abbildung 5* zeigt die durchschnittliche Arbeitspulssumme im Vergleich zwischen den Beschäftigten im Bestand und denjenigen am Lagerplatz sowie zwischen der Puma- und Lama-Equipe.

Die Arbeitspulssumme ist wegen der häufig verlängerten Arbeitszeiten im Vergleich mit den anerkannten Limiten (15 000–16 000) generell ausserordentlich hoch.

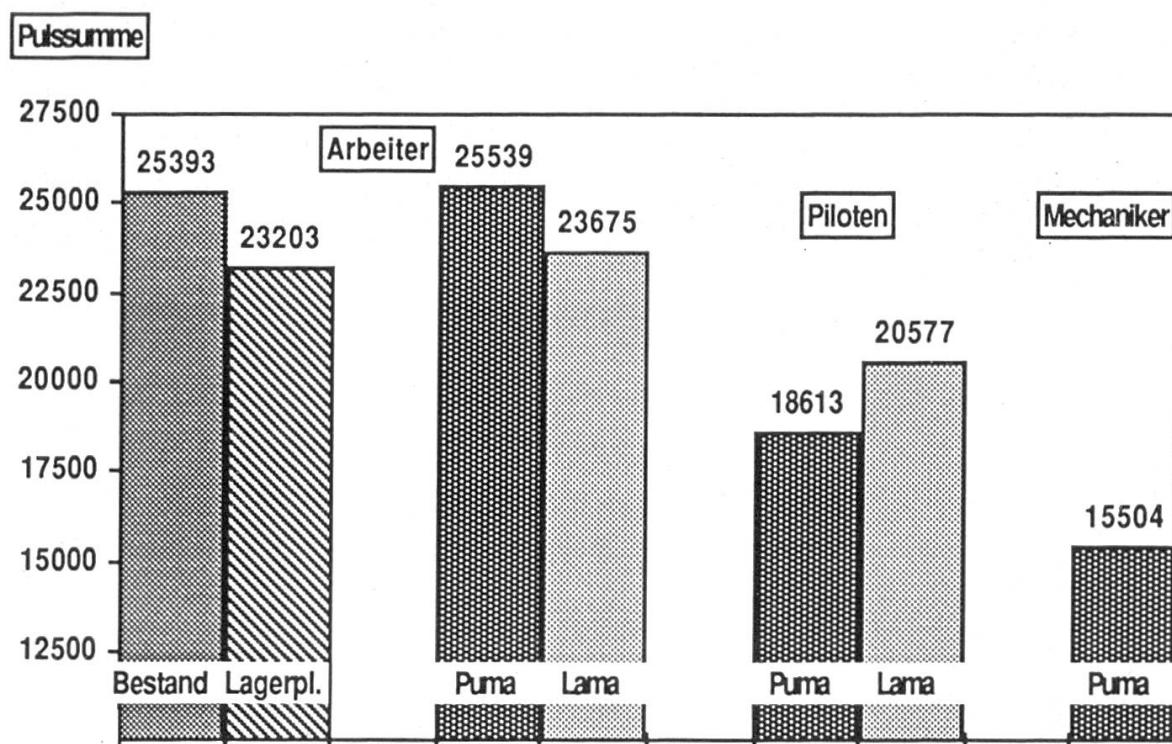


Abbildung 5. Durchschnittliche Arbeitspulssumme.

In der Abbildung 6 findet sich die vergleichende Darstellung des indirekt (rechnerisch) ermittelten mittleren Energieaufwandes bei Arbeit im Bestand und am Lagerplatz. Dieser unterscheidet sich nicht erheblich vom Energieaufwand bei Holzerntearbeiten.

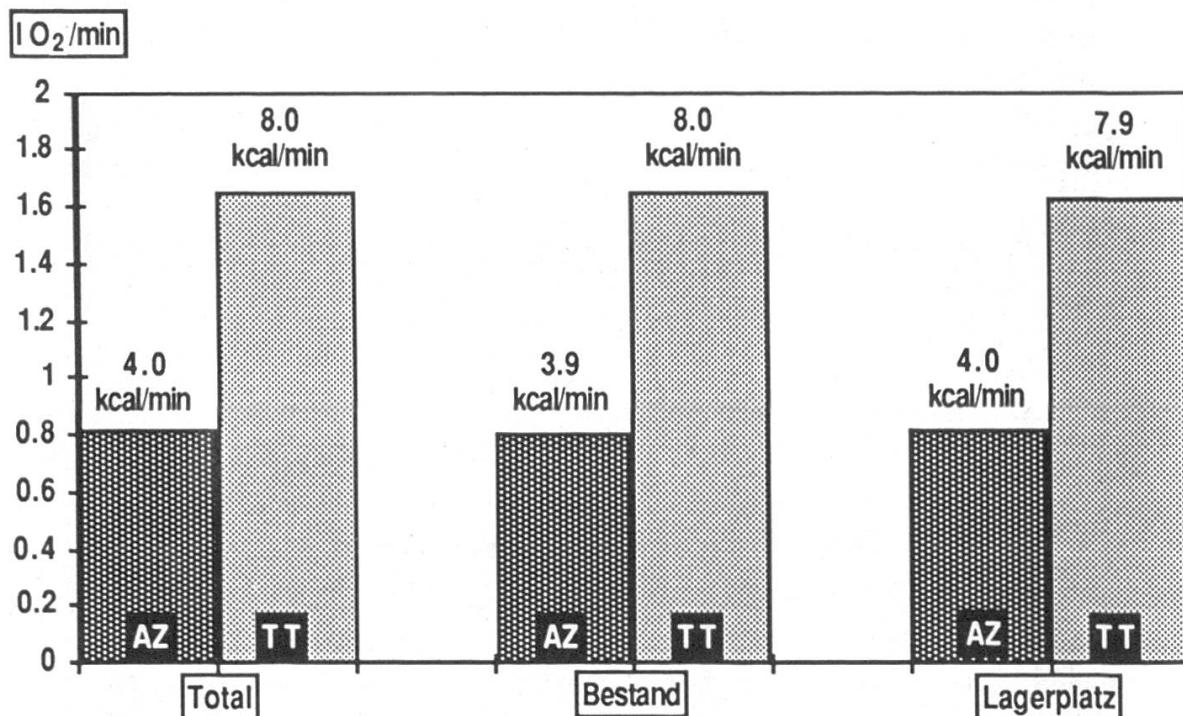


Abbildung 6. Energieaufwand während der ganzen Arbeitszeit (AZ) und besonders anstrengenden Teiltätigkeiten (TT) von mindestens 1 Std. Dauer (in Liter Sauerstoff und kcal pro Minute).

