Ruprecht – Karls
Universität Heidelberg

Fakultät für Verhaltens-
und Empirische
Kulturwissenschaften

Das selbständige Blutglukosemanagement von Patienten mit insulinbehandeltem Diabetes mellitus. Vermeidung von Hypoglykämien mittels nomogrammgestützter Reduktion der Insulindosis vor sportlichen Aktivitäten – Eine empirische Studie.

Birger Tornuß

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie (Dr. phil.)

genehmigten Promotion.

Dekan der Fakultät:	Prof. Dr. Hans – Werner Wahl
Gutachter:	Prof. Dr. Gerhard Huber
	Prof. Dr. Uwe Fischer

Die Promotion wurde am _____ an der Ruprecht – Karls – Universität Heidelberg, Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften, eingereicht und am_____ angenommen.

Danksagung:

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei allen direkt und indirekt Beteiligten für ihre Tipps, Hinweise und Ratschläge bedanken, ohne die diese Arbeit nicht zu Stande gekommen wäre, vor allem den Patienten, die sich für die Untersuchungen mit viel Geduld zur Verfügung gestellt haben.

Besonderen Dank aber möchte ich vier Menschen aussprechen, die zum Gelingen der Arbeit wesentlich beigetragen haben, ohne die es diese Arbeit in dieser Form wohl nicht geben würde.

Zuerst möchte ich mich an dieser Stelle bei dem leider viel zu früh verstorbenen Chefarzt und Leiter des Diabetes - Zentrums Mergentheim Dr. Bergis bedanken. Er war der eigentliche „Auslöser“ dieser Arbeit. Er gab mir vor 10 Jahren die Möglichkeit, in seiner Klinik die Krankheit des Diabetes mellitus kennen zu lernen und in der leider nur kurzen Phase unserer Zusammenarbeit, die notwendigen Freiräume als Bereichleiter der Sporttherapie, erste kleine klinische Studien durchzuführen, deren Ergebnisse in die bis heute praktizierten Schulungen und sportpraktischen Übungen einflossen. Sie sind auch wichtiger Bestandteil dieser Arbeit.

Ganz besonderen Dank gilt dem betreuenden „Spiritus rector“ der Arbeit Professor Fischer, der nicht nur sehr viel Zeit in die Arbeit investierte, sondern auch mit mir gemeinsam neue Gedanken und bestehende Arbeitsergebnisse ständig weiterentwickelt hat. Danke für Ihr offenes Ohr sowie die grenzenlose Geduld. Ohne Ihre Hilfe, Ihr stetiges Verlangen an mich, noch besser zu sein und Ihre Fähigkeit mich zu motivieren, läge die Arbeit heute in dieser Form nicht vor. Darüber hinaus möchte ich Ihnen vor allem auch dafür Danken, dass sie mich trotz der Entfernung von fast 1000 km so gut betreut haben.

Bedanken möchte ich mich bei Professor Huber für seine Betreuung, seine Ratschläge, seine Unterstützung und die Bereitschaft, mich extern zu betreuen. Seine Konsultationen waren für mich immer sehr hilfreich.

An dieser Stelle ein ganz großes Dankeschön an meine Frau Claudia, die all die Jahre, in der die Arbeit entstanden ist, oft wenig Zeit aber viel Verständnis und Geduld mit mir hatte und mich immer wenn es notwendig war, zum Weitermachen motivierte.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Problemstellung 10

1.1 Überblick über das Krankheitsbild Diabetes mellitus 10

1.1.1 Klassifikation des Diabetes mellitus 10

1.1.2 Prävalenz und Inzidenz des Diabetes mellitus in Deutschland 12

1.2 Physiologische Grundlagen des Glukosestoffwechsels 16

1.2.1 Blutglukoseregulation in Ruhe 16

1.2.2 Blutglukoseregulation bei nahrungsbedingter Kohlenhydratzufuhr 18

1.2.3 Blutglukoseregulation bei sportlicher Aktivität 19

1.2.4 Blutglukoseregulation unter dem Einfluss psycho – physischer Faktoren 20

1.2.5 Gesamtübersicht über die Blutglukoseregulation 20

1.2.6 Insulinwirkung an der Muskelzelle 21

1.2.6.1 Insulinwirkung in Ruhe 22

1.2.6.2 Insulinwirkung bei sportlicher Aktivität 24

1.3 Pathophysiologie des Diabetes mellitus 25

1.3.1 Klinische Merkmale des Typ 1 Diabetes mellitus 27

1.3.2 Verlauf und spezifische Begleit- und Folgeerkrankungen 28

1.3.2.1 Lebenserwartung 31

1.3.2.2 Makroangiopathische Erkrankungen 31

1.3.2.3 Mikroangiopathische Erkrankungen 32

1.3.2.4 Diabetische Neuropathie 33

1.3.2.5 Diabetisches Fußsyndrom 34

1.3.2.6 Zusammenfassung 34

1.3.3 Stoffwechseltherapie und Therapieziele des Typ 1 Diabetes mellitus 34

1.3.4 Einflussmöglichkeiten auf den Blutglukosespiegel im Rahmen der Therapie 37

1.3.5 Stoffwechselauswirkungen muskulärer Aktivität beim Typ 1 Diabetiker 38

1.4 Publikationen über die Erfahrungen und den Wissensstand bei sportlichen Aktivitäten mit insulinbehandelten Diabetikern/ Literaturrecherche **42**

1.4.1 Literaturquellen über die Insulindosisanpassung an sportliche Aktivität 43

1.4.2 Literaturquellen über die Auswirkungen sportlicher Aktivität auf den Blutglukosespiegel und die Therapie der sich daraus ergebenden Komplikationen 44

1.4.3 Literaturquellen über die Auswirkungen sportlicher Aktivität 47

1.4.4 Literaturquellen zur Behandlung, Diabetesmanagement und Diabetesschulung 49

1.5 Eigene Vorstudien **51**

1.5.1 Vorstudie zur Hypoglykämiewahrnehmung während sportlicher Aktivitäten 51

1.5.2 Vorstudie zum Kohlenhydratbedarf als Marker für die Hypoglykämiegefahr bei der sportlichen Aktivität „Schwimmen“ 52

1.5.3 Vorstudie über den Zusammenhang zwischen dem Ausgangsblutglukosewert und der Insulindosisanpassung 54

1.5.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Vorstudien 57

1.6 Ziele der Arbeit **58**

2 Methodik **63**

2.1 Befragung von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes mellitus zur Einstellung zu körperlichen und sportlichen Aktivitäten (Fragebogen) **63**

2.2 Klinische Studie **67**

2.2.1 Probanden und Studiendesign der klinischen Beobachtungsstudie mit Ein- und Ausschlusskriterien 67

2.2.1.1 Studie an der Inselklinik „Gothensee“ 67

2.2.1.2 Studie am „Diabetes – Zentrum Mergentheim“ 68

2.2.2 Methodologische Grundlagen 70

2.2.2.1 IDE – Nomogramm 70

2.2.2.2 Alters- und Geschlechtsadjustierung der mittleren HF bei 90 W * h 72

2.2.2.3 Definition der Fitnessstufen 73

2.2.3 Fahrradergometer – Stufentest 73
2.2.3.1 Durchführung 73
2.2.3.2 Ermittelte Parameter aus dem Fahrradergometer – Stufentest 74
2.2.3.3 Mathematische Methoden zur Berechnung der Parameter 75
2.2.3.4 Ermittlung des herzfrequenzabhängigen Insulindosisäquivalente (IDE) mit Hilfe der beim Fahrradergometer – Stufentest gewonnenen Daten 78
2.2.4 Sportliche Aktivitäten im Feldtest 81
2.2.4.1 Art der Feldstudien 81
2.2.4.2 Verwendeten Messverfahren 82
2.2.4.3 Auswertung der Daten der Feldtests 83
2.2.4.4 Zusammenhang zwischen Blutglukoseabfall und Netto – IDE 86
2.2.4.5 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und dem Netto – Insulindosisäquivalent während sportlicher Aktivitäten 86
2.2.4.6 Berechnung der während der sportlichen Aktivität erforderlichen Insulindosis (NID) und der zu empfehlenden individuellen Insulindosisreduktion (IIR) des Bolusinsulins vor der vorangehenden Mahlzeit 88

2.3 Statistik 91

3 Darstellung der Ergebnisse 92

3.1 Befragung von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes mellitus zur Einstellung zu körperlichen und sportlichen Aktivitäten (Fragebogen) 92
3.1.1 Stammdaten der Probanden 92
3.1.2 Ergebnisse der Befragung 93
3.1.2.1 Fragestellung nach der sportlichen Selbsteinschätzung 93
3.1.2.2 Untersuchung des Verstrauens der Schüler in den Sportlehrer und die Beurteilung der Kompetenz der Sportlehrer in Fragen des insulinpflichtigen Diabetes mellitus durch die Schüler mit Typ 1 Diabetes 94
3.1.2.3 Untersuchung von diabetesspezifischen Problemen im Schulsport 96
3.1.2.4 Untersuchung der Übungsleiter und Trainerkompetenz in Sachen Diabetes mellitus 97
3.1.2.5 Untersuchung der diabetesspezifischen Probleme im Leistungssport 98
3.1.2.6 Untersuchung zum Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach Ende der sportlichen Aktivität 99
3.1.2.7 Vergleich der diabetesspezifischen Kompetenzen zwischen Sportlehrer und Übungsleiter/ Trainer 100

3.1.2.8 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und diabetesspezifischen Problemen im Schulsport 101
3.1.2.9 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz 102
3.1.2.10 Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz für diabetesspezifische Fragestellungen und den diabetesspezifischen Problemen im Schulsport 103
3.1.2.11 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Kompetenz der Übungsleiter und Trainer in Fragen des Diabetes mellitus 104
3.1.2.12 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und dem Auftreten von Hypoglykämien nach der sportlichen Aktivität 105

3.2 Klinische Beobachtungen 106
3.2.1 Allgemeine Stammdaten der Probanden 106
3.2.1.1 Altersverteilung 106
3.2.1.2 BMI 109
3.2.1.3 Zusammenfassung der allgemeinen Stammdaten 112
3.2.2 Diabetesspezifische Angaben zum Probandenkollektiv 112
3.2.2.1 Diabetesdauer 112
3.2.2.2 Insulintherapieformen 113
3.2.2.3 Insulindosen 114
3.2.2.4 Kohlenhydrataufnahme (BE) pro Tag 117
3.2.2.5 BE – Faktor 118
3.2.2.6 HbA 1c – Wert 119
3.2.3 Übersicht über die allgemeinen und diabetesspezifischen Daten des Probandenkollektivs geordnet nach Kliniken 120
3.2.4 Fahrradergometer – Stufentest 122
3.2.4.1 Mittelwerte der erreichten Herzfrequenzen in den einzelnen Belastungsstufen 122
3.2.4.2 Durchschnittlich maximal erbrachte Arbeit in Watt (Abbruchbelastungsstufe) während des Fahrradergometertests 123
3.2.4.3 Durchschnittlich erbrachten Leistung in W * h während des Fahrradergometertests 124
3.2.4.4 Darstellung der regressiv ermittelten mittleren Herzfrequenz während des Fahrradergometertests 125
3.2.4.5 Alters- und geschlechtsadjustiert mittlere Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt * h ($HF_{90\ Watt}$) 126
3.2.4.6 Darstellung der von der $HF_{90\ Watt}$ abhängigen Fitnessstufen 127
3.2.4.7 Veränderung des Blutglukosespiegels während des Fahrradergometertest 128

3.2.4.8 Insulindosisäquivalent (IDE) für die erbrachten Leistung des Fahrradergometertests 130
3.2.4.9 Darstellung der beim Fahrradergometertests ermittelten Insulindosisäquivalente (IDE) für die Leistung von 90 Watt bei einer Dauer von einer Stunde 131
3.2.4.10 Darstellung der individuellen Herzfrequenzreserve für die Auslastungsbereiche 30%, 50% und 70% 132
3.2.4.11 Darstellung der Leistung in W * h bei der Auslastung der individuellen Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70% im Zeitraum von einer Stunde 133
3.2.4.12 Darstellung des Insulindosisäquivalents (IDE) bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70% in Zeitraum von einer Stunde 134
3.2.4.13 Darstellung der Zuordnung der IDE zu den Fitnessstufen auf Basis der Auslastung der Herzfrequenzreserve 135
3.2.4.14 Zusammenfassung der Ergebnisse des Fahrradergometer – Stufentests 137
3.2.5 Begleitete Feldtests: Ermittlung des IDEs während körperlicher Aktivitäten außerhalb der Klinik zu unterschiedlichen Tageszeiten 139
3.2.5.1 Darstellung der Urdaten des Feldtests „kurze Wanderung“ 139
3.2.5.2 Darstellung der Urdaten des Feldtests „Schwimmen“ 145
3.2.5.3 Darstellung der Urdaten des Feldtests „mittlere Wanderung“ 151
3.2.5.4 Darstellung der Urdaten des Feldtests „lange Radtour“ 158
3.2.5.5 Darstellung der Urdaten des Feldtests „lange Wanderung“ 164
3.2.5.6 Darstellung der Urdaten des Feldtests „Strandspaziergang“ 170
3.2.5.7 Darstellung der Urdaten des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten “ 175
3.2.6 Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Parametern des Feldtests und der Blutglukosedifferenz bzw. Netto - IDE 183
3.2.6.1 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zur mittleren Herzfrequenz 183
3.2.6.2 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zu den unterschiedlichen sportlichen Aktivitäten 184
3.2.6.3 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zu den Fitnessstufen 185
3.2.6.4 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und de mittleren Herzfrequenz der Feldtests 186
3.2.6.5 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und der IDE der Feldtests 187
3.2.6.6 Zusammenhang zwischen Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE 187
3.2.7 Darstellung der Ergebnisse zur Berechnung der individuell notwendigen Insulindosis (NID) und der individuellen Insulinreduktion (IIR) und der aus den Daten der Feldtests 188
3.2.7.1 Darstellung der Daten zur Berechnung der notwendige Insulindosis (NID) für die Feldtests 188
3.2.7.2 Darstellung der Daten der individuellen Insulindosisreduktion (IIR) für die Feldtests 189

3.2.7.3 Zusammenhang zwischen der mittleren Herzfrequenz in S/ min und der aus der Formel errechneten notwendigen Insulindosis (NID) 190
3.2.7.4 Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve (HF Reserve) in S/ min und der aus der Formel errechneten notwendigen Insulindosis (NID) 190
3.2.7.5 Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der individuellen Insulindosisreduktion (IIR) 191
3.2.7.6 Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der individuellen Insulindosisreduktion (IIR) 192
3.2.7.7 Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der individuellen Insulindosisreduktion (IIR), wenn die Regressionsgerade durch „Null“ verläuft 194

4 Diskussion 198

4.1 Methodenkritische Betrachtung der Promotion 198

4.2 Bewertung der Ergebnisse 203
4.2.1 Patientenbefragung zu „Sportlichen Aktivitäten in der Schule und Freizeit“ bei Kindern und Jugendlichen 203
4.2.2 Diskussion der Ergebnisse des Fahrradergometer – Stufentests 212
4.2.3 Diskussion der Ergebnisse der Feldtests 215
4.2.3 Zusammenfassung der Diskussion und Ausblick auf weitere Forschungsaufgaben 218

5 Zusammenfassung 220

5.1 Einleitung 220

5.2 Methodik 221
5.2.1 Methodik des Fragebogens 221
5.2.2 Methodik des Fahrradergometer – Stufentest 221
5.2.3 Methodik der begleiteten Feldtests 222
5.2.4 Statistik 222

5.3 Ergebnisse 223
5.3.1 Ergebnisse des Fragebogens zur Einstellung von Kindern und Jugendlichen zu sportlichen Aktivitäten in Schule und Freizeit 223
5.3.2 Ergebnisse des Fahrradergometer – Stufentests 223
5.3.3 Ergebnisse der begleiteten Feldtests 224
5.3.4 Diskussion 225

6 Literaturverzeichnis 227 - 236

Anhang:

1. Häufig verwendete Abkürzungen und Formelzeichen
2. Übersicht über die Abbildungen und Grafiken
3. Übersicht der Diagramme
4. Übersicht der Tabellen
5. Anamnesedatenblatt
6. Fragebogen über die sportliche und körperliche Aktivität
7. Protokoll „Stufentest“ (Fahrradergometer)
8. Allgemeines Protokoll diabetesspezifischer Daten für sportliche Aktivitäten
9. Protokoll diabetesspezifischer Daten der sportlichen Aktivität „Schwimmen“
10. Protokoll diabetesspezifischer Daten für Insulinpumpenpatienten
11. Insulindosisreduktionsschema für die sportliche Aktivität Wanderung und Radtour
12. Insulindosisreduktionsschema für die sportliche Aktivität Schwimmen
13. Schema für die Insulindosisreduktion für Insulinpumpenpatienten vor und während verschiedener sportlicher Aktivitäten
14. IDE Nomogramm für Kinder und Jugendliche
15. IDE Nomogramm für Erwachsene
16. Patientenprotokoll zur Insulintherapie
17. Patientenprotokoll zur Insulinpumpentherapie
18. Verwendete Wachstums- und Gewichtskurven in Perzentilen für Mädchen (0 – 18 Jahre)
19. Verwendete Wachstums- und Gewichtskurven in Perzentilen für Jungen (0 – 18 Jahre)
20. Abgegebene Erklärungen

1 Einleitung und Problemstellung

Die muskuläre oder sportliche Aktivität in der Freizeit muss heute das kompensieren, was für unsere Vorfahren zum täglichen Überleben notwendig war, muskuläre Aktivität, die zum Nahrungs- sprich Energieerwerb diente.

Aus diesem Grund waren bei ihnen die Bewegungsmangelerkrankungen unbekannt. Heute muss der Mensch den Bewegungsmangel durch sportliche Aktivität in der Freizeit ausgleichen. Dies gilt besonders für chronisch kranke Menschen mit kardiologischen Krankheitsbildern oder Erkrankungen des Stoffwechsels, insbesondere dem Diabetes mellitus. Hier erfüllt die muskuläre Aktivität noch einen weiteren Zweck, den des Therapeutikums. Für diesen Zweck muss die Medizin und die Sporttherapie Rahmenbedingungen schaffen, damit ein optimaler therapeutischer Benefit erzielt und Nebenwirkungen vermieden werden. Dazu soll diese Arbeit einen Beitrag leisten, um in Zukunft unerwünschten Auswirkungen auf den Blutglukosespiegel wie Hypo- und Hyperglykämien während und nach der sportlichen Aktivität von Typ 1 Diabetikern zu vermeiden, die individuell dazu führen können, dass der Diabetiker jedwede Form von sportlicher Aktivität unterlässt, um schwere Hypoglykämien mit Bewusstlosigkeit oder hyperglykämische Stoffwechselentgleisungen zu vermeiden. Darüber hinaus ist sie als Anregung zum selbstständigen Blutglukosemanagement durch nomogrammgestützte Reduktion der Insulindosis vor sportlichen Aktivitäten gedacht. Sie stärkt damit das Empowerment der Patienten, erhöht das Maß an Selbstbestimmung und Autonomie im Leben mit dem Diabetes mellitus und versetzt sie in die Lage, ihre Belange bei der Bewältigung der alltäglichen Therapieanforderungen (wieder) eigenmächtig, selbstverantwortet und selbstbestimmt zu vertreten und zu gestalten.

1.1 Überblick über das Krankheitsbild Diabetes mellitus

1.1.1 Klassifikation des Diabetes mellitus

Diabetes mellitus zählt seit langem zu den großen „Volkskrankheiten“, bei der sich eine Stoffwechselsituation ergibt, die unbehandelt zu einer Hyperglykämie führt. Dieser stoffwechselphysiologisch pathologische Zustand entsteht entweder:

➔ durch ein Insulindefizit, bedingt durch eine nicht ausreichende Sekretion des Hormons Insulin, ausgelöst durch einen Autoimmunprozess, welcher die Betazellen der Langerhansschen Inselzellen im Pankreas zerstört

oder

➔ durch eine Verminderung der Wirksamkeit des verfügbaren Insulins am Insulinrezeptor des Zielgewebes oder der Organe [1, 60, 61, 62].

Nach der derzeit gültigen WHO und ADA – Klassifikation von 1997/1998 wird das Krankheitsbild des Diabetes mellitus in folgende Klassen unterteilt:

A. Typ 1 (a) (autoimmunologisch bedingte Betazellendestruktion, welche zum absoluten Insulinmangel führt) [1, 60, 61, 62].
B. Typ 1 (b) (idiopathisch bedingte Betazellendestruktion, welche zum absoluten Insulinmangel führt) [63]
C. Typ 2 - Diabetes mellitus (mit vorwiegender Insulinresistenz und dem daraus resultierenden relativen Insulinmangel bis zum vorwiegend sekretorischem Defekt und dem dann daraus resultierenden absoluten Insulinmangel) [15, 60, 65, 66, 67, 68]
D. Diabetes mellitus (andere spezifische Diabetesformen, die unbehandelt zu einer Hyperglykämie führen) [1, 60, 61, 62].
    a. Genetische Defekte der Betazellenfunktion
    b. Genetische Defekte der Insulinwirkung
    c. Krankheiten des endokrinen Pankreas
    d. Endokrinopathien
    e. Drogen- und chemikalieninduzierter Diabetes mellitus
    f. Infektionen
    g. Seltene Formen des immunvermittelten Diabetes mellitus
    h. Andere genetische Syndrome, die mit dem Diabetes mellitus vergesellschaftet sind
E. Diabetes mellitus oder Gestationsdiabetes (der ausschließlich in der Schwangerschaft zu hyperglykämischen Episoden führt) [1, 16, 60, 61].

Neben akuten hypo- oder hyperglykämischen Episoden mit unter Umständen akuten Komplikationen (Bewusstlosigkeit, ketoazidotischer Entgleisung des Stoffwechsels bis hin

zum „coma diabetikum“) führt der un- oder ungenügend behandelte Diabetes mellitus darüber hinaus langfristig auch zur Begleit- und Folgemorbidität wie Neuropathie, Retinopathie, Kardiomyopathien mit hohem Herzinfarktrisiko und Nephropathie mit einer, im Vergleich zur Bevölkerung ohne Diabetes mellitus, hohen Morbidität und geringerer Lebenserwartung. So lag die Mortalitätsrate von Personen im Alter von 40 – 49 Jahren bei Diagnosestellung mit 11,7 % nahezu doppelt so hoch, wie in der Allgemeinbevölkerung und bedeutet für diese Patienten im Mittel einen Verlust von 7 bis 8 Lebensjahren [7].
Volkswirtschaftlich gesehen beansprucht die Krankheit zwischen 5 und 10% aller Ausgaben im Gesundheitswesen der Industrieländer [60, 61].

1.1.2 Prävalenz und Inzidenz des Diabetes mellitus in Deutschland

Aus diesem Grund sind Angaben über Prävalenz und Inzidenz dieses Krankheitsbildes sehr interessant. Trotz der nicht vorhandenen Meldepflicht in Deutschland gibt es verlässliche Quellen, die eine seriöse Abschätzung der Diabetesinzidenz und –prävalenz ermöglichen.
In der Tabelle 1 werden wichtige Studien zur *Prävalenz* des Diabetes mellitus in Deutschland vorgestellt.

Tabelle 1: Studien zur Prävalenz des Diabetes mellitus

Organisation/ Studie	**Größe der Stichprobe**	**Altersspanne**	**Ermittlungs-basis**	**Zeit-raum**	**% Häufigkeit eines manifesten Diabetes mellitus in der Stichprobe**
Nationales Diabetesregister der DDR[2]	Gesamt-population der DDR	unbegrenzt	behandelte Diabetesfälle	Von 1960 bis 1987	4,1
Münchner Diabetes-Früherfassung [3]	Population im Großraum München	unbegrenzt	Fragebogen Urinzucker Blutglukose	1967/ 68	2,0

Tabelle 1: Fortsetzung

AOK – Deutschland Auswertung von Routinedaten[4]	5% der Daten als Zufallsstichprobe	unbegrenzt	Verordnungen Diagnosen	1988	4,8
AOK/ KV Hessen[121]	18,5 % aller Daten als Zufallsstichprobe	unbegrenzt	Verordnungen Diagnosen	1998/ 2001	6,9

Auffällig bei der Analyse der Zahlen ist, dass die prozentuale Häufigkeit des Auftretens eines manifesten Diabetes mellitus in den einzelnen beschriebenen Studien zwischen 2,0% aus dem Jahren 1967 – 1968 und 6,9 % aus den Jahren 1998 – 2001 schwanken.
Die hauptsächliche Ursache dafür kann meiner Meinung nach an der jährlich steigenden Zahl von Diabetes - Neuerkrankungen liegen, wobei sich ein regionaler Einfluss bzw. eine unterschiedliche Zusammensetzung in z.B. Alter und Geschlecht der Studienkollektive durchaus bemerkbar machen kann. Dies wäre zum Zwecke der Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei der Publikation durch die Autoren wünschenswert gewesen. [5]

Zusammenfassend kann aufgrund der epidemiologischen Daten festgestellt werden,

- ➔ dass sich für Deutschland eine Gesamtprävalenz des Krankheitsbildes Diabetes mellitus in einer Größenordnung von derzeit etwa 7% der Gesamtbevölkerung oder etwa 6 Millionen Personen ergibt [5].
- ➔ Besonders drauf zu verweisen ist, dass dabei erst im Alter von über 40 Jahren ein rascher Anstieg der Diabetesprävalenz auf bis zu 30% der Gesamtbevölkerung im Alter über 60 Jahren zu konstatieren ist [5].
- ➔ Dies deckt sich mit anderen Quellen, die die Prävalenz des Diabetes mellitus mit > 6 Millionen Menschen angeben, von denen etwa 800.000 – 1 Million Typ 1 Diabetes Patienten sind, darunter derzeit etwa 11.000 – 12.000 Kinder unter 15 Jahren bzw. 22.000 – 24.000 Kinder und Jugendliche unter 20 Jahren [6, 7].

Auch Hauner [5] schätzt in seiner Übersichtsarbeit nach verschiedenen epidemiologischen Datenquellen die Prävalenz des Diabetes mellitus ähnlich ein und untergliedert die verschiedenen Formen des Diabetes mellitus in Tabelle 2 nach ihrer Therapie.

Tabelle 2: Prävalenz des bei Patienten diagnostizierten Diabetes mellitus in Deutschland nach Therapiearten geordnet [5]

Diabetes Typ	Gesamtzahl	Prävalenz in %
alle Diabetiker	5,8 – 6.000.000	7
davon insulinbehandelte Diabetiker	1.600.000	2
davon Typ 1 Diabetiker	$\geq$ 400.000	0,6
oral medikamentös behandelte Diabetiker*	2.600.000	3
nicht medikamentös behandelte Diabetiker	1.600.000	2

* nicht insulinpflichtige Patienten mit Typ 2 Diabetes

Auch für die *Inzidenz* des Diabetes mellitus gibt es epidemiologische Studien, von denen hier folgende in Tabelle 3 genannt werden. Die Messmethode, die den Daten zu Grunde lag, war die Bestimmung des Blutglukosespiegels.

Tabelle 3: Inzidenz des Diabetes mellitus bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 – 14 Jahren

Organisation/ Studie	**Stichprobe**	**Altersspanne**	**Zeitraum**	**bezogen auf je 100.000 Personenjahre**
Nationales Diabetesregister der DDR[8]	Gesamt-population der DDR	0 – 14	1985 - 1989	7,4
Baden – Württemberg – Studie[122]	Bevölkerung BW	0 - 14	1987 - 1993	11,6
Region Düsseldorf EURODIAB-ACE – Studie [9]	Region Düsseldorf	0 - 14	1993 - 1995	13,4

Zusammenfassend können zur Inzidenz des Diabetes mellitus in Deutschland folgende Aussagen getroffen werden:

- ➔ Sie ist bei den über 60-jährigen mit 1200 Erkrankungen/ 100.000 Personenjahre am höchsten [5].
- ➔ Für den Typ 1 Diabetiker im Alter von 0 – 14 Jahren lag sie Ende der 80er Jahre in Ostdeutschland bei 7,4 Erkrankungen/ 100.000 Personenjahre [8].
- ➔ Für die gleiche Altersgruppe lag sie in den westdeutschen Bundesländern deutlich höher. So gab es in Baden – Württemberg im Zeitraum von 1987 – 1993 11,6 Erkrankungen/ 100.000 Personenjahre und in Nordrhein – Westfalen 1993 - 1994 von 13,4 Erkrankungen/ 100.000 Personenjahre [5].

Was die prognostische Entwicklung des Krankheitsbildes Diabetes mellitus anbelangt, so gibt es auf der Grundlage des bisherigen Prävalenztrends Hochrechnungen, die von einer weiteren Zunahme der Zahl der bekannten Diabetiker von mindestens 2,5% pro Jahr ausgehen [5]. Anhand der Daten des ostdeutschen Diabetesregisters erwarten Salzsieder und Mitarbeiter [18] für dieses Jahrzehnt eine Zunahme der Gesamtprävalenz von 0,5%. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen bei ihren Untersuchungen Lorenz und Hillenbrand [19].

Resümee: Verschiedenen Studien, deren Vergleichbarkeit durch die unterschiedlichen Merkmale der Probanden im Bezug auf regionale und soziale Herkunft, Alter, Geschlecht, Definition des Diabetes mellitus und des Studiendesign (von Selbstbefragung der Patienten über die verordneten Medikamente bis hin zum oralen Glukosetoleranztest) mitunter schwierig ist, zeigen aber, dass ca. 7% der Bevölkerung der Bundesrepublik [5] an einem bekannten Diabetes mellitus leiden. Gut belegt ist weiterhin, dass die Inzidenz des Typ 1 Diabetes mellitus im Kindes und Jugendalter in den letzten Jahrzehnten (Tabelle 3) weiter zugenommen hat. Da auch die Gesamtprävalenz in Zukunft steigen wird (Tabelle 1 u. 2), ist ein gezielter Einsatz der finanziellen Mittel des Gesundheitswesens unumgänglich. Aus diesem Grund werden verlässliche epidemiologische Daten zunehmend an Bedeutung gewinnen, was eine einheitliche Erhebung, Verarbeitung und Speicherung der Daten zum Zwecke der Vergleichbarkeit und der sinnvollen Steuerung und Verwendung der begrenzten Mitteln des Gesundheitswesens als sinnvoll erscheinen lässt.

1.2 Physiologische Grundlagen des Glukosestoffwechsels

Um das Krankheitsbild des Typ 1 Diabetes mellitus besser verstehen zu können, seien an dieser Stelle die Glukoseaufnahme, Glukoseverwertung und die daran beteiligten Hormone kurz beschrieben.

1.2.1 Blutglukoseregulation in Ruhe

Auch ohne den Einfluss von „Störgrößen“, wie Kohlenhydratzufuhr und muskuläre Aktivität oder Stress, verändert sich der Blutglukosespiegel ständig, da der Organismus für die vitalen Funktionen wie die:

- ➔ Aufrechterhaltung der Körpertemperatur
- ➔ Verarbeitung von chemischen, akustischen, optischen, physikalischen Reizen
- ➔ Leistungen des zentralen und peripheren Nervensystems
- ➔ Aufrechterhaltung der Herzkontraktion

Glukose aus dem Blut entnimmt. Dadurch sinkt der Blutglukosespiegel, was durch die hepatische Glukoneogenese kompensiert wird. Dafür ist es notwendig, dass in den α - Zellen des Pankreas die Glukagonsekretion erhöht und gleichzeitig die Insulinsekretion der ß – Zellen vermindert wird. Dies hat einen Anstieg des Blutglukosespiegels, durch die Freisetzung von in der Leber produzierter Glukose bis zu einem Bluglukosemaximum von ca. 6 mmol/l zur Folge. Bei Erreichen dieses Blutglukosewertes erfolgt jetzt eine Verminderung der Glukagonsekretion des Pankreas und ein gleichzeitiger Anstieg der Insulinsekretion der ß – Zellen. Diese erhöhte Insulinausschüttung bewirkt, dass die im Blut vorhandene Glukose in die Zielzellen der Leber, der Skelettmuskulatur und der Adipozyten insulinvermittelt eingeschleust wird. Dieser stoffwechselphysiologische Zustand hält so lange an, bis das Blutglukoseminimum von ca. 3,35 mmol/l erreicht ist. Durch diesen Blutglukoseregelmechanismus wird erreicht, dass immer der notwendige Blutglukosespiegel für die vitalen Körperfunktionen vorhanden ist. Diese Regelmechanismen der Insulingrundversorgung oder auch Basalinsulinversorgung wird in Abbildung 1 dargestellt.

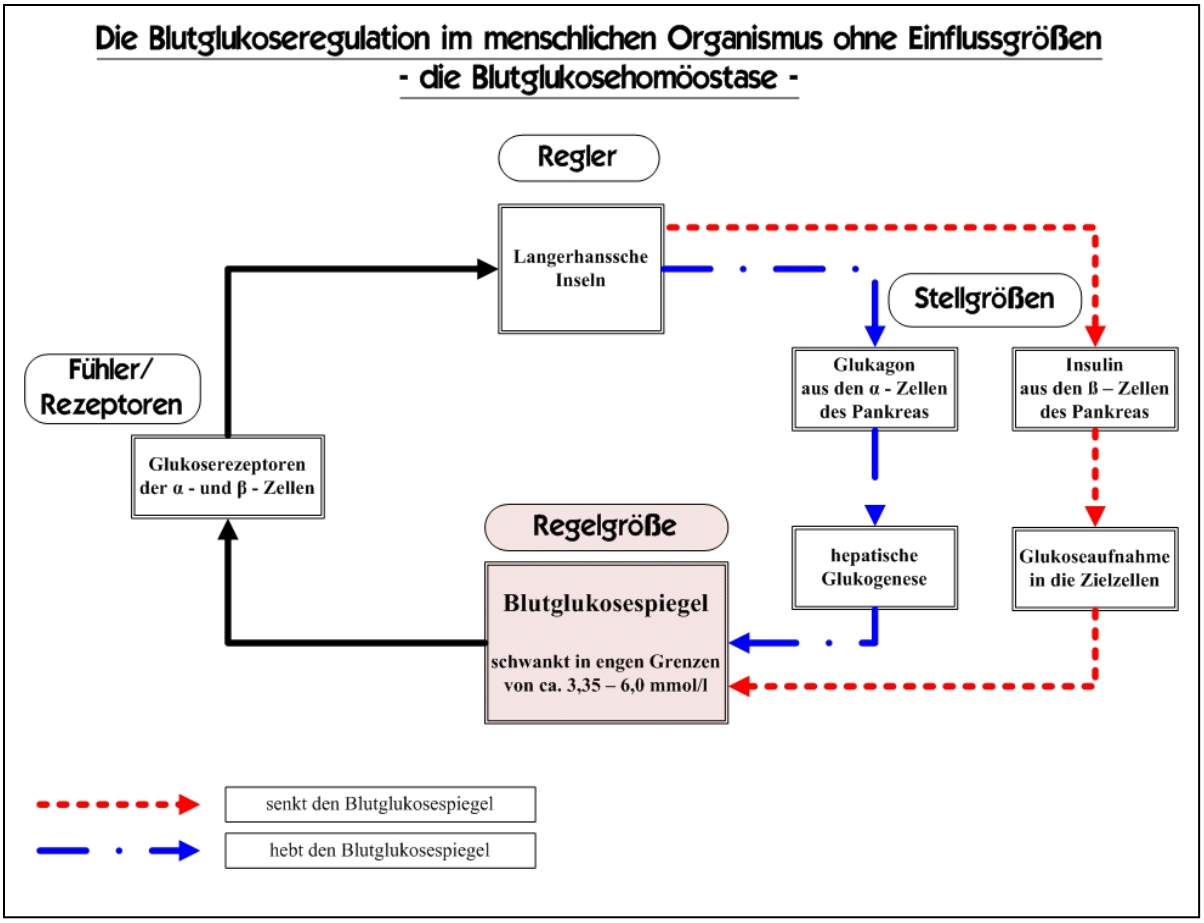


Abbildung 1: Blutglukoseregulation ohne externe Störgrößen

So schwankt also der Blutglukosespiegel im zeitlichen Verlauf immer um einen fiktiven „Soll – Wert“, was auch als Blutglukosehomöostase (Abbildung 2) bezeichnet wird.

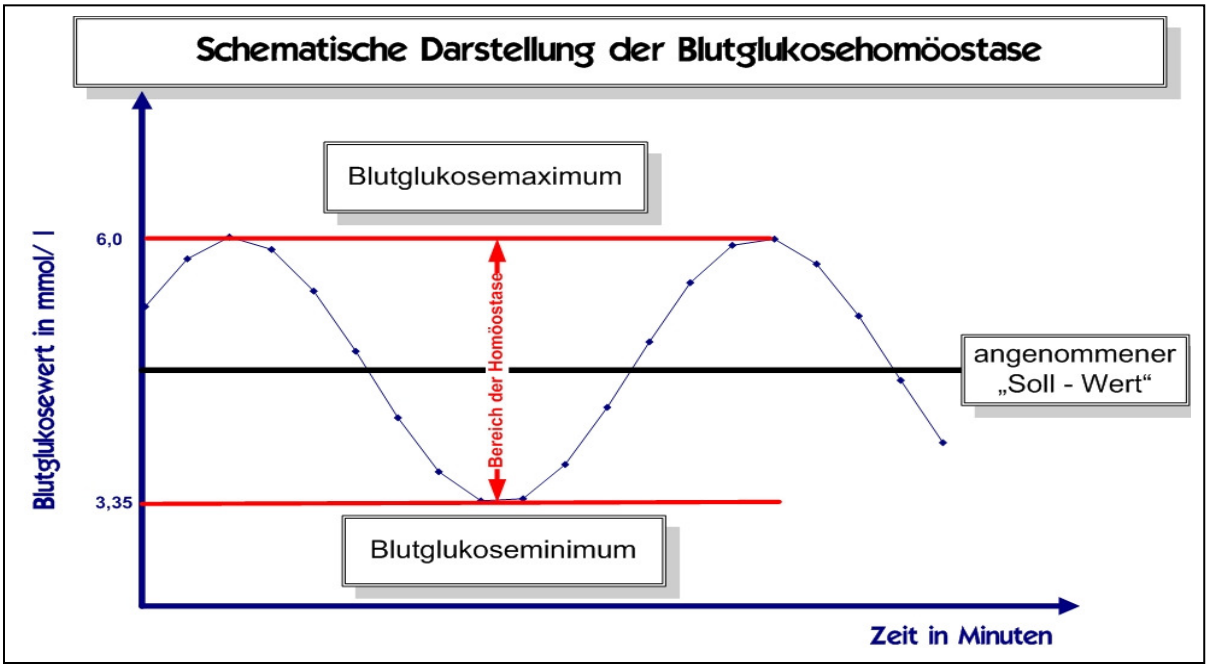


Abbildung 2 : Schematische Darstellung der Blutglukosehomöostase

1.2.2 Blutglukoseregulation bei nahrungsbedingter Kohlenhydratzufuhr

Bei der Nahrungsaufnahme werden die in der Nahrung vorhandenen Di-, Oligo- und Polysaccharide durch Enzyme - die Amylasen - des Speichels im Mund und des Bauchspeicheldrüsensekrets im Zwölffingerdarm in ihre Grundbausteine, die Monosacchariden, zerlegt.

Anschließend werden sie im Dünndarm durch die Dünndarmzotten resorbiert und in das Blut überführt.

Dies bewirkt einen Anstieg des Blutglukosespiegels, was durch die Glukoserezeptoren der Langerhansschen Inseln registriert wird. Daraufhin wird durch die ß – Zellen des Pankreas die Insulinsekretion erhöht und gleichzeitig die Glukagonsekretion vermindert.

Diese, aufgrund der resorbierten Nahrungsmonosaccharide, durch das Pankreas abgegebene Insulindosis, die im direkten Verhältnis zur resorbierten Monosaccharidmenge (Glukose) steht, wird auch als „Bolusinsulindosis“ bezeichnet.

Dieser Sachverhalt wird schematisch durch die Abbildung 3 veranschaulicht.

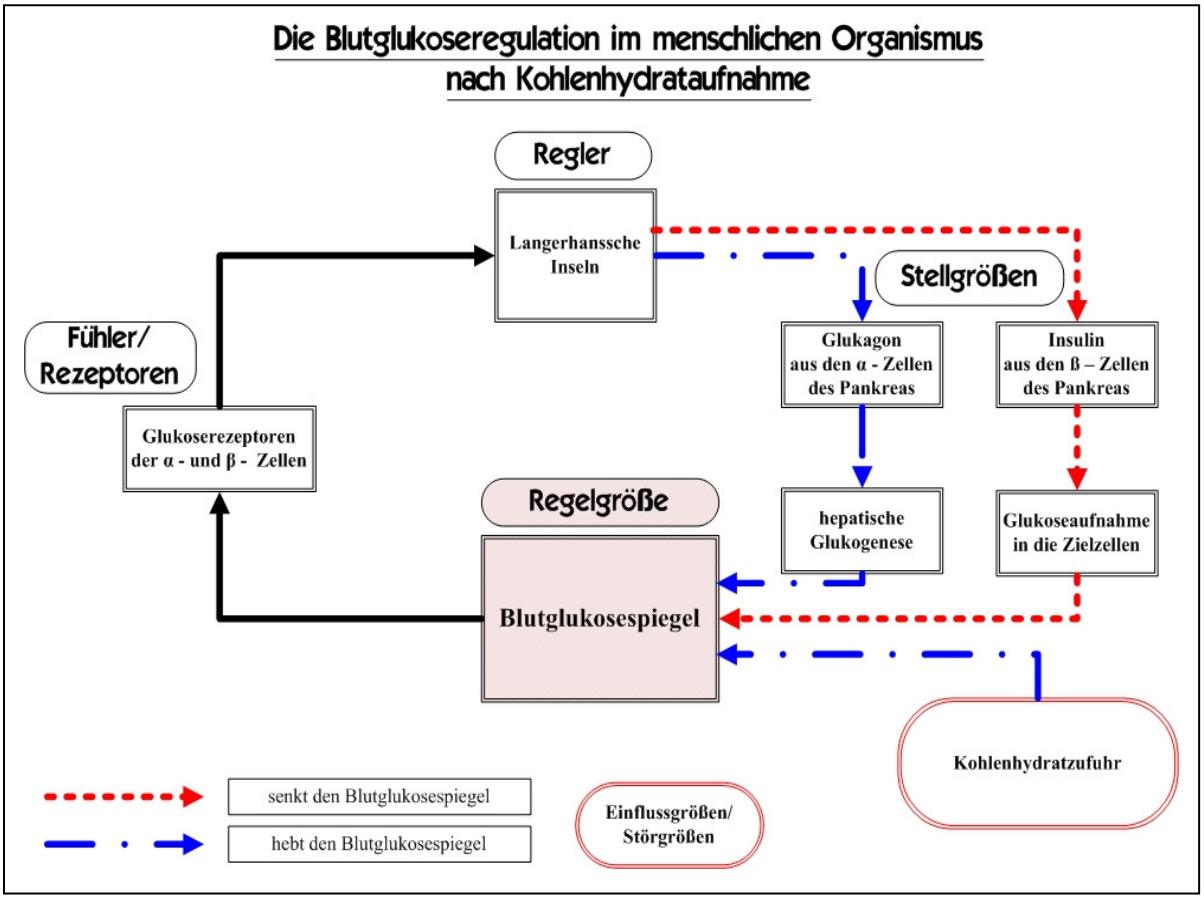


Abbildung 3: Blutglukoseregulation nach Kohlenhydrataufnahme

1.2.3 Blutglukoseregulation bei sportlicher Aktivität

Bei sportlicher Aktivität, die eine erhöhte Muskelaktivität und damit einen erhöhten Energiebedarf in der Muskelzelle zur Folge hat, translozieren Glukose 4 Transporter zur Muskelzellmembran, mit dem Ergebnis, dass dadurch bei der gleichen Insulindosis in derselben Zeitdauer wesentlich mehr Glukose in die Muskelzelle zur Energiegewinnung einströmen kann. Dies bewirkt einen Abfall des Blutglukosespiegels, der kompensatorisch durch folgende Reaktionen des Stoffwechselsystems ausgeglichen wird:

- ➔ Reduktion der Insulinsekretion der ß – Zellen des Pankreas
- ➔ Steigerung der Glukagonsekretion der α - Zellen des Pankreas
- ➔ Aktivierung der hepatischen Glukogenese und Abgabe von Glukose in das Blut.

Dadurch werden eine hypoglykämische Stoffwechselsituation vermieden und gleichzeitig die hepatischen Glukosespeicher zur Energiebereitstellung genutzt. So kann immer davon ausgegangen werden, dass sportliche Aktivität zu einem Blutglukoseabfall führt, der durch das Stoffwechselsystem kompensiert wird. Dieser stoffwechselphysiologische Zustand bleibt auch noch einige Zeit, bedingt durch die Wiederauffüllung der muskulären Glykogen – Depots, nach Ende der sportliche Aktivität erhalten. Die Dauer dieser erhöhten Insulinsensitivität ist abhängig von Dauer, dem Umfang und der Intensität der vorausgegangenen sportlichen Aktivität. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 4 dargestellt.

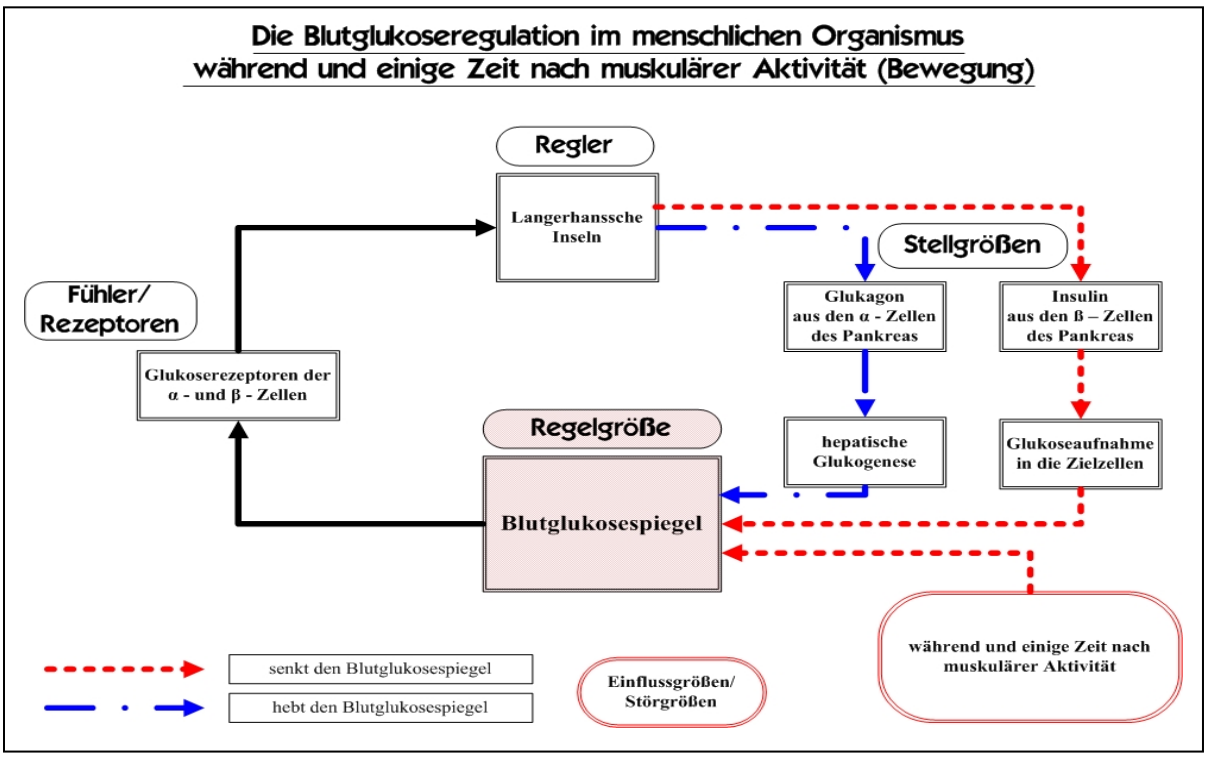


Abbildung 4: Blutglukoseregulation während und nach sportlicher Aktivität

1.2.4 Blutglukoseregulation unter dem Einfluss psycho – physischer Faktoren

Neben der Kohlenhydrataufnahme und muskulärer Aktivität haben auch psycho – physischer Faktoren einen Einfluss auf den Blutglukosespiegel. So können Stress, Übermüdung, Angst, Kälte oder Hitze, Freude usw. über die Beeinflussung des vegetativen Nervensystems und des Hypothalamus im Großhirn zu hormonellen Reaktionen führen, die die Ausschüttung von Katecholaminen (Adrenalin und Cortisol) aus der Nebenniere hervorrufen. Diese Gruppe der Hormone steigert die hepatische Glukogenese und führt somit zu einem Anstieg des Blutglukosespiegels, wie Abbildung 5 zeigt.