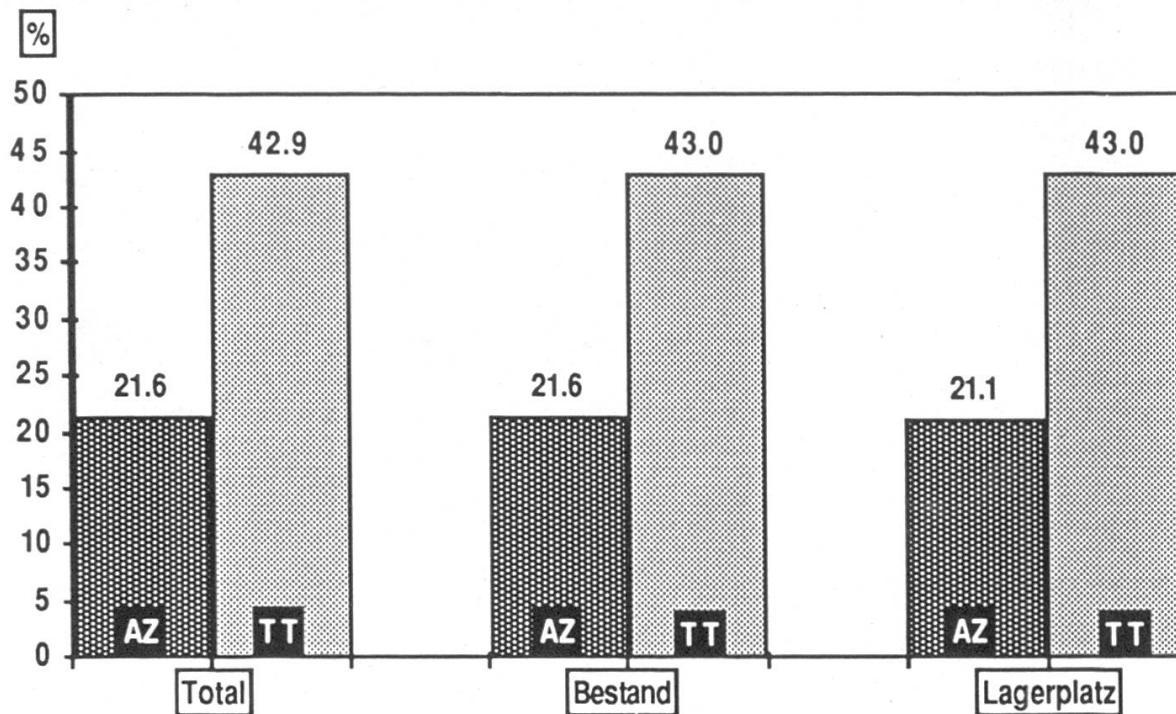


Abbildung 7. Beanspruchter Anteil des maximalen Sauerstoffsverbrauchs während der ganzen Arbeitszeit (AZ) und besonders anstrengenden Teiltätigkeiten (TT) von mindestens 1 Std. Dauer.

Die Abbildung 7 veranschaulicht in ähnlicher Weise den beanspruchten Anteil des maximalen Sauerstoffaufnahmevermögens.

Als ergänzender Einblick in die Beanspruchungsstruktur der Holztransportmitarbeiter ist in den Abbildungen 8, 9, 10 und 11 die durchschnittliche Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses dargestellt. Zudem ist in der Abbildung 12 die Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses bei einer extremen Belastung auf dem Lagerplatz aufgezeichnet.

Arbeitspuls

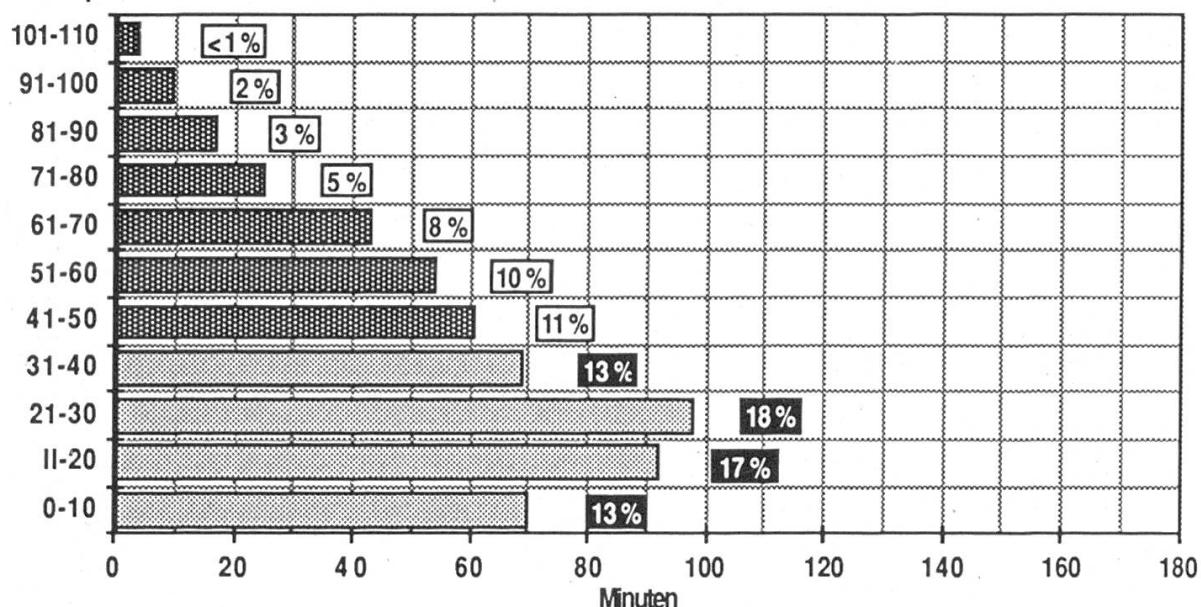


Abbildung 8. Durchschnittliche Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses im Bestand und auf dem Lagerplatz.

Arbeitspuls

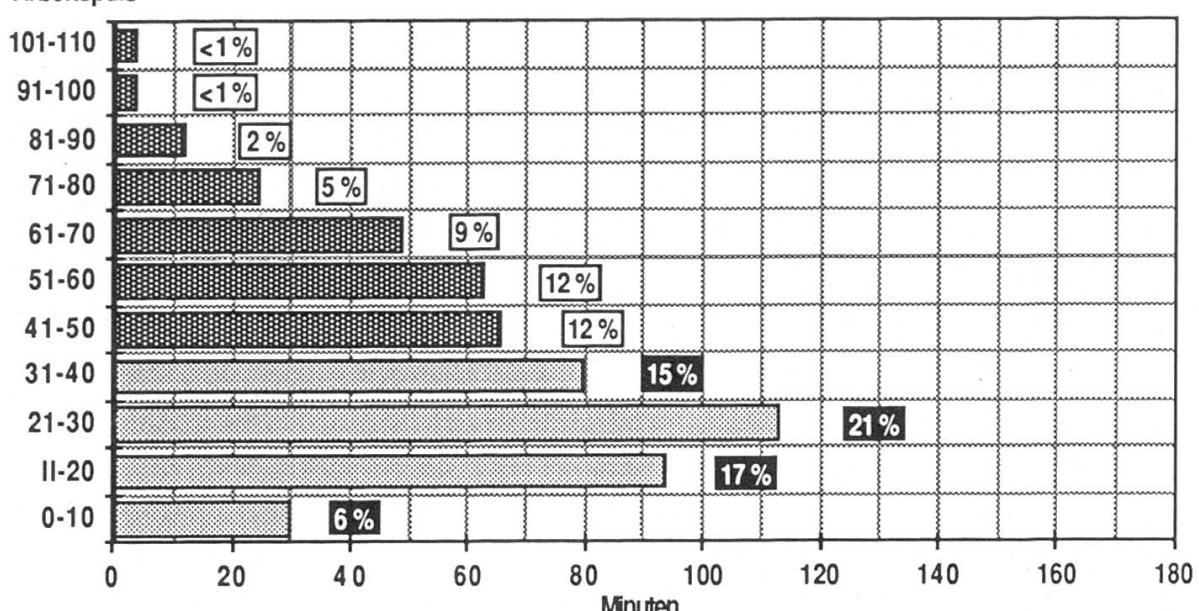


Abbildung 9. Durchschnittliche Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses bei Arbeiten im Bestand.