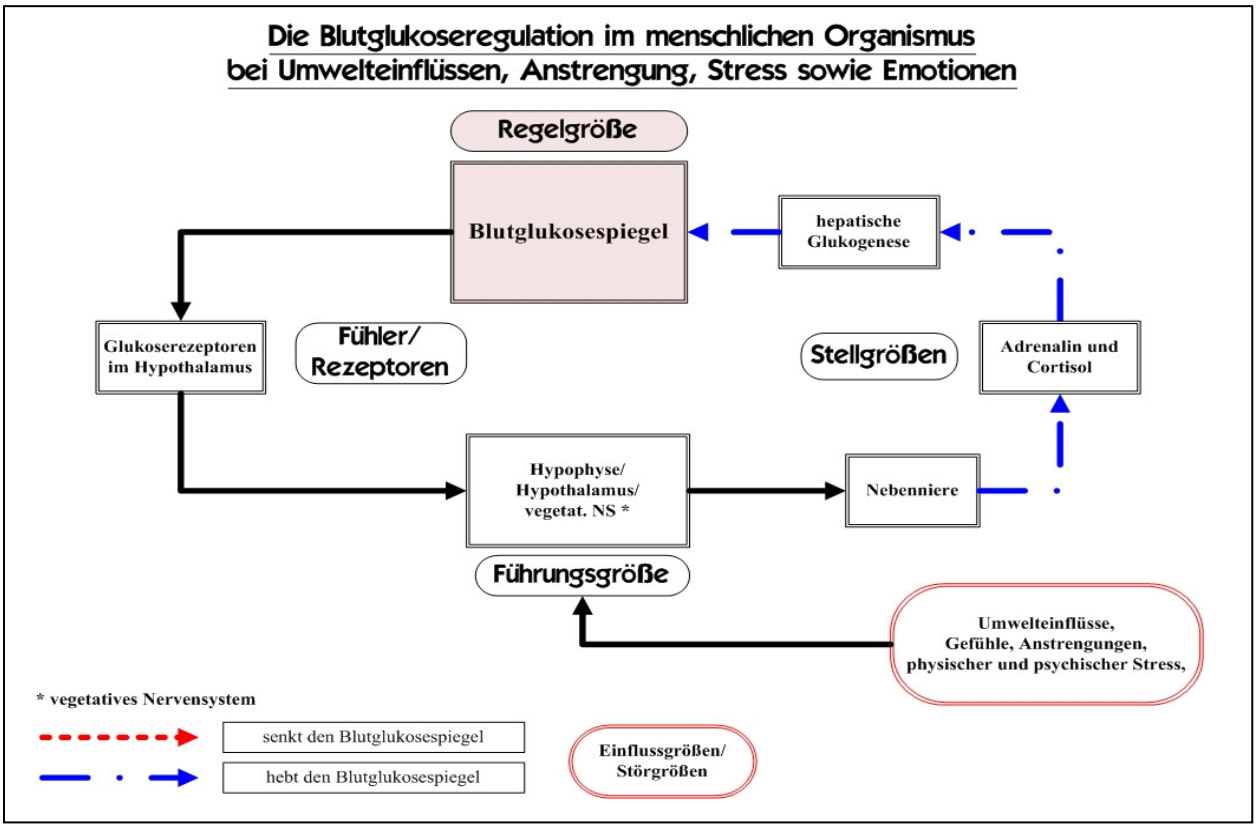


Abbildung 5: Blutglukoseregulation unter dem Einfluss von psycho – physischen Faktoren

Dieser Blutglukoseanstieg wird durch eine erhöhte Insulinsekretion der ß – Zellen des Pankreas und eine verminderte Glukagonsekretion der α - Zellen reguliert, so dass die physiologischen Blutglukosewerte und die Blutglukosehomöostase erhalten bleiben.

1.2.5. Gesamtübersicht über die Blutglukoseregulation beim Gesunden

Um die Komplexität der Blutglukoseregulation mit all ihren Stellgrößen, Stör- bzw. Einflussgrößen zu verstehen, wurden in der Abbildung 6 alle unter den Punkten 1.2.1 – 1.2.4

genannten Zusammenhänge vereint und schematisch dargestellt. Hier sind sowohl die physiologischen, als auch die psycho – vegetativen Steuerungsmechanismen dargestellt, die die Aufgabe erfüllen, trotz vielfältiger Einflussfaktoren auf den Blutglukosespiegel, ihn in einem physiologischen Bereich zu führen und sowohl die Bolus – als auch die Basalinsulin - Versorgung des Organismus zu sichern.

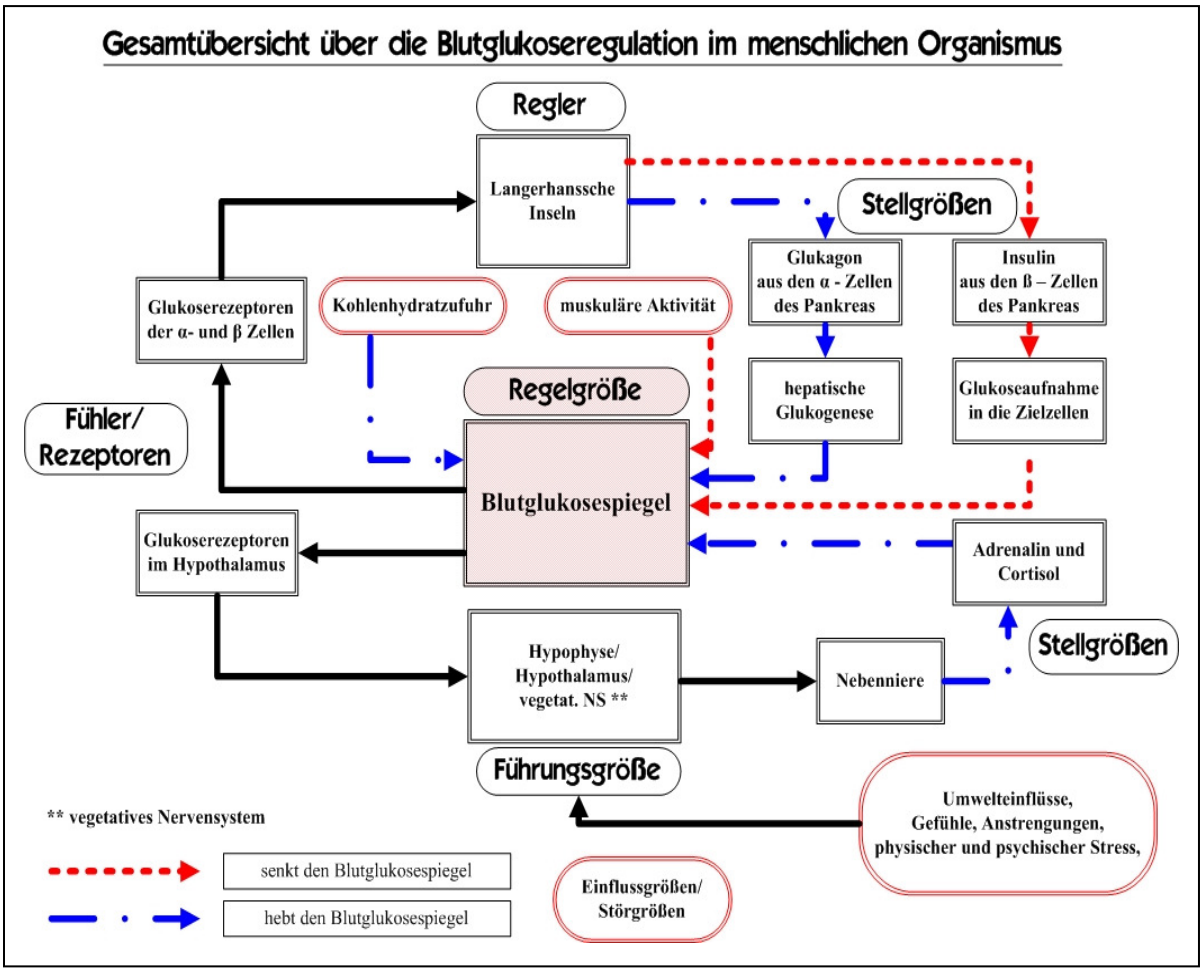


Abbildung 6: Gesamtübersicht über die Blutglukoseregulation im menschlichen Organismus

1.2.6 Die Insulinwirkung an der Muskelzelle

Das Insulinmolekül besteht aus einer A – Kette mit 21 Aminosäuren (rot – braun) und einer B – Kette mit 30 Aminosäuren (blau - grün), die über zwei Disulfidbrücken miteinander verbunden sind (Abb. 7). Zur molekularen Stabilität besitzt die B – Kette noch eine weitere Disulfidbrücke, die die Position 6 mit der Position 11 verbindet. Das Insulin wird in den ß – Zellen der Langerhansschen Inseln des Pankreas aus einem Proinsulin gebildet, von dem ca. 30 Aminosäuren - das C – Peptid – abgespaltet wird. Anschließend wird es als Hexamer mit Zink in den Vesikeln des Pankreas gespeichert und bei Bedarf freigesetzt.

Es besitzt eine Halbwertszeit von ca. 30 Minuten. Über das Blut wird das Insulin im Körper verteilt und entfaltet an speziellen Rezeptoren, den Insulinrezeptoren, seine Blutglukose senkende Wirkung.

Diese Insulinrezeptoren konnten an den Monozyten, Erythrozyten, Leberzellen, Fettzellen oder Muskelzellen nachgewiesen werden, sind aber nicht direkt strukturell vergleichbar [115]. Eine der wichtigsten biologischen Wirkungen des Insulins ist die rasche Beschleunigung der Glucoseaufnahme in Muskel- und Fettzellen.

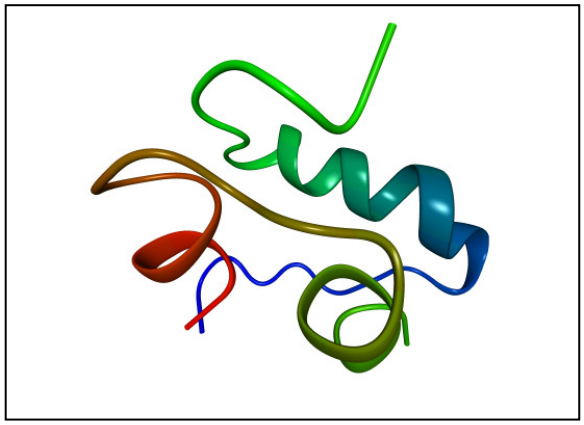


Abbildung 7: Sekundärstruktur des Insulins ohne Disulfidbrücken **[123]**

Insulin induziert weiterhin die Glykogensynthese und -speicherung in Leber und Muskel, die Triglyceridsynthese in Leber und Fettgewebe sowie die Speicherung von Aminosäuren im Muskel.

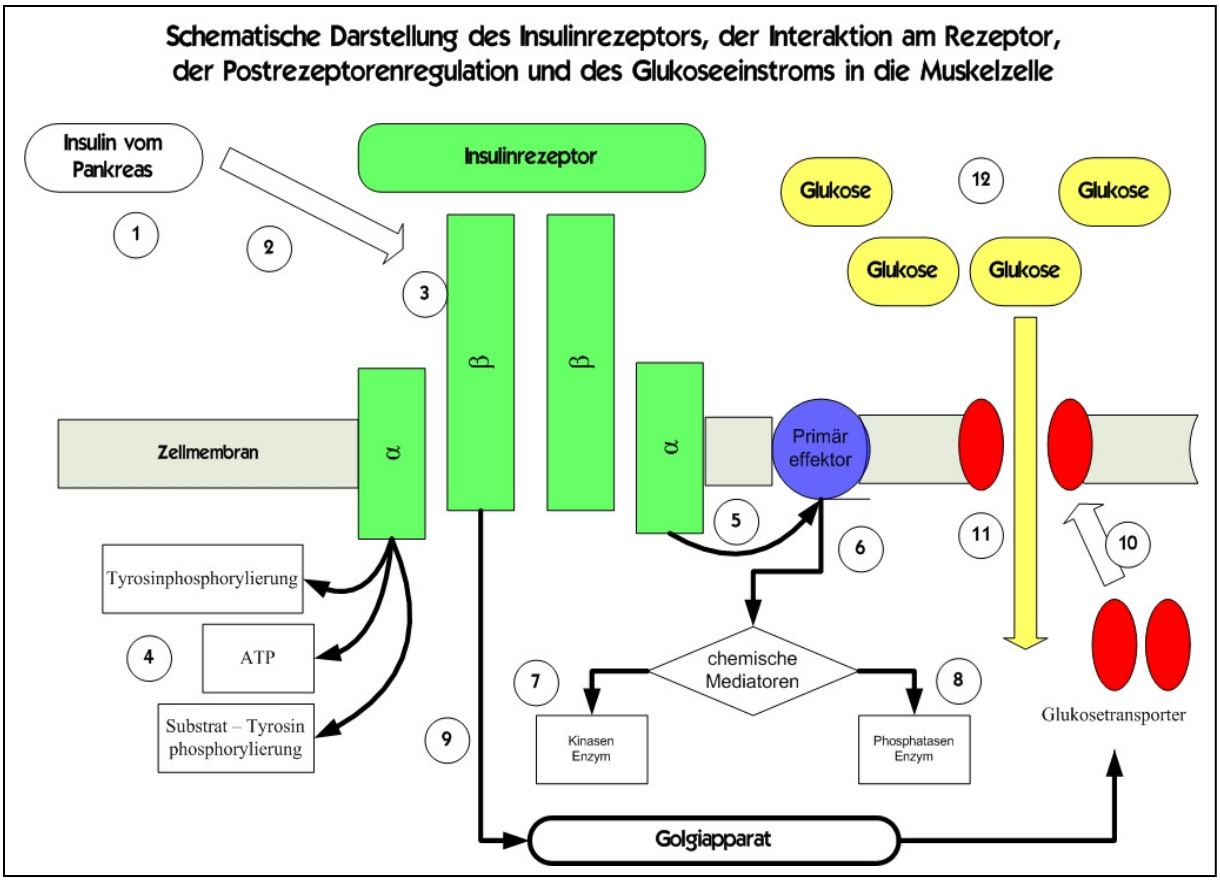
Gleichzeitig hemmt Insulin die hepatische Glukoneogenese und zählt daher insgesamt zu den wichtigsten Regulatoren des Glucosestoffwechsel.

Eine weitere zentrale Funktion des Peptidhormons Insulin besteht in der Regulation von Zellwachstum und Proliferation durch die Aktivierung der Transkription von Genen, die für Kontrolle und Ablauf des Zellzyklus von großer Bedeutung sind [116].

1.2.6.1 Insulinwirkung in Ruhe

Der Insulinrezeptor besteht aus zwei α - und zwei ß – Glykoproteinketten, die über Disulfidbrücken miteinander verbunden sind. Das Insulin wird an der α - Kette gebunden, wodurch die Tyrosinkinase an der ß - Glykoproteinkette aktiviert wird. Dies löst die Postrezeptorenaktivität aus, zu dem auch die Aufnahme des Insulinkomplexes in das Cytosol und dessen proteolytischer Abbau gehört [115]. Die dann insulinfreien Rezeptoren können zum Teil sofort wieder zur Zellmembran zurückkehren oder werden wie die Glukose 4 Transporter in cytosolische Pools oder Reservoirs aufgenommen.

In Abbildung 8 ist dieser schematische Ablauf der Postrezeptorenaktivität bis hin zum Glukoseeinstrom aus den Kapillaren bzw. dem Interstitium schematisch dargestellt.



1 = Freisetzung von Insulin in den ß – Zellen des Pankreas; 2 = Transport über das Blutgefäßsystem; 3 = insulinspezifischer Rezeptor der Zellmembran; 4 = Tyrosinkinase – Aktivierung an der α - Kette des Rezeptors; 5 = Aktivierung von Primäreffektoren; 6 = chemischen Mediatoren phosphorylieren bzw. dephosphorylieren Enzyme; 7 = Umwandlung in Kinasen - Enzyme (***MAP – Kinase – Weg***) und 8 = Phosphatasen – Enzyme (***PLC/IP$_3$-Weg)***; 9 = aktivierte ß – Ketten des Rezeptors internalisieren den Insulin Rezeptor Komplex; 10 = ***Translokation der Glukosetransporter zur Zellmembran***; 11 = Öffnung der glukosespezifischen Kanäle in der Zellmembran; 12 = Einstrom von Glukose aus den Kapillaren und dem interstitiellen Raum in die Zelle

Abbildung 8: Schematischer Ablauf der Insulinrezeptorenaktivität (modifiziert nach [115])

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die insulinvermittelte Rezeptoraktivität drei wichtige Signalketten auslöst, die zur Glukoseregulierung führen.

a) Die **Translokation von Glukosetransportern** zur Zellwand mit verstärkten Glukoseeinstrom in die Zelle.

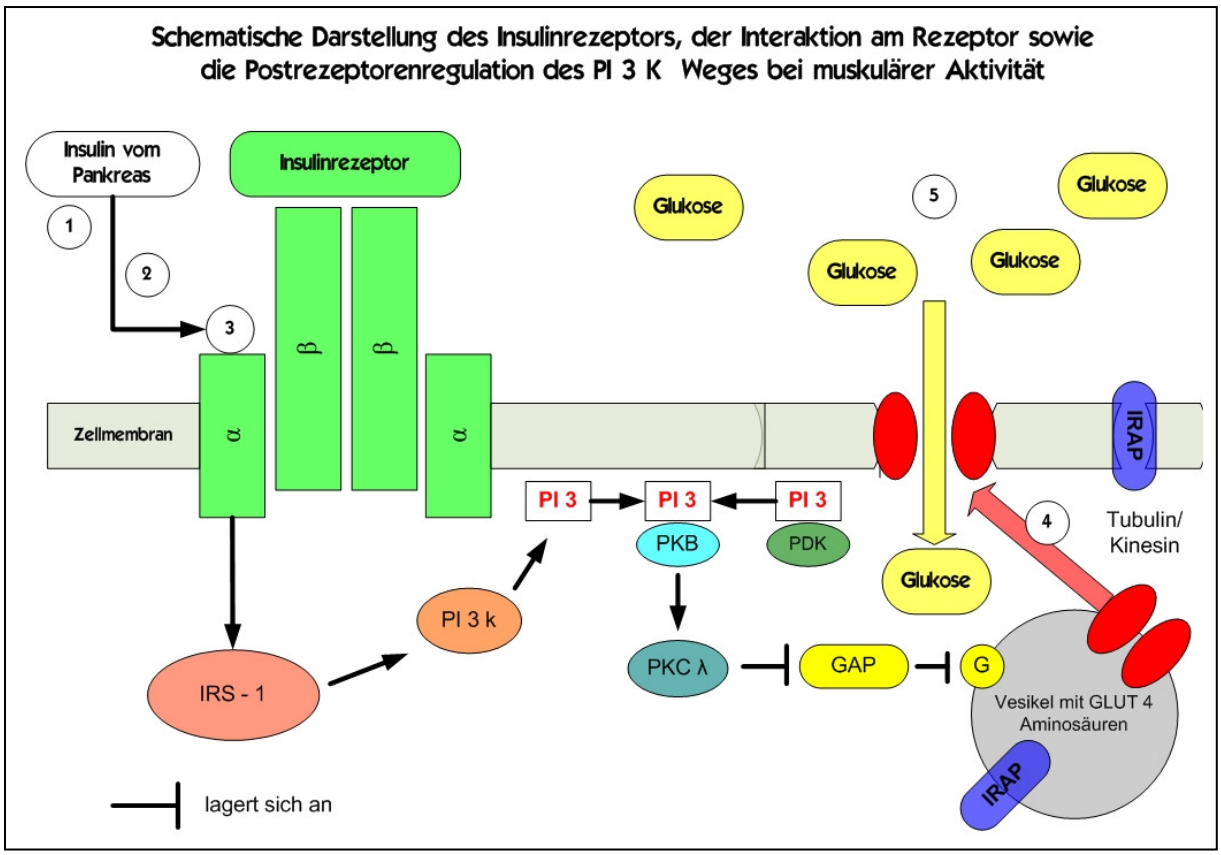
b) **Den PLC/IP$_3$-Weg,** der zur Anhebung des pH-Werts des Cytosols und dadurch zur Aktivierung des Schlüsselenzyms Phosphofructokinase führt, welches einen erhöhten Glucoseverbrauch zur Folge hat.

c) **MAP-Kinasekaskade**: Dieser Weg aktiviert die Insulin - stimulierte Proteinkinase. Diese phosphoryliert und aktiviert die Proteinphosphatase, die wiederum die Glykogen - Synthase dephosphoryliert und dadurch aktiviert wird. Durch diesen Vorgang wird Glucose (bei hoher Energieladung) dem Glykogenspeicher zugeführt. Unter hoher Energieladung versteht man dabei das zusätzliche Auffüllen des Adeninnukleotid – Pools von ATP mit 0,5 ADP bzw. die zusätzliche Anlagerung von ADP und AMP an ATP, wodurch die Kontraktilität vorwiegend der weißen Skelettmuskulatur verbessert wird [123].

1.2.6.2 Insulinwirkung bei sportlicher Aktivität

Da bei muskulärer Aktivität der ATP – Bedarf der Zellen sprunghaft ansteigen kann, ist die Muskelzelle in der Lage, zusätzlich Glukosekanäle, durch die Aktivierung in Vesikeln gespeicherter Glukose 4 Transporter, zu öffnen.
Dies wird auch als PI3K – Weg bezeichnet und ist schematisch in der Abbildung 9 dargestellt.

Der PI3K-Weg. Phosphoinositol-3-Kinase (PI3K) phosphoryliert Membrankomponenten. Diese Gruppe von Phospholipiden dient dann als Membrananker für Proteinkinase B (PKB), die dann durch eine andere Phosphoinositol - abhängige Proteinkinase (PDK) aktiviert werden kann. PKB bewirkt, dass das GTPase - aktivierendes Protein an das GTP - bindendes Protein des Vesikel anhaftet und die GLUT 4 Transporter mit der Zellmembran in der Muskelzelle verschmelzen.
Dadurch wird GLUT 4 funktionsfähig und es kann Glukose über die zusätzlichen Glukosekanäle vermehrt für die Energiegewinnung eingeschleust werden.



IRS = Insulin-Rezeptor - Substrat; PI3 = Phosphoinositol-3,4,5-Triphosphat; PI3K = Phosphoinositol-3-Kinase; PKB = Proteinkinase B; PDK = Phosphoinositol - abhängige Kinase; PKCλ = Proteinkinase C lambda; G = GTP-bindendes Protein (Rab4); GAP = GTPaseaktivierendes Protein; IRAP = Insulin - regulierte Aminopeptidase.
1 = Sekretion des Insulins ; 2 = Transport im Blut ; 3 = Verbindung mit den Insulinrezeptor;
4 = Translokation der GLUT – 4 AS zur Zellmembren; 5 = Glukose im extrazellulärem Raum

Abbildung 9: Der PI3K – Weg zur Verschmelzung von GLUT 4 Transportern mit der Zellmembran (modifiziert nach [115])

1.3 Pathophysiologie des Diabetes mellitus

Der Diabetes mellitus Typ 1 ist durch eine progrediente Zerstörung der Insulin produzierenden ß – Zellen in den Langerhansschen Inseln des Pankreas gekennzeichnet. Es besteht ein Insulinmangel mit einem Insulinmangelsyndrom, welches sich durch die klassischen Symptome Polyurie, Polydipsie, Ketoazidose und Gewichtsverlust bemerkbar macht. Er tritt vorwiegend in den jungen Jahren auf und beginnt in der Regel abrupt [61].
Der Typ 1 ist eine chronische, immunologisch vermittelte Erkrankung, deren Verlauf in Abbildung 10 dargestellt ist. Bei diesem Krankheitsbild lassen sich serologische Marker wie:

- ⇨ Inselzellantikörper (ICA)
- ⇨ Insulinautoantikörper (IAA)
- ⇨ Autoantikörper gegen Glutamat – Decarboxylase der ß- Zellen (GAD 65 A)
- ⇨ Autoantikörper gegen Tyrosinphosphatase (IA – 2A)

nachweisen [61]. Genetische Faktoren spielen eine prädisponierende Rolle [63]. Bei etwa 10 % der Typ 1 Patienten gibt es eine positive Familienanamnese, wobei 90 % eine charakteristische HLA – Assoziation aufweisen [116].

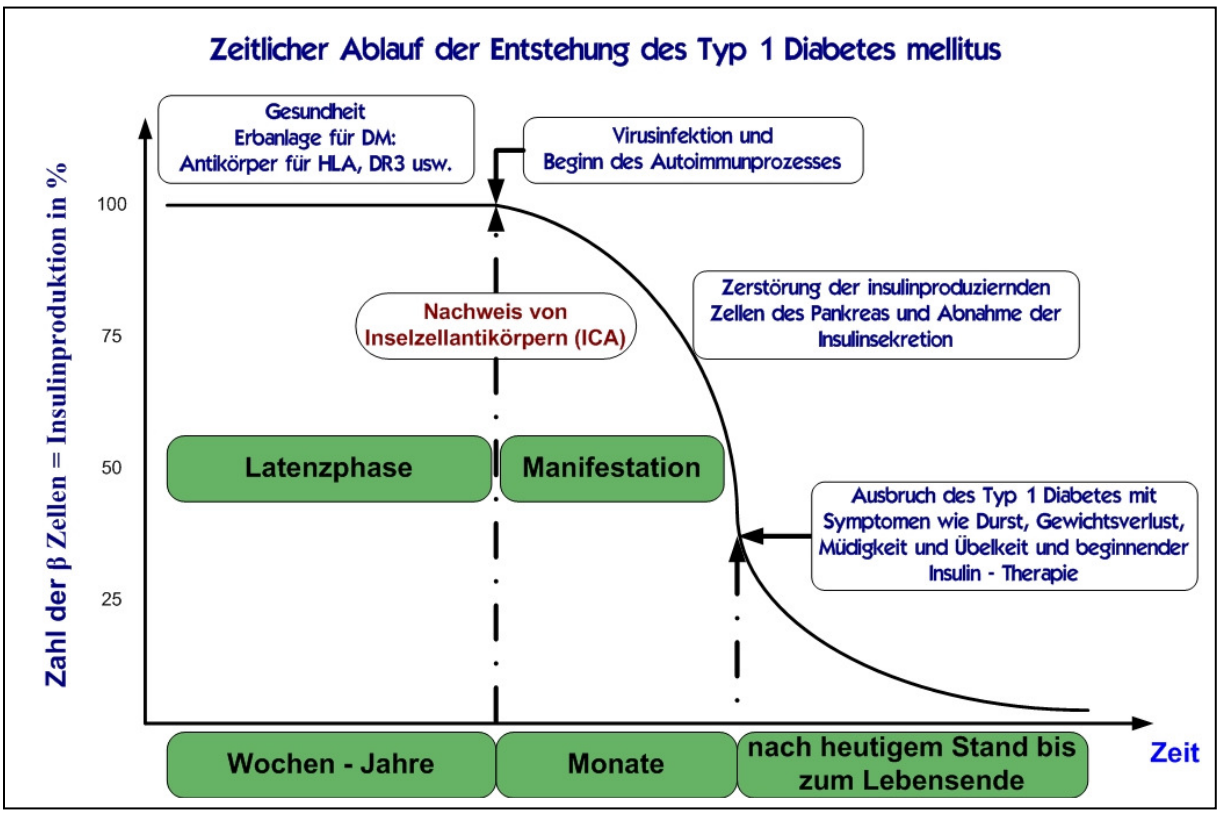


Abbildung 10: Zeitlicher Ablauf der Entstehung des Typ 1 Diabetes mellitus (modifiziert nach [124])

So ist der zeitliche Ablauf des Typ 1 Diabetes mellitus durch eine Phase der Gesundheit mit genetischer Prädisposition gekennzeichnet. Der Kontakt mit krankheitsauslösenden Faktoren setzt den Autoimmunprozess in Gang, der zur vollständigen Zerstörung der Insulin produzierenden ß – Zellen des Pankreas führt. Nach Auftreten der Symptome ist eine sofortige Substitutionstherapie mit dem Hormon Insulin induziert, die ein Leben lang durchgeführt werden muss, da nach dem heutigen Wissenstand noch keine Heilungschancen bestehen.

1.3.1 Klinische Merkmale des Typ 1 Diabetes mellitus

Da sich die Dissertationsschrift ausschließlich mit dem Krankheitsbild des Diabetes mellitus Typ 1 befasst (per Definition also mit Insulin behandelte Diabetes mellitus), sind in der Tabelle 4 die wichtigsten Charakteristika dieser Diabetesform zusammengefasst: [1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 61, 69]

Tabelle 4: Kriterien für Typ 1 Diabetes mellitus

Merkmal	**Ausprägung beim Typ – 1 Diabetes**
Pathologischer Vorgang	autoimmunbedingter Betazellendefekt
Auftreten/ Beginn	akut bis subakut
Insulinsekretion des Pankreas	vermindert bis fehlend
Insulinresistenz	keine (oder nur geringe)
Körpergewicht	meist normalgewichtig
vermutete Ursachen	ß – Zellen zerstörender Autoimmunprozess, aufgrundlage einer vorhandenen genetischen Prädisposition (HLA – Region des Chromosom 6 sowie die Chromosomen 10, 11, 18, 63), ausgelöst akute Umwelteinflüsse z.B. Virus- (Chosackie B, Röteln) oder Vergiftungsschädigung der ß – Zellen, beeinflusst oder begünstigt durch andere Umwelteinflüsse (z.B. Ernährung)
vergesellschaftete Krankheiten	Autoimmunerkrankungen (Hashimoto, Morbus Basedow, Morbus Addison, atropische Gastritis etc.)
Manifestationsalter (MA)	meist Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene, MA < 40 Lebensjahr
Symptome im unbehandelten Zustand	Polydipsie, Polyurie, Gewichtsabnahme, Leistungsschwäche, Juckreiz, Vulvitis, Balanitis, Muskelkrämpfe, diabetisches Koma
Symptome im ausreichend behandelten Zustand	Ohne Symptomatik klinische Symptome können aus Therapiekomplikationen (Spritzstellenverhärtung, Hypoglykämie) oder aus Folgererkrankungen (Neuropathie, Retinopathie, Diabetisches Fußsyndrom etc.) resultieren
Familiäre Häufung	gering
Konkordanz bei eineiigen Zwillingen	30 – 50 %
Erbgang	multifaktoriell (polygon)
HLA - Assoziation	vorhanden
Diabetesassoziierte Antikörper	90 – 95 % bei Manifestation GAD, ICA, IA – 2, IAA [114]
Stoffwechsel	labil

Tabelle 4: „Fortsetzung“

Ansprechbarkeit auf ß – zytotrope Antidiabetika	meist fehlend
Therapie	subkutane Insulininjektion mit Mahlzeiten und bewegungsadaptierter Insulindosen einschließlich der Befähigung des Patienten durch Schulungen zum täglichen Selbstmanagement der Krankheit.

Die Manifestation des Typ 1 Diabetes geht in der Regel mit den klassischen Symptomen (siehe Tabelle 4) einher und wird oft von banalen Infekten begleitet [61]. So sollte bei akutem Auftreten der Symptome, die auf einen Typ 1 Diabetes hindeuten, folgende Diagnostik eingeleitet werden, wobei die Diagnose an Hand des Blutglukosespiegels beim Typ 1 Diabetes oft schon ausreicht, da er eine akute bzw. subakute Krankheitsmanifestation zeigt und somit das Diagnoseverfahren erst bei akuten Symptomen eingeleitet wird.
Dabei gilt die Diagnose als gesichert, wenn klinische Symptome und Blutglukosewerte (nüchtern > 7,0 mmol/ l bzw. Gelegenheitsblutzucker > 10 mmol/ l) [61] gemessen werden. Dabei ist aber zu erwarten, dass aufgrund der Symptome, wegen der eine Diagnosestellung in der Regel veranlasst wird, der Blutglukosewert die Grenzwerte schon deutlich überschritten hat.

1.3.2 Verlauf und spezifische Begleit- und Folgeerkrankungen

Die Hyperglykämie beim Diabetes mellitus gilt als ein eigenständiger Risikofaktor für Gefäßkomplikationen. Darüber hinaus tragen die assoziierte Komorbidität und die diabetesspezifischen Folgeerkrankungen erheblich zur Verminderung der Lebensqualität bei [7].
Als Ursache dafür spielen zwei pathogene Mechanismen eine besonders wichtige Rolle:

- ➔ die **nicht - enzymatische Glykosilierung** von Proteinen, mit Bildung von AGE (advanced glycosylated endproducts), die zur Veränderung der Funktion zahlreicher Proteine führt und in Abbildung 11 schematisch dargestellt ist

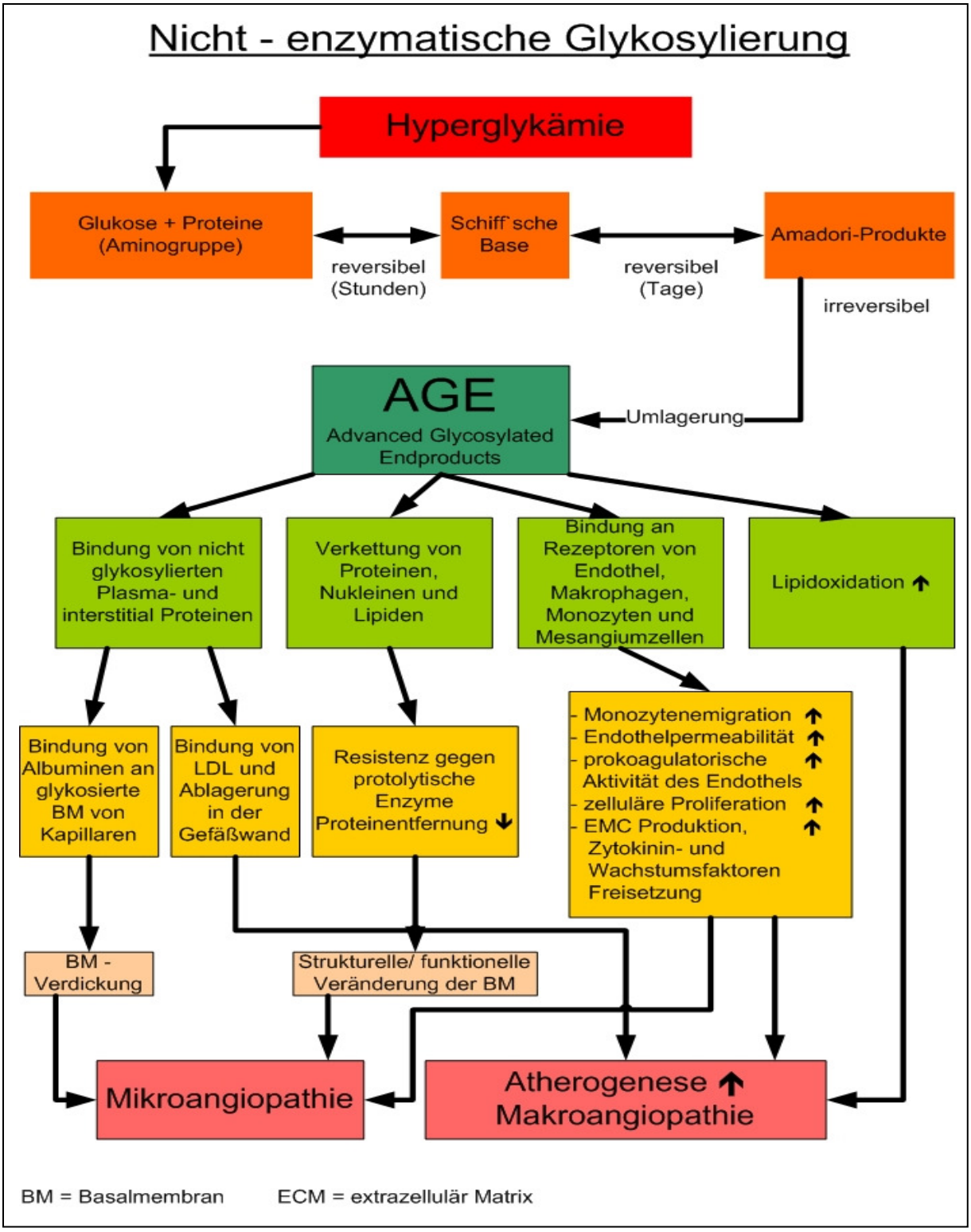


Abbildung 11: Schematische Darstellung der nicht – enzymatischen Glykosylierung (modifiziert nach [139])

sowie

➔ die intrazelluläre Steigerung des Sorbitolstoffwechselweges und die Störung des Polyol Stoffwechsels, der in der Abbildung 12 schematisch dargestellt ist.

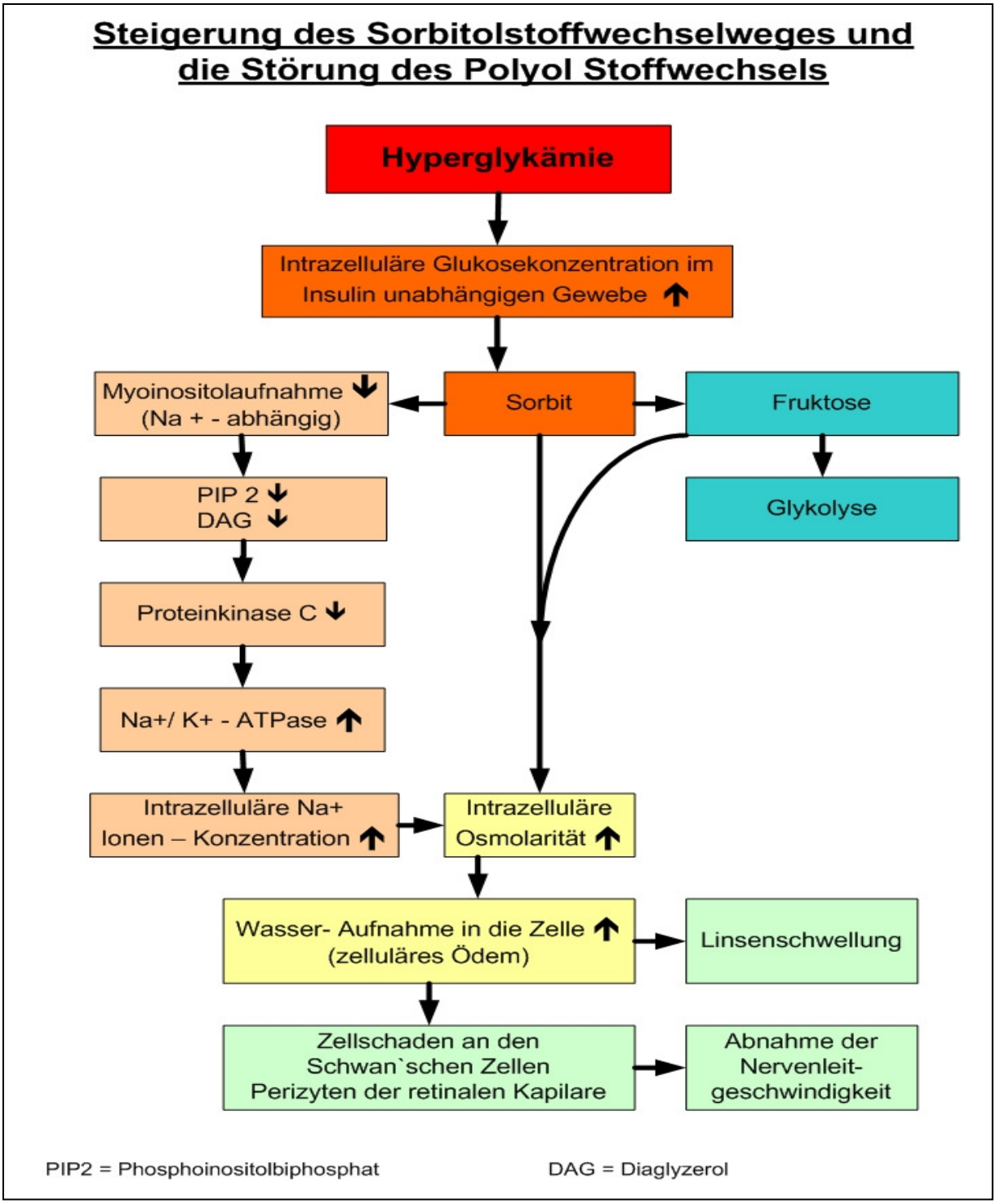


Abbildung 12: Steigerung des Sorbitolstoffwechselweges und die Störung des Polyol Stoffwechsels (modifiziert nach [139])

Zusätzlich führt die chronische Hyperglykämie zur vermehrten Bildung von reaktiven Sauerstoffradikalen, die zu lokalen Gewebsschäden, erhöhter Lipidperoxidation und zur Veränderung der Fließeigenschaften des Blutes mit erhöhter Thrombozytenaktivität beitragen [139].

1.3.2.1 Lebenserwartung

Viele internationale Studien kommen zu dem Schluss, dass die Lebenserwartung von Typ 1 und Typ 2 Diabetikern vermindert ist [17, 125]. Für Deutschland sind vornehmlich Daten aus der ehemaligen DDR verfügbar, die Aussagen über das Ausmaß der verringerten Lebenserwartung zulassen. Bei im Jahre 1966 in Erfurt neu an Diabetes mellitus erkrankten Personen war die 10 – Jahres – Mortalität von Personen im Alter von 40 – 49 Jahren bei Diagnosestellung mit 11,7 % fast doppelt so hoch, wie in der Allgemeinbevölkerung. Dies bedeutet für diesen Personenkreis ein Verlust von 7 – 8 Lebensjahren. Für Personen im Manifestationsalter von 60 – 69 Jahren stieg die 10 – Jahres – Mortalität auf 51,4 % an und war damit immer noch 1,5fach höher als in der Allgemeinbevölkerung. Dabei verringerte sich der Verlust an Lebensjahren im Mittel auf 3 – 4 Jahre. Bei der Manifestation des Diabetes jenseits der 75 Jahre waren keine Unterschiede in der Lebenserwartung mehr zu sehen [17]. Ähnliche Ergebnisse fanden sich in Mecklenburg [125]. Andere nationale und internationale Studien, so z.B. von Rendell et al. zeigen, dass die Komorbidität von Patienten mit Diabetes mellitus gegenüber der Bevölkerung ohne Diabetes mellitus um ein Vielfaches erhöht ist:

Tabelle 5: Alters- und geschlechtsadjustierte Odds – Ratios für Komorbidität von Patienten mit Diabetes mellitus im Vergleich zu Personen ohne Diabetes mellitus (126)

Komorbidität	**Odds – Ratio/ rel. Risiko**	**95 % iges Konfidenzintervall**
KHK	3,32	3,12 – 3,53
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	3,14	2,79 – 3,53
Zerebrovaskuläre Erkrankung	2,26	1,94 – 2,62
Arterielle Hypertonie	2,83	2,71 – 2,9
Augenerkrankungen	3,1	2,94 – 3,27
Nierenerkrankungen	4,63	3,86 – 5,54
Periphere Nervenerkrankung	2,26	1,98 – 2,58

1.3.2.2 Makroangiopathische Erkrankungen

Die Makroangiopathie manifestiert sich beim Diabetiker überwiegend als koronare Herzerkrankung, periphere arterielle Verschlusskrankheit und zerebrovaskuläre Insuffizienz.

Dabei sind die ***kardiovaskulären Erkrankungen*** die häufigsten Folgeschäden und erklären die hohe Morbidität und Mortalität der Patienten [127]. Nach Daten der Augsburger **MONICA – Studie** ist die Inzidenz des Myokardinfarktes, bei Männer mit Diabetes mellitus um das 3,5fache, bei Frauen um das 5,9fache, gegenüber Nichtdiabetikern erhöht [128]. Lloyd ermittelte 1996, dass die Inzidenz der koronaren Herzerkrankungen bei Patienten mit Typ 1 Diabetes mellitus bei 14 pro 1000 Patientenjahre liegt [129]. In der **EURODIAB IDDM Complications Study** lag die Prävalenz einer koronaren Herzerkrankung bei Patienten mit Typ1 Diabetes bei 9 % für Männer und 10 % bei Frauen [130]. Dabei ist weiterhin festzustellen, dass das Risiko für eine koronare Herzerkrankung mit der Länge der Diabetesdauer sowohl für die Typ 1 Diabetiker als auch für die Typ 2 Diabetiker zunimmt [131].

Die Prävalenz einer ***arteriellen peripheren Verschlusskrankheit***, die als Ursache an weiteren diabetesspezifischen Erkrankungen (Diabetisches Fußsyndrom) beteiligt ist und Grund für die hohe Amputationsrate bei Diabetikern ist, wird als Knöchel – Arm – Dopplerindex kleiner als 0,9 definiert. Sie beträgt bei Patienten mit Diabetes mellitus 20,9 %, bei Personen ohne Diabetes 7,0 % [132]. Die Inzidenz liegt zwischen 12,6 und 21,3 pro 1000 Patientenjahre für Männer und zwischen 8,4 und 17,6 pro 1000 Patientenjahre bei Frauen [133, 134, 135].

Nach Ergebnissen der **Framingham** und der **Honolulu Heart Study** ist die Inzidenz von ***zerebrovaskulärer Insuffizienz*** in Form von Schlaganfällen bei Diabetikern um den Faktor 2 – 3 erhöht [136]. Sie liegt für Männern bei 62,3 pro 1000 Patientenjahre [137], Daten für Frauen sind nicht bekannt. Bei Patienten mit Typ 2 Diabetes mellitus liegt die Prävalenz hochgradiger Karotisstenosen als Marker für zerebrovaskuläre Insuffizienz bei 8,2 % [138].

1.3.2.3 Mikroangiopathische Erkrankungen

Als diabetische Mikroangiopathie bezeichnet man das weitgehend diabetesspezifische so genannte renale - retinale Syndrom. Prinzipiell ist aber kein Kapillargebiet ausgespart. An den Folgen gemessen dominieren jedoch die Kapillargebiete im Augenhintergrund und die in den Nierenglomerula. Die Mikroangiopathie wird auch bei der Neuropathie als ein ätiopathischer Faktor diskutiert [7].

Das klinische erste Zeichen einer Nephropathie ist die Mikroalbuminurie (30 – 299 mg/ 24h) [140] und ist bei 30 – 40 % der Patienten mit Typ 1 Diabetes nachweisbar, wobei Männer häufiger als Frauen betroffen sind [141]. Ohne spezifische Intervention entwickeln bis zu 80 % der Typ 1 Diabetiker innerhalb von 10 – 15 Jahren eine Makroalbuminurie

(≥ 300mg/ 24h), von denen etwa 50 % innerhalb von 10 Jahren eine terminale Niereninsuffizienz aufweisen [140], die zur Dialysepflicht führt. Von den im bundesweiten Projekt Qualitätssicherung in der Nierenersatztherapie erfassten Patienten litt jeder fünfte an Diabetes mellitus. Von ihnen waren 5% Typ 1 und 17 % Typ 2 Diabetiker [142]. Darüber hinaus ist festzustellen, dass von denen im Jahr 2002 neu registrierten Dialysepatienten jeder Dritte an Diabetes mellitus erkrankt war. Vor allem der Anteil an Patienten mit Typ 2 Diabetes an der Nierenersatztherapie ist in den 90iger Jahren angestiegen [143].
Die Definition von Seheinschränkungen und Erblindungen variieren international, so dass ein Vergleich der Daten sehr schwierig ist. In Deutschland gilt eine Sehschärfe von ≤ 1/50 als Erblindung. Auf dieser Basis wurde Anfang der 90iger Jahre die Erblindungsprävalenz von 0,26 – 0,32 % von Diabetikern geschätzt, was etwa doppelt so hoch wie in der Allgemeinbevölkerung war [144]. Bei Typ 1 Diabetikern lag die Prävalenz von Blindheit mit 5 % sogar noch höher [145].
Die diabetische Retinopathie zählt zu den häufigsten Erblindungsursachen mit einer Inzidenz von 2 pro 100.000 Einwohnerjahre [146, 147]. In der diabetischen Bevölkerung wurden Erblindungsinzidenzen von 60 – 80 pro 100.000 Personenjahre geschätzt, wobei Frauen häufiger als Männer betroffen waren [148]. Das Erblindungsrisiko von Diabetikern ist fünf-mal höher als in der nichtdiabetischen Bevölkerung [144]. Dies würde hochgerechnet für Deutschland pro Jahr eine Anzahl von 3000 – 4000 Neuerblindungen von Personen mit Diabetes bedeuten.