Arbeitspuls

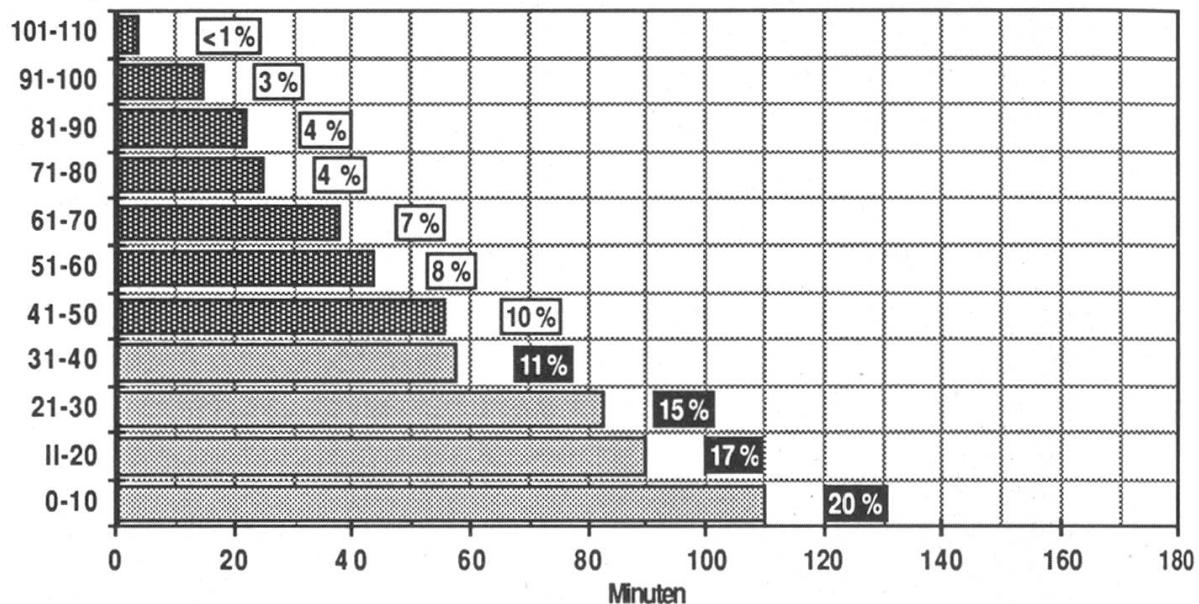


Abbildung 10. Durchschnittliche Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses bei Arbeiten auf dem Lagerplatz.

Arbeitspuls

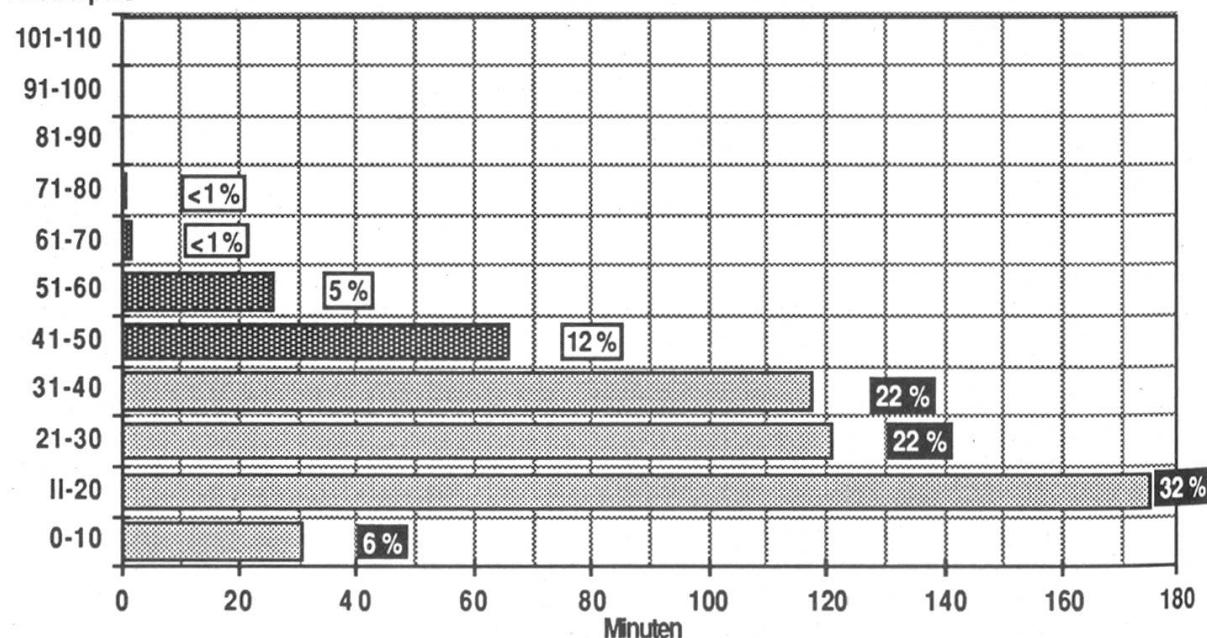


Abbildung 11. Durchschnittliche Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses der Piloten.

Arbeitspuls

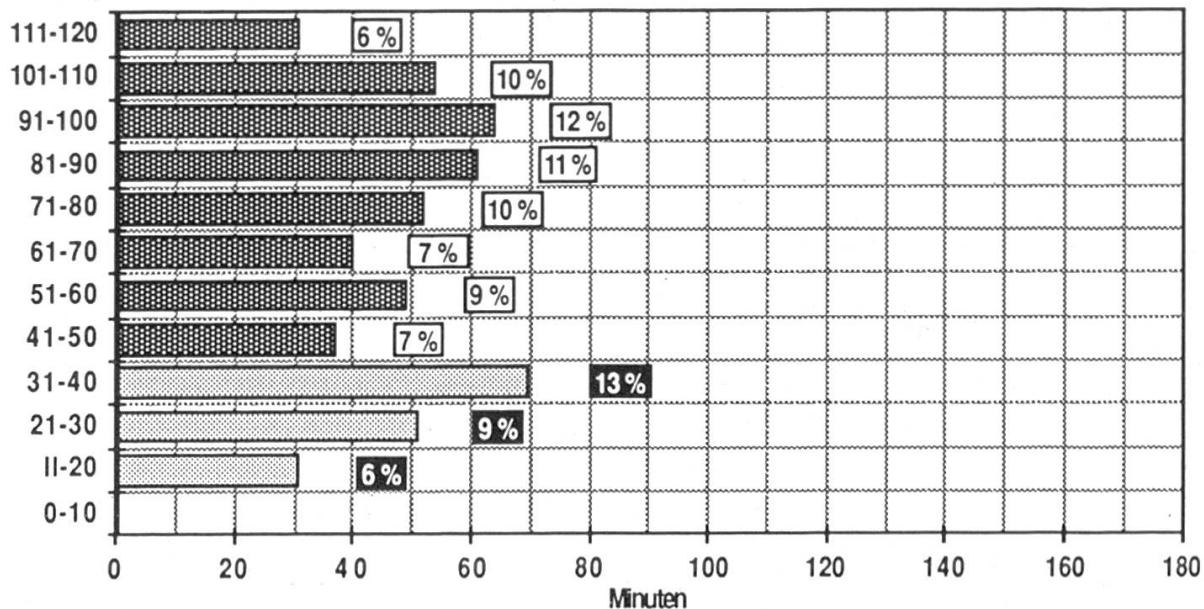


Abbildung 12. Häufigkeitsverteilung des Arbeitspulses bei einer extremen Belastung auf dem Lagerplatz.