1.3.2.4 Diabetische Neuropathie

Die diabetische Neuropathie ist eine klinisch manifeste oder subklinische Erkrankung der peripheren Nerven (somatisch, autonom), die nach Ausschluss anderer Ursachen in Folge der diabetischen Erkrankung aufgetreten ist. Epidemiologische Daten internationaler Studien deuten auf eine Prävalenz von 20 % in primärärztlichen Praxen und 30 % in klinischen Untersuchungen hin [149]. In einer klinikbasierten Querschnittsstudie mit über 1100 Patienten hatten 17 % der Typ 1 Diabetiker und 35 % der Typ 2 Diabetiker eine klinisch nachweisbare Neuropathie [150]. Eine kardiovaskuläre autonome Neuropathie fand Ziegler bei 17 % der Typ 1 und bei 22 % der Typ 2 Diabetiker [150].

1.3.2.5 Diabetisches Fußsyndrom

Das diabetische Fußsyndrom ist eine multifaktorielle diabetesspezifische Erkrankung, bei der die periphere arterielle Verschlusskrankheit und die periphere Neuropathie die Hauptursachen sind und das oft zu Fußamputationen führt. Die Prävalenz von Fußamputationen lag in Jena für Patienten mit Typ 1 Diabetes bei 3 % und für Patienten mit Typ 2 Diabetes bei 4 % [151]. Die Inzidenz von Amputationen bei Patienten mit Diabetes liegt in Deutschland zwischen 209,2 und 720 pro 100.000 diabetischen Personenjahre. Im Vergleich hierzu liegt die Inzidenz bei der nicht – diabetischen Bevölkerung bei 9,4 und 16 pro 100.000 Personenjahre. Daraus ergibt sich ein relatives Risiko für Amputationen von 22,2 [152]. bzw. 45 [153, 154].

1.3.2.6 Zusammenfassung

Die aufgeführten Prävalenz- und Inzidenzdaten zeigen eindrücklich die hohe Komorbidität und Mortalität sowie die Belastung der Gesundheit jedes einzelnen Diabetikers, aber auch die sich daraus ergebenden finanziellen Belastungen des Gesundheitswesens. Daher besteht in Zukunft die unbedingte Notwendigkeit, den Verlauf der Diabeteserkrankung positiv zu beeinflussen. Dies gelingt nur dadurch, dass die Patienten durch Schulungen in die Lage versetzt werden, ihre Therapie so durchzuführen, dass sie eine möglichst normglykämische Blutglukoseeinstellung haben. Darüber hinaus muss der behandelnde Arzt alles für die Behandlung von kardiovaskulären Risikofaktoren und die Therapie von Artherothromboseneigung tun.
Hilfreich für die Beurteilung der Prävalenz und Inziden sowie die Erfassung der Versorgungsqualität der Diabetiker in Deutschland sind epidemiologische Daten, deren Erhebung in Zukunft unverzichtbar bleibt.

1.3.3 Stoffwechseltherapie und Therapieziele des Typ 1 Diabetes mellitus

Die Insulinbehandlung ist beim Typ 1 Diabetiker eine lebensrettende Hormonersatztherapie, die lebenslang beibehalten werden muss. Ziel der Therapie ist es, akute Komplikationen wie Hypo – oder Hyperglykämien zu vermeiden, die in Tabelle 5 dargestellten Blutglukosewerte einzuhalten, um langfristige prognosebestimmende Folgeerkrankungen (Kap. 1.3.2) zu vermeiden oder deren Auftreten möglichst lange Jahre zu verhindern. Dazu ist es notwendig, dass der Patient zusammen mit dem Arzt die Therapie plant und die regelmäßigen

vierteljährlichen Untersuchungen auch wahrnimmt. Dabei sollte dem messbaren Qualitätskriterium der Diabetestherapie, dem HbA1c – Wert, die notwendige Beachtung geschenkt werden und bei Bedarf die Therapie modifiziert werden, um die tägliche bedarfsgerechte Insulin – Substitution zu gewährleisten.

Für die Planung der Insulintherapie ist es wichtig,

- ⇨ die Abhängigkeit der nahrungsbedingten Kohlenhydrataufnahme zur Insulindosis (Bolusinsulindosis) und
- ⇨ das Verhältnis zwischen der Basalen- und Bolus – Insulindosis, die bei gesunden normalgewichtigen Erwachsenen mit vollständigen Insulinmangel bei ca. 50 IE/ d liegt und bei Kindern vom Körpergewicht abhängig ist,

zu berücksichtigen.

Eine bedarfsgerechte Insulintherapie legt daher folgende Faktoren zu Grunde [73]:

- ⇨ Ausmaß des Insulindefizits des Patienten
- ⇨ die individuelle Insulinempfindlichkeit des Patienten, die durch Insulinresistenz, Adipositas, Medikamenteneinnahme, Schwangerschaft, Stress oder Infekt vermindert und bei hoher Muskelmasse durch intensives regelmäßiges Training erhöht sein kann, wodurch die Basalinsulindosis angepasst werden muss
- ⇨ die Nahrungszufuhr (Zeit, Art und Menge)
- ⇨ die körperliche Aktivität (Dauer, Zeit, Intensität)
- ⇨ Ausgangs – Blutglukosewert und
- ⇨ die Pharmakokinetik und – dynamik der verwendeten Kurzzeit- und Verzögerungsinsuline
  (Normal-, NPH-, zinkverzögerte Insuline*, schnell- und langwirkende Analoginsuline)

** Anmerkung des Autors: Diese Insulin Art ist seit dem Sommer 2006 nicht mehr im Handel verfügbar und demzufolge können diese auf dieser Basis hergestellten Präparate nicht mehr verordnet werden.*

Bei der Wahl der geeigneten Therapieverfahren, also der Wahl zwischen der

a) konventionellen Insulintherapie (CT) mit bis zu 3-maliger Insulininjektion,
b) intensivierten Insulintherapie (ICT) mit 4 – 8-maliger Insulininjektion oder
c) der kontinuierlichen subkutanen Insulininfusion (CSII), der Insulinpumpentherapie

sollten folgende Kriterien beachtet werden:

- die Kenndaten der noch vorhandenen Restinsulinsekretion
- Erfordernisse aufgrund der Situation des Patienten
- die Pharmakokinetik und – dynamik der verwendeten Insuline
- die Lernfähigkeit und Motivation des Patienten
- die Möglichkeiten des Patienten und sein Vermögen zur täglichen Umsetzung der Therapie.

Nur bei der Berücksichtigung der o. g. Faktoren ist es möglich, die Therapieziele zu erreichen und diabetesassoziierte Erkrankungen zu vermeiden.
Ein sicheres Gütekriterium für die Diabetestherapie stellt der HbA 1c – Wert dar, da sich dadurch das Risiko für mikroangio- und neuropathische Erkrankungen gut beurteilen und bei Einhaltung der Werte von Nichtdiabetikern deutlich vermindern lässt [117, 118, 119]. Da sich ein Schwellenwert des HbA 1c – Wertes, unter dem kein Risiko für diabetesassoziierte Folgeerkrankungen auftritt, nicht nachweisen lässt [118], sind HbA1c – Werte so niedrig wie möglich, ohne dass schwere Hypoglykämien auftreten, sinnvoll. Oberhalb eines HbA1c – Wertes von 7,5 % (d.h. bei einem Hypoglykämierisiko von 0,1 – 0,3 Ereignissen pro Patient und Jahr sowie einem mikroangiopathischen Komplikationsrisiko von mehr als 7 % in 10 Jahren [118]), sollte die Stoffwechseleinstellung überprüft und intensiviert werden [73].
Um dieses Therapieziel, einen HbA1c – Wert < 7,5%, zu erreichen, ist die regelmäßige Messung von Blutglukosewerten unerlässlich. Diese in Tabelle 6 dargestellten Zielwerte müssen deshalb unter Vermeidung von Hypoglykämien dauerhaft erreicht werden. Dies ist mit geschulten und motivierten Patienten möglich, mitunter aber nicht ganz einfach, aufgrund der Komplexität des Stoffwechsels und verschiedenen Einflussvariablen. Trotzdem sollten Stoffwechselsituationen wie schwere Unterzuckerung sowie Aceton, nachweisbar im Urin, vermieden werden.

Tabelle 6: Empfohlene Blutglukosezielwerte zu verschiedenen Tageszeiten [73]

Zeitpunkt der Messung	**empfohlener Blutglukosewert in mmol/ l (mg/ dl)**
Vor den Mahlzeiten (nü. – BG Wert)	5,0 – 6,6 (91 – 120)
Vor dem Schlafengehen	6,0 – 7,5 (110 – 135)
Postprandial (2h nach der Mahlzeit)	venös: 4,9 – 9,9 (90 – 180)

Nächtliche Blutglukosekontrollen (02:00 – 04:00 Uhr) sind bei Verdacht oder Neigung zu nächtlichen Hypoglykämien erforderlich und sollten darüber hinaus regelhaft, je nach Stabilität der Stoffwechseleinstellung alle 4 – 8 Wochen vorgenommen werden [73].

1.3.4 Einflussmöglichkeiten auf den Blutglukosespiegel im Rahmen der Therapie

Die Schwierigkeit in der Behandlung des Typ 1 Diabetes mellitus besteht darin, die vielfältigen Störgrößen auf den Blutglukosespiegel wie:

- ⇨ unvorhergesehene Kohlenhydrataufnahme und deren schwer zu beurteilende Auswirkung auf den Blutglukosespiegel
- ⇨ unvorhergesehene muskuläre Aktivität in Art, Dauer und Umfang
- ⇨ Stress
- ⇨ Infekte
- ⇨ unregelmäßige Tagesabläufe (z.B. Schichtarbeit, Urlaubsreisen etc.)

so zu antizipieren, zu kontrollieren und zu kompensieren, dass der Blutglukosespiegel in einem normglykämischen Bereich liegt und dies nicht nur temporär, sondern tagtäglich ein Leben lang.
Der Typ 1 Diabetiker muss nun präventiv, begleitend oder nachfolgend den Blutglukosewert mit den Stellgrößen

- ➔ primär
  - ⇨ mit der Dosis, Pharmakokinetik und Applikationsort des Insulins

- ➔ und sekundär
  - ⇨ mit der Menge, Zusammensetzung und Verfügbarkeit der Kohlenhydrate
  - ⇨ Art, Dauer, Intensität und Umfang der muskulären Anstrengung

so beeinflussen und damit auf die Störgrößen reagieren, dass er das Therapieziel „normglykämischer Blutglukosewert“ erreicht.

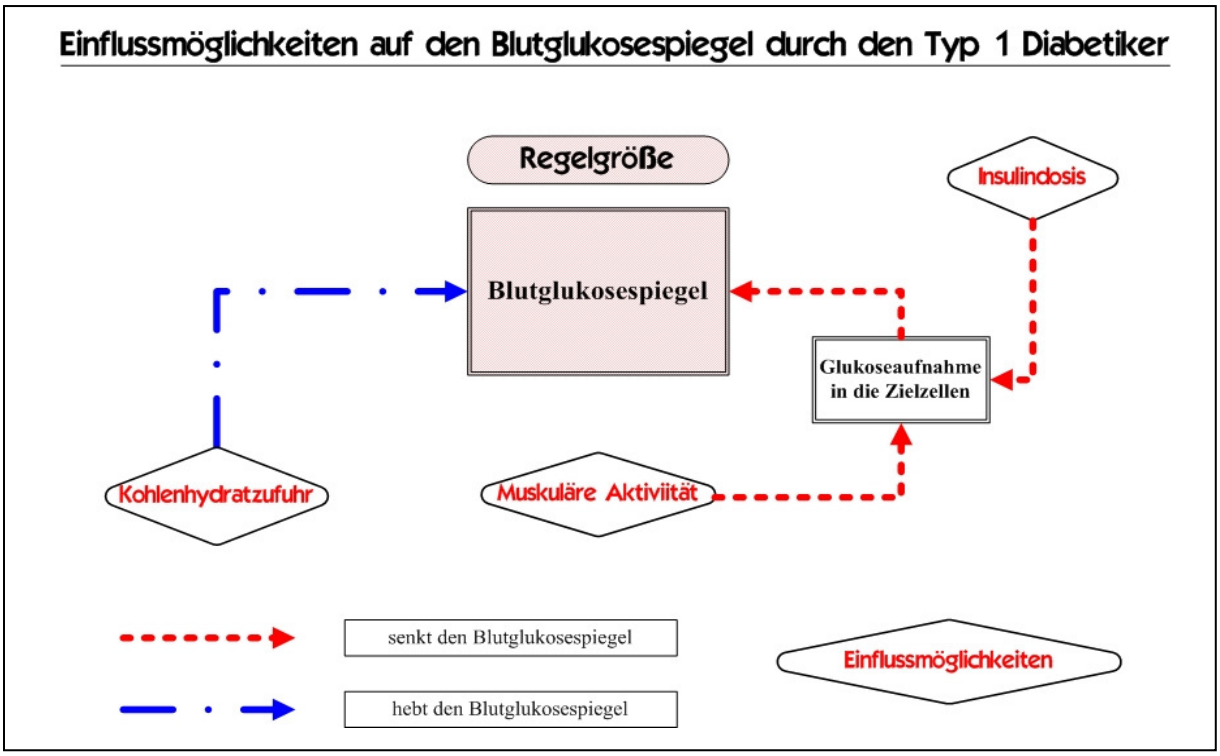


Abbildung 13: Einflussmöglichkeiten auf den Blutglukosespiegel

Dabei offenbart sich ein grundsätzliches Problem in der Therapie des Typ 1 Diabetes, die Dualität der Kohlenhydratwirkung und der muskulären Aktivität auf den Blutglukosespiegel. Beide Einflussgrößen können sowohl Stell- als auch Störgröße sein. Deshalb ist das Stellglied Insulin so zu handhaben, dass die Kohlenhydratzufuhr und die muskulärer Aktivität nicht als Stellgrößen „missbraucht“ werden müssen, da dies zu einer schwierigeren Beurteilung des Stoffwechsels und der Vorhersage des Blutglukosewertes als Basis für die Berechnung der Insulindosis führt.

Dabei soll in dieser Arbeit der interessanten und weitgehend unbeantworteten Frage nachgegangen werden, wie eine möglichst genaue quantitative Beurteilung der muskulären Aktivität im Bezug zur Insulindosis erreicht werden kann, um Blutglukoseentgleisungen mit den bekannten Komplikationen vermeiden zu können.

1.3.5 Stoffwechselauswirkungen muskulärer Aktivität beim Typ 1 Diabetiker

Bei einem stoffwechselgesunden Menschen erzeugt körperliche Belastung, bedingt durch eine Insulin- und Muskulaturaktivität vermittelte Translokation der GLUT 4 Aminosäuren im

Muskel zur Zellmembran, einen, wenn auch geringen Blutglukoseabfall, der kompensatorisch über den Blutglukoseregelkreis durch eine Reduktion der Insulinsekretion der ß - Zellen des Pankreas sowie durch die hepatische Glukosebereitstellung (Glykogenolyse und Glukoneogenese) behoben wird. So kommt es nur selten zu symptomatischen Hypoglykämien während sportlicher Aktivitäten [20, 21, 22, 23]. Die Abbildung 12 zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen der durch die muskuläre Aktivität bedingten, zusätzlich zu den GLUT 1 Aminosäuren aus dem mikrosomalen Pool an die Zellmembran translozierenden GLUT 4 Aminosäuren und der als Voraussetzung notwendigen Insulinwirkung am Rezeptor [24].

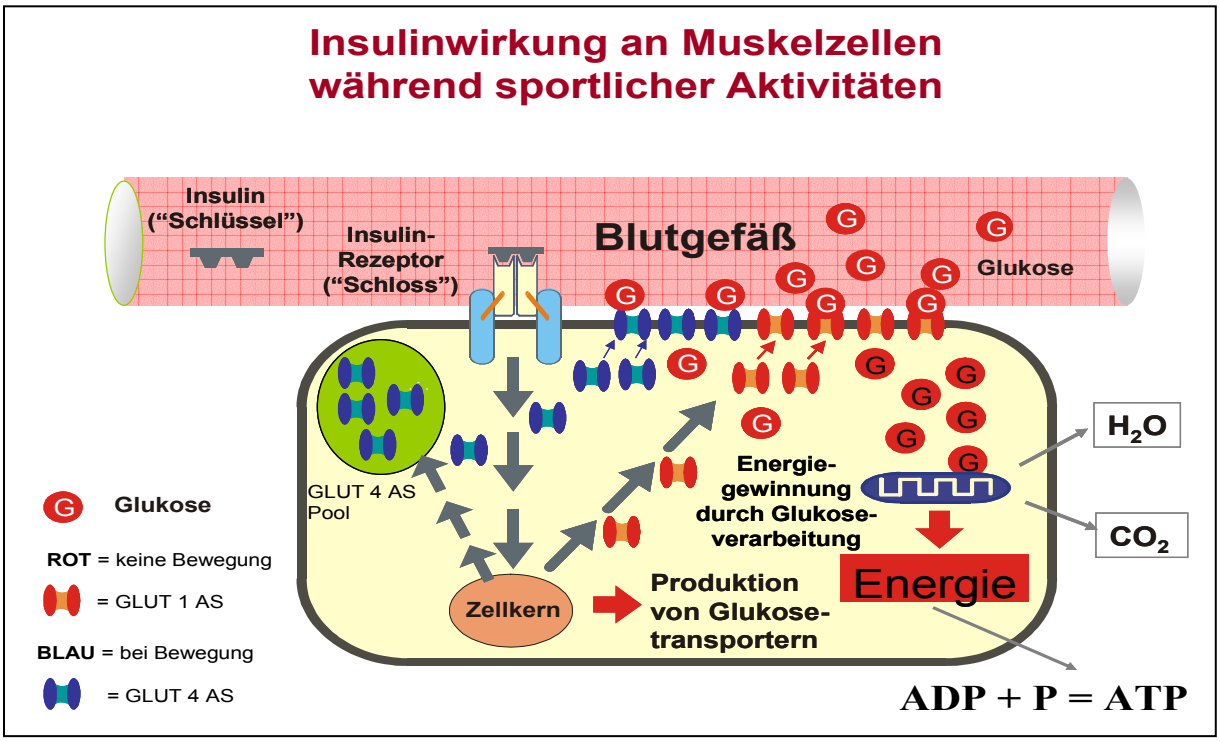


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen Insulin und Translokation der Glut 4 Aminosäuren.

Die beim Nichtdiabetiker vorhandene kompensatorische Mindersekretion von Insulin aus den ß - Zellen der Bauchspeicheldrüse, entfällt beim Typ 1 Diabetiker, weil er durch die Insulindosis und die Therapieform festgelegt ist und somit der sinkenden Blutglukosespiegel nicht kompensatorisch angepasst wird. Deshalb kann es während oder nach sportlichen Aktivitäten zu einem Blutglukoseabfall bis hin zur Hypoglykämie kommen.

Die Unterzuckerung (Hypoglykämie) ist eine Komplikation, die plötzlich auftritt und bei der der Blutglukosegehalt unter 2,22 mmol/l (40 mg/dl) absinkt. Anzeichen einer Hypoglykämie sind individuell sehr unterschiedlich und können sich im Lauf der Jahre verändern. Symptome können zu:

➔ Körperlichen Reaktionen (Heißhunger oder Übelkeit, Blässe, Muskelschwäche, Schweißausbruch, Zittern, Herzjagen, Müdigkeit)

➔ Verhaltensänderungen (Unruhe, Verwirrtheit, Verständnisschwierigkeiten, Albträume)

➔ Störungen der Nervenfunktionen (Gleichgewichtsstörungen, Sprachstörungen, Sehstörungen, Lähmungen, Krampfanfälle, Bewusstlosigkeit)

führen. Es werden l**eichte Unterzuckerung,** hier können sich Diabetiker selbst durch die Zufuhr von schnell wirkenden Kohlenhydraten (Traubenzucker, gesüßter Fruchtsaft oder Cola) helfen, die den Blutglukosespiegel schnell ansteigen lassen, von s**chweren Unterzuckerung mit Bewusstlosigkeit**, bei denen die Angehörigen oder sogar der Notarzt eingreifen müssen, unterschieden.

Schätzungsweise bis zu zehn % der insulinpflichtigen Diabetiker haben die Wahrnehmung jeglicher Frühsymptome einer Unterzuckerung verloren. Bei ihnen verläuft die Unterzuckerung völlig unbemerkt. Bis zu 30 % der insulinpflichtigen Diabetiker nehmen die Symptome einer Unterzuckerung nur noch eingeschränkt wahr. Sie bemerken nicht jeden Zustand einer Unterzuckerung oder registrieren die Symptome erst sehr spät.

Aufgrund dieses Effekts galt Sport lange Zeit, als die Blutglukosezielwerte (vgl. Tab. 5) noch wesentlich höher angesetzt werden mussten, als Säule der Diabetestherapie, die gezielt zur Blutglukosesenkung einzusetzten sei [25]. Heute, im Zeitalter der permanent nahe – normglykämischen Stoffwechselführung, wirken sich körperliche Aktivitäten bei insulinbehandelte Patienten mit Typ 1 Diabetes hingegen häufiger als Störfaktor aus, der bei normglykämischer Ausgangslage Hypoglykämien verursacht. Zur Vermeidung und Therapie sind quantitative Anpassungen der Insulindosis und/ oder der Kohlenhydratzufuhr erforderlich [20, 21, 26]. Erstere Möglichkeit ist Gegenstand meiner Untersuchungen.

Andererseits kann es bei unzureichender oder fehlender Insulinversorgung vor sportlicher Aktivität, erkennbar an Ausgangsblutglukosewerten > 15 mmol/ l, zu gefährlichen Blutglukoseentgleisungen kommen.

Die Gründe hierfür sind:

- ⇨ Physiologischer Anstieg der hepatischen Glukoseproduktion
- ⇨ Mangelnde insulinabhängige Hemmung der durch die muskuläre Aktivität physiologisch stimulierten Glukoneogenese und Glykogenolyse
- ⇨ Verminderte Glukoseaufnahme in die Skelettmuskulatur durch die Insulinmangelsituation

Theoretisch kann es durch die korrespondierende Enthemmung der Lipolyse auch zu einer ketazitotischen Entgleisung kommen[6, 22].

Wesentliche Faktoren, die den Blutglukoseverlauf bei muskulären Aktivitäten bestimmen, sind [27, 28, 29, 30, 31]:

- ➔ **der Ausgangsblutzucker** vor der sportlichen Aktivität
- ➔ die zum Zeitpunkt der sportlichen Aktivität **wirkende Insulindosis**
- ➔ der **Umfang, die Dauer und Intensität der sportlichen Aktivität**

.

Diese Faktoren in quantitativer und zeitlicher Übereinstimmung zu bringen, ist das große Problem des sportlich aktiven Typ – 1 Diabetikers. Aus Angst vor Stoffwechselentgleisungen, besonders der Hypoglykämie, verzichten viele Typ – 1 Diabetiker auf sportliche Aktivitäten, Kinder und Jugendliche werden sogar häufig vom Schulsport befreit und verzichten auf sportliche Aktivitäten mit Gleichaltrigen in ihrer Freizeit im Verein oder Sportgruppe. Damit entgehen ihnen nicht nur Spaß und Freude, sondern auch für die persönliche Entwicklung der Kinder und Jugendlichen wichtige soziale Kontakte. Insbesondere bleiben die positiven Auswirkungen auf die Fitness, das Selbstwertgefühl und die Prävention von Krankheiten aus . Besonders Letzteres gewinnt immer größere Bedeutung, je mehr die Inzidenz von „Wohlstands – oder Life – Style“ Krankheiten zunimmt, für welche die Bedeutung der Bewegungsgewohnheiten und der Sporttherapie in der Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention durch viele Studien belegt ist und aus der heutigen Therapie dieser Krankheiten nicht mehr wegzudenken sind [32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40].
Speziell der Typ – 1 Diabetiker profitiert durch Ausdauerbelastungen im aeroben und anaeroben Bereich, dies sowohl kurzfristig durch eine höhere peripheren Insulinsensitivität und der damit verbundenen besseren Blutglukosewerte bei geringeren erforderlichen

Insulindosen, und langfristig durch die Vermeidung des gefürchteten Hyperinsulinismus und der damit verbundenen Folgen, wie Gewichtszunahme und hohe Insulinresistenz [6, 41, 42].
Aus diesem Grund sollte es ein vorrangiges Ziel und Anliegen der Diabetologie sein, den Patienten durch Schulungen und Beratungen in die Lage zu versetzten, die von ihm gewählte sportliche Aktivität in Dauer, Umfang und Intensität ohne Stoffwechselkomplikationen auszuüben [26, 30, 43]. Dazu bedarf es einer kompetenten Beratung durch den Arzt, entsprechenden Schulung durch den Diabetesberater sowie der Beratung und Betreuung durch den Sporttherapeuten, Sportlehrer, Übungsleiter und Trainer mit entsprechender Qualifikation, um die Patienten zu befähigen, Sport, Insulin und Kohlenhydratzufuhr optimal aufeinander abzustimmen. Nur diese Zusammenarbeit gewährleistet effektiv, dass der Patient komplikationslos seiner sportlichen Aktivität nachgehen kann.

1.4 Publikationen über die Erfahrungen und den Wissensstand bei sportlichen Aktivitäten mit insulinbehandelten Diabetikern/ Literaturrecherche

Am 23.11. und am 02.12.2006 wurde eine Literaturrecherche in der medizinischen Datenbank „Medline“ durchgeführt. Hierzu wurden folgende Begriffe in die Suchmaske eingegeben:

a) „Diabetes mellitus Typ 1“
b) „Exercise“

Diese Begriffe sollten in den Textfeldern vorhanden sein und wurden durch mich in den Zeitraum von August 1999 bis 02.12.2006 eingegrenzt. Es wurden 1061 Veröffentlichungen gelistet. Von den 320 in diesem Zeitraum veröffentlichten Literaturstellen wurden 65 als repräsentativ ausgewählt, um eine Übersicht über alle Schwerpunktgebiete, die sich in den folgenden Kapiteln wieder finden, zu geben.
Darüber hinaus wurde in die Recherche die Homepage der Deutschen Diabetes – Gesellschaft (www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de), die Empfehlungen des Oberschulamtes Stuttgart (www.rps-schule.de/recht/) und die Empfehlungen des Bundesverbandes der Betriebskrankenkassen (BKK) (www.bkkmedplus.de) in die Recherche mit einbezogen.

Um den Stand der Wissenschaft übersichtlich zu dokumentieren, wurden die Literaturquellen in folgende Kategorien eingeteilt:

a) Literaturquellen über die Insulindosisanpassung an sportliche Aktivität zur Kompensation von Hypoglykämien
b) Literaturquellen über die Auswirkungen sportlicher Aktivität auf den Blutglukosespiegel und die Therapie sich daraus ergebender Komplikationen
c) Literaturquellen über die Auswirkungen auf Organsysteme und stoffwechselphysiologische Parameter
d) Literaturquellen zur Diabetesbehandlung, zum -management und zur -schulung.

1.4.1 Literaturquellen über die Insulindosisanpassung an sportliche Aktivität

Das Ergebnis der Literaturrecherche zu diesem Schwerpunktthema lässt sich am besten mit der Arbeit von Toni, S. et all aus dem Jahre 2006 beschreiben, der zu dem Schluss kommt, dass es „ Empfehlungen zur Insulindosiseinstellung bei sportlicher Aktivität gibt, diese aber auf individueller Basis und bisher oft nur nach der Methode „Trail and Error“ gefunden werden [72]. Auch die „Evidenzbasierten Leitlinien“ der Deutschen Diabetes – Gesellschaft (DDG) von 2004 zur Therapie des Typ 1 Diabetes [73] kommen in ihren Empfehlungen zu den therapeutischen Maßnahmen bei Sport und körperlicher Belastung zu der Aussage: „ Bei geplanter Ausdauerbelastung (etwa 30% der maximalen körperlichen Leistungsfähigkeit), Insulindosisreduktion um 2 IE/ h oder belastungsabhängig bis zu 60% der Insulintagesdosis. Zu dieser Empfehlung werden keine Quellen angegeben.
Die Arbeitsgemeinschaft „ Initiativgruppe Diabetes und Sport“ der DDG veröffentlichte unter Federführung von F. W. Kemmer 2006 die Praxisleitlinien für „Diabetes, Sport und Bewegung“ [74] und trifft dort die Aussage: „Da es nur eine grobe Dosis – Wirkungsbeziehung gibt, müssen individuelle Anpassungsregeln erarbeitet werden“. Des weiteren gibt der Verfasser die Empfehlung: „Vor mehrstündigem und ganztägigem Sport Normalinsulin und Basalinsulin bis zu 50% zu reduzieren“ und das „...Basalinsulin abends in Abhängigkeit von Dauer und Intensität um 10 bis 50% zu reduzieren“. Alle weiteren Empfehlungen zur „Praxis der Prävention sportinduzierter Komplikationen“ beziehen sich auf

die Kohlenhydratzufuhr. Auch hier werden für die Empfehlungen keine Literaturquellen genannt.

Die einzige Arbeit, die sich mit dem Zusammenhang zwischen Intensität und Dauer der sportlichen Aktivität, der Insulindosisreduktion und dem Blutglukoseverlauf beschäftigt, stammt aus dem Jahr 2001. R. Rabasa – Lhoret untersuchte den Zusammenhang zwischen Intensität (Sauerstoffaufnahme (25%, 50% und 75% der $VO_{2\ max.}$), der Dauer in Intervallen von 30 und 60 min, der Insulindosisreduktion des Bolusinsulins zwischen 25 und 75% (Premeal – Insulin) und der durch sportliche Aktivität induzierten Hypoglykämien. Er kam zu dem Schluss, dass „das Hypoglykämierisiko durch sportliche Aktivität reduziert werden kann, wenn die unterschiedlichen Intensitäten und die unterschiedliche Dauer bei der Reduktion der Bolusinsulindosis berücksichtigt werden“ [75].

Die „The Diabetes Research in Children Network Study Group” untersuchte die Möglichkeit, ob mit einer Reduktion der Basalrate bei Kindern, die eine Insulinpumpentherapie durchführten, das Hypoglykämierisiko bei sportlicher Aktivität reduziert werden kann. Sie kamen zu dem Schluss, dass eine Unterbrechung der Basalrate eine effektive Strategie ist, um während sportlicher Aktivitäten weniger Hypoglykämien auftreten zu lassen. 45 Minuten nach Beendigung der sportlichen Aktivität zeigte sich aber ein vermehrtes Auftreten von Hyperglykämien, aber ohne dass Ketonkörper im Urin auftraten [113].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es in dem von mir zu Grunde gelegten Zeitraum nur eine Literaturquelle gibt, die sich genauer mit dem Zusammenhang zwischen den Auswirkungen sportlicher Aktivität auf den Blutglukosespiegel und der Insulindosisanpassung beschäftigt. Andere wenige Publikationen geben ebenfalls Empfehlungen, doch wird die Grundlage bzw. Quelle für diese Empfehlungen nicht genannt und sind in ihren Angaben sehr vage. Alle anderen Arbeiten, die sich mit der Auswirkung von sportlichen Aktivitäten auf den Blutglukosespiegel beschäftigen, geben die Empfehlung zur Substitution des Blutglukoseabfalls und damit der Prävention von Hypoglykämien mit Kohlenhydraten.

1.4.2 Literaturquellen über die Auswirkungen sportlicher Aktivität auf den Blutglukosespiegel und die Therapie der sich daraus ergebender Komplikationen

Mit Bedeutung der Blutglukoseveränderungen als wichtigste Störgröße sportlicher Aktivitäten beschäftigt sich u.a. G. Corigliano et al. in seiner Studie über die „Blutglukoseveränderungen bei Kindern und Erwachsenen“ [80] und A.C. Ertl et al. findet darüber hinaus „den Beweis für

den Teufelskreis von sportlicher Aktivität und Hypoglykämien beim Typ 1 Diabetes mellitus“ [81].

Zu dem Ergebnis, dass Blutglukoseveränderungen während sportlicher Aktivität nur eingeschränkt reproduzierbar sind, kommt S.A. Biankin. Trotzdem kommt er zu der Aussage, dass „der absolute Blutglukosespiegel nach der sportlichen Aktivität und das, was dafür getan wurde, eine gute Aussage für die Kohlenhydratsubstitution oder Insulinreduktion für zukünftige sportliche Aktivitäten ermöglicht“ [82].

Mit den Auswirkungen von sportlicher Aktivität auf die Dynamik des Blutglukose- und Insulinspiegels beschäftigt sich die Arbeit von M. Derouchich und kann als Ergebnis seiner Arbeit zeigen, dass sportliche Aktivität zu Hypoglykämien, aber auch zu Hyperglykämien führen kann [93].

Mit der Pathophysiologie und Vorbeugung von Hypoglykämien bei sportlichen Aktivitäten beschäftigte sich S. Dagogo – Jack. Er ist der Meinung, dass der gut geschulte Patient sein Hypoglykämierisiko bei sportlicher Aktivität durch Einschätzung der Intensität, der Kenntnis der Symptome, der Blutglukosekontrolle und geeigneter Maßnahmen zur vorbeugenden Vermeidung von Hypoglykämien, verringern kann [83].

Neben den schon erwähnten „Evidenzbasierten Leitlinien“ der DDG [73] und den Praxisleitlinien der Arbeitsgemeinschaft „Initiativgruppe Diabetes und Sport“ [74], findet man sowohl in den Empfehlungen des Oberschulamtes Stuttgart „Diabetes mellitus und Schulalltag“ [76] als auch in den Empfehlungen der BKK Bundesverbandes [77] nur Hinweise darauf, dass dem durch sportliche Aktivität bedingter Glukoseabfall im Blut durch Kohlenhydratsubstitution vorgebeugt bzw. der Blutglukoseabfall während und nach der sportlichen Aktivität so therapiert werden kann.

Ähnliche Hinweise findet man u. a. in den Arbeiten von M.C. Dubè et al. [78] , der sich mit der Fragestellung nach der notwendigen Menge an Glukose zur Vermeidung von Hypoglykämien beschäftigte, von J.J. Grimm et al, der in seiner Arbeit „Eine neue Tabelle zur Vorbeugung von Unterzuckerungen während körperlicher Aktivitäten bei Typ 1 Diabetespatienten“ zu dem Schluss kommt, dass eine „adäquate Kohlenhydratsubstitution während und nach der sportlichen Aktivität wichtiger ist als die Insulindosisanpassung“. Er empfiehlt bei einer sportlichen Aktivität, die länger als 60 Minuten dauert, eine Insulindosisreduktion von 20 – 30% [79].

Die Literatur beschäftigt sich nicht nur mit den Hypoglykämien während, sondern auch nach sportlichen Aktivitäten.

E. Tsalikian untersucht die nächtlichen Hypoglykämien von Kindern mit Blutglukosekontrollen und kommt zu dem Ergebnis, dass die durch sportliche Aktivität induzierten nächtlichen Hypoglykämien eine Modifizierung des Diabetesmanagements verlangen [84].

J. M. Herrnandez empfiehlt zusätzlich noch flüssige „Snacks“, um Hypoglykämien nach der sportlichen Aktivität zu vermeiden [87].

Der Zusammenhang zwischen Glukosebedarf und Insulinkonzentration bei moderater sportlicher Aktivität wurde von M.P. Francescato untersucht. Er schlussfolgert, dass es bei den Typ 1 Diabetikern einen Zusammenhang zwischen dem Glukosebedarf und der Insulinkonzentration im Blutplasma gibt, aber keinen Zusammenhang zum Trainingszustand der Typ 1 Patienten [88].

Auch das subjektive Empfinden der körperlichen Anstrengung – gemessen in der BORG – Skala - ist, wie M.C. Riddell nachweisen konnte, um 2 – 3 Punkte höher als bei Gesunden, was sich auf die Trainingsintensität und die Hypoglykämie bedingte Glukoseaufnahme auswirkt [85].

Dabei konnte R. Defrin nachweisen, dass sich Kinder bei der Beurteilung der Auswirkungen sportlicher Aktivität auf die Art der Aktivität und nicht auf die Intensität oder die Blutglzkosewerte verlassen. So suggeriert Fahrradfahren den Kindern, dass diese Art der sportlichen Aktivität einen Vorteil gegenüber freien sportlichen Aktivitäten hat, was die Reduktion des Blutglukosespiegels betrifft. Deshalb sei es wichtig, so schlussfolgert Defrin, dass den Kindern bewusst gemacht wird, wie die tatsächlichen Auswirkungen sportlicher Aktivitäten auf den Blutglukosespiegel sind [89].

M.J. Tansey et al. konnte die Auswirkungen moderaten Aerobictrainings zeigen und stellte fest, dass diese Trainingsart den Blutglukosespiegel gleichmäßig reduziert und dass das Auftreten von Hypoglykämien wahrscheinlich war, wenn vor der sportlichen Aktivität der Blutglukosespiegel unter 6,64 mmol/l (120 mg/ dl) lag. Darüber hinaus stellt Tansey fest, dass die Behandlung mit 15 g Glukose zur Vermeidung von Hypoglykämien während der sportlichen Aktivität oft unzureichend ist [92].

Abschließend sollen noch die Studien von P. Galassetti und D. A. Sandoval et al. genannt werden, die sich mit der gegenregulatorisch - hormonellen Antwort nach vorangegangenen Hypoglykämien beschäftigt haben und feststellten, dass durch vorangegangene Hypoglykämien ein starker Blutglukoseanstieg zu verzeichnen ist. Dies führten sie auf die adrenergene Gegenregulation vorausgegangener Hypoglykämien zurück [86, 91].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die sportliche Aktivität den Blutglukosespiegel in Abhängigkeit zur Intensität beeinflusst und dass von fast allen Autoren die Kohlenhydratsubstitution als präventive Maßnahme zur Vermeidung von Hypoglykämien empfohlen wird. Die Hypoglykämie während, aber auch nach sportlichen Aktivitäten wird als Hauptproblem sportlich aktiver Typ 1 Diabetiker beschrieben, die eine Vielzahl von gegenregulatorisch - hormonellen Antworten auslöst.

1.4.3 Literaturquellen über die Auswirkungen sportlicher Aktivität

Es wurde vermutet , dass für die Dynamik des Blutglukosespiegels und das verstärkte Auftreten von Hypoglykämien während sportlicher Aktivitäten die Anzahl von translozierten Glukose 4 Transportern an der Muskelzellmembran von entscheidender Bedeutung sind.
Die Erklärung für diese Vermutung ist die Tatsache, dass sich diese Aminosäurestrukturen für die Glukoseutilisation während muskulärer Aktivität verantwortlich zeichnen.
Diese Vermutung konnte im Jahr 2000 Y. Wu an diabetischen Ratten [96] und Y. Kraniou [97] am menschlichen Skelettmuskel bestätigen. Beide fanden eine höhere Konzentration dieser Strukturen an der Muskelzellmembran während sportlicher Aktivitäten im Vergleich zur muskulären Inaktivität.
Darüber hinaus untersuchte eine Vielzahl von Autoren die Auswirkungen sportlicher Aktivität auf andere Organsysteme. Besonders interessant ist die Fragestellung, ob sportliche Aktivität über einen längeren Zeitraum die Blutglukoseeinstellung verbessern würde, was sich über den HbA1c – Wert messen lässt. Hierzu findet man in der Literatur unterschiedliche Angaben. Während P.C. Ligtenberg 1999 in seiner Übersichtsarbeit mit diabetesspezifischen Daten von Patienten zu dem Schluss kam, dass regelmäßige sportliche Aktivitäten keinen Einfluss auf die Blutglukoseeinstellung haben [94], konnte dagegen S. Sideraviciute im Jahr 2006 nachweisen, dass ein regelmäßig durchgeführtes Schwimmprogramm die Blutglukoseeinstellung von allen Teilnehmern verbesserte [95].
In diesem Zusammenhang wäre zu diskutieren, inwieweit die Intensität, die Dauer und der Umfang der sportlichen Aktivität dieser beiden Studien vergleichbar ist, aber auch, wie sich die direkte Kontrolle und Anleitung der Teilnehmer am Schwimmprogramm auf die Ergebnisse auswirkte.
Eine weitere Vermutung ist, dass Mädchen mit Typ 1 Diabetes während der Pubertät oft mehr an Gewicht zunehmen als ihre gleichaltrigen Mitschülerinnen, die keinen Diabetes haben. Diese Vermutung untersuchte S. Särnblad, indem er die sportliche Aktivität und die

Energieaufnahme als Ursache für diesen Effekt untersuchte und kam zu dem Ergebnis, dass es eine Tendenz dahin gibt, dass Mädchen mit Diabetes weniger körperlich aktiv sind, aber dass es in der Energieaufnahme keinen Unterschied zu gleichaltrigen nicht diabetischen Mädchen gibt. Um genauere Aussagen treffen zu können, sind allerdings Langzeitstudien notwendig [90].

Auch der Einfluss von sportlicher Aktivität auf die Risikofaktoren für die Ausbildung diabetischer Folgeerkrankungen wurde von zahlreichen Autoren untersucht und soll in der folgenden Übersichtstabelle beispielhaft dargestellt werden.

Tabelle 7: Literaturübersicht über den Einfluss von sportlichen Aktivitäten auf diabetesspezifische Risikofaktoren

Erstautor/ Jahr der Veröffentlichung	Originaltitel
C.M. Schwannwell 1999 [98]	Frühzeitige Einschränkung der diastolischen Funktion bei jungen Typ 1 Diabetikern als Erstmanifestation einer diabetischen Herzmuskelerkrankung.
M. Rigla 2000 [99]	Auswirkungen von sportlicher Aktivität auf die Lipoproteine und die Veränderung von LD – Lipoproteine bei Typ 1 und 2 Diabetikern.
D.E. Laaksonen 2000 [100]	Aerobe sportliche Aktivität und das Lipidprofil bei männlichen Typ 1 Diabetikern: Eine randomisierte kontrollierte Studie.
H.M. Colhoun 2001 [101]	Zusammenhang zwischen Herzfrequenzvariabilität mit dem kardio – vaskulären Risikofaktoren und der Arteriosklerose.
C.A. Benbassat 2001 [102]	Lungenfunktion bei Patienten mit Diabetes mellitus.
G. Fuchsjäger – Mayrl 2002 [103]	Sportliche Aktivität verbessert die Endothel - Funktion der Arterien.
J.T. Lane 2004 [104]	Sofortige Auswirkungen bei unterschiedlichen Intensitäten der sportlichen Aktivitäten von Patienten mit Typ 1 Diabetes bei normaler Albuminausscheidungen und normalem Blutdruck.
J.G. Ericsson 2004 [105]	Sportliche Aktivität schützt vor Glucose - Intoleranz bei Schwangerschaft.
R. Peter 2005 [106]	Auswirkungen von sportlicher Aktivität auf die Aufnahme von Insulin „Glargin“ bei Patienten mit Typ 1 Diabetes

Zusammenfassend kann zu diesem Abschnitt der Literaturrecherche gesagt werden, dass sich sportliche Aktivität generell positiv auf die allgemeine und diabetesspezifische Gesundheitssituation auswirkt und einen wichtigen Anteil an der Prävention von diabetesbedingten mikrovaskulären und neurologischen Komplikationen hat.

1.4.4 Literaturquellen zur Behandlung, Diabetesmanagement und Diabetesschulung

Die intensive Diabetestherapie durch den Arzt sowie die Eigenverantwortung für den Diabetes ist eine wichtige Therapieforderung an den Patienten. Dieser Forderung kann er nur gerecht werden, wenn er ausreichend und qualitativ gut geschult ist. Nur so gelingt es dem Patienten, mit nahenormglykämischen Werten selbst dazu beizutragen, mikrovaskuläre und neurologische Komplikationen zu vermeiden. Wie die kardiovaskulären Erkrankungen durch eine intensive Diabetestherapie vermieden werden können, untersuchte im Jahre 2005 die „Diabetes Control and Complication Trail/ Epidemiology of Diabetes Intervention and Complication Study Research Group“ unter Leitung von M. David und M.D. Nathan. Sie kamen zu dem Schluss, dass eine intensive Diabetestherapie eine langfristige positive Auswirkung auf die kardio - vaskulären Erkrankungen von Patienten mit Typ1 hat. Dabei waren während der 17 Beobachtungsjahre 46 akute kardiologische Erkrankungen bei 31 Patienten in der Gruppe der intensiv behandelten Typ 1 Diabetiker, hingegen 98 akute kardiologische Erkrankungen bei 52 Patienten in der konventionell behandelten Gruppe aufgetreten [107].

Um die Schwierigkeit von Typ 1 Diabetikern bei sportlicher Aktivität zu erfassen, zu beschreiben und Lösungswege aufzuzeigen, entwickelte M.C. Dubé in Jahr 2006 die **BAPAD1 Skala** und überprüfte gleichzeitig ihre Aussagekraft. Er kommt zu dem Schluss, dass diese Skala die Hypoglykämie als wichtigste Schwierigkeit zur Ausübung von sportlicher Aktivität darstellt, aber auch alle anderen Hindernisse korrekt aufzeigt. Er schreibt weiter, dass in der Therapie verstärkt das Augenmerk auf die Überwindung dieser Barrieren gerichtet werden sollte, was mit dieser Skala möglich ist [108].

Im Jahr 2002 stellte sich J.A. Curtis die Frage nach den Möglichkeiten des Diabetesmanagements bei Kindern und Jugendlichen. Neben der Erkenntnis, dass das Diabetesmanagement in jedem Alter schwierig ist und bei Kindern und Jugendlichen die Eltern und speziell für Kinder und Jugendliche ausgebildete Diabetesschulungsteams eine wichtige Rolle übernehmen müssen, kommt er auch zu der Aussage, dass das Spielen und Herumtoben eine lebenswichtige Rolle in der Entwicklung der Kinder mit Typ 1 Diabetes

spielen und sie genau so davon profitieren, wie die gleichaltrigen Kinder ohne Diabetes. Deshalb muss das Diabetesmanagement auf diesen natürlichen Bewegungsdrang Rücksicht nehmen [109].

Mit der Frage der Einhaltung der Selbstkontrolle bei sportlichen Aktivitäten von Kindern und Jugendlichen beschäftigte sich im Jahr 2006 M. Vanelli et. al. Er konnte feststellen,

dass 60 % der befragten Kinder und Jugendlichen, die mehr als 1 Stunde täglich sportlich aktiv waren, der Meinung sind, dass sich die sportliche Aktivität bei der Behandlung des Typ 1 Diabetes bewährt hat. Der HbA1c – Wert bei diesen motivierten Patienten war besser als bei denen, die nur in der Schule oder nur kurzfristige sportliche Aktivitäten betreiben. Darüber hinaus gaben 1/3 der befragten Kinder und Jugendlichen an, dass sie vor der sportlichen Aktivität die Insulindosis reduzieren, 2/3 hingegen nehmen zusätzlich Kohlenhydrate zur Prävention und Therapie von Hypoglykämien zu sich [110].

Mit der Bedeutung sportlicher Aktivität für die Zufriedenheit von jungen Typ 1 Diabetikern beschäftigt sich die Untersuchung von G. Zoppini aus dem Jahre 2003. Er konnte darin nachweisen, dass die sportlich aktiven Typ 1 Diabetiker einen höheren Zufriedenheitsscore angaben und einen besseren HbA1c – Wert hatten, als die Gruppe, die nicht sportlich aktiv war. In der Zusammenfassung kommt Zoppini zu dem Schluss, dass die selbst erlebte sportliche Aktivität eng mit einer besseren Lebensqualität und einer besseren Blutglukosekontrolle verbunden ist [111].

Zum Abschluss sei noch aus historischer Sicht die erste gelistete Studie von G.R. Cumming aus dem Jahre 1965 erwähnt. Sie beschäftigt sich mit der Rolle des Arztes bei der körperlichen (sportlichen) Ausbildung im Schulprozess bei Kindern mit dem

Typ 1 Diabetes [112]. Leider ist das Abstract mit den Aussagen bei Medline nicht vorhanden.

Als Zusammenfassung dieser Literaturquellen kann festgestellt werden, dass sportliche Aktivität nicht nur zur Zufriedenheit junger Typ 1 Diabetiker wichtig ist, sondern auch das Diabetesmanagement positiv beeinflusst. Darüber hinaus wird die Empfehlung ausgesprochen, dass für Kinder mit Typ 1 Diabetes sehr wichtig ist, eigene Bewegungserfahrungen für ihre gesunde Entwicklung zu sammeln.