Tabelle 2. Mittlere Herzschlagfrequenz während verschiedener Aktivitätsperioden, Arbeitspuls und Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve.

		<i>MW</i>	<i>SA</i>	<i>Streuung</i>
Basalperiode	(Puls/min)	57	6	41 – 71
Schlaf (total)	(Puls/min)	61	7	44 – 74
Arbeitsschicht	(Puls/min)	97	9	74 – 121
Anstrengende Teiltätigkeiten	(Puls/min)	125	12	98 – 143
Freizeit (ohne Schlaf)	(Puls/min)	85	9	64 – 107
24-Stunden	(Puls/min)	86	7	70 – 101
Arbeitspuls	(Puls/min)	35	12	18 – 59
Arbeitspuls bei intensiven Teiltätigkeiten	(Puls/min)	64	18	36 – 86
Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve pro Arbeitsschicht	(%)	31	8	18 – 46

Aufgrund unserer langjährigen Erfahrungen und unter Berücksichtigung entsprechender Erkenntnisse in der Literatur lässt sich die an der Pulsfrequenzreaktion gemessene Arbeitsbeanspruchung wie in den *Tabellen 3, 4 und 5* dargestellt bewerten.

Tabelle 3.

<i>Mittelwert für die ganze Arbeitszeit</i>	<i>Arbeitspuls</i>	<i>Mittelwert für kürzere Arbeitsperioden (20 min)</i>	<i>Bewertung der Arbeitsschwere</i>
0 – 9		0 – 15	sehr leicht
10 – 18		16 – 30	leicht
19 – 27		31 – 45	mittelschwer
28 – 36		46 – 60	schwer
37 – 45		61 – 75	sehr schwer
über 45		über 75	äusserst schwer (übermässig)

Tabelle 4.

<i>Arbeitspulssumme bezogen auf tägliche Arbeitsdauer</i>	<i>Bewertung der Arbeitsbeanspruchung</i>
bis 4 000	sehr gering
4 000 – 8 000	gering
8 000 – 12 000	mittel
12 000 – 16 000	stark
16 000 – 20 000	sehr stark
über 20 000	äusserst stark (übermässig)

Tabelle 5.

<i>Beanspruchter Anteil der Pulsfrequenzreserve ganze Arbeitszeit</i>	<i>Arbeitsperioden (bis 30 min)</i>	<i>Bewertung der Arbeitsbeanspruchung</i>
0 – 10	0 – 15	sehr gering
11 – 20	16 – 30	gering
21 – 30	31 – 45	mittel
31 – 40	46 – 60	stark
41 – 50	61 – 75	sehr stark
über 50	über 75	äusserst stark (übermässig)

Die Bewertungstabellen weichen zum Teil von unseren früheren Angaben leicht ab, da neuerdings von der Ruhepulsfrequenz statt von der Basalpulsfrequenz ausgegangen wird und weil aufgrund weiterer Erfahrungen eine Revision der Bewertungsunterlagen fällig wurde.

Wie aus den beiliegenden graphischen und tabellarischen Darstellungen ersichtlich, zeigen die durchschnittlichen Arbeitspuls-werte der Beschäftigten beim Holztransport mit Helikopter eine starke Kreislaufbeanspruchung und damit eine erhebliche Arbeitsschwere. Bei einem kleinen Teil der Untersuchten muss sogar von einer sehr starken bis äusserst starken Kreislaufbeanspruchung gesprochen werden. Allerdings unterscheidet sich der durchschnittliche Arbeitspuls beim Holztransport mit Helikopter trotz den besonderen Arbeitserschwerissen nicht wesentlich vom Arbeitspuls bei der Holzernte oder ist sogar etwas niedriger. Dies ist offensichtlich darauf zurückzuführen, dass die Holzernte insgesamt mehr dynamische Muskelarbeit und damit einen höheren Energieaufwand erfordert (vgl. Buchberger, J., *Butora, V.* 1979, Buchberger, J. 1981).

Die Arbeitspulssumme beim Holztransport mit Helikopter spricht bereits im Durchschnitt für eine ausserordentlich starke Arbeitsbeanspruchung. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Arbeitspulssumme neben der Intensität zugleich die Gesamtdauer der Beanspruchung widerspiegelt.

Auch die Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve deutet auf eine erhebliche Arbeitsschwere hin, obschon dies nicht so deutlich zum Ausdruck kommt wie beim Arbeitspuls. Die Erklärung liegt darin, dass die untersuchten Holztransportmitarbeiter in Anbetracht ihres jungen Alters eine relativ grosse Pulsfrequenzreserve aufweisen.

Der indirekt ermittelte Sauerstoffverbrauch und der daraus berechnete Energieaufwand auf Arbeit deuten gleichwohl auf Schwerarbeit hin, sofern man bedenkt, dass die körperliche Arbeit der Holztransportmitarbeiter zum Teil in ungünstigen Körperlagen und mit häufigen Belastungsverlagerungen auf die Arme verrichtet wird.

Zwischen den Arbeiten auf dem Lagerplatz (Abladen der Holzstämme) und im Bestand (Anhängen der Holzstämme) ergaben sich keine eindeutigen Unterschiede der Kreislaufbeanspruchung, sondern lediglich eine Tendenz zur Mehrbeanspruchung im Bestand. Im Vergleich der Equipen der zwei Heli-Typen *Lama* und *Puma* war eine gewisse Tendenz zur Mehrbeanspruchung einerseits bei der *Lama*-Equipe, unter Berücksichtigung der Arbeitspulssumme (das heisst einschliesslich Zeitkomponente) hingegen bei der *Puma*-Equipe feststellbar.

Die voneinander abweichenden Ergebnisse der physiologischen Beanspruchungsreaktionen, die keine eindeutige Zuordnung zum Arbeitsbereich oder zur Equipe erlauben, lassen sich nur durch variierendes Zusammenwirken mehrerer beteiligter Einflussfaktoren erklären.

So waren zum Beispiel unter Hitzebedingungen (26 bis 30 °C im Schatten) im Durchschnitt eine grössere Pulsfrequenzerhöhung und eine um etwa 6% höhere Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve als bei vergleichbarer Arbeit mit tieferen Temperaturen feststellbar. Ferner wurden gelegentlich in jeweils personell unterbesetzten Arbeitsbereichen (zum Beispiel an einem mit 2 Mann

besetzten Lagerplatz, wenn zugleich im Bestand 3mal 2 Mann im Einsatz standen) erhöhte Pulsfrequenzreaktionen gemessen. Wegen der stets variierenden Kombination und Stärke der beteiligten Einflüsse kann aber die Rolle der einzelnen Faktoren nicht quantitativ erfasst werden.

Als relativ schwerwiegend erachten wir den Befund, dass der Arbeitspuls berechnet auf ganze Schicht bei einem Viertel der Beobachtungen oberhalb von 40/min, vereinzelt sogar oberhalb von 50/min und die Beanspruchung der Pulsfrequenzreserve zu einem Viertel oberhalb von 35% und vereinzelt bis 45% zu finden waren. Dies deutet bereits auf eine allzu starke Arbeitsbeanspruchung der betreffenden Personen hin.

Im *Anhang* sind einige Beispiele individueller Pulsfrequenzkurven wiedergegeben.

3.3 Veränderungen der Laktatkonzentration im Kapillarblut

Die normalerweise beim Gesunden ohne grössere körperliche oder psychische Belastung und ohne Einnahme einiger zu vermehrter Laktatproduktion führender Stoffe vorhandene Laktatkonzentration im arteriellen bzw. im Kapillarblut beträgt zwischen 0,5 und 1,5 mmol pro Liter. Für weniger intensive Muskelarbeit wird die Energie ausschliesslich durch chemische Reaktionen der Nährstoffe (vor allem Fett und Kohlenhydrate) mit Sauerstoff (auf aerobem Weg) freigesetzt. Für intensive Muskelarbeit, aber auch bei starker konzentrativer Belastung (mit erhöhtem Muskeltonus), reicht die Sauerstoffzufuhr zu den Muskelzellen mittels der Kreislauf-Atmung-Funktionen nicht mehr aus, um den Sauerstoffbedarf zu decken, und wahrscheinlich sind auch die Muskelzellen infolge enzymatischer Engpässe nicht in der Lage, genügend Sauerstoff aufzunehmen. Deshalb wird ein Teil der Energie für die Muskelarbeit durch weniger effiziente chemische Vorgänge ohne Sauerstoffbeteiligung (auf anaerobem Wege) freigesetzt.

Bei beruflichen Belastungen wird jede Arbeit mit anaerober Energiefreisetzung — anders als bei intensiven Sportleistungen — bereits als Anzeichen einer Überbeanspruchung gewertet und gilt, abgesehen von gelegentlichen Ausnahmesituationen, als unzumutbar.

Der Übergang zwischen einer sauerstoffbedingten (aeroben) und einer überwiegend sauerstoffunabhängigen (anaeroben) Energiefreisetzung wird konventionell durch die sogenannte aerobe Schwelle bei 2 mmol/l Laktat und sogenannte anaerobe Schwelle bei 4 mmol/l Laktat abgegrenzt (vgl. Buchberger, J. 1979, Rohmert, W., Rutenfranz, J. 1983).

Bei unseren Untersuchten beträgt die stichprobenweise ermittelte maximale Laktatkonzentration im Kapillarblut während der Arbeit durchschnittlich 2,8 mmol/l, sie liegt also oberhalb der aeroben Schwelle (siehe *Tabelle 6*). Dies belegt zwar eine häufig vorkommende sehr starke physiologische Beanspru-

chung; Hinweise auf eine unzumutbare Beanspruchung durch Werte oberhalb der anaeroben Schwelle (4 mmol/l) wurden jedoch nur ausnahmsweise ange troffen.

Tabelle 6. Laktatkonzentration im Kapillarblut in mmol pro Liter.

	<i>MW</i>	<i>SA</i>	<i>Streuung</i>
Ruhewerte	1,1	0,3	0,6–2,3
Maximale individuelle Arbeitswerte	2,8	1,2	1,2–5,3
25% Stichproben mit den höchsten Laktatwerten	3,7	1,2	3,2–5,3

3.4 Ausscheidung der Katecholamine im Urin

Wertvolle Hinweise für eine nähere Beurteilung von Arbeitsbeanspruchungen vor allem mit starken psychischen (konzentrativen oder emotionellen) Belastungskomponenten können anhand der Katecholaminausscheidung (Hormone des Nebennierenmarks Adrenalin und Noradrenalin) im Urin gewonnen werden.

Dazu muss der während einer bestimmten Beanspruchungsperiode und allenfalls einige Zeit danach entstandene Urin einer relativ anspruchsvollen Bestimmung des Noradrenalins und des Adrenalins sowie einer Volumenmessung unterzogen werden. Da es bei natürlichen Arbeitseinsätzen manchmal nicht möglich ist, die Zeitperioden zwischen zwei Urinabgaben genau festzustellen, geschweige denn im voraus festzulegen, wird die Katecholaminausscheidung häufig auf die Gewichtseinheit des individuell relativ konstant ausgeschiedenen Stoffwechselproduktes Kreatinin statt auf Zeiteinheit berechnet.

Für die Ermittlung psychischer Belastungseinwirkungen sind vor allem das Verhältnis zwischen Adrenalin- und Noradrenalinausscheidung (in Ruhe 1/15 – 1/6) und dessen beanspruchungsbedingte Veränderungen (bei starken psychischen Belastungen 1/4–1/1) gegenüber den Ruheperioden ausschlaggebend. Die absoluten Ausscheidungsraten der Katecholamine besitzen hier dagegen wegen einer grossen interindividuellen Variabilität – dies auch unter Ruhebedingungen – nur wenig Aussagekraft. Wegen häufiger unregelmässiger Abweichungen ist auch die Beurteilung individueller Beanspruchungen etwas problematisch (vgl. *Timio, M. et al. 1979, Keul, J. et al. 1978, Lehmann, M. et al. 1982*).

Für die Beurteilung der durchschnittlichen (gruppenbezogenen) Beanspruchung durch Muskelarbeit und psycho-emotionelle Belastungen können aufgrund unserer bisherigen Erfahrungen und aufgrund der ausgewerteten Literatur die Richtzahlen der *Tabellen 7 und 8* herangezogen werden.

Tabelle 7. Charakteristische Veränderung der Katecholamin-Ausscheidung gegenüber Ruhewertewerten (Multiplikatoren).

Beanspruchung durch:	Noradrenalin	Adrenalin	Verhältnis Adrenalin/ Noradrenalin
Leichtere, bis mittelschwere Muskelarbeit	> 1 – 2x	> 1 – 2x	~ 1x
Schwere Muskelarbeit	2 – 4x	2 – 4x	0,9 – 1,0x
Sehr schwere Muskelarbeit, Leistungssport	5 – 8x	3 – 6x	0,7 – 0,9x
Mässige bis mittelstarke konzenttrative Belastung	1 – > 1x	> 1 – 2x	1 – 2x
Starke konzenttrative bzw. emotionale Belastung	> 1 – 2x	2 – 5x	2 – 3x
Sehr starke konzenttrative bzw. emotionale Belastung	2 – 6x	6 – 15x	4 – 8x

Tabelle 8. Durchschnittliche Katecholaminausscheidung im Urin.