1.5 Eigene Vorstudien

1.5.1 Vorstudie zur Hypoglykämiewahrnehmung während sportlicher Aktivitäten

Eine wichtige Auswirkung sportlicher Aktivität bei den Patienten zeigt sich darin, dass die sonst sicher bemerkten individuellen oder allgemein bekannten Symptome (Vgl. Kapitel 1.3.5) für eine Hypoglykämie nicht zuverlässig zur Hypoglykämieidentifikation während der sportlichen Aktivität dienen können, da die Symptome einer Hypoglykämie durch die physiologischen Auswirkungen von körperlicher oder sportlicher Aktivität überlagert werden und somit als Auswirkungen der sportlichen Aktivität missgedeutet bzw. überhaupt nicht wahrgenommen werden. Dies konnte ich in einer Untersuchung im Jahr 1998 am Diabetes - Zentrum Mergentheim nachweisen. Dabei ließ ich die Patienten (n =31) ihren aktuellen Blutglukosewert während der sportlichen Aktivität schätzen und fragte anschließend nach vorhandenen möglichen Hypoglykämiesymptomen (Tabelle 6). Einziges Einschlusskriterium für diese Untersuchung war ein gemessener Blutglukosewert während der sportlichen Aktivität < 3,3 mmol/l (60 mg/ dl). Die Untersuchung fand während der 1,5- und 2,5stündigen Wanderungen im Rahmen der sportlichen Aktivitäten des Diabetes - Zentrum Mergentheim statt und lagen im mittleren Intensitätsbereich. Alle Blutglukosewerte wurden von mir persönlich mit dem Messgerät „One Touche Ultra®“ der Firma Lifescan gemessen.

Tabelle 8: Untersuchung zur Wahrnehmung von Hypoglykämiesymptomen während sportl. Aktivitäten

	geschätzt	gemessenen
Mittlerer Blutglukosewert mmol/l	4,14 (76,7)	2,71 (49,0)
SD ±	10,6	9,2
nicht wahrgenommene Symptome	29 Patienten	
wahrgenommenen Symptome	2 Patienten	

Die Ergebnisse der Studie zeigen eine Signifikanz von < 0,007.

Die Schlussfolgerungen, die ich aus dieser Untersuchung ziehen konnte, waren:

- ➔ Die Patienten können sich nicht sicher auf allgemein bekannte (Vgl. Kap. 1.3.5) oder individuell erworbene Hypoglykämiesymptome während der sportlichen Aktivität verlassen.
- ➔ Die höchstmögliche Sicherheit, um Hypoglykämien während der körperlichen oder sportlichen Aktivität zu vermeiden, wird durch die vorbeugende Kompensation der erhöhten Insulinempfindlichkeit der Muskelzellen bei der muskulären Aktivität durch eine geeignete Insulindosisanpassung erreicht.
- ➔ Bei nicht erfolgter Insulindosisanpassung muss eine engmaschigere Blutglukosekontrolle vor, während und nach der sportlichen Aktivität erfolgen.

1.5.2 Vorstudie zum KH – Bedarf als Marker für die Hypoglykämiegefahr bei der sportlichen Aktivität „Schwimmen“

Aus diesen Schlussfolgerungen entstand bei mir die These, dass der Bedarf an zusätzlichen Kohlenhydraten (Sport – BE) bei definierter sportlicher Belastung als Kriterium der Hypoglykämiegefahr dienen kann, d.h. je höher die „Sport – BE“ Anzahl ist, je höher war die Gefahr der Hypoglykämien und im Umkehrschluss entstand die These, je höher hätte die Insulinreduktion ausfallen müssen. Um diese These zu prüfen, führte ich im Jahr 1999 die „Untersuchung über BE Bedarf bei der sportlichen Aktivität „Schwimmen“ in der Zeit von 19.00 – 21.30 Uhr“ am Diabetes - Zentrum Mergentheim durch.
In die Studie wurden Patienten einbezogen, die folgende Kriterien erfüllten.:

- ➔ Insulinpflichtigkeit,
- ➔ keine Bauchspeicheldrüsenrestleistung (C-Pept.< 0,02 mmol/l)
- ➔ normalgewichtig
- ➔ keine Folgeerkrankungen
- ➔ Schwimmstrecke zwischen 500 – 800 m innerhalb von maximal 1,0 Stunden

Das Untersuchungsdesign sah zwei Gruppen mit jeweils n= 21 Patienten vor. Die Zuordnung der Patienten zu diesen Gruppen geschah zufällig.

Dabei hatte die

- ➔ Gruppe 1 zum Abendessen die Bolusinsulindosis nicht reduziert und die
- ➔ Gruppe 2 die individuelle Bolusinsulindosis um 50% reduziert,

unabhängig von anderen Faktoren, wie z.B. den Nüchternblutglukosewert vor dem Abendessen.
Alle Blutglukosewerte wurden mit dem Messgerät „One Touche Ultra®“ der Firma Lifescan gemessen. Über die Zufuhr von schnell wirkenden Kohlenhydraten in Form von Traubensaft in der Menge von 1 – 2 BE wurde durch mich an Hand der gemessenen Blutglukosewerte entschieden. Gründe für die Gabe von Traubensaft waren entweder die regulären Blutglukosemessungen (nach 30 und 60 Minuten der sportlichen Aktivität für alle Patienten verbindlich) oder die durch den Patienten wahrgenommenen Hypoglykämiesymptomen. Die Ergebnisse der Studie werden in der Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: BE – Bedarf bei der Untersuchung über BE Bedarf bei der Sportanpassung Schwimmen

	Gruppe 1 (keine Reduktion)	Gruppe 2 (50% Reduktion)
mittlerer BE – Bedarf	3,63*	0,5*
max. BE – Bedarf	7,0	2,0
Min. BE – Bedarf	1,0	0

* Signifikanz $p<0,00001$

Diese Untersuchung zeigt mit einem Signifikanzniveau von $p<0,001$,

- ➔ dass der BE – Bedarf ohne Insulindosisreduktion bei dieser sportlichen Aktivität signifikant erhöht ist,
- ➔ dass damit eine signifikant höhere Hypoglykämiegefahr verbunden ist,
- ➔ dass durchschnittlich das 7,26 – fache an „Sport – BE“ in der Gruppe, die nicht ihre Insulindosis reduziert hat, benötigt wird.

Fasst man beide orientierenden Voruntersuchungen zusammen, bedeutet dies für den körperlich aktiven insulinpflichtigen Menschen mit Diabetes mellitus:

- ⇨ ohne Insulinreduktion besteht ein signifikant höheres Risiko, eine Hypoglykämie zu bekommen,
- ⇨ bei körperlicher oder sportlicher Aktivität ist die Verlässlichkeit allgemeiner oder individueller Hypoglykämiesymptome stark eingeschränkt.

1.5.3 Vorstudie über den Zusammenhang zwischen dem Ausgangsblutglukosewert und der Insulindosisanpassung

Eine weitere Fragestellung, die sich aus meiner Tätigkeit ergab, war die, in wieweit der Ausgangsblutglukosewert (Nüchternblutglukosewert der Mahlzeit vor der körperlichen oder sportlichen Aktivität) mit in die zu empfehlende Insulindosisanpassung an eine geplante sportliche Aktivität einbezogen werden muss. Aufgrund der klinischen Erfahrungen war ich der Meinung, dass der aktuelle Blutglukosewert ein Marker für die aktuelle Insulinversorgung des Organismus ist, d. h. je geringer der Blutglukosewert, um so mehr Insulin zirkuliert im Blutkreislauf und kann die insulin- und muskelaktivitätsvermittelte GLUT 4 Translokation zur Zellmembran (Vgl. Abschnitt 1.3.5) beeinflussen. Für die körperliche oder sportliche Aktivität bedeutet dies, dass bei niedrigem Blutglukosewert und entsprechend hohem Insulinspiegel:

a) eine höhere muskuläre Insulinempfindlichkeit vorhanden sein muss,
b) der Blutglukosespiegel schneller einen kritische Bereich < 2,8 mmol/ l (< 50 mg/ dl)) erreicht.

Daraus schlussfolgerte ich, dass bei geringerem Blutglukosewert die Insulindosis vor dem Sport stärker reduziert werden muss, als bei hohen Blutglukosewerten.
Diese These überprüfte ich an 74 Patienten im Alter von durchschnittlich 35,6 Jahren mit einer durchschnittlichen Diabetesdauer von 14,4 Jahren. Die sportliche Aktivität Schwimmen fand in der Zeit von 19:00 – 20:30 Uhr statt.

In die Studie wurden Patienten einbezogen, die folgende Kriterien erfüllten:

- ➔ Insulinpflichtigkeit
- ➔ Diabetes mellitus Typ 1
- ➔ einen N – C-Peptid von < 0,03 mmol/ l hatten
- ➔ Bereitschaft zur standardisierten Schwimmleistung von 700 – 800 m innerhalb von einer Stunde
- ➔ keine Folgeerkrankungen

Blutglukosewerte wurden mit dem Messgerät „One Touche Ultra®“ der Firma Lifescan gemessen.
Die Patienten bekamen vorab in einer Schulung die empirisch begründete Empfehlung, ihre präprandiale Bolusinsulindosis zum Abendessen in Abhängigkeit des präprandiale Blutglukosewertes vor dem Abendessen, wie in Tabelle 8 dargestellt, zu reduzieren. Gleichzeitig wurde festgelegt, dass die Insulindosis zur Nacht (Injektionszeitpunkt 22:30 Uhr) nicht verändert wird.

Tabelle 10: Schema zur Insulindosisreduktion bei der sportlichen Aktivität Schwimmen

präprandialer Blutglukosewert im mmol/ l (mg/ dl)	%uale Reduktion der präprandialen Bolusinsulindosis*
< 3,9 (70)	um 50 %
3,9 – 7,8 (70 – 140)	um 40 %
7,8 – 11,1 (140 – 200)	um 30 %
> 11,1 (> 200)	um < 20 %

* Prozentuale Reduktion der Insulindosis, die sich der Patient auf Grundlage seines Therapieschemas (BE – Faktor) ohne sportliche Aktivität gespritzt hätte

Bei der Auswertung der Untersuchung gab es folgende Ergebnisse (Tabelle 10a):

Tabelle 10a: Ergebnisse der Bolus - Insulindosisreduktion auf Basis der präprandialen Blutglukosewerte vor dem Abendessen

Patientengruppe. auf Basis präprandialer BG Werte – vor dem Abendessen in mmol/l (mg/dl)	**präprandialer BG Wert 17:30 Uhr mmol/l (mg/dl)**	**BG Wert 21:30 Uhr mmol/l (mg/dl)**	**BG Wert 03:00 Uhr mmol/l (mg/dl)**	**Zusatz BE bei sportl. Aktivität**	**mittlere realisierte prozentuale Bolusinsulin-reduktion**
n = 4 < 3,9 (< 70)	2,89 (52,25)	8,17 (147,50)	7,25 (131,00)	1,8	58,25
SD±	0,87 15,65	7,86 141,8	2,74 49,5	1,3	28,15
n = 34 3,9 – 7,8 (70 – 140)	5,70 (103,00)	6,09 (110,00)	5,59 (100,94)	1,1	38,15
SD ±	1,24 (22,35)	2,84 (51,26)	3,63 (65,47)	1,05	17,32
n = 18 7,8 – 11,1 (140 – 200)	9,58 (173,61)	5,81 (105,00)	6,13 (110,75)	0,9	36,39
SD ±	0,98 (17,68)	3,85 (69,57)	3,9 70,41	0,8	21,32
n = 18 > 11,1 (> 200)	14,03 (253,33)	6,32 (114,22)	6,82 (123,11)	0,8	20,11
SD ±	2,51 (45,32)	3,4 (61,46)	4,0 73,38	0,78	77,93

Wie die Auswertung der Untersuchungsdaten zeigte, konnte ein signifikanter Zusammenhang von ($p < 0,001$) zwischen den präprandialen Blutglukosewerten und der Empfehlung für die präprandiale Bolus – Insulindosisreduktion bei geplanter sportlicher Aktivität mit annähernd

standardisierter Intensität nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigen die Blutglukosewerte von 03:00 Uhr, dass die an den präprandialen Blutglukosewert der Mahlzeit vor der körperlichen Aktivität adaptierte %uale Insulinreduktion nicht nur die Hypoglykämiegefahr während der sportlichen Aktivität senkte, sondern auch noch mehrere Stunden nach Ende der sportlichen Aktivität anhielt. So wurden auch die durch die sportliche Aktivität und den damit verbundenen Auffülleffekt der muskulären Glykogenspeicher verbundenen nächtlichen Hypoglykämien reduziert.
Kritisch anzumerken bleibt, dass es nur einen geringen Unterschied in der %ualen Bolusinsulinreduktion in den Kategorien 3,9 – 7,8 mmol/ l (70 – 140 mg/ dl) und 7,8 – 11,1 mmol/ l (140 – 200 mg/ dl) gab. Dies hat unterschiedliche Gründe, wie u. a. die Berechnung der Bolus - Insulinreduktion durch den Patienten auf der Klinikstation ohne Kontrolle durch mich und unterschiedlicher prozentualer Bolusinsulinreduktion herzustellen war.

1.5.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Vorstudien

Zusammenfassend zog ich aus den Voruntersuchungen folgende Schlussfolgerung:
Eine auf die Spezifik des insulinpflichtigen Diabetes mellitus bezogene komplikationslose (Vermeidung von Hypoglykämien) sportliche Aktivität ist nur durch eine an die muskuläre Aktivität und den aktuellen Blutglukose- bzw. Insulinspiegel adaptierte Insulintherapie möglich. Dies bedeutet in der Regel eine Reduktion des Insulinspiegels während der körperlichen Aktivität und entspricht somit auch den physiologischen Regelvorgängen in derartigen Situationen. Dieses Vorgehen ist gegenüber der a priori zusätzlichen Kohlenhydrataufnahme zu bevorzugen, da die zusätzliche hypoglykämisch bedingte Kohlenhydratzufuhr das Risiko unerwünschter zusätzlicher Blutglukoseschwankungen und ein Anstieg des Körpergewichts mit sich bringt.
Trotzdem sollten vorsorglich genügend schnelle Kohlenhydrate in Form von Traubenzucker bereitgehalten werden, um bei unzureichender Hypoglykämieprävention durch zu geringer Insulinreduktion vor der körperlichen oder sportlichen Aktivität gegensteuern zu können. Die Ursachen wie:

- ⇨ falsche Einschätzung der Intensität, des Umfangs oder der Dauer der muskulären Aktivität oder
- ⇨ fehlerhafte Einschätzung des Trainingszustandes und andere Einflussgrößen

können deshalb eine Blutglukosekorrektur während körperlicher Belastungen notwendig machen.

Aus diesem Grund habe ich seit 2000 an einer allgemeinen Empfehlungen zur Insulindosisreduktion bei körperlicher Aktivität unterschiedlicher Intensität gearbeitet, die auch im Schulungsprogramm des Diabetes - Zentrums Mergentheim berücksichtigt sind. (Anlagen – drei Kürzungsschemata)
Diese Empfehlungen berücksichtigen zwar die drei entscheidenden Faktoren

- ⇨ der zum Zeitpunkt der muskulären Aktivität bestehenden Insulintherapie
- ⇨ erwartete Intensität der muskulären Aktivität
- ⇨ dem präprandialen Blutglukosewert der Mahlzeit vor der muskulären Aktivität

und bieten den Patienten eine hohe Sicherheit vor Hypoglykämien bei sportlichen Aktivitäten. Die Erfahrung bei der Anwendung dieser Kürzungsschemata haben jedoch ein gewisses Defizit erkennen lassen. Sie berücksichtigten nämlich nicht die Individualität des Patienten, die insbesondere über einen individuellen Trainingszustand wirksam wird.

1.6 Ziele der Arbeit

Aufgrund der dargestellten Probleme, die ein Typ 1 Diabetiker bei sportlicher Aktivität durch Besonderheiten des Krankheitsbildes hat, stellte sich bei mir die Frage, ob sich bei Typ 1 Diabetikern und besonders Kindern und jungen Erwachsenen Strategien für die Vermeidung von sportlicher Aktivität nachweisen lassen. Dies ist für die Zielgruppe der Kinder und Jugendlichen eine ganz wichtige Fragestellung, denn in diesem Alter wird die Einstellung zur körperlichen und muskulären Aktivität für das weitere Leben geprägt. Das bedeutet, dass Kinder und Jugendliche, die eine interessante Bewegungsart mit Freude und ohne die Leistung oder die Ausführung der sportlichen Aktivität limitierende Probleme erlernen und in ihr Erfolge erleben, im weiteren Leben körperlich oder sportlich aktiver und weniger krank sind. Im umgekehrten Falle können negative Erlebnisse, wie eine schwere Stoffwechselentgleisung, dazu führen, dass in Zukunft weniger oder keine sportliche Aktivität mehr ausgeübt wird. In diesem Punkt haben natürlich Patienten mit Typ 1 Diabetes mellitus aufgrund der erhöhten Hypoglykämiewahrscheinlichkeit bei muskulärer Aktivität ein

Handicap, was durch geeignete Schulungen mit der darin vermittelten sinnvollen Strategie zum Blutglukosemanagement kompensiert werden muss.
In diesen Kontext spielt auch der Sportlehrer, Übungsleiter und Trainer mit seiner Kenntnis über den Diabetes mellitus und seinem Verhalten bei diabetesspezifischen Problemsituationen eine wichtige Rolle und kann wesentlich die Einstellung der Kinder und Jugendlichen zur sportlichen Aktivität beeinflussen.
Dies ist unter den aktuellen gesundheitspolitischen und gesellschaftlichen Entwicklungen (steigendes Lebensalter, steigende Anzahl von Wohlstandserkrankungen durch Bewegungsmangel und hyperkalorischer Ernährung) eine für die Zukunft wichtige Frage.
Die bisher gängige Praxis zur Vermeidung von Hypoglykämien bei sportlichen Aktivitäten ist es, zusätzliche Kohlenhydrate, so genannte „Sport – BE“, bei Auftreten von Hypoglykämien dem Körper zuzuführen, besonders dann, wenn es sich um nicht geplante sportliche oder körperliche Aktivitäten handelte [44].

Dieses Vorgehen hat im Wesentlichen drei Nachteile:

a) Wegen sportlicher Aktivität müssen Kohlenhydrate gegessen werden, die sich ungünstig auf die häufig auch angestrebte „negative“ Energiebilanz bei sportlichen Aktivitäten auswirkt, die darauf angelegt ist, Körpergewicht zu reduzieren.
(negativ meint hier einen höheren Energieverbrauch als aufgenommen wurde)
b) Aufgrund der Insulindosis, die die körperliche Aktivität außer Acht lässt, kommt es bereits a priori zu einem höheren Hypoglykämierisiko.
c) Die tatsächlich notwendige BE – Menge ist schwer einzuschätzen oder zu berechnen, da sie während der sportlichen Aktivität von mehreren Faktoren, wie die wirkende Insulindosis, noch bevorstehende sportliche Aktivität, emotionalen Einflüssen etc., abhängig ist.

Die kurz– und langfristig bessere und physiologische Alternative ist die vorherige Insulindosisreduktion. Dies verlangt jedoch sowohl von dem Patienten, als auch vom betreuenden Diabetesteam ein hohes Maß an Erfahrungen sowohl in der Insulintherapie, als auch in der Bewertung der gewählten sportlichen Aktivität, denn es muss der Blutglukose senkende Effekt der sportlichen Aktivität beurteilt werden, d.h. es muss das individuelle Sportäquivalent (Verhältnis zwischen den Parametern der sportlichen Aktivität und der

eingesparten Blutglukose senkenden Insulinmenge) ermittelt werden. Letztlich geht es um die Frage: „Um wie viele Insulineinheiten muss ich meine Dosis bei dieser konkreten individuellen sportlichen Aktivität reduzieren, damit ich keine Hypoglykämie während der sportlichen Aktivität bekomme und am Ende der sportlichen Aktivität noch ein ausreichend großes Blutglukosepolster habe, damit ich nicht durch den Muskelauffülleffekt noch Stunden später eine Hypoglykämie bekomme?“

In der Literatur findet man wenige Empfehlungen zur Therapieanpassung des Typ – 1 Diabetikers zur Prävention bewegungsinduzierter Hypoglykämien [30, 45]. Diese Empfehlungen beruhen in der Regel auf langjährigen Erfahrungen und beschränken sich aber auf die Zufuhr von Kohlenhydraten. Eine vorausschauende Abschätzung der Insulindosisreduktion auf Grundlage patientenspezifischer Insulinwirkäquivalente bestimmter körperlicher Aktivitäten ist auf diese Weise jedoch nicht möglich [46]. Folglich ist meine Arbeit darauf gerichtet, patientenspezifische Insulindosisäquivalente für die körperlicher Aktivitäten („insulin dose equivalent of exercise“ = IDE) zu ermitteln, diese bestimmten IDE dann körperlichen Aktivitäten und dem Parameter der Herzfrequenz bzw. Herzfrequenzreserve als Element der Trainingssteuerung zuzuordnen, um konkrete Empfehlungen zur vorausschauenden Insulindosisreduktion

- ➔ für den einzelnen Patienten
- ➔ auf der Grundlage fitnessabhängiger Durchschnittswerte der IDE bei ausgewählten sportlichen Aktivitäten und/ oder
- ➔ herzfrequenzabhängiger Durchschnittswerte der IDE bei ausgewählten sportlichen Aktivitäten

geben zu können. Dabei konzentrierte ich mich auf die unmittelbare Auswirkung der sportlichen Aktivität auf den Blutglukosespiegel während und unmittelbar nach der sportlichen Aktivität und der damit verbundenen Dosisänderungen von Bolusinsulin (kurze Wirkzeit). Späthypoglykämien sowie die bei sportlichen Langzeitaktivitäten notwendige Dosisänderung des Basalinsulins (Langzeitwirkung) waren nicht Gegenstand meiner Arbeit. Grundlage dieser Arbeit war eine klinisch – experimentelle Studie des Institutes für Diabetes „Gerhard Katsch“ in Karlsburg. Darin konnte bei männlichen erwachsenen Patienten mit Typ 1 Diabetes mellitus in gut kompensierter Stoffwechsellage ohne Diabeteskomplikationen oder anderen Begleiterkrankungen mittels eines standardisierten Fahrradergometertests mit „Glucose Clamp“ und individuellem Vergleich zu subkutaner Insulinbelastung gezeigt

werden, dass es im aeroben Bereich ein Insulindosisäquivalent für muskuläre Belastungen gibt, welches in IE subkutan injiziertes Kurzzeitinsulin pro Wattstunde (Wh) ausgedrückt werden kann. [47, 48].
Die IDE – Werte sind individuell reproduzierbar, variieren aber interindividuell deutlich, wobei der Trainingszustand (Fitness) der wesentliche Faktor ist und seinen Niederschlag in dem belastungsabhängigen Herzfrequenzanstieg findet. Diese Voruntersuchungen hatten eine lineare Beziehung zwischen den drei Faktoren

- ➔ Belastungsstärke (Leistung) in Wattstunde (W*h)
- ➔ Anstieg der Herzfrequenz in Schlägen pro Minute (min^{-1})
- ➔ Insulindosisäquivalent in Insulineinheiten (IE)

ergeben, welche sich in Form eines Nomogramms zusammenfassen ließ [46, 49, 50].
Bei Kenntnis der Belastungsstärke (körperliche Leistung) ist es möglich, aus dem Anstieg der Herzfrequenz mit Hilfe des Nomogramms den IDE – Wert in IE zu ermitteln und ihn für eine Insulindosisreduktion vor sportlichen Aktivitäten zu Hypoglykämieprophylaxe bei sportlichen Aktivitäten zu nutzen [46, 49, 50]. Darüber hinaus war es möglich, unter standardisierten Testbedingungen in orientierenden Feldversuchen nachzuweisen, dass eine Anwendung der zuvor ermittelten IDE – Werte zur Abnahme belastungsinduzierter Hypoglykämien und von patienteninduzierten „Sport- BE“ beitragen kann [58].

Konkrete Ziele dieser Arbeit waren nunmehr:

- ➔ durch einen **Fragebogen** die Problematik von Kindern und Jugendlichen mit Typ – 1 Diabetes mellitus bei sportlichen Aktivitäten im schulischen- und Freizeitbereich zu untersuchen und dabei auch die Situation und die Wahrnehmung der Patienten mit Typ 1 Diabetes im Verhältnis zu den Sportlehrern bzw. Übungsleitern zu berücksichtigen,
- ➔ mit Blick auf die Anwendung des Nomogramms unter trainingsmethodischen Gesichtspunkten einen möglichen Zusammenhang zwischen initial nomogrammgestützt ermittelter IDE und Herzfrequenzreserve aufzuzeigen,
- ➔ einen solchen Zusammenhang im Feldtest bei ausgewählten sportlichen Aktivitäten zu prüfen,

- ➔ die Beziehung zwischen der Blutglukoseveränderung während der sportlichen Aktivität, in der Regel war es der Blutglukosewert vor und nach der sportlichen Aktivität, und der IDE während dieser sportlichen Aktivität aufzuzeigen,
- ➔ auf Grundlage, der zu sammelnden Erfahrungen eine Methode zur Schätzung des individuellen Sportäquivalentes ohne nomogrammgestützte Ermittlung der IDE zu entwerfen.

Die Untersuchungen wurden zwischen 08/ 2003 und 08/ 2004 als Beobachtungsstudie an Typ - 1 Diabetikern im Kinder- und Jugendalter während einer stationären Reha - Maßnahme in Form eines Ferienkurses an der Inselklinik Haus „Gothensee“ und an Erwachsenen während des stationären Aufenthaltes im Diabetes – Zentrum Mergentheim durchgeführt. Die Fragebogenaktion fand in brieflicher Form statt und umfasste die Kinder und Jugendlichen des oben genannten Ferienkurses sowie Teilnehmer der Kinder- und Jugendkurse des Diabetes – Zentrums Mergentheim. Sie fand im selben Zeitraum statt.

2 Methodik

2.1 Befragung von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes mellitus zur Einstellung zu körperlicher und sportlicher Aktivität (Fragebogen)

Ich verwendete einen Selbsteinschätzungsfragebogen (siehe Anhang), der auf der Basis des Fragebogens von Prof. Steinhausen zur „Einstellung von Kindern und Jugendlichen zum Essen“ entstand [51]. Es war eine ex post facto Untersuchung, da die ursächlichen (auslösenden) Variablen der Untersuchung (z.B. hypoglykämische Episoden während der sportlichen Aktivität) schon abgelaufen waren [52].

a) Probandenkollektiv: n = 150

130 Kinder und Jugendliche, die im Diabetes - Zentrum Mergentheim die Kinder- und Jugendkurse besucht hatten, wurden brieflich und

20 Kinder und Jugendliche des Ferienkurses im Sommer 2003 am Inselkrankenhaus Gothensee wurden persönlich befragt und befanden sich in einer aktuellen Schulungssituation, was für die Beantwortung einiger Fragen möglicherweise von Bedeutung war.

b) Rücklauf der verschickten Fragebögen: 94 von 130

entspricht 72,3 %

c) Anzahl der ausgewerteten Fragebögen: 114

Die Anonymität wurde dadurch gewährleistet, dass die Fragebögen durch mich persönlich nach der Rückgabe kodiert wurden. Der Fragebogen war so angelegt, dass die Kinder und Jugendlichen ihre Fragen in Form einer *Likert Skala* [53] beantworteten.
Um eine Notenassoziation und damit eine Beeinflussung der Antworten zu vermeiden, wurden entsprechende Symbole von mir verwendet.

Die Symbole bedeuten:

+ + Deutliches Ja, **stimmt ganz genau!** Aussage **trifft ganz genau** auf mich zu!

\+ Eher Ja, **stimmt eher!** Aussage **trifft eher** auf mich zu!

O Unentschieden, **stimmt weder noch!** Aussage **trifft weder noch** auf mich zu!

\- Eher Nein, **stimmt eher nicht!** Aussage **trifft eher nicht** auf mich zu!

\- - Deutliches Nein, **stimmt überhaupt nicht!** Aussage **trifft überhaupt nicht** auf mich zu!

In der Auswertung wurden die Antworten wie folgt quantifiziert:

1 = Deutliches Ja, **stimmt ganz genau!** Aussage **trifft ganz genau** auf mich zu!

2 = Eher Ja, **stimmt eher!** Aussage **trifft eher** auf mich zu!

3 = Unentschieden, **stimmt weder noch!** Aussage **trifft weder noch** auf mich zu!

4 = Eher Nein, **stimmt eher nicht!** Aussage **trifft eher nicht** auf mich zu!

5 = Deutliches Nein, **stimmt überhaupt nicht!** Aussage **trifft überhaupt nicht** auf mich zu!

Folgende Fragen wurden durch die Probanden beantwortet:

1. Ich finde, dass ich mich insgesamt sehr viel bewege!
2. Ich bin der Meinung, dass ich sehr sportlich bin!
3. Das Unterrichtsfach Sport gehört zu meinen Lieblingsfächern!
4. In meiner Freizeit bin ich oft mit meinen Freunden sportlich aktiv!
5. Wenn es mal regnet und ich nicht mit meinen Freunden sportlich aktiv sei sein kann, bin ich ausgesprochen unzufrieden!
6. Am liebsten sitze ich den ganzen Tag am Computer oder spiele mit dem GameBoy!
7. Im Schulsport bin ich einer der Besten!
8. Wenn im Sportunterricht Mannschaften gewählt werden, werde ich oft als einer der Letzten gewählt.
9. Ich habe zu meinem Sportlehrer, was meinen Diabetes anbelangt, großes Vertrauen!
10. Ich habe schon öfter wegen meinem Diabetes nicht am Schulsport teilgenommen!
11. Ich glaube, mein Sportlehrer weiß über Diabetes und Sport überhaupt nicht Bescheid!
12. Ich glaube, der Diabetes behindert mich bei der Ausübung sportlicher Aktivitäten!
13. Während sportlicher Aktivitäten habe ich schon oft einen Unterzucker (Hypo) bekommen!

14. Ich habe bei mir bemerkt, dass ich die Unterzucker beim Sport überhaupt nicht bemerke!
15. Wenn ich sportlich aktiv bin, habe ich große Angst vor Unterzucker!
16. Ich kann mich bei sportlicher Aktivität auf meine Unterzucker – Symptome verlassen!
17. Ich kann gut mit Unterzucker bei sportlicher Aktivität umgehen!
18. Ich weiß, wie ich Unterzucker bei sportlicher Aktivität vorbeugen kann!
19. Ich hatte noch keine schweren Unterzucker bei sportlicher Aktivität!
20. Ich habe während sportlicher Aktivität immer leichte Unterzucker!
21. Wenn ich nach sportlichen Aktivitäten mit meinen Freunden wieder zu Hause bin, bin ich immer total geschafft!
22. Wenn ich mit meinen Freunden sportlich Aktiv bin, dauert dies in der Regel

0,5 Stunde 0,5 – 1Stunde 1 – 2 Stunden 2 – 4 Stunden mehr als 4 Stunden

23. Mit meinen Freunden bin ich in der Woche

0 mal 1 – 2-mal 2-3-mal 3-4-mal mehr als 4-mal sportlich Aktiv.

24. Einige Stunden nach Ende meiner sportlichen Aktivitäten habe ich sehr häufig Unterzucker.
25. Welche Sportarten machst Du am liebsten!

Vergib Noten: 1= sehr gern, 2= gern, 3=geht so, 4= nicht unbedingt, 5= überhaupt nicht gern!

A) Ballsportarten
B) Schwimmen
C) Inliner fahren
D) Radfahren/ Mountenbiken
E) Wandern/ Walking
F) Jogging
G) Skatboard fahren
H) Reiten

Weitere Angaben:

26. Ich trainiere regelmäßig in einem Verein/ Sportgruppe!

Ja / Nein !

(Solltest Du ***Ja*** angekreuzt haben, beantworte bitte noch die folgenden Fragen,
hast Du **Nein** angekreuzt, **bedanke ich mich für Deine Mitarbeit.)**

27. Im Verein / Sportgruppe trainiere ich folgende Sportarten!
28. Insgesamt trainiere ich regelmäßig

1-mal 2-mal 3-mal 4-mal 5-mal

in der Woche!

29. Ich finde das Training immer sehr anstrengend!

30. Ich möchte in Zukunft noch mehr trainieren!
31. Ich fühle mich durch das Training völlig überfordert!
32. Mein Trainer/ Übungsleiter kennt sich gut mit dem Diabetes aus!
33. Es ist für mich sehr wichtig, wenn ich in meiner Sportart Wettkämpfe/ Punktspiele habe!
34. Bei Wettkämpfen/ Punktspielen bin ich immer einer der Besten!
35. Bei meinem Training habe ich nie Unterzuckerungen!
36. Bei Wettkämpfen/ Punktspielen habe ich immer hohe Werte!
37. Ich plane genau meine Insulinmenge, die ich spritzen muss, wenn ich zum Training gehe!

Folgende Fragestellungen wurden in Form von Summen- und Mittelwert Scores ausgewertet und in der Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Fragestellungen und dazugehörige Fragen der Fragebogenaktion

Fragestellung	**verwendete Fragen**	**Score-Benennung**
Sportliche Selbsteinschätzung	1 – 4, 6 - 7	A
Vertrauen/ Kompetenzeinschätzung der Schüler in den Sportlehrer	9 und inverse Antwort auf Frage 11*	B
Diabetesspezifische Probleme im Schulsport	10, 12 – 15 und inverse Antworten auf die Fragen 16 – 19*	C
Übungsleiter-/ Trainerkompetenz	32	E
diabetesspezifische Probleme im Leistungssport	Frage 36 und inverse Antwort auf die Fragen 35 und 37*	D
Hypoglykämien einige Stunden nach der sportlichen Aktivität	24	F

* inverse Antwort bedeutet die Bewertung 1 ⇨ 5, 2 ⇨ 4, 3=3, 4 ⇨ 2, 5 ⇨ 1. Diese Vorgehen wurde a posteriori aufgrund der Fragestellung gewählt.

Um die Abhängigkeit und die Beziehungen der Antworten untereinander darzustellen, wurden folgende Gruppen gebildet und miteinander verglichen sowie Korrelationen hergestellt. Die untersuchten Zusammenhänge zwischen den einzelnen Scores sind in der Tabelle 12 dargestellt.

Tabelle12: Geprüfte Zusammenhänge

Vergleich der Kompetenzbeurteilung zwischen Schulsportlehrer (Lehrer) und Übungsleiter-/ Trainer	Score B vs. Score E
Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und diabetesspezifischen Problemen im Schulsport	Score A vs. Score D
Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz	Score A vs. Score B
Zusammenhang zwischen der Beurteilung der Sportlehrerkompetenz und den diabetesspezifischen Problemen im Schulsport	Score B vs. Score C
Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Übungsleiter-/Trainerkompetenz in Fragen des Diabetes mellitus	Score A vs. Score E
Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und Hypoglykämien nach dem Sport	Score A vs. Score F

2.2 Klinische Studie

2.2.1 Probanden und Studiendesign der klinischen Beobachtungsstudie mit Ein– und Ausschlusskriterien

2.2.1.1 Studie an der Inselklinik „Gothensee“

a) Zeitraum der Studie: August 2003
b) Anzahl der Probanden: n=20
c) Alter: zwischen 9,5 und 17,4 Jahren
d) Verteilung der Geschlechter: 6 weibliche und 14 männliche Probanden

e) Untersuchungsrahmen: vierwöchiger Diabetes – Ferienkurses mit Betreuung in relativ homogenen, konstanten und altersgerechten Gruppen und vorgegebenem Tagesablauf

f) Auswahl der Probanden: nach ausführlicher Erläuterung und Information über die Ziele der Untersuchung während einer Schulungsstunde und auf Basis der Empfehlungen des behandelnden Arztes, wurden auf der Grundlage der Freiwilligkeit und Bereitschaft der Kursteilnehmer von 40 Kindern und Jugendlichen das Probandenkollektiv ausgewählt

g) Anzahl der sportlichen Aktivitäten: mindestens zwei unter Herzfrequenz- und Blutglukose - Monitoring

h) weitere Untersuchungen: anthropometrische und diabetesspezifische Untersuchungen.

2.2.1.2 Studie am Diabetes – Zentrum Mergentheim

a) Zeitraum der Studie: Januar und August 2004

b) Anzahl der Probanden: n=33

c) Alter: zwischen 19,5 – 55,2 Jahren

d) Verteilung der Geschlechter: 17 Frauen und 16 Männer

e) Untersuchungsrahmen: stationärer Klinikaufenthalt mit Teilnahme am Sportprogramm

f) Auswahl der Probanden: nach ausführlicher Erläuterung und Information über die Ziele der Untersuchung während einer Schulungsstunde und auf Basis der Empfehlungen des behandelnden Arztes, wurden auf der Grundlage der Freiwilligkeit und Bereitschaft der Kursteilnehmer die Probanden ausgewählt

g) Anzahl der sportlichen Aktivitäten: mindestens zwei unter Herzfrequenz- und Blutglukose - Monitoring

h) weitere Untersuchungen: anthropometrische und diabetesspezifische Untersuchungen.

Einschlusskriterien waren:

- ➔ Typ – 1 Diabetiker mit ICT oder CSII (Insulinpumpentherapie)
- ➔ Alter 9 – 60 Jahre
- ➔ aktuelle Teilnahme an strukturierten Schulungen

Ausschlusskriterien waren:

- ➔ diabetesspezifische Komplikationen (Hypertonie, Mikroalbuminurie, diabetische Retinopathie, diabetische Neuropathie)
- ➔ nicht ausreichend kompensierte Stoffwechsellage, positiver Acetontest
- ➔ andere medikamentös behandlungsbedürftige Krankheiten (z.B. Epilepsie, Hyperthyreosen, akute Infektionen)
- ➔ Hypoglykämie – Wahrnehmungsstörungen

Alle Probanden beider Gruppen absolvierten zunächst einen Ergometer – Stufentest gemäß publizierter Methodik der WHO [54, 55, 56, 57], um die individuelle Baseline (IDE und Fitnessstufe) zu ermitteln (Abschnitt 2.2.3).
Anschließend absolvierten die Probanden eine oder mehrere Feldstudien (sportliche Aktivitäten im Outdoor – Bereich) unter Herzfrequenz - und Blutglukose – Monitoring (Abschnitt 2.2.4). Diese Profile wurden folgendermaßen ausgewertet:

- ➔ IDE unter Berücksichtigung der individuellen Fitnessstufen,
- ➔ Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und den IDE pro Test und pro Stunde,
- ➔ Zusammenhang zwischen Blutglukose - Veränderung und der während des Tests notwendige Insulindosis.

Die Abbildung 15 gibt einen schematischen Überblick über den gesamten Studienablauf und die Datengewinnung.

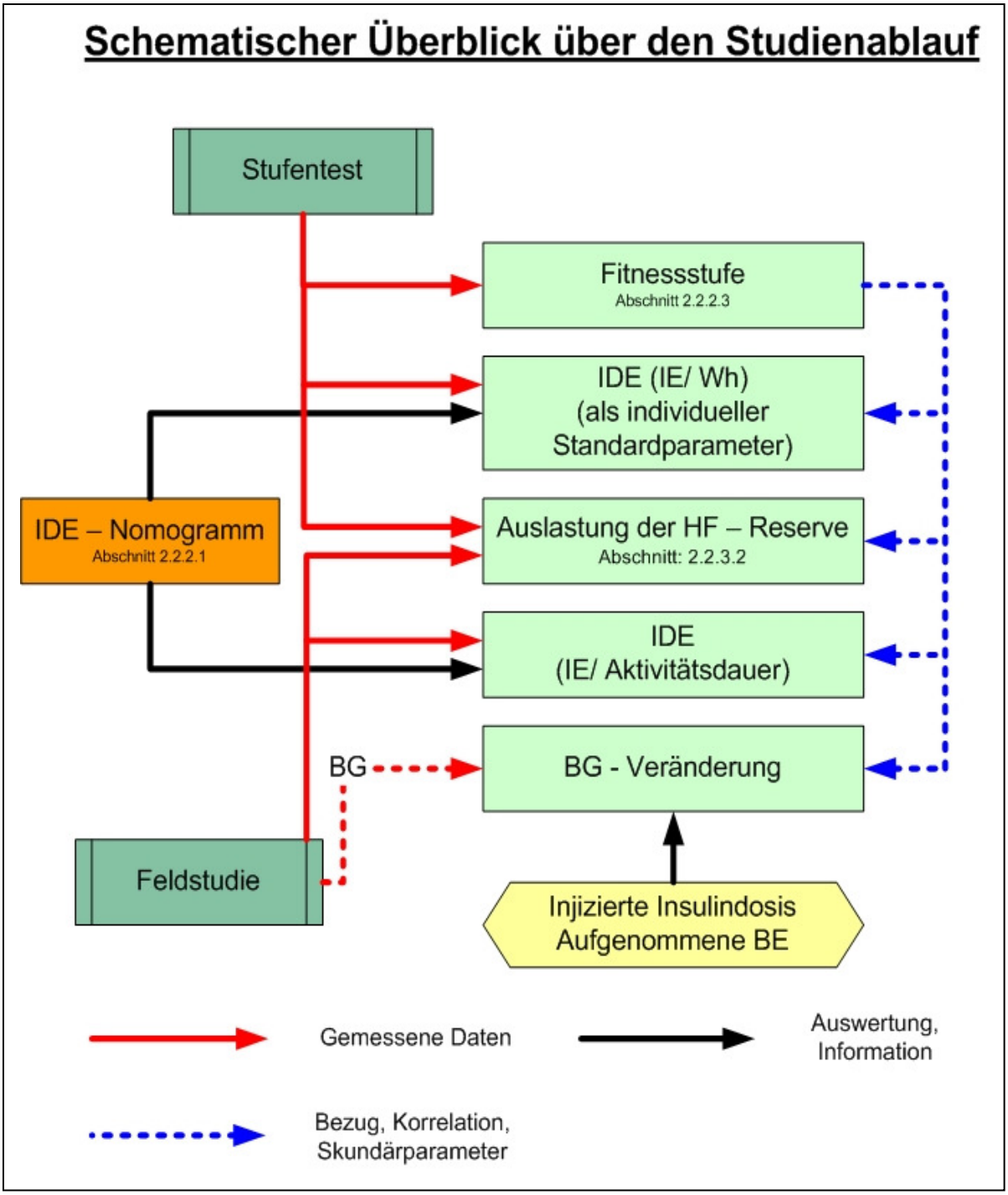


Abbildung 15: Schematische Darstellung der Beobachtungsanordnung und der damit verbundenen Auswertung

2.2.2 Methodologische Grundlagen

2.2.2.1 IDE Nomogramm

Das Nomogramm zur individuellen Bestimmung der Insulinwirkäquivalente körperlicher Aktivitäten wurde im Institut für Diabetes „Gerhard Katsch“ in Karlsburg im Rahmen einer

klinisch- experimentellen Studie entwickelt [48, 49,] und ist patentrechtlich geschützt [50]. Die zugrunde liegenden Daten (BG, Plasmainsulin, iv. Infusionsraten von Glukose und Insulin, HF) waren bei anderweitig gesunden männlichen Typ 1-Diabetikern im Alter von 20 – 30 Jahren in „Clamp – Anordnung“ während aerober Ergometerbelastungen von 90 Watt sowie nach subkutaner Insulininjektion gewonnen worden (Fischer et al., in Vorb.). Das Nomogramm in Abbildung 16 beschreibt HF - abhängig die Beziehung zwischen körperlicher Leistung und den durch sie kurzfristig bewirkten insulinähnlichen Effekt auf den Blutglukosespiegel. Letzterer wird als scheinbar verabfolgte Kurzzeitinsulin - Dosis interpretiert und durch den Term IDE (IE/Wh) beschrieben. Mittels der dem Nomogramm zugrunde liegenden Regressionsgleichungen können belastungs- und herzfrequenzabhängige Insulindosisäquivalente (mögliche Einsparung an Kurzzeitinsulin aufgrund sportlicher Aktivität in IE) von Muskelarbeit berechnet werden.

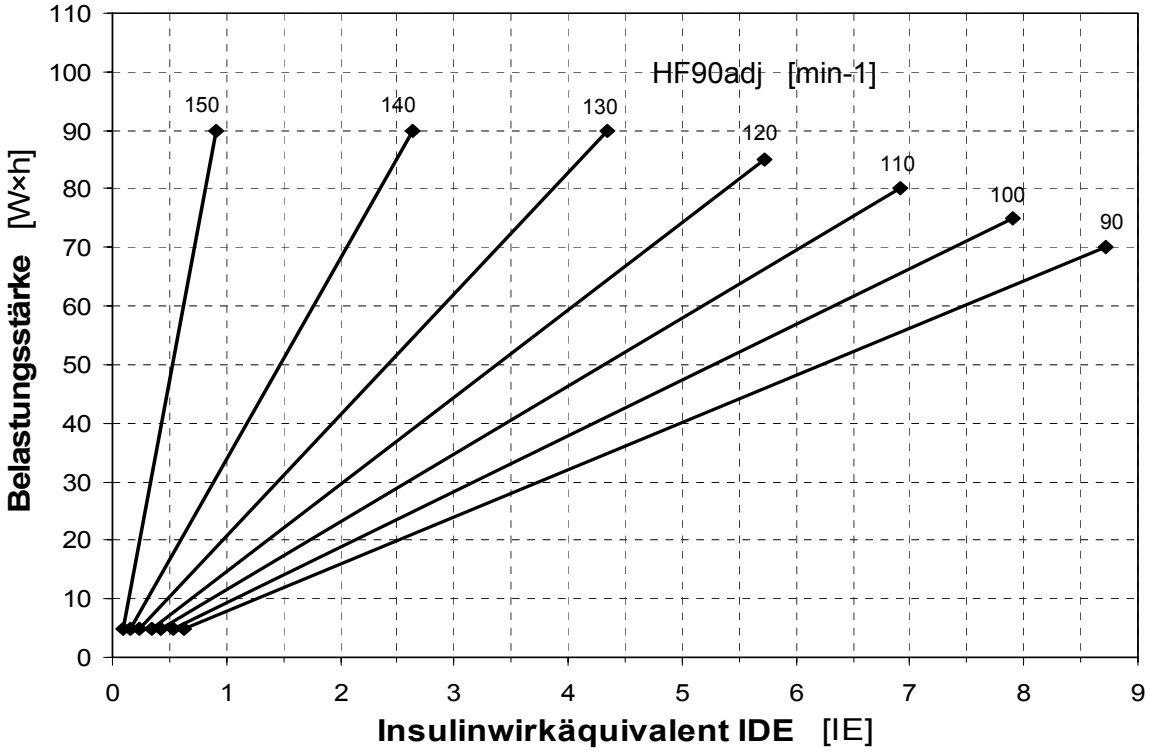


Abbildung 16: Das IDE – Nomogramm

Der Parameter HF_{90Watt}, die steady state-HF bei 90 W, wurde aufgrund der in den ursprünglichen Untersuchungen (Fischer et al, i. Vorb.) gewählten Dauerbelastungsstärke gewählt. In der praktischen Anwendung des Nomogramms kann die HF_{90Watt} aus HF - Werten in beliebigen Tests mit unterschiedlichen, bekannten Belastungsstärken regressiv ermittelt werden.

Da die dem Nomogramm zugrunde liegenden Daten bei 20 – 30 Jahre alten männlichen Freiwilligen erhoben worden waren, müssen bei Anwendung auf weibliche Personen und / oder auf Patienten abweichender Altersklassen, die HF_{90Watt} - Werte korrigiert werden, um

das Nomogramm bei diesen Personen anwenden zu können. Aus diesem Grund muss die ermittelte HF $_{90Watt}$ nach dem Alter und dem Geschlecht der Probanden adjustiert werden.

2.2.2.2 Alters- und Geschlechtsadjustierung der HF $_{90Watt}$

In der Voruntersuchung von (Fischer et al, i. Vorb.) wurden 329 Ergometer - Stufentests nach Methodik der WHO ausgewertet, welche bei 137 Patienten durchgeführt worden waren. Nach Plausibilitätsprüfung der HF-Kurven einschließlich der Elimination der emotional überlagerten Ruheherzfrequenz (HF_0) sowie der durch Anpassungsreaktionen geprägten Übergangsdaten zwischen den verschiedenen Belastungsstufen ($\pm$1 min) wurden aus der zeitabhängigen Darstellung die SSHF für die jeweiligen Belastungen entnommen und individuell der linearen Regression SSHF (min^{-1}) vs. Belastung (W) unterzogen. Für 117 Diabetiker und 20 Kontrollpersonen der ausgewerteten 329 Kurven ergab sich mit einer Signifikanz von $p<0,01$ eine Linearität.
Nur diese wurde weiter betrachtet. Aus den ermittelten Regressionsfunktionen wurden die HF_0 (in Ruhe) und die HF_{90Watt} bestimmt und gegen Alter und Geschlecht der multivariaten Varianzanalyse unterzogen.
Es resultierten bei Fehlen statistisch gesicherter Wechselwirkungen mit $p < 0,05$ signifikante Einflüsse von Alter und Geschlecht. Diese wurden regressiv zu den in Tabelle 10 angegebenen Korrekturgrößen verdichtet. Die Anwendung dieser Größen auf die ermittelten SSHF - Werte führt zu den alters- und geschlechtskorrigierten HF_{90adj} - Werten. Diese können nun ihrerseits in allen nomogrammgestützten Auswertungen verwendet werden. (Fischer, U. et. al. i. Vorb.)