	Noradrenalin μg/g Kreatinin	Adrenalin ng/min	Adrenalin μg/g Kreatinin	Adrenalin/ Noradrenalin
<i>Transportarbeiter</i>				
Ruhewerte	10,5	~ 1	1,2	~ 1,5
Beanspruchungswerte	24,4	~ 30	3,7	~ 4,5
– davon obere 25 %	34 – 60	~ 42 – 70	4 – 20	~ 5 – 23
Veränderung gegenüber Ruhewert	2,5x		3x	1,5x
<i>Piloten</i>				
Ruhewerte	16,3	~ 20	1,8	~ 2
Beanspruchungswerte	22,3	~ 27	11,2	~ 13
– davon obere 25%	31 – 48	~ 38 – 58	14 – 33	~ 16 – 38
Veränderung gegenüber Ruhewert	1,5x		6x	4,5x

Die vorliegenden Ergebnisse der Katecholaminausscheidung zeigen bei den im Bestand und auf Lagerplätzen tätigen Holztransportarbeitern eine ausgeprägte sympatho-adrenale Reaktion, die einerseits für eine erhebliche muskuläre Beanspruchung und zugleich für eine starke konzenttrative bzw. emotionale Beanspruchung kennzeichnend ist. Speziell die Befunde bei den Piloten belegen sehr eindrücklich die in manchen Arbeitssituationen ausserordentlich starke konzenttrative Beanspruchung. Eine Grenze zwischen noch zumutbaren und nicht mehr zumutbaren Arbeitsbeanspruchungen lässt sich anhand der Katecholaminausscheidung nicht definieren.

4. Schlussfolgerungen

Unter Zuhilfenahme moderner wissenschaftlicher Methoden zur arbeitsphysiologischen Bewertung beruflicher Beanspruchungen kann über die Tätigkeit der Beschäftigten beim Holztransport mit Helikoptern folgendes ausgesagt werden:

- Sowohl die Tätigkeiten im Bestand (Anhängen der Holzstämme) als auch diejenigen am Lagerplatz (Abladen der Holzstämme) entsprechen einer kombinierten starken Belastung vor allem des Bewegungsapparates, des Herz-Kreislauf-Systems sowie der psychischen Konzentration. Sie bewirken Reaktionen der Hormone, des Kreislaufes und des Stoffwechsels, die für eine körperliche und konzentратiv Beanspruchung höheren Grades charakteristisch sind.
- Eine solche im Durchschnitt recht starke Beanspruchung ist in gesundheitlicher Hinsicht nicht für jedermann unzumutbar, sie erfordert aber eine regelmässige Überwachung des Gesundheitszustandes.
- Zwischen den Arbeiten im Bestand und denjenigen am Lagerplatz sind keine eindeutigen bzw. regelmässigen Unterschiede physiologischer Beanspruchungsreaktionen erkennbar. Ebensowenig unterscheiden sich in dieser Hinsicht die Lama- und die Pumaequipe voneinander.

Gewisse unregelmässige Unterschiede oder Tendenzen in der physiologischen Beanspruchung lassen sich auf variable Arbeitsgegebenheiten zurückführen, wie zum Beispiel Frequenz der Anflüge (Zeitdruck), Terrainerschwerisse, ungünstige Temperaturverhältnisse, arbeitserschwerende Beschaffenheit der Holzstämme, unvorhergesehene Störungen an Arbeitsmitteln oder im Arbeitsvorgang sowie ungünstige Anordnung des Arbeitsplatzes.

Konkrete Engpässe wurden gelegentlich sowohl im Bestand als auch am Lagerplatz beobachtet, indem die betroffenen Transportmitarbeiter offensichtlich wegen relativer Unterbesetzung des jeweiligen Arbeitsplatzes unter Zeitdruck geraten waren.

- Bei der Betrachtung der interindividuellen Unterschiede in den physiologischen Beanspruchungsreaktionen unter vergleichbaren Belastungen fällt auf, dass ein bestimmter Teil der untersuchten Holztransportmitarbeiter – etwa ein Viertel – durch sehr strenge und lange Arbeitstage übermäßig belastet sind. Hier macht sich das Fehlen der arbeitsmedizinischen Betreuung besonders spürbar.
- Bedenklich aus arbeitsmedizinischer Sicht sind ferner die immer wieder vor kommenden verlängerten Arbeitszeiten, die ihren Grund in Kompensation schlechter Witterungsperioden oder sonstiger Arbeitsstörungen, Rentabilität, Zeitdruck sowie in der Verdienstfrage haben. Unter solchen Bedingungen muss allenfalls zufolge einer ungenügenden Erholung mit einem erhöhten Risiko für Unfallereignisse und die Gesundheit gerechnet werden.

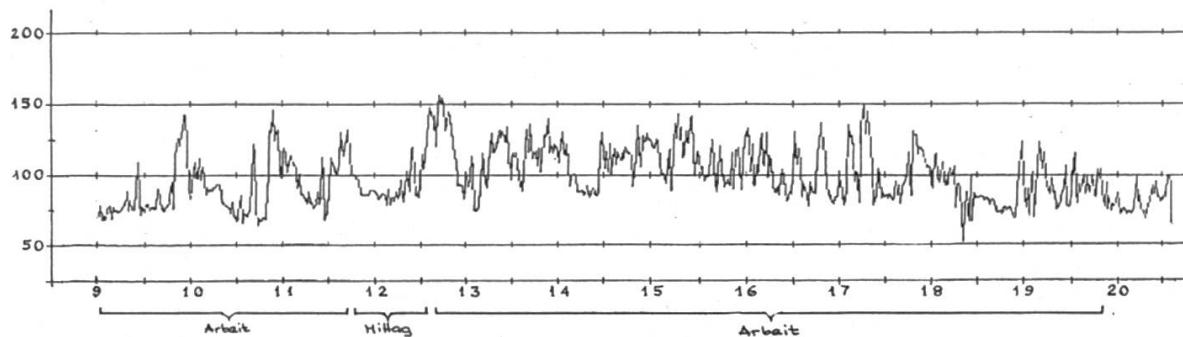
Zur Reduktion der gesundheitlichen Risiken und Humanisierung der Arbeit der Holztransportmitarbeiter beim Helikoptereinsatz kann eine Reihe von organisatorischen Vorkehrungen empfohlen werden. Es sind dies:

- Begrenzung der Schichtdauer auf maximal 8 Stunden oder bei zusätzlichen Erschwernissen auf eine noch geringere Stundenzahl, Gewährleistung einer Erholungszeit von mindestens 12 Stunden zwischen zwei Schichten.
- Verstärkung der Equipen in den Arbeitsbereichen mit erhöhter Gefahr von Engpässen, um Zeitdruck und damit verbundene Überbeanspruchungen zu vermeiden.
- Intensivierung vorsorglicher Massnahmen gegen unvorhergesehene, zusätzlich belastende Störungen an Arbeitsmitteln (Geräte- und Maschinenunterhalt) und in Arbeitsvorgängen (Optimierung der Arbeitsabläufe).
- Abbau der Akkordentlöhnnung zugunsten der Stundenentlöhnnung.
- Obligatorische Abklärungen der gesundheitlichen Eignung und der physiologischen Belastbarkeit; es sollen nur junge Männer mit überdurchschnittlichem körperlichem Leistungsvermögen und ausgeprägtem Verantwortungsbewusstsein zugelassen werden.
- Regelmässige arbeitsmedizinische Betreuung; ein kompetenter, sowohl mit dem Gesundheitszustand und dem Leistungsvermögen der Beschäftigten als auch mit ihren aktuellen Arbeitsbedingungen und ihrer Tätigkeitsstruktur vertrauter Arbeitsmediziner wäre besonders gut in der Lage, die Gesundheit dieser Arbeitnehmer zu überwachen, dabei die Quellen und Zusammenhänge der gesundheitlichen Risiken zu erfassen und wirksame – auch individuelle – Präventivmassnahmen anzuregen.
- Aufklärung und Motivierung der Mitarbeiter in bezug auf gesundheitsbewusstes Verhalten und Unfallverhütung.