Tabelle 13: Algorithmus für die alters- und geschlechtabhängige Anpassung der $SSHF_{90}$ zur Ermittlung von $HF_{90adj.}$ für die Anwendung im Erwachsenen - Nomogramm.

	Alter in Jahren				Geschlecht
	>18	15-18	12-14	7-11	weiblich
HF-Korrektur (n/min)	$\pm$ 0	-10	-20	-30	-15

Berechnungsbeispiel: Mädchen, 13 Jahre, ermittelte HF_{90}=155 min^{-1}:
korrigierte HF zur Auswertung im Erwachsenen – Nomogramm
$HF_{90adj.}$ = 120 min^{-1}.

Zusammenfassend seien an dieser Stelle die verschiedenen Termini der HF $_{90}$ erklärt:

a) gemessene HF $_{90}$ = die Herzfrequenz in min^{-1} bei einer Belastung auf dem Ergometer –Stufentest von 90 Watt

b) regressiv ermittelte HF $_{90Watt}$ = mathematisch aufgrundlage der Regressionsgleichung aus dem Anstieg der Belastung und der damit verbundenen Erhöhung der Herzfrequenz beim Ergometer – Stufentest.

c) Adjustierte HF $_{90Watt}$ = alters- und geschlechtsangepasste HF $_{90Watt}$

2.2.2.3 Definition der Fitnessstufen

Die individuellen HF_{90} - Abweichungen der einzelnen Patienten von den aus dem Modell sich ergebenden Werten dienten zur Bestimmung des individuellen Fitnesszustandes nach der Formel: dhfabs = HF_{90Watt} – Soll-HF (dhfabs = Differenz HF absolut). Die Erwartungswerte (Soll - HF) sind mittlere Werte für die jeweilige Gruppe. Die individuellen Abweichungen vom Mittelwert, der bei 132,8 min^{-1} lag, werden zur Definition des an Alter und Geschlecht angepassten Fitnesszustandes verwendet, wobei die Klassifizierung über den 1 SD- Bereich erfolgt. Durch die Annahme einer Normalverteilung sind damit jeweils 16% (1 SD) mit über- bzw. unterdurchschnittlichem Fitnesszustand in der Gruppe enthalten. Werte oberhalb des 1 SD-Bereiches entsprechen einem unterdurchschnittlichen, die darunter einem überdurchschnittlichen Fitnesszustand.

Tabelle 14: Definition des Fitnesszustandes über die absolute Abweichung des HF_{90}-Wertes von dem mittels Modell prognostizierten Wert

Fitnessklasse	Fitnessdefinition
1 = überdurchschnittlich trainiert	< HF $_{90}$ gemessen -14,2
2 = durchschnittlich trainiert	HF $_{90}$ gemessen $\pm$14,2
3 = unterdurchschnittlich trainiert	> HF $_{90}$ gemessen +14,2

2.2.3 Fahrradergometer – Stufentest

2.2.3.1 Durchführung

Zur Ermittlung des Insulindosisäquivalentes unter standardisierten Bedingungen wurde der Fahrradergometer – Stufentest mit allen Probanden beider Gruppen durchgeführt. Gemäß WHO – Richtlinie [54, 55, 56, 57] wurde der Test bei einer Leistung von 25 Watt begonnen. Nach drei Minuten wurde die zu erbringende Leistung um 25 Watt erhöht. Am Ende jeder Leistungsstufe wurde die Herzfrequenz notiert und in ein Protokoll eingetragen. Abbruchkriterium war einzig die subjektive Erschöpfung der Probanden.

Aufgrund des Umstandes, dass muskuläre Aktivität zu einem mehr oder weniger hohen Blutglukoseabfall führen kann, wurde zusätzlich bei den Probanden vor und nach der muskulären Aktivität des Fahrradergometertests der Blutglukosespiegel gemessen und bei Bedarf Glukose in Form von Traubenzucker zugeführt, um den Blutglukosespiegel zu erhöhen und Hypoglykämien zu vermeiden. Die Menge an Glukose wurde in Form von 1 – 3 BE in Abhängigkeit des aktuellen Blutglukosewertes verabreicht und im Ergometerprotokoll vermerkt. Eine gewisse Sicherheit vor Hypoglykämien bot der Zeitpunkt des Ergometertests. Er wurde eine Stunde nach dem Frühstück in der Zeit zwischen 08:30 – 09:00 durchgeführt, also in der postprandialen Phase der Kohlenhydratverwertung.
Für den Ergometertest wurden Ergometer der Firma Boso „Ergofit 270“ verwendet. Sie besitzten eine Herzfrequenzübertragung der Firma „Polar“ und sind für medizinische Tests zugelassen.

2.2.3.2 Ermittelte Parameter aus dem Fahrradergometer - Stufentests

Aus den Werten des Ergometer Stufentests (Protokoll im Anhang) wurden folgende Daten erhoben:

- ➔ Blutglukoseabfall während des Stufentests
- ➔ Notwendige Menge an Zusatz - BE
- ➔ Mittelwert der Herzfrequenz während des Tests
- ➔ Gesamtleistung in Watt*h während des Test
- ➔ Regressiv ermittelte Ruheherzfrequenz (HF_{0})
- ➔ Regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz (HF_{mean})
- ➔ Regressiv ermittelte Herzfrequenz bei einer Arbeit von 90 Watt ($HF_{90\ W}$)
- ➔ Alters- und geschlechtsadjustierte Herzfrequenzbetrag bei einer Arbeit von 90 Watt ($HF_{adj.\ 90}$)
- ➔ Fitnessstufe
- ➔ Insulindosisäquivalent der Testperson bei einer Leistung von 90 Watt/ h ($IDE_{90\ Wh}$)
- ➔ Individuelles Insulindosisäquivalent bei der im Test erbrachten Leistung (Dauer und Leistungsstufe)

2.2.3.3 Mathematische Methoden zur Ermittlung der Parameter

a) Ermittlung des Blutglukoseabfalls während des Stufentests ($BG_{diff.}$ mmol/l)

Der Blutglukoseabfall wurde durch die Messung des Blutglukosewertes zu Beginn und am Ende des Tests gemessen. Die Differenz ergab den Blutglukoseabfall.

$BG\text{-}Test_{Diff.} = BG\text{-}Test_{Beginn} - BG\text{-}Test_{Ende}$

b) Notwendige Menge von Zusatz - BE ($BE_{\mathbf{Test\ Zusatz}}$)

Bei der wegen Hypoglykämieproblemen gegebenen Menge an Glukose handelte es sich ausschließlich um Traubensaft. Diese Menge erhöht nach allgemeinen Erfahrungen den Blutglukosespiegel im Durchschnitt um 2,2 mmol/l (40 mg/dl). Aus dem Blutglukoseabfall ($BG_{\mathbf{Test\ diff.}}$) und der Menge an zusätzlichen Broteinheiten ($BE_{\mathbf{Test\ Zusatz}}$) kann die beim Fahrradergometertest benötigte Glukosemenge ($BG_{\mathbf{Test\ tats./\ Diff.}}$) errechnet werden. So kann der tatsächlich Blutglukoseabfall, trotz notwendige Zusatz – BE, für den Test berechnet werden.

$BG_{\mathbf{Test\ tats./\ Diff.}} = (BG_{\mathbf{Test\ Beginn}}) + (BE_{\mathbf{Test\ Zusatz}} * 2{,}2\ mmol/l)) - BG_{\mathbf{Test\ Ende}}$

c) Über den BE – Faktor (Verhältnis Menge an Kohlenhydraten zur benötigten Insulinmenge in IE) zu dieser Tageszeit kann aus der Menge an verbrauchter Glukose aus dem Blut ($BG_{\mathbf{Test\ tats./\ Diff}}$) jetzt die einzusparende Insulinmenge berechnet werden.

Berechnung der einzusparenden Insulindosis während des Tests

$IE_{\mathbf{Test\ BG/\ red.}} = BG_{\mathbf{tats./\ Diff.}} * BE\text{-}Faktor$

d) Mittelwert der Herzfrequenz während des Tests ($HF_{\mathbf{mean}}$)

Der Mittelwert der Herzfrequenz errechnet sich aus den Herzfrequenzen am Ende der Belastungsstufen, beginnend mit der Herzfrequenz nach der ersten Leistungsstufe (25 Watt) bis zur Herzfrequenz zum Abbruchzeitpunkt des Ergometertests.

$HF_{\mathbf{mean}} = HF_{\mathbf{25\ Watt}} + HF_{\mathbf{50\ Watt}} + ... HF_{\mathbf{End}}$: Anzahl der HF – Werte

e) Gesamtleistung in Watt*h während des Tests ($P_{\mathbf{Test\ ges.}}$)

Def.: Die Gesamtleistung im Test ist die Summe der Leistungen der einzelnen Leistungsstufen im in Abhängigkeit ihrer Dauer (in der Regel 3 Minuten).

f) Formel für die Leistung (P) in einer Belastungsstufe (Bel.st.):

$P_{\text{Bel.St. in Watt*h}}$ = Arbeit in Watt : (60 min : 3 min)

Je nach erreichter Belastungsstufe, die mit einer festen Zeitdauer korreliert, kann jetzt die Gesamtleistung, die beim Ergometer – Stufentest erreicht wurde, berechnet werden, um die IDE beim Ergometertest zu berechnen.

Dafür wurde folgende Formel verwendet:

Formel der Gesamtleistung $P_{\text{Test ges.}}$

$P_{\text{Test ges.}} = P_{\text{Bel.St. bei 25 Watt/ h}} + P_{\text{Bel.St. bei 50 Watt/ h}} + \ldots P_{\text{Bel.St. in Watt/h bei Abbruch}}$

Tabelle 15: Leistung beim Fahrradergometer – Stufentests in den Belastungsstufen und kumuliert

Dauer in Minuten	Arbeit in Watt (W)	Leistung in Watt * h (P) bei 3 min. Belastung je Stufe	erbrachte Leistung in Watt * h ($P_{ges.}$) kumuliert
3	25	**1,25**	**1,25**
6	50	**2,50**	**3,75**
9	75	**3,75**	**7,50**
12	100	**5,00**	**12,50**
15	125	**6,25**	**18,75**
18	150	**7,50**	**26,25**
21	175	**8,75**	**35,00**
24	200	**10,00**	**45,00**
27	225	**11,25**	**56,25**
30	250	**12,50**	**68,75**
33	275	**13,75**	**82,50**

g) Regressiv ermittelte Ruheherzfrequenz (reg. $HF_{\text{Test 0}}$)

Da die Ruheherzfrequenz (muskulärer Aktivität der Skelettmuskulatur ist fast Null) aus vielerlei subjektiven Gründen, z.B. „Aufgeregtheit", „muskuläre Aktivität vor dem Test", üblicherweise nicht mit der tatsächlichen Ruheherzfrequenz übereinstimmt, wurde diese Größe mittels Regressionsgleichung aus der Herzfrequenz am Ende der ersten Widerstandsstufe (bei 25 Watt) und der Herzfrequenz am Ende der letzten Belastungsstufe mathematisch ermittelt.

h) regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz (reg. $HF_{\text{Test mean}}$)

Aus den durch Regressionsgleichung ermittelten Herzfrequenzen am Ende der einzelnen Widerstandsstufen wird die mittlere Herzfrequenz des Ergometerstufentests

mathematisch ermittelt.
Formel:
reg. $HF_{\text{Test mean}}$ = reg. $HF_{\text{Test 25 Watt}}$ + ...+ reg. $HF_{\text{Test Abbruch}}$: Anzahl der Werte von reg. HF_{Test}

i) Regressiv ermittelte Herzfrequenz bei einer Leistung (P) von 90 Watt* h
(reg. $HF_{\text{Test 90Watt* h}}$)

Als Basis für die Berechnung des Insulindosisäquivalentes (IDE) ist die Herzfrequenz (HF) bei einer bestimmten Leistung (P) notwendig. Als Basis in dieser Arbeit dient die Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt/ h. Diese Herzfrequenz wurde regressiv aus den tatsächlich gemessenen Herzfrequenzen bei einer regressiv ermittelten Leistung von 90 Watt/ h mathematisch ermittelt.

j) Alters- und geschlechtsadjustierte Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt
(adj. $HF\text{-}Test_{90Watt}$)
Fischer und Dr. Salzsieder et. al. konnten nachweisen, dass die Herzfrequenz bei Kindern- und Jugendlichen höher ist als bei Erwachsenen. Ebenso gibt es einen geschlechtsspezifischen Unterschied der Herzfrequenzen. Um das Insulindosisäquivalent für eine Leistung bzw. Herzfrequenz vergleichbar zu ermitteln, sind die Variablen Alter und Geschlecht zu adjustieren. Als Basis für die Alters- und Geschlechtsadjustierung diente in dieser Arbeit das Alters- und Geschlechtsnomogramm. (Abschnitt 2.2.2.2)

k) Fitnessstufe (Fit.st.)

Die Reaktion des Körpers auf eine zu erbringende Leistung, ist vom Fitness- oder Trainingszustand ganz entscheidend abhängig. Dies bedeutet, dass zur Beurteilung stoffwechselphysiologische Daten der Fitness- oder Trainingszustand erfasst und quantifiziert werden muss.

l) Individuelles Insulindosisäquivalent der Testperson im Ergometertest bei einer Leistung von 90 Watt* h ($IDE_{\text{Test 90 Watt}}$) nach dem Nomogramm

Zur Berechnung des individuellen Insulindosisäquivalentes bei einer Leistung von 90 Watt * h wurde eine Formel verwendet, die dem Nomogramm zugrunde liegt [48, 49, 50].

$IDE_{Test\ 90\ Watt/h} = (0{,}2962 - 0{,}001907 * adj.\ HF_{Test\ 90Watt}) * 90Watt/h$

Aus dieser Formel lässt sich das individuelle Insulindosisäquivalent ($IDE_{Test\ erbr.\ Leistg.}$) bei der im Test erbrachten Leistung ($P_{Test\ ges.}$) berechnen.

Zur Berechnung des individuellen Insulindosisäquivalentes für die bei dem Test erbrachte Leistung wurde folgende Formel verwendet [48, 49, 50].

$IDE_{Test\ erbr.\ Leistg.} = (0{,}2962 - 0{,}001907 * adj.\ HF_{Test\ 90\ Watt}) * P_{Test\ ges.}$ Watt/ h

2.2.3.4 Ermittlung herzfrequenzabhängiger Insulindosisäquivalente (IDE) mit Hilfe der beim Fahrradergometer - Stufentest gewonnenen Daten

Für die Ermittlung des herzfrequenzabhängigen Insulindosisäquivalents für die Auslastungsbereiche 0 - 30 %, 30 – 50 % und 50 - 70% der maximalen Herzfrequenzreserve wurde folgende Methodik gewählt.

➔ Bestimmung der maximalen Herzfrequenz $HF_{max.}$ nach Lagerström- Formel [57]

$HF_{max.} = 220 - LA$

➔ Bestimmung der maximalen Herzfrequenzreserve res. $HF_{.max.}$

$HF_{res.} = HF_{max.} - reg.\ HF_{Test\ null}$

➔ Ermittlung der individuellen Herzfrequenzreserve bei 30 %, 50% und 70%iger Auslastung der Herzfrequenzreserve im Bezug zur angestrebten Trainingsintensität unter der Voraussetzung, dass es einen linearen Herzfrequenzanstieg bei steigender Belastung gibt, was im aeroben Bereich der Fall ist [56].

$HF_{res./\ 30\%} = HF_{res.} * 0{,}3$

$HF_{res./\ 50\%} = HF_{res.} * 0{,}5$

$HF_{res./\ 70\%} = HF_{res.} * 0{,}7$

➔ Ermittlung der Leistung in Watt* h bei der Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70%.

Diese Bereiche spiegeln wichtige Trainingsbereiche (0 – 30% Regenerationstraining, 30 – 50% Grundlagenausdauer 1 und 50 – 70% Grundlagenausdauer 2) wider. Um das Insulindosisäquivalent, das sich auf eine Leistung in W * h bezieht,

a) für die Herzfrequenz und
b) die daraus entsprechende prozentuale Auslastung der Herzfrequenzreserve,

berechnen zu können, wurde die individuell regressiv berechnete Herzfrequenz bei einer Arbeit von 50 Watt zu Grunde gelegt, die eine Stunde lang geleistet wird (50 W * h).

Aus dieser Leistung von 50 W * h wurde dann die Leistung in Watt * h bei der individuellen Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70% berechnet.

Folgende Formeln wurden angewendet:

Für eine Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %:

$P_{\mathbf{HF\ res./30\%}} = (HF_{\mathbf{res./30\%}} * 50\ Watt * h) / reg.\ HF_{\mathbf{Test\ 50\ Wh}}$

Für eine Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 %:

$P_{\mathbf{HF\ res./50\%}} = (HF_{\mathbf{res./50\%}} * 50\ Watt * h) / reg.\ HF_{\mathbf{Test\ 50\ Wh}}$

Für eine Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 %:

$P_{\mathbf{HF\ res./70\%}} = (HF_{\mathbf{res./70\%}} * 50\ Watt * h) / reg.\ HF_{\mathbf{Test\ 50\ Wh}}$

➔ Berechnung des Insulindosisäquivalents bei unterschiedlicher Auslastung der Herzfrequenzreserve

Um das Insulindosisäquivalent bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30% ($IDE_{\mathbf{res.\ HF\ 30\%}}$), 50% ($IDE_{\mathbf{res.\ HF\ 50\%}}$) oder 70% ($IDE_{\mathbf{res.\ HF\ 70\%}}$) berechnen zu können, wurden zwei berechnete Größen des Tests zu Grunde gelegt,

a) die im Test erbrachte Gesamtleistung $P_{\mathbf{Test\ ges.}}$ und
b) das daraus resultierende Insulindosisäquivalent $IDE_{\mathbf{Test\ erbr.\ Leistg.}}$.

Folgende Formel wurde verwendet:

Für die IDE bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %:

$$IDE_{\mathbf{res.\ HF\ 30\%}} = (P_{\mathbf{res.\ HF\ 30\%}} * IDE_{\mathbf{Test\ erbr.\ Leistg.}}) / P_{\mathbf{Test\ ges.}}$$

Für die IDE bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 %:

$$IDE_{\text{res. HF 50\%}} = (P_{\text{res. HF 50\%}} * IDE_{\text{Test erbr. Leistg.}}) / P_{\text{Test ges.}}$$

Für die IDE bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 %:

$$IDE_{\text{res. HF 70\%}} = (P_{\text{res. HF 70\%}} * IDE_{\text{Test erbr. Leistg.}}) / P_{\text{Test ges.}}$$

➔ Beziehung zum Trainingszustand (Fitnessstufe)

Um die Ergebnisse des Tests verallgemeinern zu können und den Trainingszustand in Form der Fitnessstufen mit in die Ermittlung des IDE mit einzubeziehen zu können, wurden im Folgenden Gruppen gebildet:

$IDE_{1/30\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 1 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%

$IDE_{2/30\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 2 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%

$IDE_{3/30\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 3 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%

$IDE_{1/50\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 1 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50%

$IDE_{2/50\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 2 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50%

$IDE_{3/50\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 3 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50%

$IDE_{1/70\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 1 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70%

$IDE_{2/70\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 2 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70%

$IDE_{3/70\%}$: Insulindosisäquivalent in Abhängigkeit zur Fitnessstufe 3 und zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70%

Somit wurde die Standart – IDE für die unterschiedlichen Auslastungsbereiche der Herzfrequenzreserve ermittelt und fitnessgruppenbezogen ausgewertet.

2.2.4 Sportliche Aktivitäten im Feldtest

Zur Überprüfung der unter standardisierten Bedingungen gewonnenen Daten wurde derselbe Algorithmus unter den Bedingungen von sportlichen Aktivitäten außerhalb der Kliniken angewandt wie bei den Fahrradergometer - Stufentest. Hierzu wurden folgende außerklinische Aktivitäten herangezogen.

2.2.4.1 Art der Feldstudien

A) Diabeteszentrum Mergentheim
   a) kurze Wanderung zwischen 13:30 – 15:00 Uhr
   b) Schwimmen zwischen 19:00 – 20:30 Uhr
   c) mittlere Wanderung zwischen 09:30 – 12:00 Uhr

B) Inselklinik Haus Gothensee
   a) lange Radtour in der Zeit von 09:00 – 16:00 Uhr
   b) lange Wanderung zwischen 13:00 – 18:45
   b) Strandspaziergang in der Zeit von 10:00 – 12:00
      und 19:00 – 22:00 Uhr
   d) sonstige Outdoor – Aktivitäten von mehr als 5stündiger Dauer

Über den gesamten Zeitraum wurden folgende Daten durch das automatische Herzfrequenzmonitoring der Herzfrequenzmessgeräte und schriftlicher Protokolle erfasst:

a) Blutglukoseverlauf durch Blutglukosemessungen mit dem Messgerät „OneTouch Ultra®“der Firma Lifescan vor, während und nach der muskulären Aktivität
b) Herzfrequenzmonitoring mit dem Herzfrequenzmessgerät der Firma „Polar“ vom Typ S 610®
c) die reguläre und zusätzliche Kohlenhydratzufuhr (hypoglykämisch bedingte)
d) Insulindosis (Soll - Dosis) gemäß ärztlicher Verordnung und die tatsächlich injizierte Insulindosis (Ist – Dosis) vor (präprandiale Insulindosis der Mahlzeit vor der sportliche Aktivität), während (unter Umständen bei stark steigendem Blutglukosewert injizierte Korrektur – Insulindosis) und nach (vor der nach der sportlichen Aktivität folgenden Mahlzeit) der muskulären Aktivität .

2.2.4.2 Die verwendeten Messverfahren

a) Blutglukosemessgerät „OneTouch Ultra®“der Firma Lifescan®

Das Blutglukosemessgerät „OneTouch Ultra®" ist ein Messgerät zur Bestimmung des Anteils der Glukose im Blut.

Es verwendet frisches Kapillarvollblut und benötigt mindestens 1 Mikroliter. Die Testmethode ist ein biochemisches Verfahren mit einem Glukose – Oxidase - Biosensor, der den Glukosegehalt des Blutes in einen messbaren Strom umwandelt. Die Geräte, die zur Feldstudie verwendet wurden, wurden nach den Qualitätskriterien der RiLi – BäK für Blutglukosemessungen überprüft. Laborchemische Nassverfahren waren bei den Feldstudien aufgrund der mangelnden Praktikabilität nicht möglich.

b) Polar Vantage bzw. - Typ S 610® Monitoring der Herzfrequenz

Zur Aufzeichnung der HF – Daten wurden zwei Systeme verwendet, die von der Handhabung und Genauigkeit gleich waren. Es waren die HF – Monitoring Systeme der Firma „Polar Electro Oy Finland®“, System Polar Vantage und System S 610).

Beide Systeme ermöglichen die kontinuierliche Aufzeichnung der Herzfrequenz in EKG-Genauigkeit für einen Zeitraum bis zu maximal 33 Stunden bei Vorgabe des Speichertaktes des HF – Wertes aller 5 – 60 Sekunden. Gewählt wurde bei dem Test, um möglichst viele Messwerte zu haben, der 5 Sekundentakt. Polar Vantage NV bzw. S 610® besteht aus einem codierten Polar-Sender, der mittels elastischen Gurts am Thorax gehalten wird, und einem Empfänger in Form einer Armbanduhr. Das Anlegen der Uhr und des Gurtes sowie die fehlerfreie Datenübertragung wurden von mir vor und mehrmals während der sportlichen Aktivität überprüft. Mit dem Polar Advantage Interface und der dazugehörigen Software, dem Polar Precision Performence SW 4 HF Analyse Programm, habe ich die Einstellungen für die HF-Messung und der Uhr per Infrarot – Schnittstelle programmiert sowie auch gespeicherte Daten vom Empfänger zum PC übertragen, um sie einer Analyse zu unterziehen.

2.2.4.3 Auswertung der Daten der Feldtests

Ziel der Auswertung der Datensätze der Feldtests war:

1. Überprüfung des im Ergometer – Stufentest geprüften Zusammenhangs zwischen Herzfrequenz, Herzfrequenzreserve und IDE
2. Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Blutglukoseveränderung und Netto IDE sowie verschiedener Einflussfaktoren auf die Blutglukoseveränderung
3. Überprüfung der Abhängigkeit der Daten zu den Fitnessstufen
4. Überprüfung der Berechnung der notwendigen Insulindosis und individuellen Insulindosisreduktion für die sportliche Aktivität

Aufgrund der Rahmenbedingungen im Feldtest, musste sich die Methodik der Datenauswertung der sportlichen Aktivitäten im Feldversuch von der Datenaufbereitung beim Fahrradergometertest im Wesentlichen unterscheiden, da z.B. bei den Feldtests keine kontinuierlich ansteigende Leistung erbracht wurde, sondern sowohl die zu erbringende individuelle Leistung, als auch die daraus resultierende individuelle Herzfrequenz stark variierten. Ursachen für die Variabilität der zu erbringenden Leistung und die daraus resultierende Herzfrequenz sind u. a.

- ➔ die Profilierung des Geländes, in der die sportliche Aktivität stattfindet,
- ➔ die individuelle Bewegungsgeschwindigkeiten, die zum großen Teil durch die Leistungsfähigkeit der Gruppe bestimmt wird,
- ➔ notwendige Pausen zur Blutglukosemessung,
- ➔ Witterungsbedingungen wie Gegen- oder Rückenwind bei Fahrradtouren,
- ➔ Beschaffenheit des Bodens usw..

Aus diesen Rahmenbedingungen heraus wurde folgender Datenaufbereitungsalgorithmus gewählt und schematisch in Abbildung 17 dargestellt.

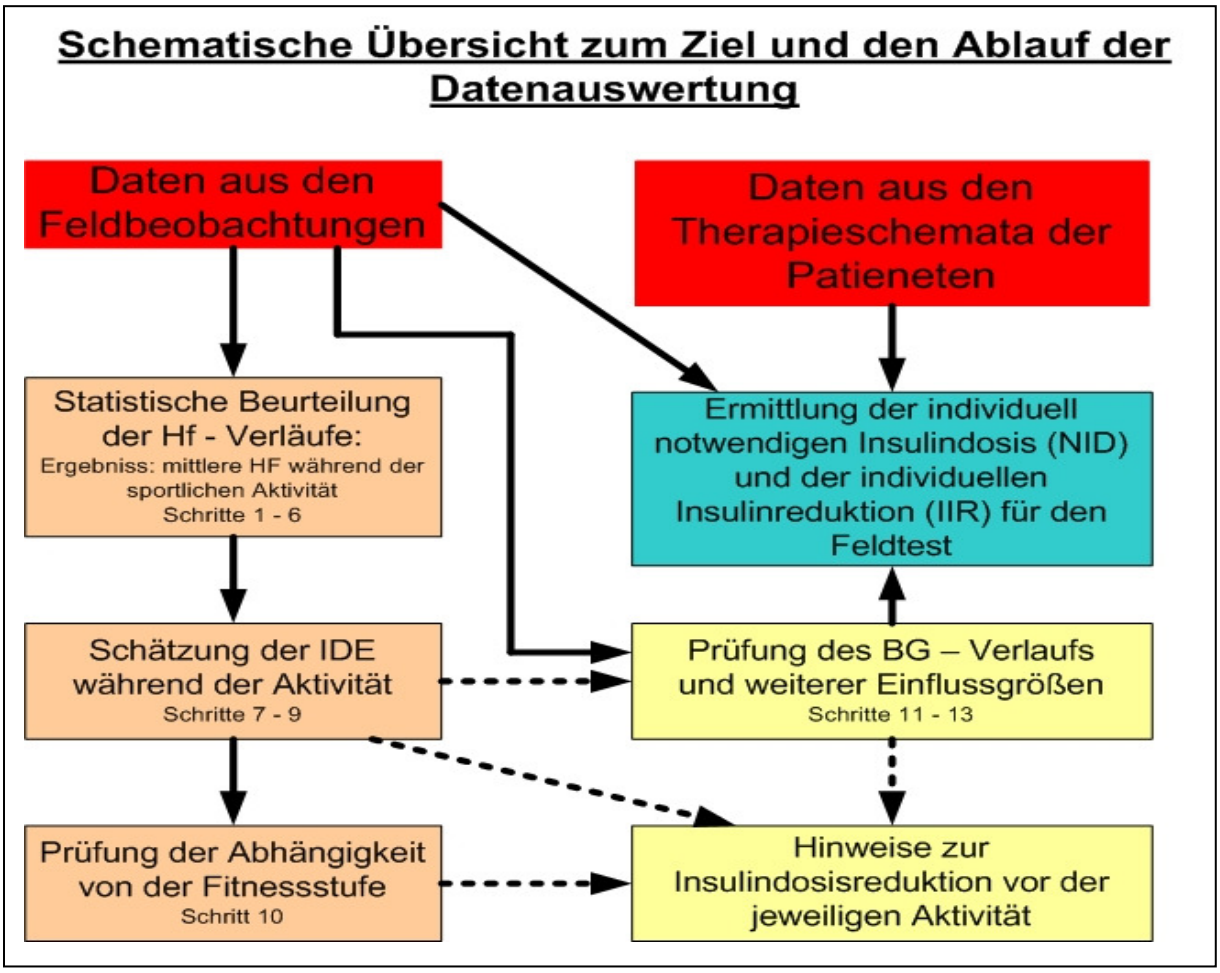


Abbildung 17: Schematische Übersicht über die Ziele und den Ablauf der Datenauswertung

Im Einzelnen erfolgte die Datenaufbereitung in folgendem Algorithmus:

Schritt 1: Auslesen der HF – Monitoringdaten (Herzfrequenz im 5 Sekunden Intervall gespeichert) über Infrarot-Interface und Software der Firma Polar und Einlesen in die Computer-Software Polar Precision Performance SW Version 4.00.02 von 2003.

Schritt 2: Formatieren der HF-Monitoringdaten in ein „.txt“ - Dateiformat in der Computer-Software Polar Precision Performance SW Version 4.00.02 von 2003.

Schritt 3: Öffnen der „.txt“ - Datei mit dem Programm „WordPad“ der Firma Microsoft und der anschließenden Übertragung der Daten in das Tabellenkalkulationsprogramm „Excel“ der selben Firma.

Schritt 4: Eliminieren aller Herzfrequenzwerte der sportlichen Aktivität (HF – Akt.) für die galt: $HF\text{-}_{Akt.} < \text{reg. HF}_{Test\ 0}$

Die Begründung für die Eliminierung dieser Herzfrequenzwerte ergibt sich aus der Tatsache, dass bei der Bedingung $HF_{Akt.} <$ reg. $HF_{Test\ 0}$ der Definition nach keine muskuläre Aktivität stattfindet und somit auch kein Insulindosisäquivalent entsteht, da die Stoffwechselaktivität kleiner oder gleich der Ruhestoffwechselaktivität ist. Demnach ist der Zustand der körperlichen Inaktivität erreicht.

Schritt 5: Ermittlung des Herzfrequenzmittelwertes ($HF_{Akt\cdot mean}$) während der sportlichen Aktivität des Feldtests.

Schritt 6: Ermittlung der Dauer der sportlichen Aktivität (t-Akt.) unter der Bedingung: $HF\text{-}_{Akt.} >$ reg.$HF_{Test\ 0}$, da hier ein messbares Insulindosisäquivalent (IDE) in IE Kurzzeitinsulin für die Dauer der Aktivität laut Definition entsteht.

Schritt 7: Ermittlung der individuellen Leistung (P-Akt.) Watt*h während der gesamten Zeitdauer der sportlichen Aktivität aufgrundlage des während des Fahrradergometertests ermittelten individuellen Zusammenhanges zwischen individueller Herzfrequenz bei 50 Watt * h und der individuellen Leistung, gemäß: $P_{Akt.ges.} = ((HF_{Akt\cdot mean}) * 50\ Watt * h) / reg.HF_{Test50Watt}$

Schritt 8: Ermittlung des Insulindosisäquivalentes (IDE) für erbrachte Leistung aufgrundlage der Formel zur Berechnung der IDE.

$IDE_{Akt.ges.} = (0{,}2962 - 0{,}001907 *$ adj. $HF_{Test\ 90Watt}) * P_{Akt.ges.}$

Schritt 9: Standardisierung der ermittelten IDE für eine Stunde der sportlichen Aktivität gemäß: $IDE_{Akt.1h} = IDE_{Akt\cdot ges.} / t_{Akt.}$

Schritt 10: Vergleich des Insulindosisäquivalentes und der Fitnessstufen mit den gebildeten Gruppen im Fahrradergometertest.

Schritt 11: Erfassung der Insulindosisreduktion vor der sportlichen Aktivität aus den Blutglukoseprotokollen der Patienten auf Station

Insulindosisreduktion (IR) in IE = (Soll – Insulindosis (IE) - Ist – Insulindosis (IE)).

Schritt 12: Erfassung der Zusatz BE aus dem Protokoll der Feldstudien und Ermittlung des Insulindosisäquivalents mit Hilfe des tageszeitspezifischen BE – Faktors.

Schritt 13: Erfassung der während der sportlichen Aktivität zusätzlich gespritzten Insulinkorrekturdosen in IE ($IE_{Korr.}$).

2.2.4.4 Prüfung des Zusammenhanges zwischen IDE und Herzfrequenzreserve während sportlicher Aktivitäten

Bei der Ermittlung des Zusammenhanges zwischen IDE und Herzfrequenzreserve wurde folgender Algorithmus angewendet.

Schritt 1: Aus dem ausgelesenen Herzfrequenzverlauf wurde für jeden Patienten die individuelle mittlere Herzfrequenz für den Testzeitraum ermittelt.

Schritt 2: Von dieser wurde die regressiv ermittelte Ruheherzfrequenz subtrahiert.

Schritt 3: Über den im Fahrradergometertest ermittelten individuellen Zusammenhang zwischen Herzfrequenzreserve und Leistung wurde die Leistung (P) für den Feldtest geschätzt.

Schritt 4: Mit der unter 2.2.3.3 genannten Formel wurde die IDE für die gesamte Testdauer bestimmt.

Schritt 5: In einem weiteren Schritt wurde die IDE für eine Stunde des Tests bestimmt.

Schritt 6: Anschließend wurde die IDE der Feldtests mit der mittleren Herzfrequenz und der ermittelten Herzfrequenzreserve während der sportlichen Aktivität verglichen.

Schritt 7: Zwischen den Datenreihen IDE bzw. $HF_{\mathbf{Test\ mean}}$ und $HF_{\mathbf{Test\ res.}}$ Wurden statistische Zusammenhänge wie Signifikanz, Korrelation und die Regression der Funktion der Geraden aus IDE bzw. $HF_{\mathbf{Test\ mean}}$ und $HF_{\mathbf{Test\ res}}$ untersucht und die sich für die Praxis daraus ergebenden Schlussfolgerungen gezogen (siehe Kapitel 4).

2.2.4.5 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und dem Netto - Insulindosisäquivalent während der sportlichen Aktivität

Um eine Vorhersage der Insulindosisreduktion unter Einbeziehung der variablen Einflussfaktoren (siehe 2.2.4.3) des Feldtests zu ermöglichen, wurde der Zusammenhang zwischen Blutglukoseabfall (Verbrauch von im Blut zirkulierender Glukose als Energieträger) bei sportlichen Aktivitäten und der korrigierten im Feldtest ermittelten IDE (Netto – IDE) hergestellt. Zum besseren Verständnis, sei an dieser Stelle die Blutglukosedifferenz und die Netto – IDE definiert.

Definition der Blutglukosedifferenz (Δ BG): ist der zu erwartende Blutglukoseabfall während der sportlichen Aktivität durch eine erhöhte muskuläre Aktivität und dem damit verbundenen höheren Glukosebedarf in der Muskulatur.

In der Regel (von genannten Ausnahmen abgesehen) galt für die Blutglukosedifferenz (Δ BG) folgende Formel:

➔ $\Delta BG = BG_{Anfang} - BG_{Ende}$

Bei nicht physiologisch erklärbaren Blutglukoseverläufen, die durch andere Einflussfaktoren verursacht wurden, galten folgende Ausnahmen:

- ➔ BG_{Anfang} und $BG_{Nüchtern}$ (BG Wert der Mahlzeit vor der sportlichen Aktivität) unterscheiden sich um > 25% dann galt:
  $\Delta BG = BG_{Nüchtern} - BG_{Ende}$
- ➔ BG_{Anfang} ist deutlich hypo- < 3,3 mmol/l (60 mg/ dl) oder hyperglykämisch > 12,2 mmol/ l (220 mg/ dl) dann galt:
  $\Delta BG = BG_{Nüchtern} - BG_{Ende}$
- ➔ $BG_{Ende} < BG_{Anfang}$ dann galt:
  $\Delta BG = BG_{Anfang} - BG_{minimum}$ (niedrigster gemessener Blutglukosewert während der sportlichen Aktivität)

- ➔ BG_{Ende} und BG_{Minium}/ $BG_{Maximum}$ unterscheiden sich um mehr als 25 % von $BG_{Nüchtern}$ dann wurde die Plausibilität des Blutglukoseverlaufes geprüft und im Einzelfall entschieden. Dann galt:
  $\Delta BG = BG_{Anfang} - BG_{minimum}$

Definition Netto – Insulindosisäquivalent (Netto – IDE): Sie ist das korrigierte, von dem im Test und über das Nomogramm ermittelte individuelle Insulindosisäquivalent (IDE).
Das individuelle Insulindosisäquivalent wird wie folgt korrigiert:

$$IDE_{Netto} = IDE_{Test} + IE_{Korr.} - IE_{Sport\ BE} - IR$$

IDE_{Test}: ermittelte IDE für den Feldtest

IE $_{\mathbf{Korr.}}$: aus hyperglykämischen Gründen während der sportlichen Aktivität verabreichte Korrektur - Insulindosis in IE

IE $_{\mathbf{Sport\ BE}}$: aus hypoglykämischen Gründen während der sportlichen Aktivität verabreichte Zusatz BE. Diese wurden über den BE – Faktor in Insulindosen umgerechnet.

IR: Vor der sportlichen Aktivität durchgeführte Bolus - Insulindosisreduktion zur Vermeidung von Hypoglykämien während der Feldtests.

Zwischen den Datenreihen Δ BG und IDE $_{\mathbf{Netto}}$ wurden statistische Zusammenhänge wie Signifikanz, Korrelation und die Regression der Funktion der Geraden aus Δ BG und IDE $_{\mathbf{Netto}}$ geprüft.

2.2.4.6 Berechnung der während der sportlichen Aktivität erforderlichen Insulindosis (NID) und der zu empfehlenden individuellen Insulindosisreduktion (IIR) des Bolusinsulins vor der vorangehenden Mahlzeit

Um die individuellen stoffwechselphysiologischen Auswirkungen der sportlichen Aktivität zu ermitteln und um somit die Abschätzung einer personenspezifischen Insulindosisreduktion (IIR) für die Praxis zu ermöglichen, ohne einen Fahrradergometer – Stufentest durchführen zu müssen, wurde folgende empirische Vorgaben und Festlegung für alle Patienten getroffen:

a) Anzustrebender Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität
b) Der geschätzte Blutglukoseanstieg einer BE beträgt im Durchschnitt ca. 2,2 mmol/l (40 mg/dl).

Für die Ermittlung der Insulindosisreduktion vor der sportlichen Aktivität wurden folgende Voraussetzungen angenommen:

a) bei Patienten mit dem Insulinanaloga Glargin (Lantus®) wurde die Insulintagesdosis durch 24 h dividiert. Der so erhaltene Wert stellte die Insulinmenge für eine Stunde dar.
b) Bei Insulinpumpenpatienten wurde die Tagesbasalrate (in IE) durch 24 h dividiert und somit die Basalrate für eine Stunde ermittelt.

Schritt 1: Berechnung der Insulindosisreduktion (IR) vor der sportlichen Aktivität

Die reduzierte Insulindosis (IR) ergibt sich aus der Summe der Differenzen der „Soll Bolusinsulindosis“ minus der „Ist Bolusinsulindosis“ und der „Soll Basalinsulindosis“ minus „Ist Basalinsulindosis“.

$$IR = (Soll_{\textbf{Bol. - Ins.}} - Ist_{\textbf{Bol. - Ins.}}) + (Soll_{\textbf{Bas. – Ins.}} - Ist_{\textbf{Bas. – Ins.}})$$

Schritt 2 : Ermittlung der Blutglukosedifferenz zwischen Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität und dem Zielblutglukosewert

Bei der Ermittlung der Blutglukosedifferenz (ΔBG) zwischen Zielblutglukosewert (ZBG) von 7,75 mmol/l und dem Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität $BG_{\textbf{Ende}}$ und deren Umrechnung in Insulineinheiten wurden folgende Rechenschritte angewendet:

a) Berechnung der Blutglukosedifferenz (ΔBG)

$$\Delta BG = ZBG - BG_{\textbf{Ende}}$$

b) Umrechnung von ΔBG in Berechnungseinheiten ($BE_{\textbf{BG Diff.}}$)

$$BE_{\textbf{BG Diff.}} = \Delta BG / 2{,}2 \text{ mmol/l (40 mg/dl)}$$

c) Umrechnung der in $BE_{\textbf{BG Diff.}}$ Insulineinheiten ($IE_{\textbf{BG Diff.}}$)

$$IE_{\textbf{BG Diff.}} = BE_{\textbf{BG Diff.}} * \text{BE - Faktor}$$

Als Ergebnis dieses Rechenschrittes erhält man die Insulindosis in (IE), die die Differenz des Blutglukosespiegels am Ende der sportlichen Aktivität zum Zielblutglukosewert bildet, d. h. die $IE_{\textbf{BG Diff.}}$ gibt die Insulindosis von Kurzzeitinsulin an, die:

⇨ bei Blutglukosewerten, die kleiner als der Zielblutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität sind - ***weniger***

oder

⇨ bei Blutglukosewerten, die größer als der Zielblutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität sind - ***mehr***

an Insulindosis (IE) hätte injiziert werden müssen, um den Zielblutglukosewert zu erreichen.

Schritt 3: Umrechnung der hypoglykämisch bedingten zusätzlichen „Sport – BE“, in Insulineinheiten

Aufgrund einer zu geringen Insulinreduktion zu Beginn der muskulären Aktivität kann es, um eine Hypoglykämie zu vermeiden oder zu beseitigen, notwendig werden, während der sportlichen Aktivität zusätzliche BE_{Zusatz} zuzuführen. Diese können dann über den individuellen BE – Faktor in Insulineinheiten umgerechnet werden.

Formel: $IE_{BE\ Zusatz} = BE_{Zusatz} * BE\ Faktor$

Schritt 4: Berücksichtigung der während der sportlichen Aktivität injizierten Korrekturinsulindosiseinheiten ($IE_{kor.}$)

Im Protokoll der sportlichen Aktivität wurden auch Insulindosiseinheiten erfasst, die notwendig sind, um einen Blutglukoseanstieg bei muskulärer Aktivität zu kompensieren. Gründe hierfür können sein:

a) eine zu hohe Insulinreduktion vor der sportlichen Aktivität
b) eine zu geringe Intensität der muskulären Aktivität.

Diese Insulindosiseinheiten werden direkt erfasst und zur Soll – Insulinmenge $_{Bol. + Bas.}$ hinzugerechnet.

Schritt 5: Berechnung der tatsächlich notwendigen Insulinmenge (NID)
Um die für die sportliche Aktivität notwendige Insulindosis auf Basis der Parameter zu berechnen, wurden folgende mögliche Fälle angenommen:

a) Blutglukosespiegel am Ende (BG_{Ende}) der sportlichen Aktivität ist kleiner als der Zielblutglukosewert von 7,75 mmol/dl (140mg/dl)
In diesem Fall wurde folgende Formel verwendet:

$NID = (Soll - Insulinmenge_{Bol. + Bas.} + IE_{kor.}) - (IE_{BE\ Zusatz} + IE_{BG\ Diff.} + IR)$

b) Blutglukosespiegel am Ende der sportlichen Aktivität ist größer als Zielblutglukosewert von 7,75 mmol/dl (140mg/dl)
In diesem Fall wurde folgende Formel verwendet:

$$NID = (Soll - Insulinmenge_{\textbf{Bol. + Bas.}} + IE_{\textbf{kor.}} + IE_{\textbf{BG Diff}}) - (IE_{\textbf{BE Zusatz}} + IR)$$

Schritt 6: Berechnung der individuellen Insulinreduktion (IIR)

Aus der NID für die sportliche Aktivität und der Soll – Insulinmenge gemäß Therapieschema des Patienten, wurde unter der Verwendung der Formel:

$$IIR = Soll - Insulindosis - NID$$

die individuelle Insulinreduktion (IIR) für diese sportliche Aktivität berechnet.

Die mit diesen mathematischen Rechenschritten erhaltene notwendige Insulindosis (NID) und die individuelle Insulinreduktion (IIR) wurde in einem weiteren Schritt auf eine Stunde der sportlichen Aktivität umgerechnet und mit der Herzfrequenz während der sportlichen Aktivität statistisch untersucht. Zwischen den Datenreihen NID bzw. IIR und $HF_{\textbf{Test mean}}$ wurden statistische Zusammenhänge wie Signifikanz, Korrelation und die Regression der Funktion der Geraden aus NID bzw. IIR und $HF_{\textbf{Test mean}}$ untersucht und die sich für die Praxis daraus ergebenden Schlussfolgerungen gezogen (siehe Kapital 4).

2.3 Statistische Verfahren

Alle statistischen Berechnungen wurden mit den Statistikprogrammen Excel 2002© (Version 10.2614.2625) und SPSS für Windows© (Rel. 10.07) durchgeführt. Die Ergebnisse werden als Mittelwert (mean) und ± Standardabweichungen (SD) präsentiert.
Die Korrelationen wurde nach Pearson geprüft. Dabei wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ zugrunde gelegt. Signifikanzen wurde mit dem t – Test Variablen geprüft.

3 Darstellung der Ergebnisse

3.1 Befragung von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes mellitus zur Einstellung zu körperlichen und sportlichen Aktivitäten (Fragebogen)

Allgemeine Daten

- Anzahl der verschickten Fragebögen n = 150
- Anzahl der ausgewerteten Fragebögen: n = 114
- Drop out – rate (absolut/ prozentual): n = 36/ 24%

3.1.1 Stammdaten der Probanden

Die Probandenkollektiv setzte sich wie folgt zusammen und lässt sich über die folgenden Merkmale beschreiben:

Tabelle 16: Allgemeine Angaben zum Probandenkollektiv der Befragung

Merkmal	**Anzahl**
Angaben zum Geschlechterverteilung	**N = 114**
Jungen	62
Mädchen	52
Angaben zur Altersverteilung	**N = 114**
mittleres Alter in Dezimalschreibweise	14,33
min. Alter in Dezimalschreibweise	9,5
max. Alter in Dezimalschreibweise	17,4
Angaben zum HbA1c	**N= 82**
mittlerer HbA1c in %	8,5
min. HbA1c in %	5,1
max. HbA1c in %	14,0
Angaben zur Diabetesdauer	**N = 114**
mittlere Diabetesdauer	5,16
min. Diabetesdauer in Jahren (Dezimalschreibweise)	0,75
max. Diabetesdauer in Jahren (Dezimalschreibweise)	12,0

3.1.2 Ergebnisse der Befragung

3.1.2.1 Fragestellung nach der sportlichen Selbsteinschätzung (Fragen 1-4 und 6-7)

Zuerst interessierte mich die Selbsteinschätzung der Kinder und Jugendlichen zur Frage der Sportlichkeit. Dies ist ein interessanter Aspekt, da im Hauptteil der Dissertationsschrift die „Fitness“ für die Bestimmung der Insulindosisreduktion und des Insulindosisäquivalent eine entscheidende Rolle spielt. Darüber hinaus lässt die Verteilung der Daten der Selbsteinschätzung einen Rückschluss darüber zu, ob es sich beim Probandenkollektiv um ein „normal verteiltes“, „eher sportliches“ oder „eher unsportliches“ Kollektiv handelt. Diese Verteilung ist wichtig, da die Aussagen bei einigen Fragestellungen davon abhängig sind.
Bei der Auswertung des Items „sportliche Selbsteinschätzung“ wurden die Fragen 1-4 und 6-7 einbezogen. Dabei gaben die Kinder und Jugendlichen folgende Antworten:

Tabelle 17: Übersicht über die sportliche Selbsteinschätzung der Gesamtprobanden

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = sehr sportlich	0	0,00
„2“ = sportlich	48	42,11
„3“ = durchschnittlich	40	35,09
„4“ = unsportlich	25	21,93
„5“= vollkommen unsportlich	1	0,88

Die sportliche Selbsteinschätzung (Fragen 1-4 und 6-7) der Subgruppe aus der Inselklinik Haus Gothensee brachte folgende Ergebnisse:

Tabelle 18: Übersicht über die sportliche Selbsteinschätzung der Subgruppe IKH Gothensee

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = sehr sportlich	0	0,00
„2“ = sportlich	9	45,00
„3“ = durchschnittlich	7	35,00
„4“ = unsportlich	4	20,00
„5“= vollkommen unsportlich	0	0

Korrelationskoeffizient zwischen der Gesamtgruppe und der Subgruppe Haus Gothensee bei dieser Fragestellung beträgt 0,997. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass in der Frage der Selbsteinschätzung der „Sportlichkeit“ für die Subgruppe die gleichen Aussagen gelten, wie für die Gesamtgruppe. Die Teilnahme an der Schulung hatte demzufolge keinen Einfluss auf die Aussagen der Subgruppe. Auch hier schätzt sich die Subgruppe als „eher sportlich“ ein und die Normalverteilung wird nicht ganz erreicht.