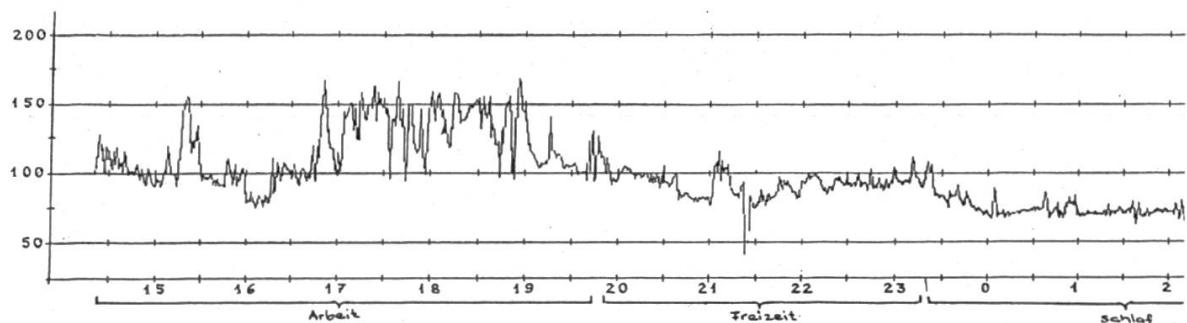
Solche Massnahmen dürften gegenwärtig zum Teil schwierig realisierbar sein, vom arbeitsmedizinischen Standpunkt aus gesehen sind sie dennoch dringend angezeigt. Es muss die Aufgabe der Verantwortlichen für die Arbeitsorganisation sein, die zu übermässigen Belastungen disponierenden Engpässe frühzeitig bzw. im voraus zu erkennen und nach Möglichkeit Voraussetzungen für die Realisierung der oben aufgezählten Schutzmassnahmen zu schaffen. Ganz besonders wichtig wäre unseres Erachtens die arbeitsmedizinische Betreuung dieser mit erheblichem Unfall- und Gesundheitsrisiko behafteten Berufsgruppen – im Hinblick auf den Charakter der Helikopter-Betriebe allerdings ein schwer lösbares Problem.

Selbst wenn sich alle die vorgeschlagenen Schutzmassnahmen im gewünschten Umfang durchsetzen liessen, muss jedoch bei dieser Berufsgruppe mit einem mehr oder weniger überdurchschnittlichen Unfall- und Gesundheitsrisiko gerechnet werden, dem gemeinsam durch die Verantwortung der Betriebe für die Arbeitsorganisation und die Selbstverantwortung der Beschäftigten zu begegnen ist.

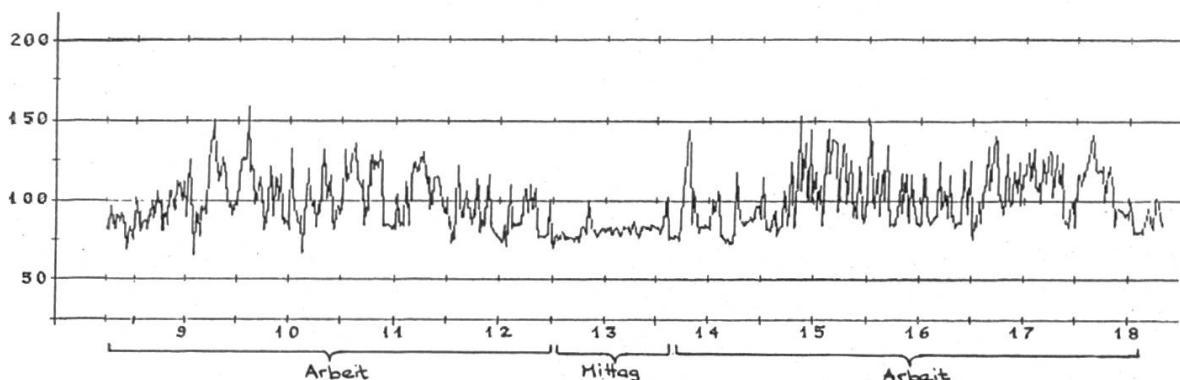
Anhang:



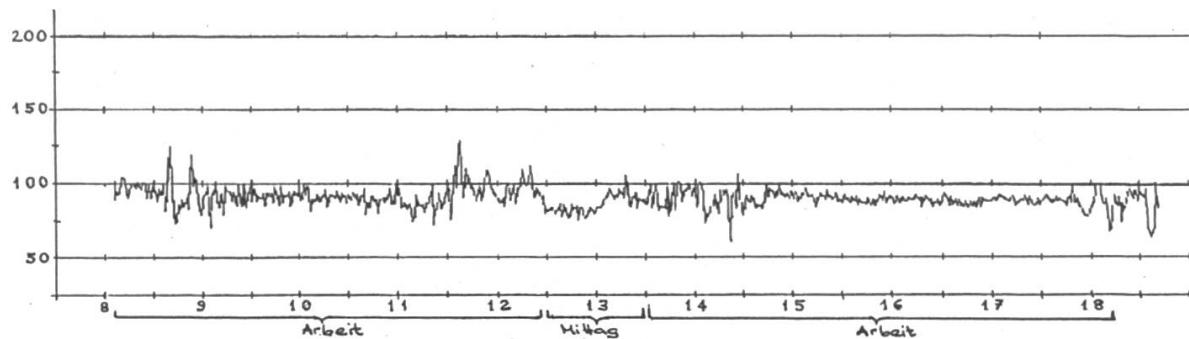
Eine typische Pulsfrequenzkurve, die etwa der durchschnittlichen Beanspruchung im Bestand entspricht (Equipe Puma).



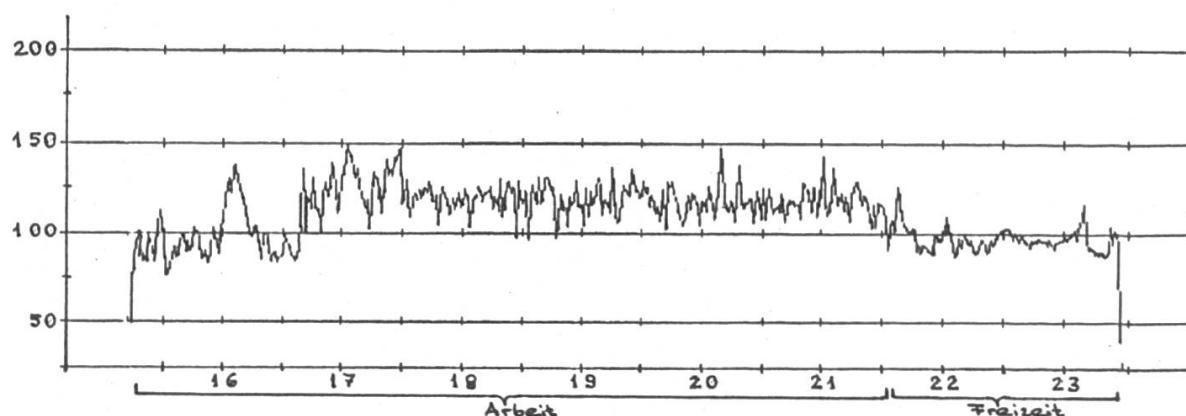
Beispiel einer besonders starken Beanspruchung im Bestand (Equipe Puma).



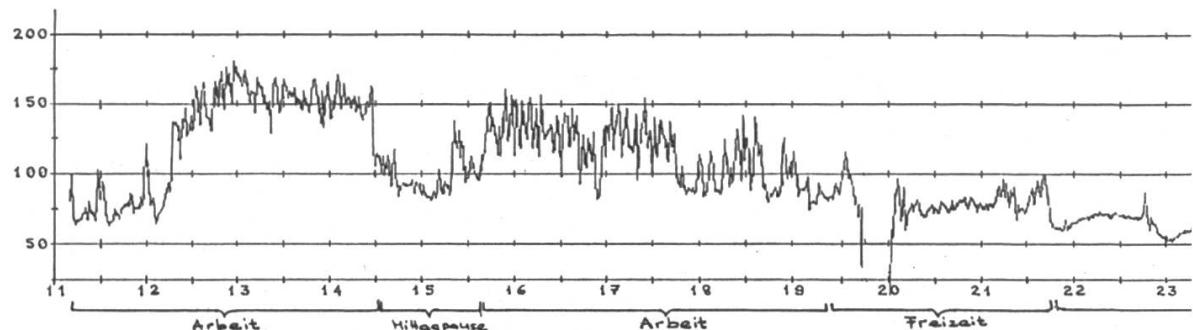
Eine typische Pulsfrequenzkurve, die etwa der durchschnittlichen Beanspruchung im Bestand entspricht (Equipe Lama).



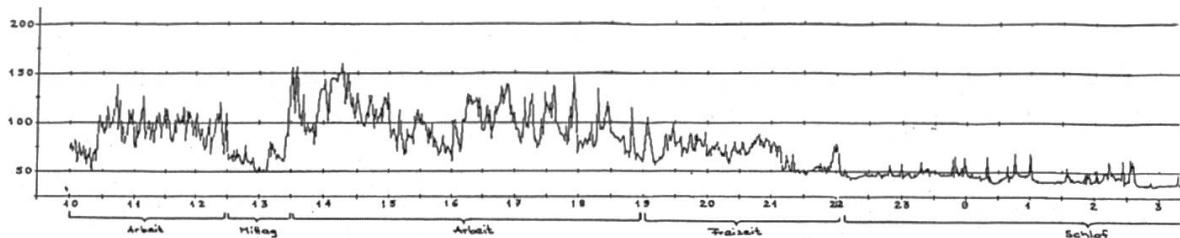
Eine typische Pulsfrequenzkurve, die etwa der durchschnittlichen Beanspruchung eines Piloten entspricht (Equipe Lama).



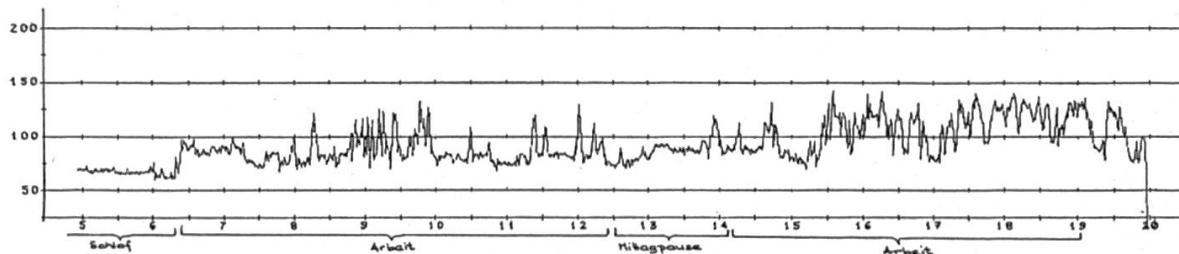
Beispiel einer typischen Pulsfrequenzkurve, die etwa der durchschnittlichen Beanspruchung auf dem Lagerplatz entspricht (Equipe Lama).



Beispiel einer besonders starken Beanspruchung auf dem Lagerplatz (mitarbeitender Forstwirt).



Beispiel einer besonders starken Beanspruchung im Bestand (Equipe Puma) bei einem Mitarbeiter mit sehr tiefen Ruhewerten.



Beispiel einer unterschiedlichen Beanspruchung durch vergleichbare Arbeit an zwei verschiedenen Lagerplätzen (Equipe Puma).

Résumé

Effort physiologique des travailleurs occupés au transport du bois par hélicoptère

Le transport du bois par hélicoptère à partir d'endroits retirés où il est abattu jusqu'aux lieux aménagés pour l'entreposer est lié à de nombreux risques pour les personnes exerçant cette activité professionnelle.

Les 75 enregistrements continus de la fréquence cardiaque ont indiqué 35 pulsations à l'effort par minute et 24 500 pulsations à l'effort pour une journée de travail. Pour les pilotes, ces valeurs sont respectivement 30 et 20 000 pulsations. La concentration moyenne de l'acide lactique dans le sang capillaire atteint 2,8 mmol/l. L'élimination de la noradrénaline dans l'urine est en moyenne de 2,5 fois plus élevée que celle observée durant le repos, de 3 fois supérieure à celle de l'adrénaline et de 1,5 fois plus élevée que le rapport entre l'adrénaline et la noradrénaline; en ce qui concerne les pilotes, ces valeurs sont respectivement 1,5, 6 et 4,5 fois.

Les travaux qui ont fait l'objet de cette étude ont révélé un effort intense tant du point de vue physique que de la concentration. La réaction de l'effort est influencée par les aptitudes physiques, les conditions climatiques, le genre des billes de bois, les ennuis causés par les outils de travail et la fréquence des vols. L'effort psychique est prédominant chez les pilotes. Pour prévenir les troubles de santé et les accidents dans ce secteur d'activité, il faut que les travailleurs soient soumis à des examens d'aptitude et suivis régulièrement par des médecins du travail.

Literatur

- Buchberger, J.:* Anwendung der Blutgasanalyse bei Bewertung der Dauerleistungsfähigkeit von Holzhauern. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 44; 45–53, 1979.
- Buchberger, J.:* Gesundheitliche Charakteristik von Waldarbeitern als Indikator forstergonomischer Probleme. *Schweiz. Z. Forstwes.* 132, 12: 1035–1052, 1981.
- Buchberger, J.:* Die Beurteilung von Arbeitsbeanspruchungen aufgrund der kontinuierlich registrierten Herzschlagsfrequenz. *Illustrierte Zeitschrift für Arbeitsschutz* Nr. 6/84, Arbeitsmedizinische Informationen für die betriebliche Praxis Nr. 12/84.
- Buchberger, J., Butora, V.:* Arbeitsmedizinischer Einblick in die schweizerische Forstwirtschaft. *Zbl. Arb.-med.* 29: 225–230, 1979.
- Keul, J., Kindermann, W., Simon, G.:* Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. *Leistungssport* 8, 1: 22–32, 1978.
- Lehmann, M., Huber, G., Spöri, U., Keul, J.:* Katecholaminausscheidung bei körperlichen und konzentrativen Belastungen. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 50: 175–186, 1982.
- Mellerowicz, H.:* Ergometrie, Urban & Schwarzenberg, München, 1979.
- Rohmert, W., Rutenfranz, J.:* Praktische Arbeitsphysiologie (3. Auflage), G. Thieme Verlag, Stuttgart 1983.
- Timio, M., Gentili, S., Pede, S.:* Free adrenaline and noradrenaline excretion related to occupational stress. *Br. Heart J.* 42: 471–474, 1979.