3.1.2.2 Die Untersuchung des Vertrauens der Schüler in den Sportlehrer und die Beurteilung der Kompetenz der Sportlehrer in Fragen des insulinpflichtigen Diabetes mellitus durch die Schüler mit Typ - 1 Diabetes
(Frage 9 und reziproke Antwort der Frage 11)

Bei der Auswertung dieser Fragestellung erhält man sicher einen sehr guten Überblick darüber, ob die Kinder und Jugendlichen ihren Sportlehrer in diabetesspezifischen Fragen eine Kompetenz zusprechen oder nicht, bzw. dass sie sich bei diabetesspezifischen Problemen (Blutglukoseentgleisung, d.h. in erster Linie Hypoglykämien) auf seine kompetente Hilfe verlassen können. Dass sie sich darauf verlassen können, ist meiner Meinung nach eine wichtige Voraussetzung für eine von Seiten des Diabetes mellitus unbelastete, den individuellen Leistungsvoraussetzungen entsprechende, sportliche Aktivität. Unsicherheit in dieser Frage hemmt und hemmt die Ausübung von sportlichen Aktivitäten und nimmt die Freude an selbiger.
Ergebnisse:

Tabelle 19: Übersicht über das Vertrauen der Schüler mit Typ – 1 Diabetes und die Kompetenz der Sportlehrer aus Sicht der Schüler mit Typ - 1Diabtes

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = überhaupt kein Vertrauen/ Kompetenz	12	10,53
„2“ = wenig Vertrauen/ Kompetenz	31	27,19
„3“ = unentschieden/ indifferent	31	27,19
„4“ = eingeschränktes Vertrauen/ Kompetenz	24	21,05
„5“ = uneingeschränktes Vertrauen/ Kompetenz	16	14,04

Um die Einschätzung der Kinder und Jugendlichen noch mehr zu verdeutlichen, habe ich Gruppen mit folgender Verteilung gebildet:

Gruppe 1 - kein oder nur geringes Vertrauen/ Kompetenz (Score 1 u.2)	37,72%
Gruppe 2 - Vertrauen/ Kompetenz (Score 4 u. 5)	36,09%
Gruppe 3 – unentschieden	27,19%

Subgruppe Haus Gothensee

Ein ähnlich deutliches Ergebnis zeigen die Daten bei der Subgruppe der Inselklinik Gothensee.

Tabelle 20: Übersicht über das Vertrauen der Schüler mit Typ – 1 Diabetes und die Kompetenz der Sportlehrer aus Sicht der Schüler mit Typ – 1 Diabtes mellitus der Subgruppe IKH Gothensee

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = überhaupt kein Vertrauen/ Kompetenz	3	15,00
„2“ = wenig Vertrauen/ Kompetenz	5	25,00
„3“ = unentschieden/ indifferent	3	15,00
„4“ = eingeschränktes Vertauen/ Kompetenz	6	30,00
„5“ = uneingeschränktes Vertrauen/ Kompetenz	3	15,00

Hier liegt die Einschätzung der Kinder und Jugendlichen zu dieser Frage in den von mir gebildeten Gruppen wie folgt:

Gruppe 1 - kein oder nur geringes Vertrauen/ Kompetenz (Score 1 u.2)	40,00%
Gruppe 2 - Vertrauen/ Kompetenz (Score 4 u. 5)	45,00%
Gruppe 3 - unentschieden	15,00%

Auch hier gibt es, Gruppe 1 und 3 zusammengefasst, mehr als 50% der Kinder und Jugendlichen, die in der diabetesspezifischen Fragestellung von sportlichen Aktivitäten kein bzw. nur geringes Vertrauen zu ihren Sportlehrerinnen oder Sportlehrern haben oder Meinung zu dieser Frage haben, weil sie wahrscheinlich bisher noch nicht auf das kompetente Handeln der Pädagogen in dieser speziellen Situation angewiesen waren.

3.1.2.3 Untersuchung von diabetesspezifischen Probleme im Schulsport

(Fragen 10, 12-15, reziproke Antwort der Fragen 16-19)

Bei der Auswertung dieser Fragestellung interessierte mich, ob die Kinder und Jugendlichen größere Probleme mit dem Blutglukosemanagement im Schulsport haben oder die chronische Krankheit schon einmal instrumentalisiert hatten, um nicht am Schulsport teilnehmen zu müssen. Neben der Problematik des mangelnden Vertrauens in den Sportlehrer/ Sportlehrerin, die zu einer Einschränkung der Ausübung von sportlichen Aktivitäten führt, können ständige Probleme mit der Blutglukoseführung vor, während und nach der sportlichen Aktivität ebenfalls als Störfaktor angesehen werden, der durchaus dazu führen kann, dass sportliche Aktivität vermieden, bzw. nur eingeschränkt ausgeübt wird.

Ergebnisse:

Tabelle 21: Diabetesspezifische Probleme im Schulsport

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = große Probleme im Schulsport	0	0,00
„2“ = Probleme im Schulsport	4	3,51
„3“ = unentschieden	27	23,68
„4“ = geringe Probleme im Schulsport	55	48,25
„5“ = keine Probleme im Schulsport	28	24,56

Untersuchung der diabetesspezifischen Probleme im Schulsport der Subgruppe IKH Gothensee

Ergebnisse:

Tabelle 22: Diabetesspezifische Probleme im Schulsport der Subgruppe IKH Gothensee

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = Stimmt ganz genau!	0	0,00
„2“ = Stimmt eher!	0	0,00
„3“ = unentschieden	4	20,00
„4“ = Stimmt eher nicht!	14	70,00
„5“ = Stimmt überhaupt nicht	2	10,00

Ein gänzlich anderes Bild bei der Beantwortung der Frage zeigt die Subgruppe des IKH Gothensee. Hier geben alle 80% der Kinder und Jugendlichen an, nur geringe oder keine diabetesspezifischen Probleme im Schulsport zu haben. 20% machen keine Angaben.
Da es keine alters- oder schulspezifischen Besonderheiten dieser Gruppe gab, kann man durch die Beantwortung der Frage sehr gut nachweisen, was ein stationärer Aufenthalt mit einer strukturierten Schulung zu diesem Thema erreichen kann.

Dass die Teilnahme am Schulsport, zumindest für einen Teil der Kinder und Jugendlichen, doch nicht ganz so problemlos möglich ist, zeigt die Beantwortung der Frage 10.
Die Frage: „Ich habe schon öfter wegen meines Diabetes mellitus nicht am Sportunterricht teilgenommen.“, die darauf abzielt, ob der Diabetes mellitus ein Handicap bei der regelmäßigen Teilnahme am Schulsport ist, beantworteten die Schüler wie folgt.
Ergebnisse:

Tabelle 23: Öfter keine Teilnahme am Schulsport wegen meines Diabetes mellitus.

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = Stimmt ganz genau!	6	5,26
„2“ = Stimmt eher!	8	7,02
„3“ = unentschieden	11	9,65
„4“ = Stimmt eher nicht!	17	14,91
„5“ = Stimmt überhaupt nicht	72	63,16

Hier geben immerhin 12,28% der Kinder und Jugendlichen an, schon einmal wegen des Diabetes mellitus nicht am Schulsport teilgenommen zu haben. Zählt man den Prozentsatz der Kinder und Jugendlichen hinzu, die keine Angaben dazu machen, hat jedes 4,5 Kind mit Diabetes mellitus schon einmal wegen seiner Krankheit nicht am Schulsport teilgenommen.

3.1.2.4 Untersuchung zur Übungsleiter-/ Trainerkompetenz in Sachen Diabetes mellitus

Viele Kinder und Jugendliche sind in ihrer Freizeit noch in Vereinen sportlich aktiv. Dies betraf bei der Befragung 51,75% der Kinder und Jugendlichen. Jeder Zweite der Befragten war über den Schulsport hinaus noch in einem Verein oder bei einem anderen Anbieter von sportlichen Aktivitäten (Fitnessstudio, Reiten, Tanzstudios etc.) sportlich aktiv. Aus diesem Grund ist es für die diabetesspezifische Betreuung der Kinder und Jugendlichen interessant, wie sie die Kompetenz der Übungsleiter und Trainer einschätzen und ob sie deshalb

Vertrauen in die Fähigkeiten des Trainers oder Übungsleiters haben, bei diabetesspezifischen Problemen adäquat zu reagieren. Ergebnisse:

Tabelle 24: Übungsleiter-/ Trainerkompetenz in Sachen Diabetes mellitus

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = uneingeschränktes Vertrauen/ Kompetenz	14	23,73
„2“ = eingeschränktes Vertrauen/ Kompetenz	10	16,95
„3“ = unentschieden/ indifferent	14	23,73
„4“ = kein Vertrauen/ Kompetenz	8	13,56
„5“ = überhaupt kein Vertrauen/ Kompetenz	13	22,03

Auch hier zeigte sich, dass 35,59 % der Kinder und Jugendlichen kein oder ein eingeschränktes Vertrauen in ihre Trainer und Übungsleiter haben. Zählt man die Antworten der Kinder und Jugendlichen hinzu, die keine – also unentschiedene Antwort – zu dieser Frage gegeben haben, haben fast 60 % (59,59%) kein, ein eingeschränktes Vertrauen oder können darüber keine Antwort geben. So haben diese Kinder und Jugendlichen trotz höherer Trainingsintensitäten und der damit verbundenen höheren diabetesspezifischen Komplikationswahrscheinlichkeit kein größeres Vertrauen bzw. sprechen den Trainern und Übungsleitern keine höhere Kompetenz zu.

3.1.2.5 Untersuchung der diabetesspezifischen Probleme im Leistungssport

Bei den intensiveren Belastungen, die der Leistungssport mit sich bringt, ist wahrscheinlich, dass aus diesem Grund die diabetesspezifischen Probleme zunehmen. Bei der Befragung gaben die Kinder- und Jugendlichen folgende Antwort:

Tabelle 25: Diabetesspezifische Probleme im Leistungssport

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = große Probleme im Leistungssport wegen DM	0	0,00
„2“ = Probleme im Leistungssport mit DM	8	13,56
„3“ = unentschieden	22	37,29
„4“ = geringe Probleme im Leistungssport wegen DM	24	40,68
„5“ = keine Probleme im Leistungssport wegen DM	5	8,47

Trotz der nach Angaben der Kinder und Jugendlichen geringen Kompetenz der Trainer und Übungsleiter auf dem Gebiet des Diabetes mellitus geben nur 13,56 % der Befragten an, sie hätten nur geringe – wohl auf die Blutglukosewerte bezogene - Probleme bei der Ausübung ihres Freizeit- oder Leistungssports im Verein.
Untersuchung der diabetesspezifischen Problemen im Leistungssport der Subgruppe IKH Gothensee.

Tabelle 26: Diabetesspezifische Probleme im Leistungssport der Subgruppe IKH Gothensee

Antwortkategorien	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = große Probleme im Leistungssport wegen DM	0	0,00
„2“ = Probleme im Leistungssport mit DM	1	12,50
„3“ = unentschieden	2	25,00
„4“ = geringe Probleme im Leistungssport wegen DM	5	62,50
„5“ = keine Probleme im Leistungssport wegen DM	0	0,00

Noch deutlicher wird die Aussage der Subgruppe, die sich zur Zeit der Befragung in einer strukturierten Schulungssituation befand. Hier waren fast zwei Drittel der Befragten der Meinung, dass sie nur geringe Probleme beim Freizeit- und Leistungssport haben. Ein Fakt, an dem sicher die strukturierte Schulung Anteil hatte.

3.1.2.6 Untersuchung zum Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach Ende der sportlichen Aktivität (Frage 24)

Ein wichtiger Aspekt für die diabetesspezifisch problemfreie Ausübung der sportlichen Aktivität ist auch die Blutglukoseführung nach Ende der sportlichen Aktivität. Es ist seit langem bekannt und auch von mir, z.B. in der Broschüre von Roch „ Sport mit Insulinpumpe“, beschrieben, dass es aufgrund des muskulären Auffülleffektes der Glykogenspeicher in der Muskulatur noch Stunden nach Beendigung der sportlichen Aktivität zu Hypoglykämien kommen kann, zumal von Reduktion des Insulinspiegels aus verschiedenen Gründen bisher abgeraten wurde. So zeigt die Beantwortung der Frage, dass 38,54 % zumindest ab und zu oder häufiger mit dieser auf die sportliche Aktivität zurückzuführende diabetesspezifischen Problematik zu tun haben. Leider aber gaben nur 96 der 114 befragten Probanden zu dieser Frage eine Antwort.

Tabelle 27: Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach der sportlichen Aktivität

Antwortkategorie	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = sehr häufig	7	7,29
„2“ = häufig	20	20,83
„3“ = ab und zu	17	17,71
„4“ = selten	30	31,25
„5“ = nie	22	22,92

Bei der Untersuchung zum Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach der sportlichen Aktivität (Frage 27) bei der Subgruppe IKH Gothensee wurden folgende Antworten gegeben:

Tabelle 28: Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach der sportlichen Aktivität Subgruppe IKH Gothensee

Antwortkategorie	Absolute Werte	Prozentuale Verteilung
„1“ = sehr häufig	2	10,00
„2“ = häufig	1	5,00
„3“ = ab und zu	4	20,00
„4“ = selten	8	40,00
„5“ = nie	5	25,00

Auch bei der Beantwortung dieser Frage zeigt sich, dass die Kinder und Jugendlichen in einer aktuellen Schulungssituation weniger Probleme mit post – muskulären Hypoglykämien haben, als Kinder und Jugendliche, bei denen die Schulung schon längere Zeit zurück liegt.

3.1.2.7 Vergleich der diabetesspezifischen Kompetenzen zwischen Schulsportlehrer (Lehrer) und Übungsleiter/ Trainer

Bei der Fragestellung nach dem Vertrauen/ Kompetenz bei diabetesspezifischen Fragestellungen ist es interessant, ob es einen Unterschied zwischen der Einschätzung der Sportlehrer/ Sportlehrerinnen und den Trainern/ Übungsleitern gibt. Zeigt sich doch hier, ob es durch den unterschiedlichen Umgang und Arbeit mit den Kindern und Jugendlichen durch die Sportlehrer/ Sportlehrerinnen auf der einen Seite und den Trainern/ Übungsleitern auf der anderen Seite sich Unterschiede in dieser Frage nachweisen lassen.

Tabelle 29: Vergleich der Kompetenzen zwischen Schulsportlehrer (Lehrer) und Übungsleiter-/ Trainer

Angaben in Prozent	Lehrer Reihe 1	Übungsleiter/ Trainer Reihe 2
überhaupt kein Vertrauen	**10,53**	**22,03**
wenig Vertrauen	**27,19**	**13,56**
indifferent/ unentschieden	**27,19**	**23,73**
bedingtes Vertrauen	**21,05**	**16,95**
volles Vertrauen	**14,04**	**23,73**
Mittelwert überhaupt kein Vertrauen/ wenig Vertr.	**18,86**	**17,80**
Mittelwert bedingt und volles Vertrauen	**17,55**	**20,34**
Unentschiedene Einschätzung	**27,19**	**23,73**

Wie sich in der Auswertung der Antworten zeigt, gib es kaum Unterschiede in der Einschätzung der Kompetenz und des Vertrauens sowohl in die Sportlehrer und Sportlehrerinnen auf der einen Seite und den Trainern und Übungsleitern auf der anderen Seite. Zwar geben mehr befragte Kinder und Jugendliche an, den Sportlehrern und Sportlehrerinnen überhaupt nicht in dieser Beziehung zu vertrauen, als den Trainern und Übungsleitern. Dies relativiert sich aber dadurch, dass mehr Kinder und Jugendliche ihren Trainern und Übungsleitern nur wenig vertrauen. Bildet man Gruppen,

a) kaum oder wenig Vertrauen/ Kompetenz
b) bedingtes oder volles Vertrauen

zeigt sich, dass den Trainern/ Übungsleitern unwesentlich mehr vertraut wird, als den Sportlehrern.

3.1.2.8 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und diabetesspezifischen Problemen im Schulsport

Ein weiterer interessanter Vergleich stellt sich in der Frage, ob Kinder und Jugendliche, die sportlicher sind bzw. sich als solches einschätzen, mehr diabetesspezifische Probleme haben, als weniger sportliche. Dies wäre zu vermuten, da sich diese Kinder und Jugendliche intensiver sportlich belasten und ihre körperliche Leistungsfähigkeit besser ausschöpfen.
Andererseits wäre zu vermuten, dass Kinder und Jugendliche durch ihre intensive sportliche Aktivität und den dabei gesammelten Erfahrungen weniger diabetesspezifische Probleme bei sportlicher Aktivität haben.

Tabelle 30: Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und diabetesspezifischen Problemen im Schulsport

Score A	Score C
Sportliche Selbsteinschätzung	Probleme im Schulsport wegen Diabetes mellitus
Reihe 1	Reihe 2
0,00*	0,00***
42,11	3,50
35,09	23,68
21,93	48,25
0,88**	25,56****

Korrelation: 0,03 (pos. Korr.)

*** Selbsteinschätzung: „sehr sportlich“**

**** Selbsteinschätzung: „vollkommen unsportlich“**

***** Probleme im Schulsport durch Diabetes mellitus**

****** keine Probleme im Schulsport durch Diabetes mellitus**

Wie vermutet, zeigt sich durch den Korrelationskoeffizienten, dass die sportlichen Schüler weniger diabetesspezifische Probleme bei sportlicher Aktivität haben, als weniger sportliche Schüler. Hier scheint sich die größere Erfahrung mit der sportlichen Aktivität auszuzahlen und zur Vermeidung von diabetesspezifischen Komplikationen beizutragen.

3.1.2.9 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz

Hier ist die Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Frage nach dem Vertrauen der Kompetenz der Sportlehrer und Sportlehrerinnen gibt.
Nach vorhergehenden Auswertungen und meinen Aussagen ist folgende Kausalitätskette zu vermuten:

1. Je größer die sportliche Aktivität eines Schülers ist, desto komplexer sind auch die diabetesspezifischen Fragestellungen hinsichtlich des Auftretens von Blutglukoseentgleisungen.
2. Je komplexer die diabetesspezifischen Fragestellungen, desto weniger Wissen haben die Sportlehrer und Sportlehrerinnen.
4. Je weniger diabetesspezifisches Wissen, desto weniger aussagefähig sind die Sportlehrer und Sportlehrerinnen.
5. Je weniger aussagefähig die Sportlehrer und Sportlehrerinnen sind, desto geringer wird das Vertrauen der Kinder und Jugendlichen in ihren Sportlehrer/ Sportlehrerin sein.

Tabelle 31: Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz

Score A	Score B
Sportliche Selbsteinschätzung	Lehrervertrauen/ -kompetenz in Sachen Diabetes mellitus
Reihe 1	Reihe 2
0,00*	10,53***
42,11	27,19
35,09	27,19
21,93	21,05
0,88**	14,04****

Korrelation: 0,98055954 (pos. Korr.)

*** Selbsteinschätzung: „sehr sportlich“**

**** Selbsteinschätzung: „vollkommen unsportlich“**

***** kein Vertrauen/ keine Kompetenz in Fragen des Diabetes mellitus**

****** großes Vertrauen/ hohe Kompetenz in Frage des Diabetes mellitus**

In diesen Antworten bestätigt sich meine Vermutung über den Zusammenhang zwischen Sportlichkeit und Vertrauen in den Sportlehrer/ Sportlehrerin. Wie der Korrelationskoeffizient zeigt, haben sportliche Schüler ein geringeres Vertrauen als weniger sportliche Schüler. Sie haben mehr eigene Erfahrung durch die intensivere sportliche Aktivität sammeln können und sind deshalb auch kritischer gegenüber dem Wissen in diabetesspezifischen Fragestellungen ihrer Sportlehrer und Sportlehrerinnen.
Deshalb ist es interessant zu untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Vertrauen und der diabetesspezifischen Kompetenz und auftretenden diabetesspezifischen Komplikationen gibt.

3.1.2.10 Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz für diabetesspezifische Fragestellungen und den diabetesspezifischen Problemen im Schulsport

Für die problemlose Ausübung von sportlichen Aktivitäten ist die Vermeidung von diabetesspezifischen Komplikationen sehr wichtig. Haben Kinder und Jugendliche häufig Probleme durch den Diabetes mellitus im Schulsport oder glauben sie solche zu bekommen, werden sie höhere Belastungen vermeiden und ein hohes Maß an Sicherheit vor diabetischen Komplikationen in ihr sportliches Handeln einbauen. Dies verhindert dann wiederum die Ausschöpfung der körperlichen Leistungsfähigkeit und damit unter Umständen auch den zur Motivation notwendigen Erfolg in der sportlichen Aktivität. Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem diabetesspezifischen Vertrauen/ Kompetenz zum Sportlehrer/ Sportlehrerin

und der problemlosen Ausübung von sportlichen Aktivitäten, ist es für den Pädagogen wichtig, um den Erfolg und die dauerhafte Motivation zur regelmäßigen sportlichen Aktivität seiner Kinder und Jugendlichen mir Diabetes mellitus zu sichern, dieses Vertrauen/ Kompetenz aufzubauen. Dies kann nur über den Erwerb des notwendigen Wissens in erster Linie geschehen, der dem Sportlehrer/ Sportlehrerin den Austausch über diabetesspezifische Probleme mit dem Schüler ermöglicht.

Tabelle 32: Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz und den diabetesspezifischen Problemen im Schulsport

Score B	**Score C**
Lehrervertrauen/ -kompetenz in Sachen Diabetes mellitus.	**Probleme im Schulsport**
Reihe 1	**Reihe 2**
10,53*	**0,00**
27,19	**3,50**
27,19	**23,68**
21,05	**48,25**
14,04**	**25,56**

Korrelation: 0,158944032 (pos. Korr.)

*** kein Vertrauen/ Kompetenz in Fragen des Diabetes mellitus**

**** großes Vertrauen/ Kompetenz in Fragen des Diabetes mellitus**

***** Probleme im Schulsport mit Diabetes mellitus**

****** keine Probleme im Schulsport mit Diabetes mellitus**

Wie die Befragung zeigt, gibt es einen Zusammenhang zwischen dem diabetesspezifischen Vertrauen/ Kompetenz der Sportlehrer und Sportlehrerinnen und den bei den Kindern und Jugendlichen mit Diabetes mellitus auftretenden oder wahrgenommenen diabetesspezifischen Problemen im Schulsport, d.h. je geringer die Lehrerkompetenz ist, je größer werden die diabetesspezifischen Probleme von den Kindern und Jugendlichen eingeschätzt.
So ist es für die Pädagogen aus meiner Sicht sehr wichtig, sich das notwendige diabetesspezifische Wissen anzueignen.

3.1.2.11 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Übungsleiter-/ Trainerkompetenz in Fragen des Diabetes mellitus

Bei der Auswertung dieser Fragestellung zeigt sich ein ähnliches Bild, wie bei den Sportlehrerinnen und Sportlehrern. Auch hier korreliert die größere sportliche Selbsteinschätzung mit einem geringeren Vertrauen/ Kompetenz der Trainer und Übungsleiter (negative Korrelation aufgrund der Fragestellung), so dass die gleichen Aussagen gelten, die ich schon bei den Sportlehrern und Sportlehrerinnen getroffen habe. Um

eine optimale Leistungsausschöpfung im Wettkampf zu erzielen und optimale Zuwächse in der körperlichen Leistungsfähigkeit im Training zu ermöglichen, ist es für die Trainer und Übungsleiter entscheidend, bei Kindern und Jugendlichen auch die diabetesspezifischen Probleme mit ins Training einbeziehen zu können.
Nur so bleibt oder wird der Sportler mit Diabetes mellitus erfolgreich sein und daraus seine Motivation zum weiteren anstrengenderen Training ziehen können.
Aus diesem Grund ist es auch wichtig, eine Hypoglykämie - Prophylaxe nach dem Training zu betreiben, denn durch die höhere muskuläre Aktivität ergibt sich auch eine größere Hypoglykämiegefahr nach Ende der sportlichen Aktivität, wie diese Auswertung zeigt.

Tabelle 33: Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Übungsleiter-/ Trainerkompetenz in Fragen des Diabetes mellitus

Score A	**Score E**
Sportliche Selbsteinschätzung	**Übungsleiter/ Trainerkompetenz in Sachen Diabetes mellitus**
0,00 *	**22,03 *****
42,11	**13,56**
35,09	**23,73**
21,93	**16,95**
0,88 **	**23,73 ******

Korrelation: -0,581607806 **(negative Korrelation)**

*** Selbsteinschätzung: „sehr sportlich“**

**** Selbsteinschätzung: „vollkommen unsportlich“**

***** hohes Vertrauen/ hohe Kompetenz in Fragen des Diabetes mellitus**

****** wenig Vertrauen/ keine Kompetenz in Fragen des Diabetes mellitus**

3.1.2.12 Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und dem Auftreten von Hypoglykämien nach sportlicher Aktivität

Bedingt durch die physiologischen Zusammenhänge (Muskelauffülleffekt) ist zu erwarten, dass eine höhere muskuläre Aktivität von sportlichen Kindern und Jugendlichen eine höhere Hypoglykämie - Häufigkeit nach sportlichen Aktivitäten mit sich bringt, als bei weniger sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen bzw. unsportlichen.

Tabelle 34: Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und Hypoglykämien nach dem Sport

Score A	Score F
Sportliche Selbsteinschätzung.	Hypoglykämien nach sportlichen Aktivitäten
0,00 *	7,29 ***
42,11	20,83
35,09	17,71
21,93	31,25
0,88 **	22,92 ****

Korrelation: 0,30406746 (pos. Korr.)

*** Selbsteinschätzung: „sehr sportlich“ *** sehr häufig Hypoglykämien nach sportlichen Aktivitäten**
**** Selbsteinschätzung: „vollkommen unsportlich“ **** keine Hypoglykämien nach sportlichen Aktivitäten**

Wie die Angaben der befragten Kinder und Jugendlichen zeigt, gibt es einen Zusammenhang zwischen der muskulären Aktivität von sich sportlich einschätzenden Kindern und Jugendlichen und der auftretenden Anzahl von Hypoglykämien. Die Anzahl steigt mit der Zunahme der sportlichen Aktivität.

3.2 Klinische Beobachtungen

3.2.1 Allgemeine Stammdaten der Probanden

3.2.1.1 Altersverteilung

Die Gesamtanzahl der in die Arbeit einfließenden Probanden betrug n = 53, davon waren n = 30 Männer und n = 23 Frauen. Da die Datenerhebung in zwei Kliniken zu unterschiedlichen Zeiten stattfand, erster Zeitraum der Datenerhebung war der Sommerkurs im August 2003 in der Inselklinik Gothensee mit Kindern und Jugendlichen im Alter zwischen 9 und 17 Jahren und der zweite Zeitraum von Januar bis August 2004 im Diabetes - Zentrum Mergentheim. Das Alter aller Probanden betrug im Mittel 29,9 Jahre, der Jüngste war 9,5, die Älteste 55,2 Jahre. Der Anteil der männlich Probanden war im Durchschnitt 8,2 Jahre jünger als der des weiblichen Anteils.
Die Mehrzahl der männlichen Probanden befand sich in einem Altersbereich zwischen 15 und 20 Jahren, wohingegen die Mehrzahl der weiblichen Untersuchungsteilnehmer im Alter zwischen 30 – 50 Jahren waren.

Die Standardabweichung betrug für die Männer 14,2 und für die Frauen 13,6, was bei dem gesamten Probandenkollektiv auf eine symmetrische Altersverteilung schließen lässt [157].

Tabelle 35: Altersverteilung in Altersgruppen

Alter in Jahren	Gruppe 1 < 10	Gruppe 2 10-20	Gruppe 3 20-30	Gruppe 4 30-40	Gruppe 5 40-50	Gruppe 6 50>	Gesamt
Gesamt	1	21	2	14	10	5	53
Männer	***1***	***15***	***1***	***7***	***3***	***3***	***30***
Frauen	***0***	***6***	***1***	***7***	***7***	***2***	***23***
Männer %	100	71,43	50	50	30	60	56,60
Frauen %	0	28,57	50	50	70	40	43,40

Alter gesamt	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	29,89	26,35	34,52
Standardabweichung	14,33	14,07	13,59
Minimum	9,5	9,5	11,7
Maximum	55,2	53,8	55,2

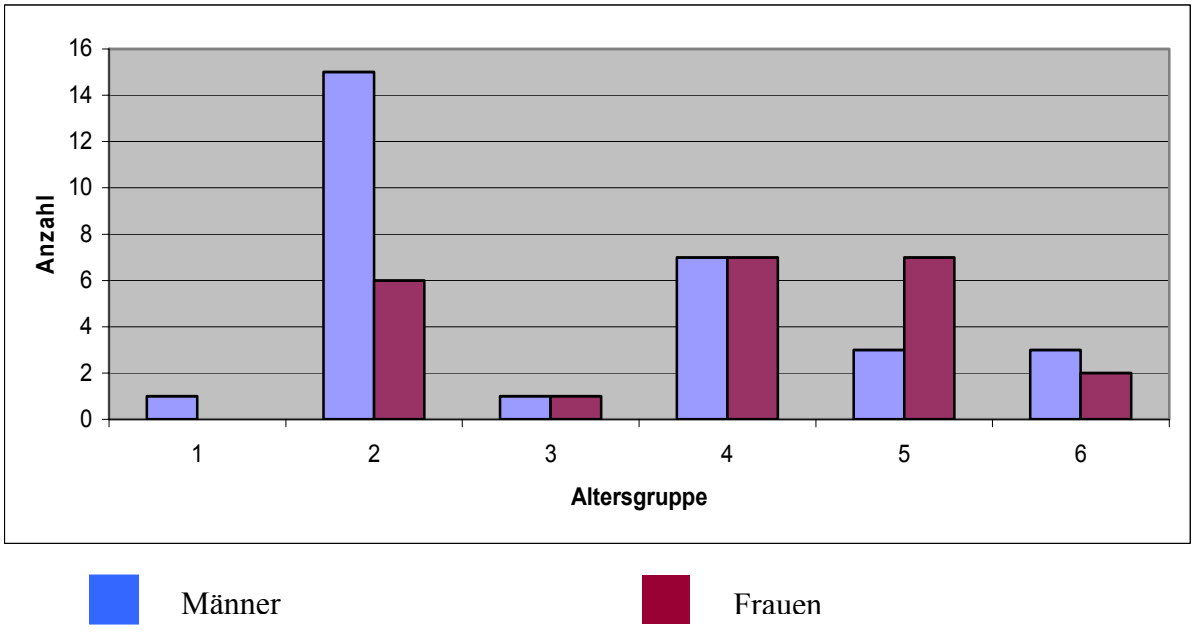


Diagramm 1: Altersverteilung in Altersgruppen nach Geschlecht

Die Daten der ersten N = 20 Probanden, was einem Anteil von 37,7% der Gesamtanzahl der Probanden entspricht, stammt aus dem Sommerkurs der Inselklinik Gothensee in Heringsdorf unter Leitung Prof. Fischer im August 2003. Sie waren zwischen 9,5 und 17,4 Jahre alt und sind aufgrund dieser Altersstruktur gesondert zu betrachten. Der Altersmittelwert der männlichen Probanden lag bei 14,1, der der weiblichen Untersuchungsteilnehmerinnen bei 14,9 Jahren. Die weiblichen Teilnehmerinnen waren also im Mittel etwa 0,8 Jahre älter. Die

Standardabweichung betrug für die männlichen Jugendlichen 2,3 und für die weiblichen Jugendlichen 2,0, was bei dem Probandenkollektiv der Inselklinik Gothensee auf eine symmetrische Altersverteilung in diesem Altersbereich schließen lässt.

Die Daten der anderen N =33 (62,3 %) Probanden wurden in der Diabetes - Klinik Mergentheim erhoben und wurden im Zeitraum von Januar bis Ende August 2004 erfasst. Das Alter der Probanden aus der Diabetes Klinik Mergentheim betrug im Mittel 29,8 Jahre, der Jüngste war 15,4, der Älteste 55,2 Jahre. Die männlichen Probanden waren im Durchschnitt 37,1 und die weiblichen 41,4 Jahre alt. Somit waren die weiblichen Probanden im Mittel 4,4 Jahre älter. Die Standartabweichung betrug für die männlichen Probanden 10,8 und für die weiblichen Probanden 7,6. Somit liegt auch in diesem Fall die Standartabweichung deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, was auf eine symmetrische Altersverteilung des Probandenkollektivs des Diabetes - Zentrums Mergentheim schließen lässt.

Tabelle 36: Altersverteilung in Altersgruppen nach Geschlecht und Ort der Datenerhebung

Alter in Jahren	**Gruppe 1 <10**	**Gruppe 2 10-20**	**Gruppe 3 20-30**	**Gruppe 4 30-40**	**Gruppe 5 40-50**	**Gruppe 6 50>**	**Gesamt**
Gesamtanzahl	1	21	2	14	10	5	53
Insel KH Gothensee (absolut)	***1***	***19***	***0***	***0***	***0***	***0***	***20***
Insel KH Gothensee %	100	90,48	0	0	0	0	37,74
Männer (absolut)	**1**	**13**	**0**	**0**	**0**	**0**	**14**
Frauen (absolut)	**0**	**6**	**0**	**0**	**0**	**0**	**6**
Männer (%)	100	68,42	0	0	0	0	70,00
Frauen (%)	0	31,58	0	0	0	0	30,00
Diabetes - Zentrum (absolut)	***0***	***2***	***2***	***14***	***10***	***5***	***33***
Diabetes - Zentrum %	0	9,52	100	100	100	100	62,26
Männer (absolut)	**0**	**2**	**1**	**7**	**3**	**3**	**16**
Frauen (absolut)	**0**	**0**	**1**	**7**	**7**	**2**	**17**
Männer (%)	0	100	50	50	30	60	48,48
Frauen (%)	0	0	50	50	70	40	51,52

Alter IK Gothensee	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert	14,34	14,10	14,90
Standardabweichung	2,18	2,29	1,98
Minimum	9,50	9,50	11,67
Maximum	17,42	17,42	16,67
Alter Diabetes - Zentrum Mergentheim	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert	39,32	37,06	41,44
Standardabweichung	9,38	10,77	7,58
Minimum	15,41	15,41	29,00
Maximum	55,25	53,83	55,25

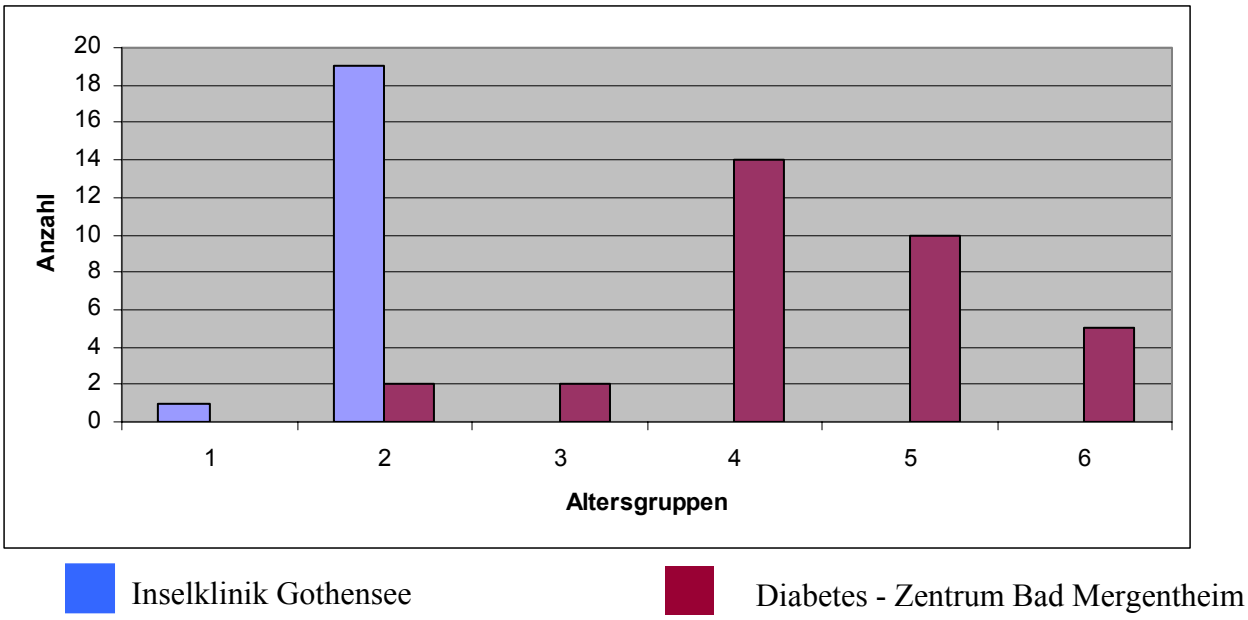


Diagramm 2: Altersverteilung in Altersgruppen nach Geschlecht und dem Ort der Datenerhebung

3.2.1.2 BMI

Der BMI des Probandenkollektivs wurde bei den Teilnehmern unter dem Gesichtspunkt erhoben, eine Möglichkeit zu haben, eventuell vorhandene Insulinresistenzen zu beurteilen. Es ist bekannt, dass Adipositas eng mit einer Insulinresistenz verbunden ist, was zu einem höheren Insulinbedarf führt. Da der BMI im Kindes- und Jugendalter (unter 18 Jahren) deutlich vom Alter und dem Geschlecht beeinflusst wird, müssen beide Faktoren bei der Beurteilung des Körperstatus berücksichtigt werden. Deshalb wird der BMI im Kindes- und Jugendalter berechnet, dann aber, in Abhängigkeit zum Geschlecht und dem Alter, in Perzentilen erfasst. Erst dann ist eine Beurteilung möglich, ob eine Adipositas vorliegt oder nicht. Zur Perzentilberechnung wurde die LMS - Methode von Cole (1990) [58] herangezogen. Nach diesen Kriterien (Perzentil > 90) waren vier Probanden (2 männliche und 2 weibliche) adipös.

Um die Perzentile auch mathematisch verarbeiten zu können und den Mittelwert, die Standardabweichung, das Minimum und Maximum berechnen zu können, wurden die Perzentile wie folgt codiert: Perzentil 25 – 50 = 1, Perzentil 50 = 2, Perzentil 50 – 75 = 3, Perzentil 75 = 4, Perzentil 75 – 90 = 5, Perzentil 90 – 97 = 6 und Perzentil 97 – 99 = 7.

Nach dieser Codierung ließen sich dann folgende Mittelwerte errechnen:

Tabelle 37: Perzentile der Gewichtsbeurteilung der Probanden der Inselklink Gothensee

Perzentile	Gruppe 1 25 - 50	Gruppe 2 50	Gruppe 3 50-75	Gruppe 4 75	Gruppe 5 75-90	Gruppe 6 90-97	Gruppe 7 97-99
Gesamt	*3*	*2*	*6*	*4*	*1*	*3*	*1*
Männer (absolut)	**2**	**2**	**5**	**3**	**0**	**1**	**1**
Frauen (absolut)	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**2**	**0**
Männer (%)	66,67	100	83,33	75	0	33,33	100
Frauen (%)	33,33	0	16,67	25	100	66,67	0
Adipös	0	0	0	0	0	3	1

Perzentile	Gesamt	Jungen	Mädchen
Mittelwert	3,55	3,29	4,17
Standardabweichung	1,76	1,68	1,94
Minimum	1,00	1,00	1,00
Maximum	7,00	7,00	6,00

Der Mittelwert der Probanden der Inselklinik Gothensee lag bei 3,6, was einem Perzentil von 50 – 75 mit der Tendenz in Richtung 75 entspricht. Die männlichen Jugendlichen lagen mit 3,3, was einem Perzentil von 50 – 75 mit der Tendenz in Richtung 50 entspricht, unter dem Durchschnitt des Gesamtprobandenkollektivs der Inselklinik Gothensee, die weiblichen Probanden lagen mit 4,2, was einem Perzentil von 75 entspricht, deutlich über dem Durchschnitt. Die Standardabweichung lag sowohl bei den männlichen, als auch bei den weiblichen Probanden unter dem dazugehörigen Mittelwert, was auf eine symmetrische Verteilung der Daten schließen lässt.

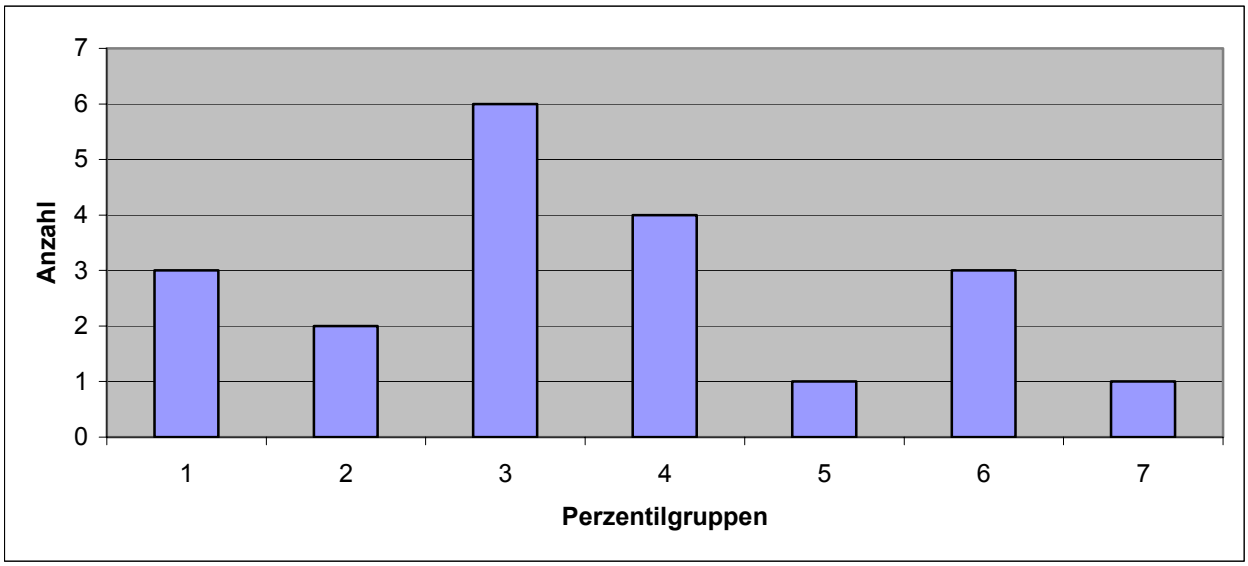


Diagramm 3: Perzentile der Gewichtsbeurteilung der Probanden der Inselklink Gothensee

Der BMI der übrigen Teilnehmer der Studie, die aus dem Diabetes - Zentrum Mergentheim kamen, wurde, da sie bis auf einen Probanden über 18 Jahre waren, nach den Kriterien der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) zur Berechnung des BMI berechnet. Aus dem daraus ermittelten BMI wurde dann beurteilt, ob der Proband adipös war oder nicht. Bei diesem Probandenkollektiv waren vier Teilnehmer adipös. Der Mittelwert des BMI des Untersuchungskollektivs des Diabetes - Zentrums Mergentheim betrug danach 24,6 mit einem Maximum von 32,4 und einem Minimum von 16,3. Die Standardabweichung lag sowohl bei den männlichen (3,6), als auch bei den weiblichen Probanden (3,69) deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, was auf eine symmetrische Verteilung der BMI - Daten schließen lässt.

Tabelle 38: BMI Verteilung der Probanden des Diabetes – Zentrums Mergentheim

BMI Gruppen	**Gruppe 1 < 20**	**Gruppe 2 20 - 25**	**Gruppe 3 25 - 30**	**Gruppe 4 >30**
Gesamt	*2*	*18*	*9*	*4*
Männer (absolut)	**1**	**7**	**6**	**2**
Frauen (absolut)	**1**	**11**	**3**	**2**
Männer (%)	50	38,89	66,67	50
Frauen (%)	50	61,11	33,33	50
Adipös	0	0	0	4

BMI	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert	24,61	24,80	24,43
Standardabweichung	3,53	3,57	3,59
Minimum	16,29	16,29	19,03
Maximum	32,45	30,41	32,45

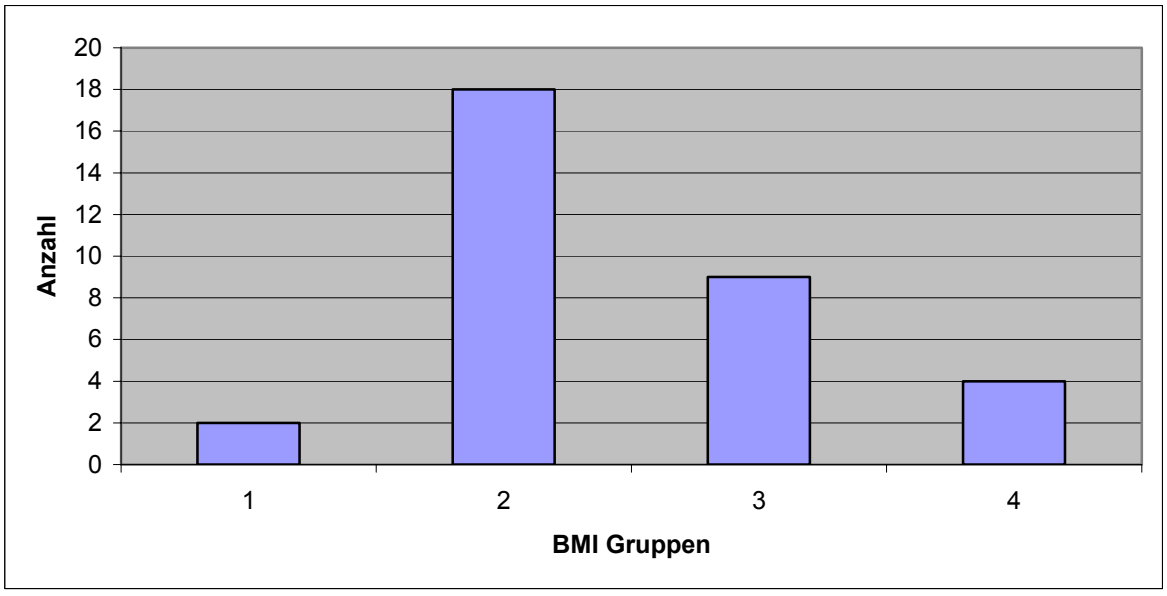


Diagramm 4: BMI Verteilung der Probanden des Diabetes – Zentrums Mergentheim

Insgesamt hatten nach den beschriebenen Kriterien 8 Untersuchungsteilnehmer Adipositas.

3.2.1.3 Zusammenfassung der allgemeinen Stammdaten

Die folgende Tabelle 39 fasst die persönlichen Merkmale des Probandenkollektivs zusammen.

Tabelle 39: Allgemeine Stammdaten des Probandenkollektivs

Variable	**IK Gothensee**	**Diabetes Zentrum Mergentheim**	**Mittelwert Gesamt**	**SD ± Gesamt**	**Bemerkung**
Geschlecht m/ w	15 /5	15/ 18	30/ 23		
Alter in Jahren	14,34	39,32	29,89	14,33	
Perzentil	50 – 75			Minimum: 25 – 50 Maximum: 90 - 97	Der Großteil der Probanden lag im Perzentil 50 - 75
BMI		24,68		3,53	
Adipositas	4	4			

3.2.2. Diabetesspezifische Angaben zum Probandenkollektiv

3.2.2.1 Diabetesdauer

Die Diabetesdauer ist für die Untersuchung insofern von Wichtigkeit, da ein Zusammenhang zwischen der Dauer der Krankheit und möglichen Folgeerkrankungen durch den Diabetes mellitus bestehen könnten. Darüber hinaus ist es wichtig, die Aussagen der Studie nicht nur für eine isolierte Krankheitsdauer, sondern möglichst allgemeingültig zu treffen, damit möglichst eine Vielzahl von Menschen mit Diabetes mellitus davon profitieren können.
Die Diabetesdauer des gesamten Probandenkollektivs lag im Durchschnitt bei 14,1 Jahren, die kürzeste Diabetesdauer betrug ein ¾ Jahr, die längste 40 Jahre. Die männlichen Probanden hatten ein durchschnittliche Krankheitsdauer von 12,2 und die weiblichen Probanden von 16,5

Jahren. Die Mehrzahl der männlichen Probanden befand sich im 5. – 10. Krankheitsjahr, wogegen die meisten weiblichen Probanden ihren Diabetes schon 20 – 25 Jahre hatten. Die Standardverteilung liegt sowohl bei den Männer, als auch bei den Frauen unter dem dazugehörigen Durchschnitt, was auf eine symmetrische Verteilung der Daten schließen lässt.

Tabelle 40: Diabetesdauer in Jahren (gruppiert)

Jahre	**Gruppe 1 <1**	**Gruppe 2 1-5**	**Gruppe 3 5-10**	**Gruppe 4 10-15**	**Gruppe 5 15-20**	**Gruppe 6 20-25**	**Gruppe 7 >25**
Gesamt	1	11	13	7	4	8	9
Männer (absolut)	***1***	***6***	***11***	***3***	***3***	***1***	***5***
Frauen (absolut)	***0***	***5***	***2***	***4***	***1***	***7***	***4***
Männer (%)	100	54,55	84,62	42,86	75	12,50	55,56
Frauen (%)	0	45,45	15,38	57,14	25	87,50	44,44

Diabetesdauer	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert	14,07	12,20	16,50
Standardabweichung	10,69	11,02	9,94
Minimum	0,75	0,75	2,33
Maximum	40,00	40,00	37,00

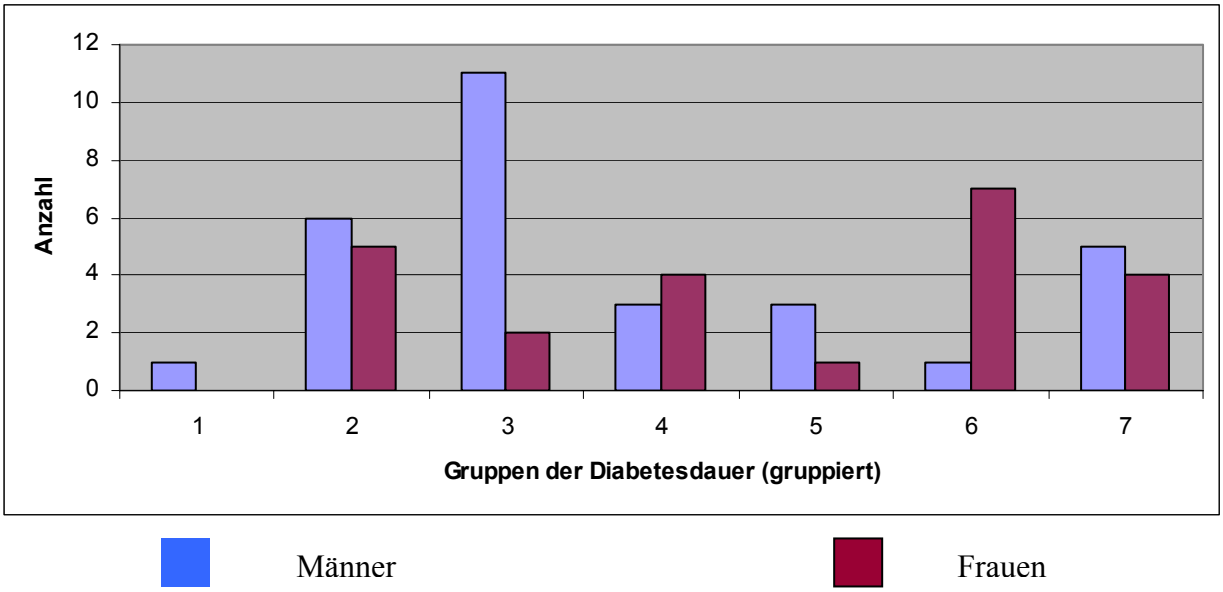


Diagramm 5: Diabetesdauer in Jahren (gruppiert)

3.2.2.2 Insulintherapieformen

Vom gesamten Probandenkollektiv hatten 28 Teilnehmer eine CSII und 25 Teilnehmer wurden nach der ICT behandelt. Dabei war in dem Probandenkollektiv zu verzeichnen, dass mehr weibliche Probanden (16 oder 57,1%) im Vergleich zu den männlichen Probanden (12

oder 42,9%) eine kontinuierliche subkutane Insulininjektionstherapie durchführten. Die Therapieform wurde zum Zeitpunkt der Datenerhebung bzw. der sportlichen Aktivitäten bestimmt.

Tabelle 41: Insulintherapieform bei Entlassung

ICT vs. CSII	Gruppe 1 ICT	Gruppe 2 CSII
Gesamt	25	28
Männer (absolut)	***18***	***12***
Frauen (absolut)	***7***	***16***
Männer (%)	72	42,86
Frauen (%)	28	57,14

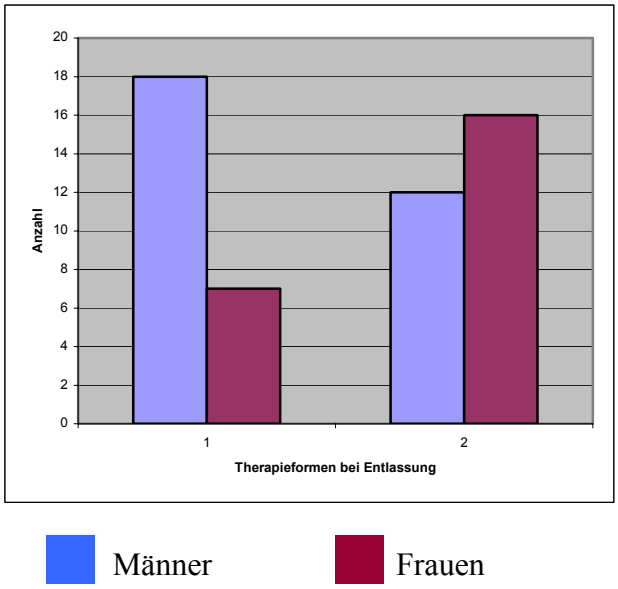


Diagramm 6: Insulintherapieform bei Entlassung

3.2.2.3 Insulindosen

a) Gesamtinsulindosis pro Tag

Im Mittel betrug die Gesamtinsulinmenge des Untersuchungskollektivs pro Tag 43,8 Insulineinheiten (IE) mit einem Minimum von 20,0 und einem Maximum von 80,0 Insulineinheiten. Dabei benötigten die männlichen Untersuchungsteilnehmer im Mittel 49,2 IE und die weiblichen 36,7 IE. Dies erklärt sich aus der höheren Anzahl der BE, bedingt durch die größere Nahrungsmenge, die die männlichen Probanden zu sich nahmen.
Die Standardabweichung lag sowohl bei den männlichen Untersuchungskollektiv (15,5), als auch bei dem weiblichen (8,9) deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, was auf eine symmetrische Verteilung der Daten schließen lässt.
Der Anteil am Basalinsulin betrug im Mittel 44,8 % bei einer Schwankungsbreite von 8,4 bei einem Minimum von 14,3% und einem Maximum von 58,7%. Dies lässt ebenfalls auf eine symmetrische Verteilung der Daten schließen. Darüber hinaus kann bei dieser Datenlage von einer annähernd physiologischen Verteilung des Bolus- bzw. des Basalinsulins ausgegangen werden, was für die Beurteilung der stoffwechselphysiologischen Parameter von großer Bedeutung ist.

Tabelle 42: Gesamtinsulindosis am Tag in IE/ d

Insulindosis (IE)/ d	Gruppe 1 < 30	Gruppe 2 30 - 40	Gruppe 3 40 - 50	Gruppe 4 50 - 60	Gruppe 5 60 - 70	Gruppe 6 > 70
Gesamt	2	7	27	9	6	2
Männer (absolut)	**1**	**3**	**13**	**5**	**6**	**2**
Frauen (absolut)	**1**	**4**	**14**	**4**	**0**	**0**
Männer (%)	51,00	17,29	16,70	16,11	22,67	52,00
Frauen (%)	50,00	57,14	51,85	44,44	0,00	0,00

Insulindosis (IE)/ d	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	47,77	50,73	43,91
Standardabweichung	9,60	11,44	5,63
Minimum	28,00	28,00	29,40
Maximum	76,00	76,00	53,50

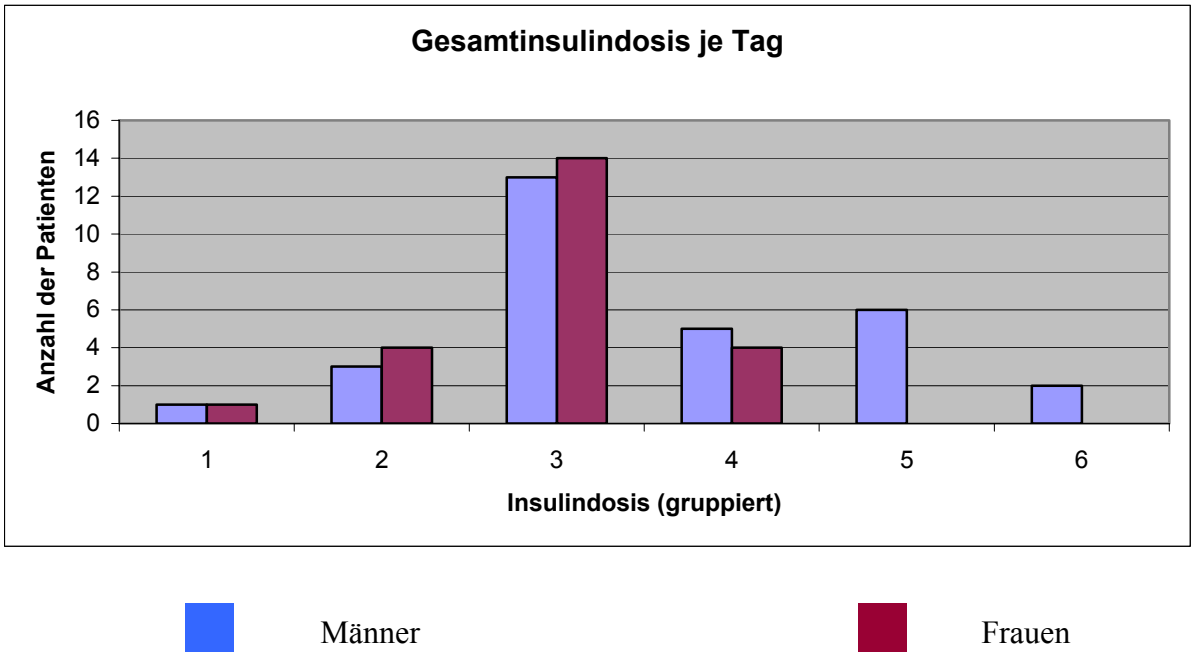


Diagramm 7: Gesamtinsulindosis am Tag in IE/ d

b) Gesamtinsulindosis am Tag im Bezug zum Körpergewicht

Die Gesamtinsulindosis am Tag im Bezug zum Körpergewicht lässt eine Aussage über die individuelle Insulinempfindlichkeit und eine eventuell bestehende Insulinresistenz zu. Im allgemeinen wird von einem Gesamtinsulinbedarf von 0,8 – 1 IE pro Tag und pro kg Körpergewicht ausgegangen. Dabei spricht ein geringerer Insulinbedarf von einer hohen Insulinempfindlichkeit, ein höherer Insulinbedarf von einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Insulinresistenz. Im Durchschnitt hatten die Teilnehmer der Studie einen Gesamtinsulinbedarf von 0,7 IE pro Tag und pro kg. Die männlichen Probanden hatten einen

etwas höheren Bedarf (0,8 IE/d * kg KG), die weiblichen Probanden einen etwas geringeren Bedarf (0,7 IE/ d * kg KG) als der Durchschnitt. Den größten Gesamtinsulinbedarf am Tag pro kg KG hatte ein männlicher Teilnehmer mit 1,5 IE/ d * kg KG und den geringsten Bedarf hatte ebenfalls ein männlicher Teilnehmer mit 0,4 IE/ d *kg KG.

Die Standardabweichung liegt sowohl bei den männlichen Probanden mit 0,3, als auch bei den weiblichen Probanden mit 0,1 deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, was auf eine symmetrische Verteilung der Daten schließen lässt.

Tabelle 43: Gesamtinsulindosis am Tag pro Kilogramm Körpergewicht

Insulineinheiten/ d/ kg KG	**Gruppe 1 0,4 - 0,6**	**Gruppe 2 0,6 - 0,8**	**Gruppe 3 0,8 - 1,0**	**Gruppe 4 1,0 - 1,2**	**Gruppe 5 > 1,2**
Gesamt	12	32	3	4	2
Männer (absolut)	**6**	**16**	**2**	**4**	**2**
Frauen (absolut)	**6**	**16**	**1**	**0**	**0**
Männer (%)	50,00	50,00	66,67	100,00	100,00
Frauen (%)	50,00	50,00	33,33	0,00	0,00

Insulineinheiten/ d/ kg KG	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwerte	0,72	0,76	0,67
Standardabweichung	0,21	0,25	0,11
Minimum	0,44	0,44	0,50
Maximum	1,52	1,52	0,96

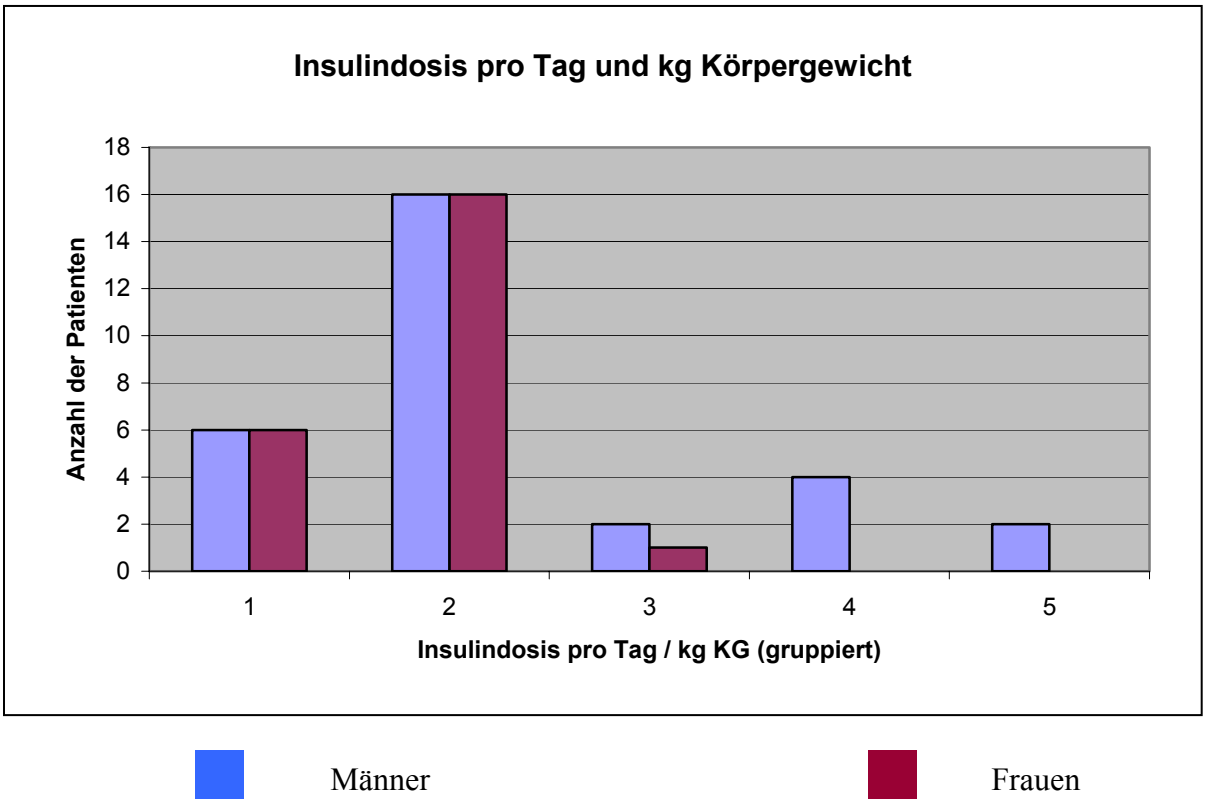


Diagramm 8: Gesamtinsulindosis am Tag pro Kilogramm Körpergewicht

3.2.2.4 Kohlenhydrataufnahme (BE) pro Tag

Die Menge an Kohlenhydraten und damit die Anzahl der BE ist abhängig von physischen (Körpergröße und Gewicht), ernährungsphysiologischen (Grundumsatz und durch körperliche Aktivität bedingter Umsatz) Parametern und dem Geschlecht. Die Probanden nahmen im Durchschnitt 15,7 BE zu sich, was einer Kohlenhydratmenge von ca. 157 g entspricht.
Die männlichen Teilnehmer der Untersuchung aßen im Durchschnitt 18,5 BE, die weiblichen 12,1. Dabei zeigt sich, dass die meisten männlichen Probanden zwischen 15 – 20 BE zu sich nahmen, hingegen die meisten weiblichen Teilnehmer nur 10 – 15 BE benötigten.
Die geringste Menge an BE hatte eine weibliche Untersuchungsteilnehmerin mit 7 BE, die größte Menge an BE ein männlicher Untersuchungsteilnehmer mit 30 BE zu sich genommen.
Die Standardabweichung lag sowohl bei den männlichen Teilnehmern (5,2), als auch bei den weiblichen Teilnehmern (2,6) deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, so dass von einer symmetrischen Verteilung der Daten ausgegangen werden kann.

Tabelle 44: Menge an Kohlenhydraten pro Tag

BE/ d	**Gruppe 1 7 - 10**	**Gruppe 2 10 - 15**	**Gruppe 3 15 - 20**	**Gruppe 4 20 - 25**	**Gruppe 5 25 - 30**
Gesamt	3	23	15	9	3
Männer (absolut)	***0***	***7***	***11***	***9***	***3***
Frauen (absolut)	***3***	***16***	***4***	***0***	***0***
Männer (%)	0	30,43	73,33	100	100
Frauen (%)	100	69,57	26,67	0	0

BE/ d	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwerte	15,72	18,50	12,09
Standardabweichungen	5,29	5,16	2,61
Minimum	7,00	11,00	7,00
Maximum	30,00	30,00	17,00

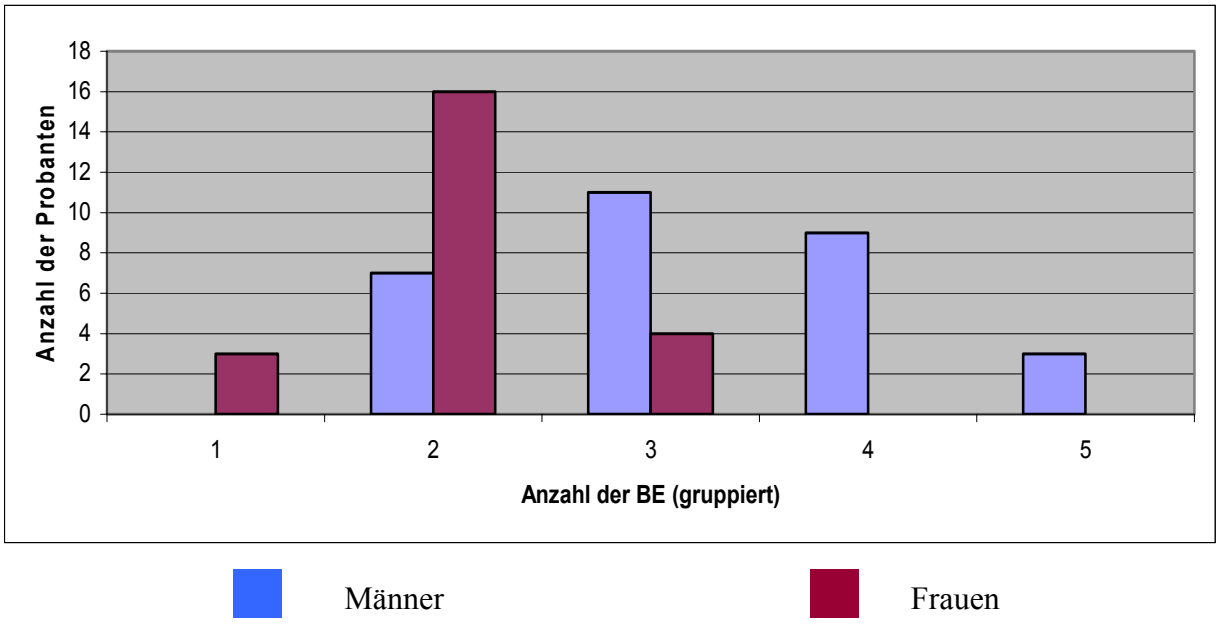


Diagramm 9: Menge an Kohlenhydraten pro Tag

3.2.2.5 BE – Faktor

Der BE – Faktor (Einheit für die benötigten Insulineinheiten für die Verwertung von 10 g wirksame Kohlenhydrate) betrug bei den Teilnehmern im Mittel 2,0 IE, bei den männlichen Untersuchungsteilnehmern war er mit 1,7 IE geringer, als bei den weiblichen Teilnehmern, die im Durchschnitt einen BE – Faktor von 2,3 hatten. Den geringsten BE Faktor (0,9) hatte ein männlicher Proband. Den höchsten BE Faktor hatte eine weibliche Probandin. Er betrug 4,0.

Die Standardabweichung lag sowohl bei den männlichen Teilnehmern (0,4), als auch bei den weiblichen Teilnehmern (0,6) deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, so dass von einer symmetrischen Verteilung der Daten ausgegangen werden kann.

Tabelle 45: BE – Faktoren (gruppiert)

BE Faktor	**Gruppe 1 0,9 - 1,5**	**Gruppe 2 1,5 - 2,0**	**Gruppe 3 2,0 - 2,5**	**Gruppe 4 2,5 - 3,0**	**Gruppe 5 3,0 - 3,5**	**Gruppe 6 > 3,5**
Gesamt	12	19	12	7	2	1
Männer (absolut)	**11**	**13**	**4**	**2**	**0**	**0**
Frauen (absolut)	**1**	**6**	**8**	**5**	**2**	**1**
Männer (%)	91,67	68,42	33,33	28,57	0	0
Frauen (%)	8,33	31,58	66,67	71,43	100,00	100,00

BE Faktor	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwerte	1,96	1,66	2,34
Standardabweichung	0,63	0,43	0,64
Minimum	0,90	0,9	1,18
Maximum	4,03	2,57	4,03

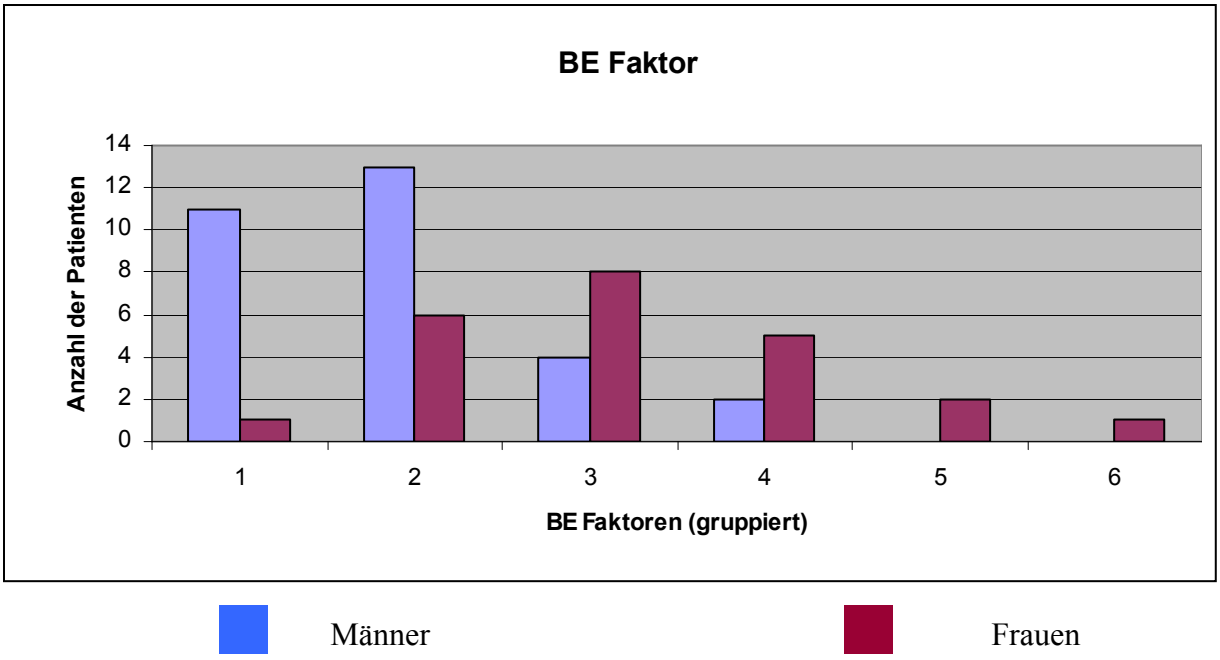


Diagramm 10: BE – Faktoren (gruppiert)

3.2.2.6 HbA 1c – Wert

Der HbA 1c –Wert ist die irreversible Glykierung des Hämoglobins durch Anlagerung der Glucosecarbonylgruppe an die Aminogruppe der Hämoglobin – b Kette. Er wird auch als Langzeitzucker bezeichnet und lässt eine Prognose über eine bestehende Hypoglykämie- oder Folgeschädenproblematik zu und kennzeichnet auch die Qualität der Diabetestherapie der letzten 12 Wochen. Das angestrebte Therapieziel bei Menschen mit Diabetes mellitus liegt laut Leitlinie der Deutschen Diabetes Gesellschaft bei 6,5 %.

Der Mittelwert des HbA 1c Wertes des gesamten Probandenkollektivs lag bei 8,0%, wobei die männlichen Teilnehmer mit 8,1 % über und die weiblichen Teilnehmer der Studie mit 7,9% unter den Mittelwert lagen. Das Minimum von 5,7% und das Maximum von 12,9 % wurden von männlichen Probanden erreicht.

Der Standardwert lag sowohl bei den männlichen Teilnehmern (1,3), als auch bei den weiblichen Teilnehmern (1,3) deutlich unter dem dazugehörigen Mittelwert, so dass von einer symmetrischen Verteilung der Daten ausgegangen werden kann.

Tabelle 46: HbA 1c – Werte (gruppiert)

HbA 1c	Gruppe 1 < 6	Gruppe 2 6,0 – 6,5	Gruppe 3 6,5 – 7,0	Gruppe 4 7,0 – 7,5	Gruppe 5 7,5 – 8,0	Gruppe 6 8,0 – 8,5	Gruppe 7 8,5 – 9,0	Gruppe 8 > 9,0
Gesamt	1	6	4	5	11	8	8	10
Männer (absolut)	***1***	***1***	***1***	***4***	***11***	***3***	***4***	***5***
Frauen (absolut)	***0***	***5***	***3***	***1***	***0***	***5***	***4***	***5***
Männer (%)	100	16,67	25	80	100	37,5	50	50
Frauen (%)	0	83,33	75	20	0	62,5	50	50

HbA 1c	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwerte	8,04	8,12	7,93
Standardabweichungen	1,32	1,33	1,32
Minimum	5,70	5,70	6,00
Maximum	12,90	12,90	10,40

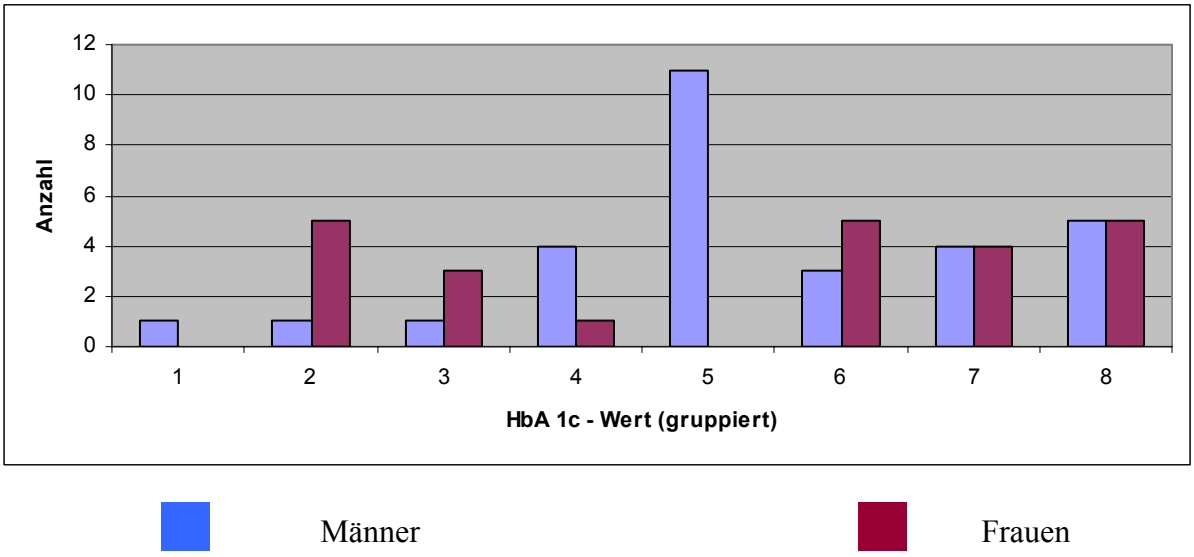


Diagramm 11: HbA 1c – Werte (gruppiert)

3.2.3 Übersicht über die allgemeinen und diabetesspezifischen Daten des Probandenkollektivs geordnet nach Kliniken

Da es in der Altersstruktur und in der Diabetestherapie beider Kliniken Unterschiede gab, habe ich die persönlichen und diabetesspezifischen Daten der Probanden in dieser Übersicht (47) zusammengestellt.

Tabelle 47: Zusammenfassung der individuellen und diabetesspezifischen Daten nach Kliniken geordnet

Variable	**IK Gothensee**	**Diabetes Zentrum Mergentheim**	**Gesamt**
Anzahl (n)	**20**	**33**	**53**
Alter			
Mittelwerte	**14,34**	**39,32**	**29,89**
SD ±	**2,18**	**9,38**	**14,33**
Minimum	**9,50**	**15,41**	**9,50**
Maximum	**17,42**	**55,25**	**55,25**
Diabetesdauer in Jahren			
Mittelwerte	**5,16**	**19,50**	**14,07**
SD ±	**3,02**	**10,02**	**10,69**
Minimum	**0,75**	**2,00**	**0,75**
Maximum	**12,00**	**40,00**	**40,00**
Insulintherapieform			
ICT / CSII	**14,34**	**39,32**	**25/ 28**
Insulindosis je Tag			
Mittelwerte	**47,57**	**47,89**	**47,77**
SD ±	**13,61**	**7,01**	**9,60**
Minimum	**28,0**	**34,8**	**28,0**
Maximum	**76,0**	**66,2**	**76,0**
Gesamtinsulindosis pro Tag und kg KG			
Mittelwerte	**0,83**	**0,66**	**0,72**
SD ±	**0,29**	**0,10**	**0,21**
Minimum	**0,47**	**0,44**	**0,44**
Maximum	**1,52**	**0,78**	**1,52**
BE – Faktor (IE/ BE)			
Mittelwerte	**1,53**	**2,21**	**1,96**
SD ±	**0,37**	**0,61**	**0,63**
Minimum	**0,9**	**1,2**	**0,9**
Maximum	**2,2**	**4,0**	**4,0**

Tabelle 47: Fortsetzung

HbA1c			
Mittelwerte	**8,6**	**7,7**	**8,04**
SD ±	**1,42**	**1,12**	**1,32**
Minimum	**5,7**	**6,0**	**5,7**
Maximum	**12,9**	**10,8**	**12,9**
Adipositas (Anzahl)	**4**	**4**	**8**

3.2.4 Fahrradergometer – Stufentest

Der erste Teil der klinischen Beobachtungen umfasste die unter Laborbedingungen zu ermittelnden Parameter von

- ➔ mittlerer Herzfrequenz
- ➔ der erbrachten Arbeit und Leistung
- ➔ der Ruheherzfrequenz
- ➔ der alters- und geschlechtsadjustierten Herzfrequenz
- ➔ der Herzfrequenz bei 90 Watt
- ➔ der individuellen Fitnessstufen
- ➔ der Veränderung des Blutglukosespiegels
- ➔ der IDE bei 90 Watt * h und der erbrachten Leistung
- ➔ der individuellen Herzfrequenz und Leistung bei der Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70%
- ➔ der IDE für die Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70% und deren Zuordnung zu den Fitnessstufen

3.2.4.1 Die im Mittel erreichten Herzfrequenzen der einzelnen Belastungsstufen

Die Urdaten der mittleren Herzfrequenzen, die in den einzelnen Arbeitsstufen in Watt erreicht wurden, sind in der Tabelle 48 bzw. im Diagramm 12 dargestellt. Bei der Durchführung des Fahrradergometertests wurde im Durchschnitt eine Korrelation zwischen den einzelnen Belastungsstufen von 0,99 erreicht. Die Regressionsgleichung für den Anstieg der Herzfrequenz in den einzelnen Arbeitsstufen lautet:

Hf mean = (8,7909* erreichte Belastungsstufe in Watt)+ 90,02

Tabelle 48: Mittlere Herzfrequenzen, die in den einzelnen Arbeitsstufen in Watt erreicht wurden

Arbeit	HF mean	SD ±	Arbeit	HF mean	SD ±
0	85,8	19,32	125	153,9	20,49
25	106,7	18,83	150	154,7	19,06
50	116,9	18,82	175	159,4	17,57
75	130,6	20,27	200	164,2	13,27
100	142,2	21,57	225	169,3	3,89

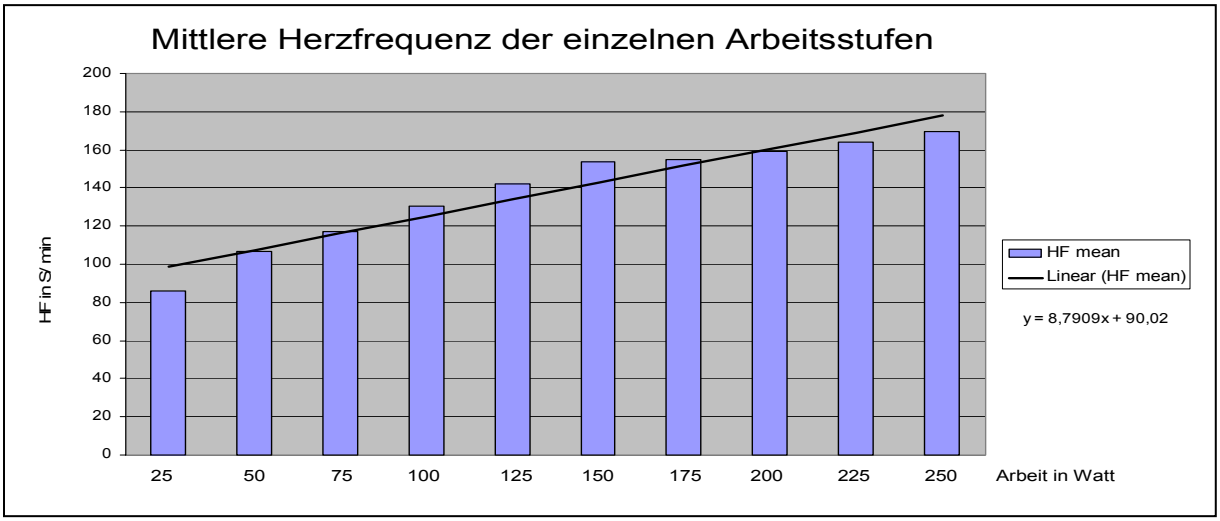


Diagramm 12: mittlere Herzfrequenz in den einzelnen Arbeitsstufen

3.2.4.2 Die durchschnittlich maximal erbrachte Arbeit in Watt (Abbruchbelastungsstufe) während des Fahrradergometertests

Im Durchschnitt erreichten die Probanden eine maximale Belastungsstufe von 110,8 Watt, wobei die Männer im Mittel bei 124,2 und die Frauen bei 93,5 den Fahrradergometerstufentest beendeten.

Die höchste Abbruchbelastungsstufe wurde mit 200 Watt von 3 Männern erreicht, die geringste mit 50 Watt von jeweils 2 Männern und Frauen.

Tabelle 49: Maximal erreichte Arbeit in Watt (Abbruchbelastungsstufen)

Arbeit in Watt (Belastungsstufe)	Gruppe 1 50	Gruppe 2 75	Gruppe 3 100	Gruppe 4 125	Gruppe 5 150	Gruppe 6 175	Gruppe 7 200
Gesamt	4	7	21	13	2	3	3
Männer (absolut)	***2***	***1***	***10***	***9***	***2***	***3***	***3***
Frauen (absolut)	***2***	***6***	***11***	***4***	***0***	***0***	***0***
Männer (%)	50	14,29	47,62	69,23	100	100	100
Frauen (%)	50	85,71	52,38	30,77	0	0	0

erreichte Arbeit in Watt (Belastungsstufe)	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	110,85	124,17	93,48
Standardabweichung	36,20	39,66	21,61
Minimum	50,00	50,00	50,00
Maximum	200,00	200,00	125,00

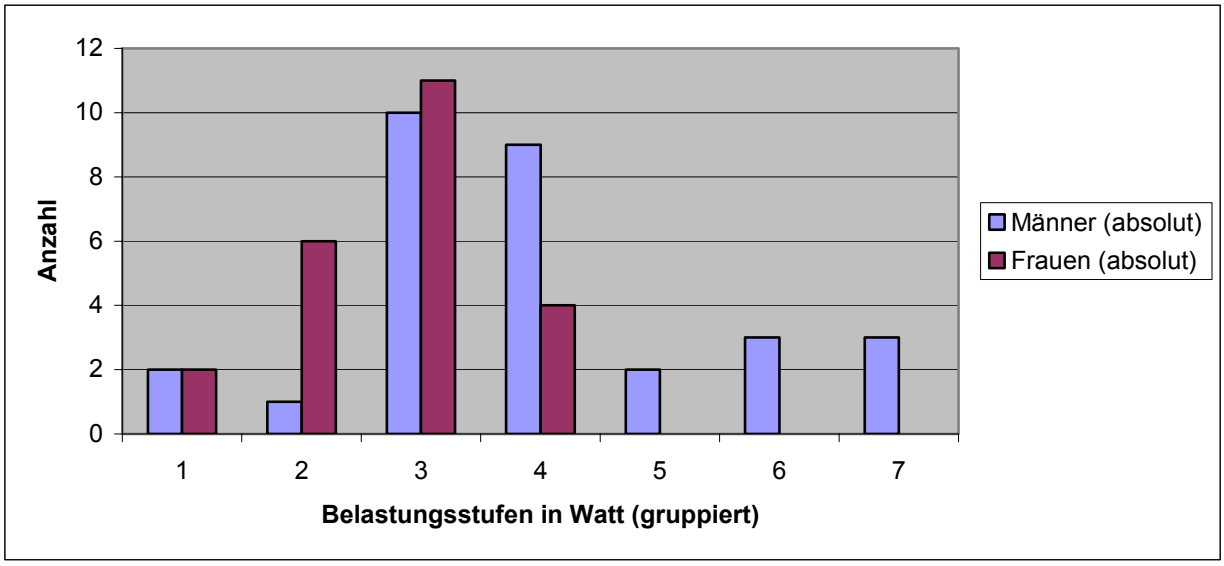


Diagramm 13: Maximal erreichte Arbeit in Watt (Abbruchbelastungsstufen)

3.2.4.3 Die durchschnittlich erbrachte Leistung P in W* h während des Fahrradergometertests

Aus der Abbruchbelastungsstufe in Watt und den bis dahin geleisteten Belastungsstufen von je 3 Minuten wurde die während des Fahrradergometerstufentests erbrachte Leistung (Watt* h) berechnet. Dabei wurde im Durchschnitt eine Leistung von allen Probanden von 23,14 Watt * h erbracht. Die Leistung der Männer lag mit 27,50 Watt* h um 10 Watt * h höher als die durchschnittliche Leistung der Frauen, die bei 17,45 Watt * h lag.

*Tabelle 50: Erreichte Leistung in W * h*

Erreichte Leistung in W * h	Gruppe 1 7,5	Gruppe 2 12,5	Gruppe 3 18,75	Gruppe 4 26,25	Gruppe 5 35,00	Gruppe 6 45,00	Gruppe 7 56,25
Gesamt	4	7	21	13	2	3	3
Männer (absolut)	***2***	***1***	***10***	***9***	***2***	***3***	***3***
Frauen (absolut)	***2***	***6***	***11***	***4***	***0***	***0***	***0***
Männer (%)	50	14,29	47,62	69,23	100	100	100
Frauen (%)	50	85,71	52,38	30,77	0	0	0

Erreichte Leistung in W * h	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	23,14	27,50	17,45
Standardabweichung	11,85	13,54	5,53
Minimum	7,50	7,50	7,50
Maximum	56,25	56,25	26,25

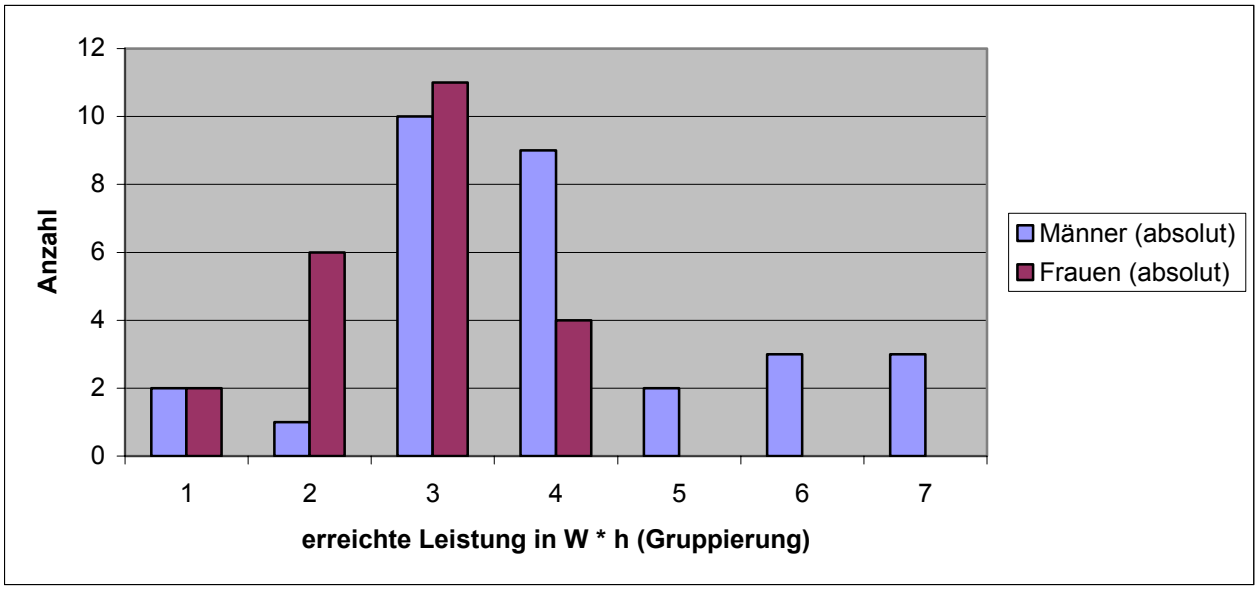


*Diagramm 15: Erreichte Leistung in W * h*

3.2.4.4 Darstellung der regressiv ermittelten mittleren Herzfrequenz während des Fahrradergometertests

Aus den Urdaten des Fahrradergometertests wurde mit Hilfe der Regressionsgeraden die beim Fahrradergometer erreichte mittlere Herzfrequenz berechnet.

Diese regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz lag im Durchschnitt bei 133,29 Schlägen pro Minute und unterschied sich kaum zwischen den männlichen (132,56 S/ min) und den weiblichen Probanden (134,24 S/ min).

Tabelle 51: Regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz des Fahrradergometertests

reg. HF mean	Gruppe 1 < 110	Gruppe 2 110 - 120	Gruppe 3 120 - 130	Gruppe 4 130 - 140	Gruppe 5 140 - 150	Gruppe 6 150 - 160	Gruppe 7 >160
Gesamt	3	7	13	15	6	4	5
Männer (absolut)	***1***	***5***	***7***	***9***	***3***	***3***	***2***
Frauen (absolut)	***2***	***2***	***6***	***6***	***3***	***1***	***3***
Männer (%)	33,33	71,43	53,85	60	50	75	40
Frauen (%)	66,67	28,57	46,15	40	50	25	60

reg. HF mean	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	133,29	132,56	134,24
Standardabweichung	16,45	14,87	18,63
Minimum	105,33	106,67	105,33
Maximum	172,50	161,80	172,50

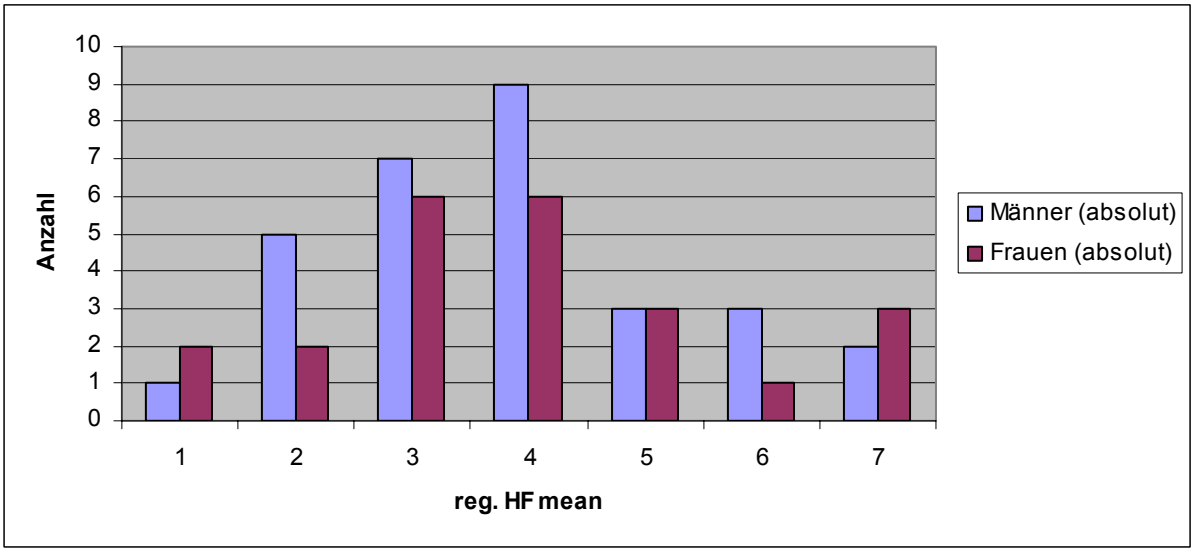


Diagramm 15: Regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz des Fahrradergometertests

3.2.4.5 Alters- und geschlechtsadjustierte mittlere Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt * h

Um das Insulindosisäquivalent für die während des Fahrradergometerstufentests erbrachte Leistung berechnen zu können, war es aus methodischen Gründen notwendig,

➔ die individuelle Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt * h zu bestimmen und diese

➔ mit dem Alter und dem Geschlecht zu adjustieren. (Abschn.2.2.2.2)

Dabei wurde von den Probanden im Durchschnitt eine Herzfrequenz von 125,57 S/ min erreicht. Auch hier unterschieden sich die männlichen (125,87 S/ min) von den weiblichen Teilnehmern (125,19 S/ min) nur unwesentlich.

Tabelle 52: Alters- und geschlechtsadjustierte mittlere Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 W/ h

adj. HF mean bei 90 Watt * h	Gruppe 1 < 100	Gruppe 2 100 - 110	Gruppe 3 110 - 120	Gruppe 4 120 - 130	Gruppe 5 130 - 140	Gruppe 6 140 - 150	Gruppe 7 >150
Gesamt	2	7	9	15	12	5	3
Männer (absolut)	***0***	***5***	***7***	***6***	***7***	***4***	***1***
Frauen (absolut)	***2***	***2***	***2***	***9***	***5***	***1***	***2***
Männer (%)	0,00	71,43	77,78	40	58,33	80	33,33
Frauen (%)	100,00	28,57	22,22	60	41,67	20	66,67

adj. HF mean bei 90 Watt * h	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	125,57	125,87	125,19
Standardabweichung	14,26	14,06	14,81
Minimum	97,20	100,60	97,20
Maximum	157,00	157,00	154,90

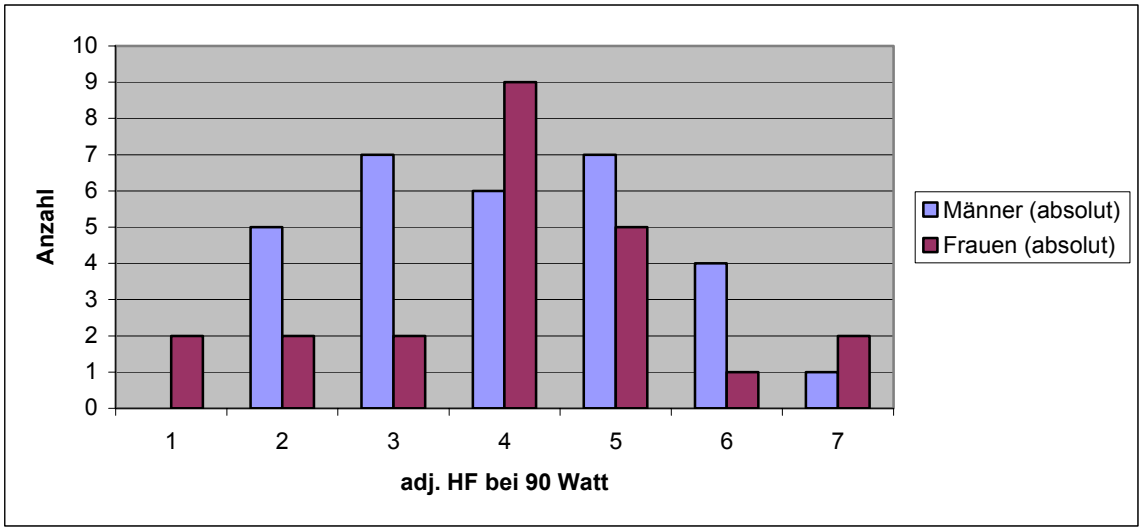


Diagramm 16: Alters- und geschlechtsadjustierte mittlere Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt*h

3.2.4.6 Darstellung der von der $HF_{90\ Watt}$ abhängigen Fitnessstufen

Ein weiterer wichtiger Parameter zur Bestimmung des IDE´ s ist die Festlegung der individuellen Fitnessstufe oder – klasse auf Grundlage der bei einer Leistung von 90 Watt* h erreichten alters- und geschlechtsadjustierten Herzfrequenz (Abschnitt 2.2.2.3). Dabei ereichten 30 Probanden die Fitnessstufe „2“, 11 Probanden die Fitnessstufe „1“ und 12 die Stufe „3“.

Tabelle 53: Verteilung der Fitnessstufen

Fitnessstufen	**1**	**2**	**3**
Gesamt	11	30	12
Männer (absolut)	**7**	**16**	**7**
Frauen (absolut)	**4**	**14**	**5**
Männer (%)	63,64	53,33	58,33
Frauen (%)	36,36	46,67	41,67
	Gesamt	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert	2,02	2,00	2,04
Standardabweichung	0,66	0,69	0,64

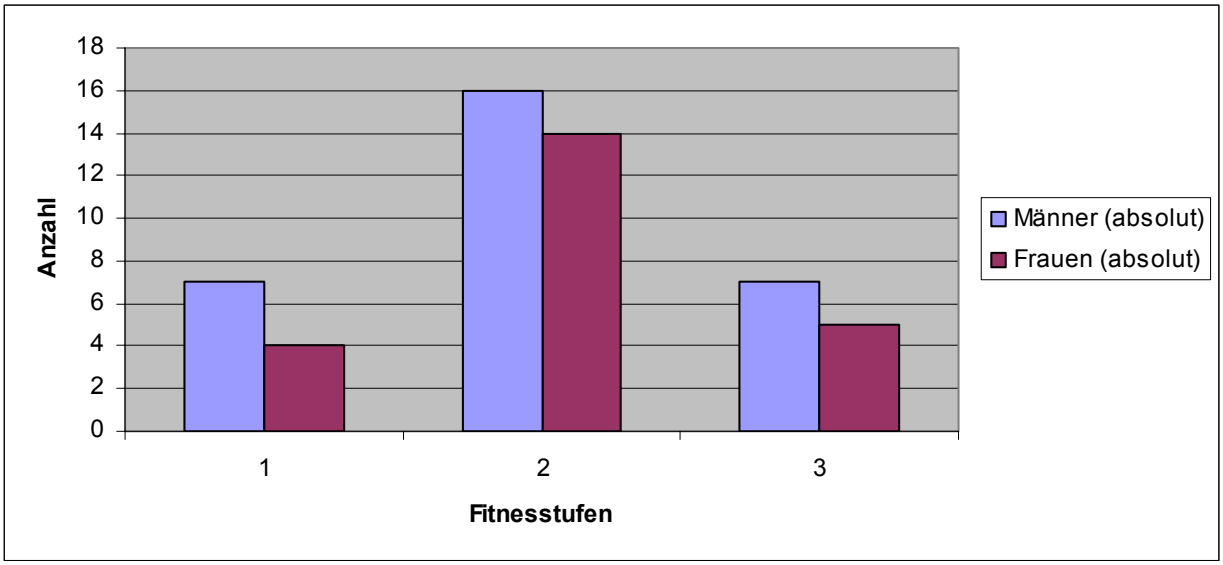


Diagramm 17: Verteilung der Fitnessstufen

3.4.2.7 Veränderung des BG – Spiegels während des Fahrradergometertests

Während sportlicher Aktivitäten wird zur Energiegewinnung Glukose verbraucht. In Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Glukosemenge und der erbrachten Leistung fällt der Blutglukosespiegel während der sportlichen Aktivität. Ein Anstieg ist ebenfalls möglich, wenn aus der Nahrung Glukose während der sportlichen Aktivität resorbiert wird. Bei 8 Probanden war dies der Fall.

Im Durchschnitt sank der Blutglukosespiegel während der sportlichen Aktivität um 1,7 mmol/l (30,68 mg/dl). Dabei unterschieden sich allerdings die männlichen (2,1 mmol/l bzw. 37,9 mg/l) von den weiblichen Probanden (1,17 mmol/l bzw. 21,18 mg/dl).

Tabelle 54: Veränderung des BG – Spiegels während des Ergometertests mit des Blutglukoseanstieg

BG Veränderung in mmol/ l	Gruppe 1 Anstieg	Gruppe 2 0 - 1	Gruppe 3 1 - 2	Gruppe 4 2 - 3	Gruppe 5 3 - 4	Gruppe 6 4 - 5	Gruppe 7 > 5
Gesamt	8	9	16	7	8	3	2
Männer (absolut)	**4**	**4**	**8**	**3**	**6**	**3**	**2**
Frauen (absolut)	**4**	**5**	**8**	**4**	**2**	**0**	**0**
Männer (%)	50,00	44,44	50,00	42,86	75,00	100	100
Frauen (%)	50,00	55,56	50,00	57,14	25,00	0	0

mit BG - Anstieg	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert	1,70	2,10	1,17
Standardabweichung	1,77	1,94	1,41
Minimum	-1,88	-1,88	-1,33
Maximum	5,54	5,54	3,82

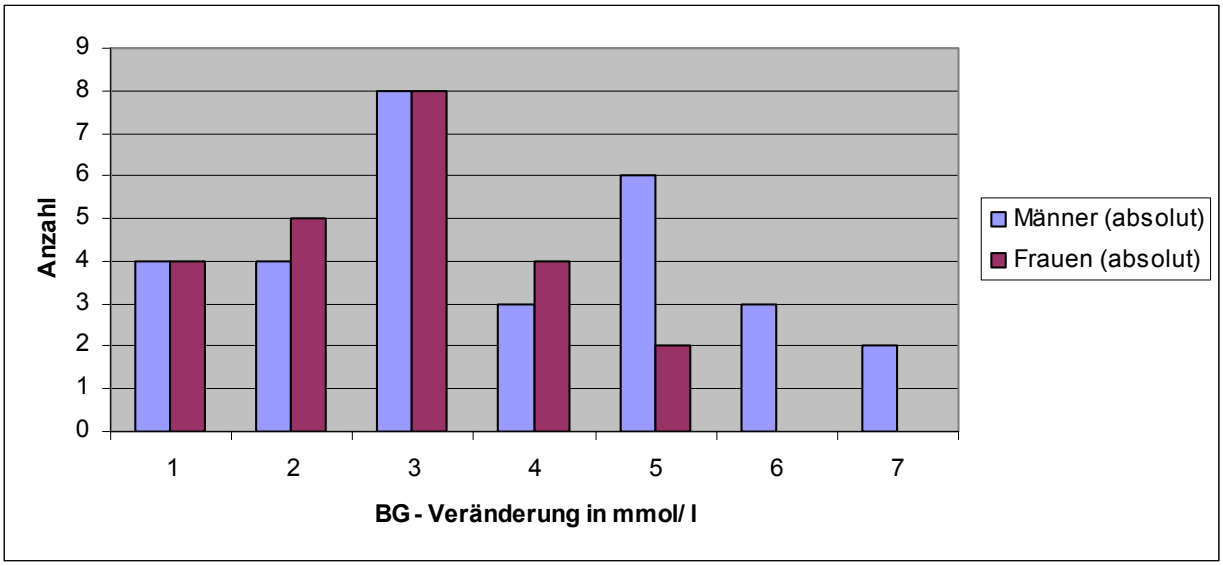


Diagramm 18: Veränderung des BG – Spiegels während des Ergometertests mit Blutglukoseanstieg

Eleminiert man die Daten der Probanden mit einem nahrungsbedingten Blutglukoseanstieg aus der Berechnung heraus, so fällt der Blutglukosespiegel während des Fahrradergometertests um 2,17 mmol/l (39,16 mg/dl). Auch hierbei unterscheiden sich die männlichen (2,57 mmol/ l bzw. 46,38 mg/dl) von den weiblichen Probanden (1,62 mmol/l bzw. 29,24 mg/dl) deutlich.

Tabelle 55: Veränderung des BG – Spiegels während des Ergometertests bei Probanden mit Blutglukoseanstieg

ohne BG - Anstieg	Gesamt	Männer	Frauen
Mittelwert:	2,17	2,57	1,62
Standardabweichung	1,47	1,59	1,09
Minimum	0	0	0,11
Maximum	5,54	5,54	3,82

3.2.4.8 Das Insulindosisäquivalent für die erbrachten Leistungen des Fahrradergometertests

Aus den ermittelten Daten wurde die IDE für die individuell erbrachte Leistung des Fahrradergometertests ermittelt. Dabei lag die durchschnittliche IDE der Probanden bei 1,43 IE, während die männlichen Probanden, auch aufgrund der durchschnittlich höheren Leistung und der damit verbundenen längeren Dauer des Fahrradergometertests, mit 1,74 IE gegenüber den weiblichen Probanden mit 1,02 IE, deutlich mehr Insulin hätten einsparen können.

Tabelle 56: IDE für die erbrachte Leistung des Fahrradergometertests

IDE Test – Watt h	**Gr. 1 0 - 0,5**	**Gr. 2 0,5 - 1,0**	**Gr. 3 1,0 - 1,5**	**Gr. 4 1,5 - 2,0**	**Gr. 5 2,0 - 2,5**	**Gr. 6 2,5 - 3,0**	**Gr. 7 3,0 - 3,5**	**Gr. 8 3,5 - 4,0**	**Gr.9 > 4,0**
Gesamt	10	12	13	9	2	1	1	1	4
Männer (absolut)	***6***	***5***	***5***	***6***	***2***	***0***	***1***	***1***	***4***
Frauen (absolut)	***4***	***7***	***8***	***3***	***0***	***1***	***0***	***0***	***0***
Männer (%)	60	41,67	38,46	66,67	100	0	100	100	100
Frauen (%)	40	58,33	61,54	33,33	0	100	0	0	0

IDE Test – Watt h	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert:	1,43	1,74	1,02
Standardabweichung	1,18	1,39	0,65
Minimum	-0,02	-0,02	0,01
Maximum	4,69	4,69	2,91

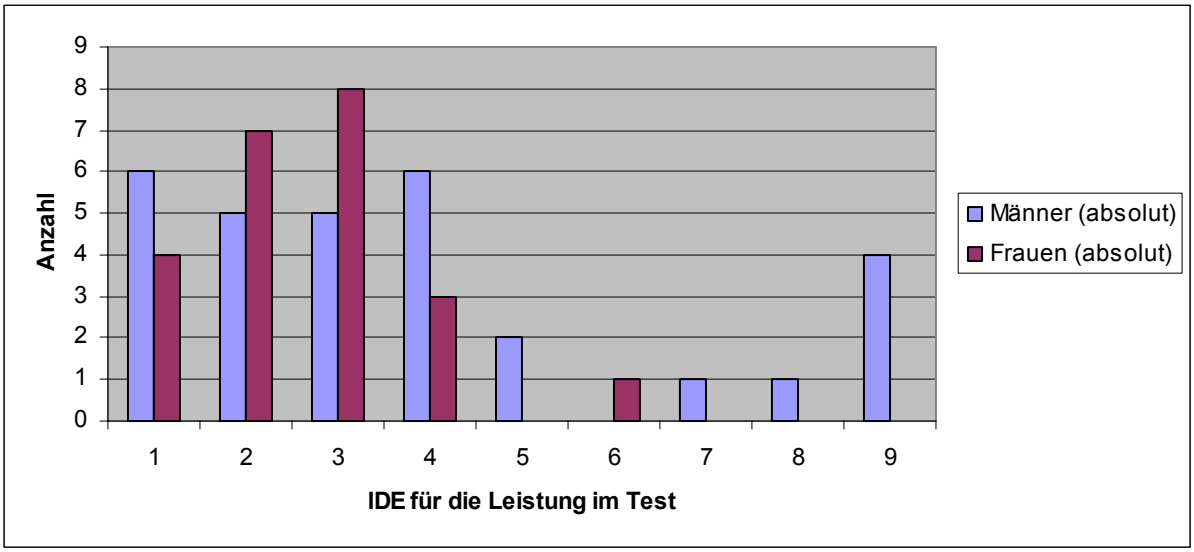


Diagramm 19: IDE bei der erbrachten Leistung des Fahrradergometertests

3.2.4.9 Darstellung der beim Fahrradergometerstufentest ermittelten IDE für die Leistung von 90 Watt bei einer Dauer von 1h

Um die IDEs der einzelnen Probanden miteinander vergleichen zu können, trotz der unterschiedlichen erbrachten Leistung während des Ergometertests, wurde die IDE auf eine Stunde hochgerechnet.

Die dabei individuell erreichten IDEs der einzelnen Probanden sind im Diagramm 20 dargestellt. Sie schwankt individuell zwischen 0,29 IE und maximal 9,97 IE.

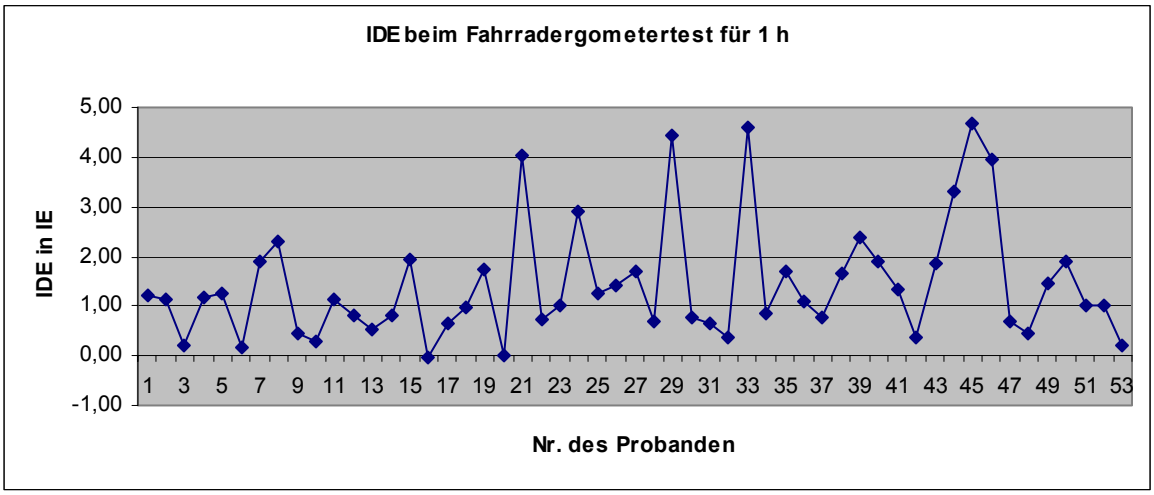


Diagramm 20: Individuelle IDE für 1 Stunde bei einer Arbeit von 90 Watt auf dem Fahrradergometer

Aus der IDE für 1 Stunde lassen sich Gruppen mit gleicher IDE bilden, die in Tabelle 57 dargestellt sind. Dabei erreichten die Probanden im Durchschnitt eine IDE von 5,11 IE, bei einer Leistung von 90 Watt * h. Dabei lag die IDE der männlichen Probanden (5,06 IE) um 0,11 IE niedriger als die der weiblichen (5,17 IE).

Tabelle 57: IDE bei einer Leistung von 90 Watt * h

IDE 90 W * h	**Gruppe 1 < 0 -1,5**	**Gruppe 2 1,5 - 3**	**Gruppe 3 3,0 - 4,5**	**Gruppe 4 4,5 - 6,0**	**Gruppe 5 6,0 – 7,5**	**Gruppe 6 7,5 - 9,0**	**Gruppe 7 > 9,0**
Gesamt:	4	6	10	14	10	6	3
Männer (absolut)	***2***	***4***	***6***	***6***	***7***	***4***	***1***
Frauen (absolut)	***2***	***2***	***4***	***8***	***3***	***2***	***2***
Männer (%)	50	66,67	60	42,86	70	66,67	33,33
Frauen (%)	50	33,33	40	57,14	30	33,33	66,67

IDE bei 90 Watt * h	**Gesamt**	**Männer**	**Frauen**
Mittelwert:	5,11	5,06	5,17
Standardabweichung	2,45	2,41	2,54
Minimum	-0,29	-0,29	0,08
Maximum	9,97	9,38	9,97

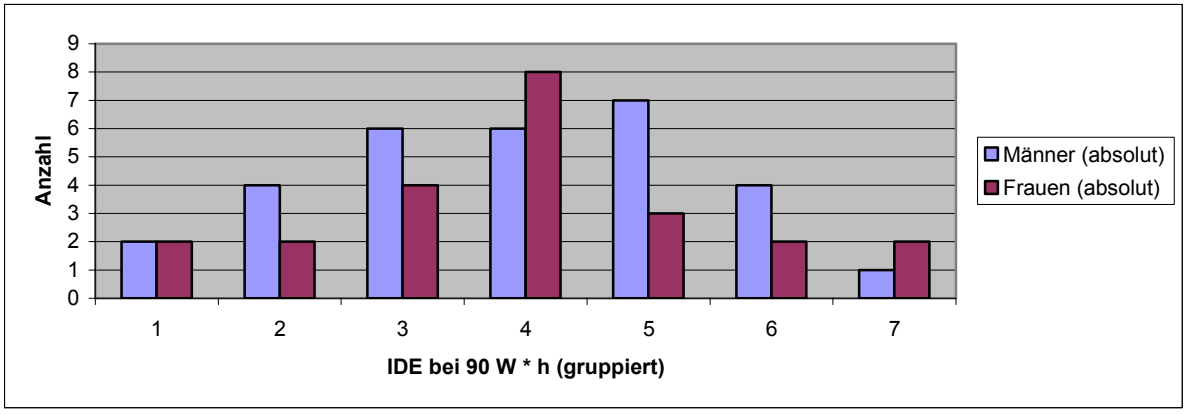


*Diagramm 21: IDE bei einer Leistung von 90 Watt * h*

3.2.4.10 Darstellung der individuellen Herzfrequenzreserve für die Auslastungsbereiche von 30%, 50 % und 70 %

Da ein Teilziel der Arbeit darin bestand, das Insulindosisäquivalent im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50%, und 70% zu ermitteln, wurde der entsprechende prozentuale Anteil an der Gesamtherzfrequenzreserve berechnet. Im Diagramm 22 sind die individuellen Herzfrequenzen dargestellt, die bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %, 50% und 70 % erreicht wurden.

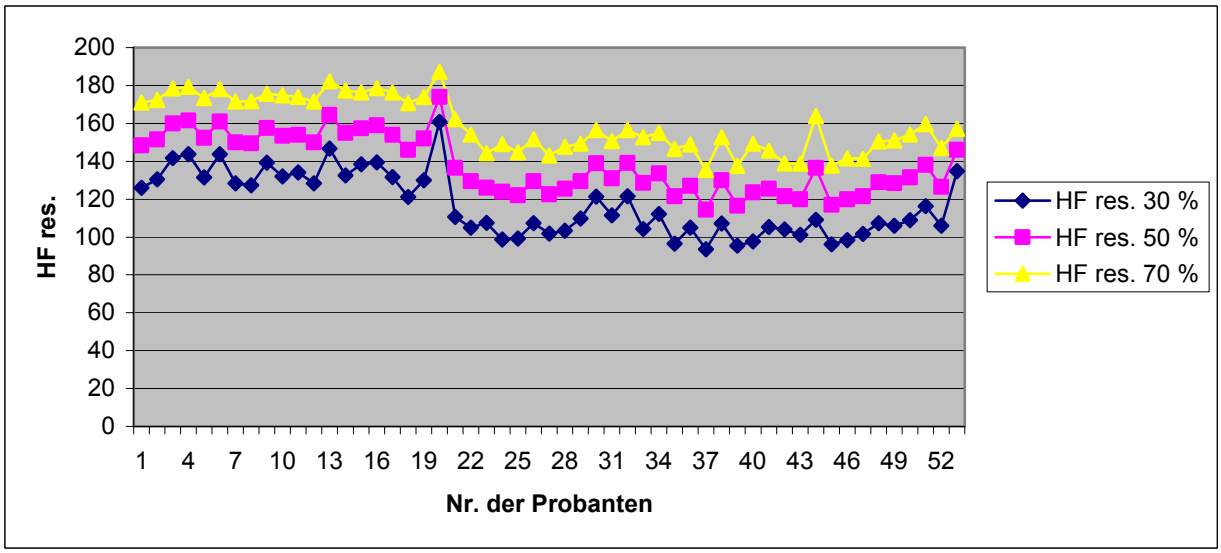


Diagramm 22 : Verteilung der Herzfrequenzreserve bei einer Auslastung von 30 %, 50% und 70 %

Aus diesen individuellen Herzfrequenzreserven wurde dann der Mittelwert für die einzelnen Auslastungsbereiche berechnet und in Tabelle 58 dargestellt.

Tabelle 58: Individuelle Herzfrequenzreserve für die Auslastungsbereiche von 30%, 50 % und 70 %

HF res.	30%	50%	70%
Mittelwert	117	138	159
Standardabweichung	16,66	15,34	14,52
Minimum	93	114	135
Maximum	161	174	187

3.2.4.11 Darstellung der Leistung in W * h bei der Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50 % und 70 % im Zeitraum von einer Stunde (Basis ist eine Arbeit von 50 Watt * h)

Um die IDE der einzelnen Stufen der Auslastung der Herzfrequenzreserve ermitteln zu können, wurde rechnerisch die Leistung bei der Auslastung der Herzfrequenzreserve bei 30%, 50% und 70% auf der Basis der regressiv ermittelten Herzfrequenz von 50 Watt ermittelt und in Tabelle 58 dargestellt. Die erbrachte Leistung, auf der Basis der regressiv ermittelten Herzfrequenz bei 50 Watt, lag bei der Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 % bei 49,93 Watt * h, bei einer Auslastung von 50% bei 59,12 Watt * h und bei 70 % bei einer Leistung von 68,31 Watt * h.

Tabelle 59: Zusammenhang zwischen erbrachter Leistung in Watt bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %, 50% und 70 % und der Herzfrequenz bei 50 Watt

P zu HF res. bei 50 Watt/ h	P bei HF res. 30 %	P bei HF res. 50%	P bei HF res. 70%
Mittelwert	49,93	59,12	68,31
SD	3,99	5,43	7,32
Minimum	41,55	48,59	54,96
Maximum	59,59	70,90	83,50

P zu HF res. bei 50 Watt/ h	P bei HF res. 30 %	P bei HF res. 50%	P bei HF res. 70%
Korrelation	-0,47	-0,73	-0,82
Signifikanz	p < 0,01	p < 0,01	p< 0,01

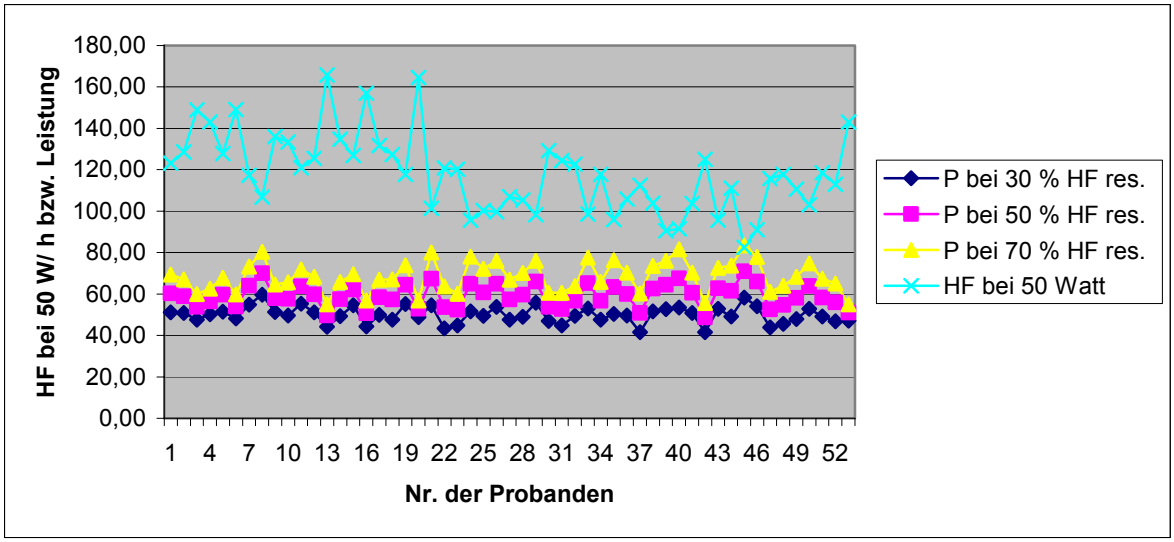


Diagramm 23: Individuell erbrachte Leistung der Probanden bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %, 50% und 70 % im Verhältnis zur Herzfrequenz bei 50 Watt

3.2.4.12 Darstellung des Insulindosisäquivalents bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50 % und 70 % im Zeitraum von einer Stunde

Wie in der Methodik beschrieben, wurde aus den so gewonnen Daten

- ➔ der Herzfrequenz bei 50 Watt und
- ➔ der individuellen Leistung bei der Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50%, und 70%

das IDE der einzelnen Probanden (Diagramm 24) ermittelt.

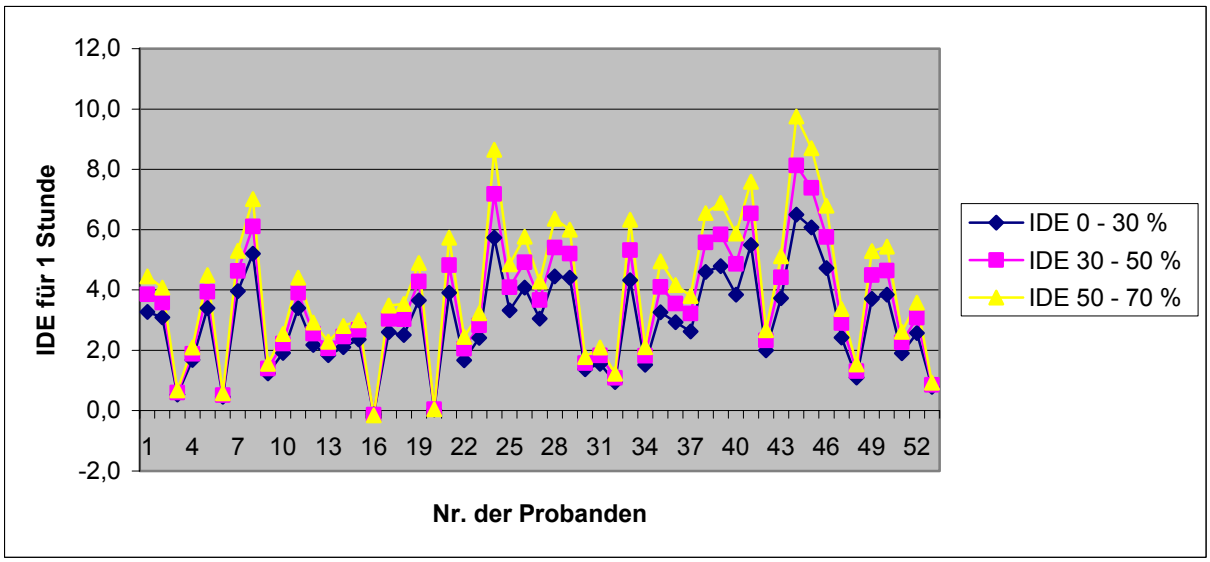


Diagramm 24: IDE für eine Stunde im Bezug zu den der Herzfrequenzreserven von 30 %, 50% und 70 % aller Probanden

Aus den individuellen IDEs der Probanden wurde dann der Mittelwert für die Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30%, 50% und 70% ermittelt und in Tabelle 60 dargestellt. Des Weiteren wurde die Korrelation und Signifikanz geprüft.

Tabelle 60: Verteilung der IDE für eine Stunde im Bezug zu den Herzfrequenzreserven von 30 %, 50% und 70 %

IDE für 1 Stunde zu den HF res.	**IDE bis 30 % HF res.**	**IDE bis 50 % HF res.**	**IDE bis 70 % HF res.**
Mittelwert	2,92	3,50	4,08
SD	1,56	1,92	2,29
Minimum	-0,12	-0,14	-0,15
Maximum	6,49	8,12	9,76

IDE für 1 Stunde zu den HF res.	**IDE bis 30 % HF res.**	**IDE bis 50 % HF res.**	**IDE bis 70 % HF res.**
Korrelation zur HF res	-0,58	-0,53	-0,44
Signifikanz	p < 0,01	p < 0,01	p = 0,001
Korrelation zu P bei HF res	0,60	0,78	0,84
Signifikanz	p < 0,01	p < 0,01	p = 0,001

3.2.4.13 Die Darstellung der Zuordnung der IDE zu den Fitnessstufen auf Basis der Auslastung der Herzfrequenzreserve

Zum Abschluss wurden die ermittelten IDE auf Basis der Auslastung der Herzfrequenzreserve den Fitnessstufen zugeordnet und statistisch auf Signifikanz und Korrelation geprüft.

a) Das IDE für die $HF_{\text{res. 0 – 30 \%}}$ bei einer Belastungsdauer von einer Stunde und den Fitnessstufen

Tabelle 61 : Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 % und zu den Fitnessstufen

IDE für 1 h bei 0 - 30 % HF res.	**Fitnessstufe 1**	**Fitnessstufe 2**	**Fitnessstufe 3**
Mittelwert	5,1	2,9	0,9
SD	0,74	0,74	0,60
Minimum	4,3	1,7	-0,1
Maximum	6,5	4,1	1,7

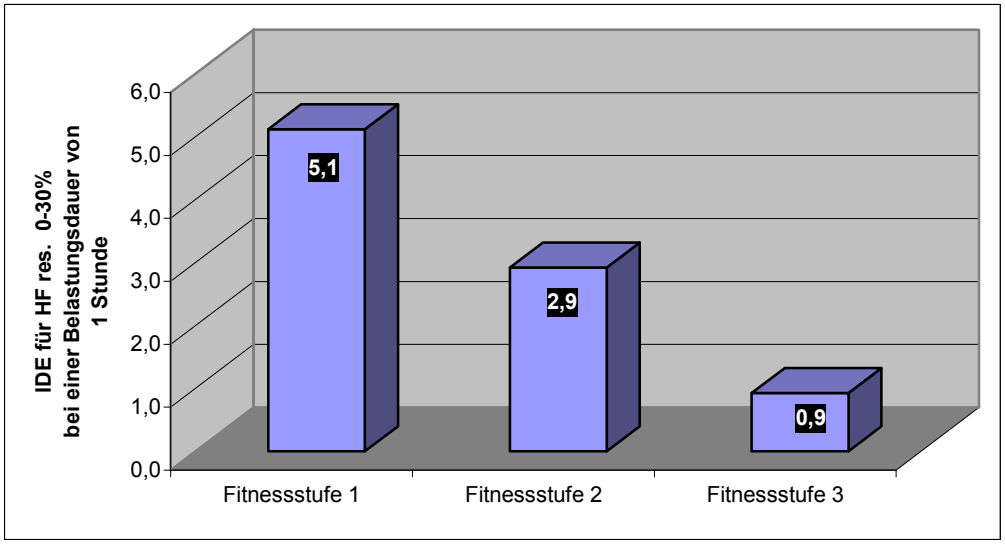


Diagramm 25 : Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 % und zu den Fitnessstufen

b) Das IDE für die HF $_{\text{res. 30 - 50 \%}}$ bei einer Belastungsdauer von einer Stunde und den Fitnessstufen

Tabelle 62 : Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 % und zu den Fitnessstufen

IDE für 1 h bei 30 - 50 % HF res.	Fitnessstufe 1	Fitnessstufe 2	Fitnessstufe 3
Mittelwert	6,2	3,5	1,1
SD	0,97	0,92	0,69
Minimum	5,2	2,1	-0,1
Maximum	8,1	4,9	1,9

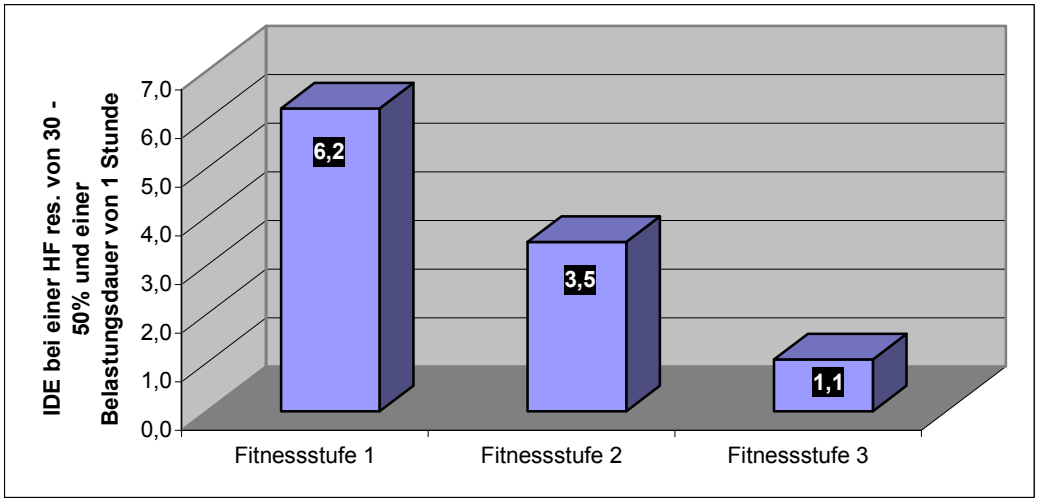


Diagramm 26 : Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 % und zu den Fitnessstufen

c) Das IDE für die $HF_{res.\ 50-70\ \%}$ bei einer Belastungsdauer von einer Stunde und den Fitnessstufen

Tabelle 63 : Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 % und zu den Fitnessstufen

IDE für 1 h bei 50 - 70 % HF res.	Fitnessstufe 1	Fitnessstufe 2	Fitnessstufe 3
Mittelwert	7,3	4,0	1,2
SD	1,20	1,11	0,79
Minimum	6,0	2,3	-0,2
Maximum	9,8	5,9	2,1

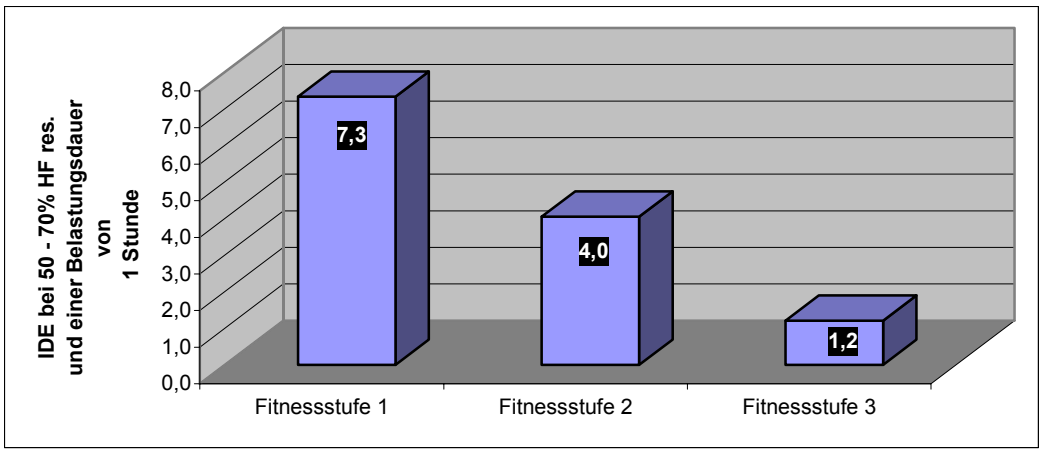


Diagramm 27 : Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 % und zu den Fitnessstufen

3.2.4.14 Zusammenfassung der Ergebnisse des Fahrradergometer - Stufentests

Ziel des ersten Teils der Dissertationsschrift war es, mit Hilfe eines Fahrradergometerstufentests, eine Übersichtstabelle zu entwickeln, die die mögliche Insulinreduktion für eine einstündige sportliche Aktivität in Abhängigkeit zur Auslastung der Herzfrequenzreserve in den Stufen 30%, 50% und 70% und dem individuellen Fitnesszustand zeigt (Tabelle 64 bzw. Diagramm 28).

So kann beispielsweise ein sehr gut trainierter Typ 1 Diabetiker in der Fitnessstufe 1 bei einer einstündigen sportlichen Aktivität im Intensitätsbereich von 50 – 70 % der Herzfrequenzreserve im Mittel seine Insulindosis um 7,3 IE reduzieren, hingegen sollte ein nicht so gut trainierter Typ 1 Diabetiker in der Fitnessstufe 3 seine Insulindosis bei der gleichen Intensität nur um 1,2 IE reduzieren.

Tabelle 64: Übersichtstabelle der IDEs für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %,50% und 70% und zu den Fitnessstufen

Auslastung der HF res.	0-30 %	30 - 50%	50 - 70%
Fitnessstufe 1	5,1	6,2	7,3
Fitnessstufe 2	2,9	3,4	4,0
Fitnessstufe 3	0,9	1,0	1,2

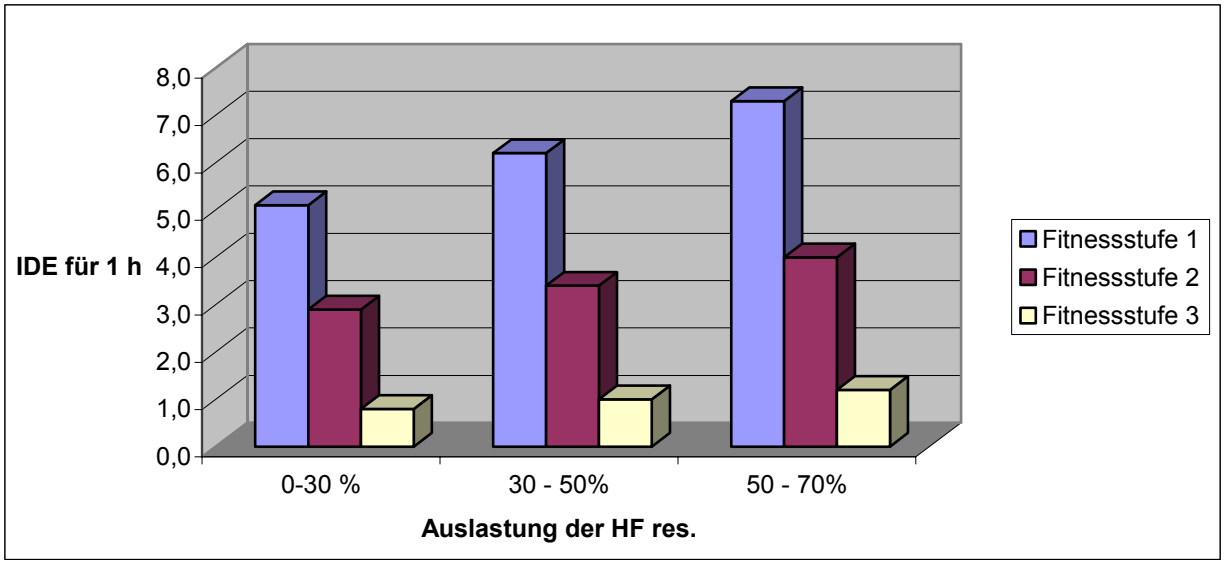


Diagramm 28 : Nomogramm der IDEs für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %,50% und 70% und zu den Fitnessstufen

Darüber hinaus wurden die Korrelationen und Signifikanzen zwischen den IDE, der Auslastung der Herzfrequenzreserve und den Fitnessstufen untersucht. Die Ergebnisse dieser statistischen Untersuchungen zeigen, wie Tabelle 65 zeigt, ein Signifikanzniveau von $p<0,001$.

Tabelle 65: Korrelationen und Signifikanzen zum Nomogramm der IDEs für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %,50% und 70% und zu den Fitnessstufen

	Fitnessstufen
Korrelation IDE vs. HF res. 0 - 30 %	-0,89
Signifikanz IDE vs. HF res. 0 - 30 %	p < 0,001
Korrelation IDE vs. HF res. 30 - 50 %	-0,89
Signifikanz IDE vs. HF res. 30 - 50 %	p < 0,001
Korrelation IDE vs. HF res. 50 - 70 %	-0,89
Signifikanz IDE vs. HF res. 50 - 70 %	p < 0,001

3.2.5 Begleitete Feldtests außerhalb der Klinik zu unterschiedlichen Tageszeiten

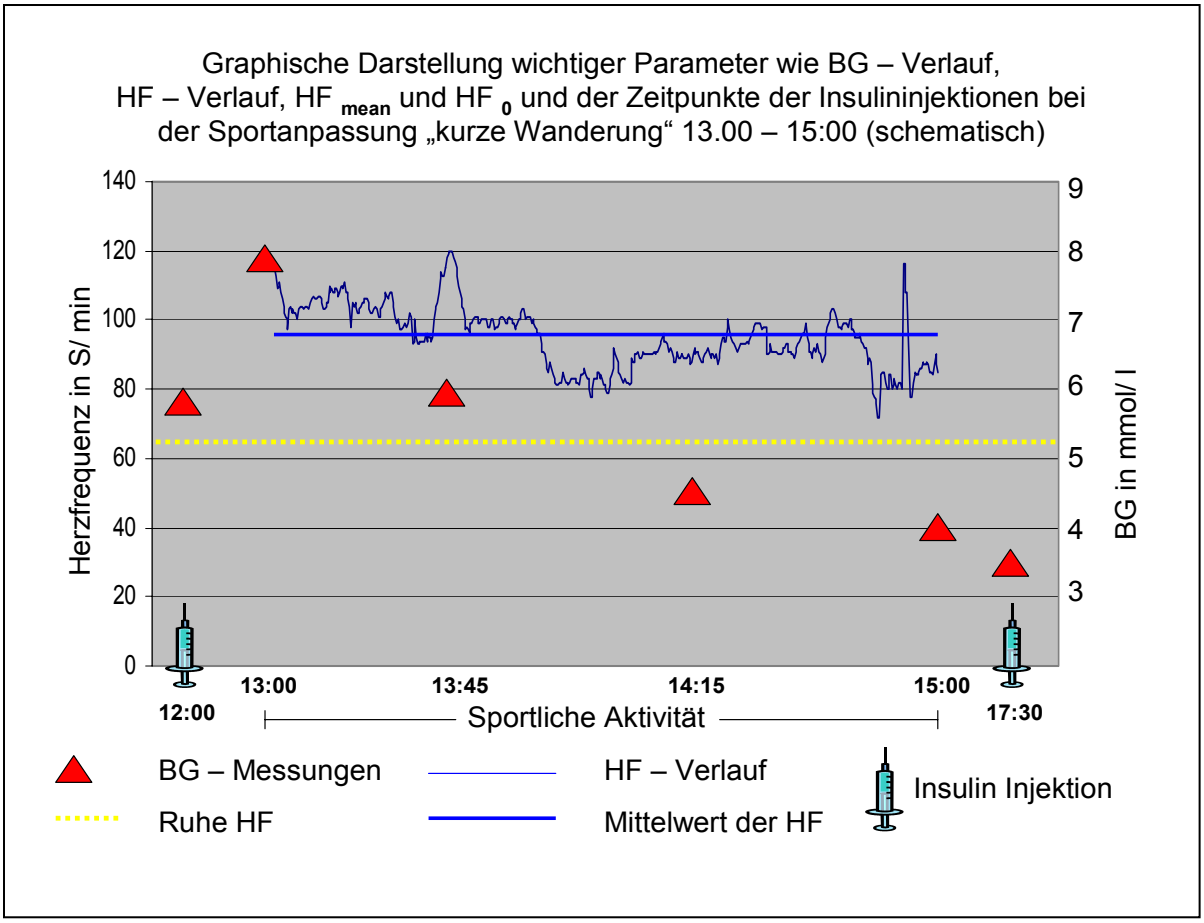
Im folgenden Teil der Ergebnisdarstellung werden die Urdaten der verschiedenen begleiteten Feldtests und die Ermittlung der IDE während körperlicher Aktivitäten außerhalb der Klinik zu unterschiedlichen Tageszeiten dargestellt.
Die Erhebung der Daten fand in der Inselklinik Haus Gothensee und im Diabetes Zentrum Mergentheim statt. Dabei wurde, wie in der Methodik beschrieben, der Blutglukosespiegel gemessen und ein kontinuierliches Herzfrequenzmonitoring durchgeführt und die Zielparameter wie

- ➔ mittlere Herzfrequenz und Herzfrequenzreserve während des Feldtests
- ➔ Blutglukoseprofil (Differenz – BG Anfang vs. BG Ende)
- ➔ IDE für den Test
- ➔ Fitnessstufe

ermittelt.

3.2.5.1 Darstellung der Urdaten des Feldtests „kurze Wanderung“

Die „kurze Wanderung“ fand jeden Dienstag in der Zeit von 13:30 – 15:00 Uhr mit den Patienten des Diabetes - Zentrums Mergentheim statt. Bei der 1,5 stündigen Wanderung wurden die bekannten Daten (Blutglukosewert und Herzfrequenzmonitoring) gemessen und der Zeitpunkt ihrer Erhebung graphisch in der Grafik 1 dargestellt. Begonnen wurde die Beobachtung der sportliche Aktivität zum Mittagessen gegen 12:00 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt wurde der Blutglukosespiegel gemessen und nach diesem Wert die Insulindosis reduziert (Schemata der Empfehlungen für die Insulindosisanpassung im Anhang). Vor der sportlichen Aktivität gegen 13:30 Uhr wurde der Blutglukosespiegel gemessen und der Herzfrequenzmonitor angelegt. Während der sportlichen Aktivität wurde mindestens noch einmal der Blutglukosespiegel gemessen. Am Ende der sportlichen Aktivität gegen 15:00 erfolgte eine weitere Blutglukosemessung. Um den durch den Auffülleffekt bedingten Blutglukoseabfall zu kontrollieren, wurde den Probanden eine weitere zusätzliche Messung des Blutglukosespiegels vor dem Abendessen empfohlen. Der schematische Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „kurze Wanderung“ ist exemplarisch in der Grafik 1 dargestellt.



Grafik 1: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „ kurze Wanderung“

An diesem Feldtest nahmen n = 36 Probanden, 18 männliche und 18 weibliche, teil. Davon waren 12 in der Fitnessstufe 1, 14 in der Fitnessstufe 2 und 10 in der Fitnessstufe 3.

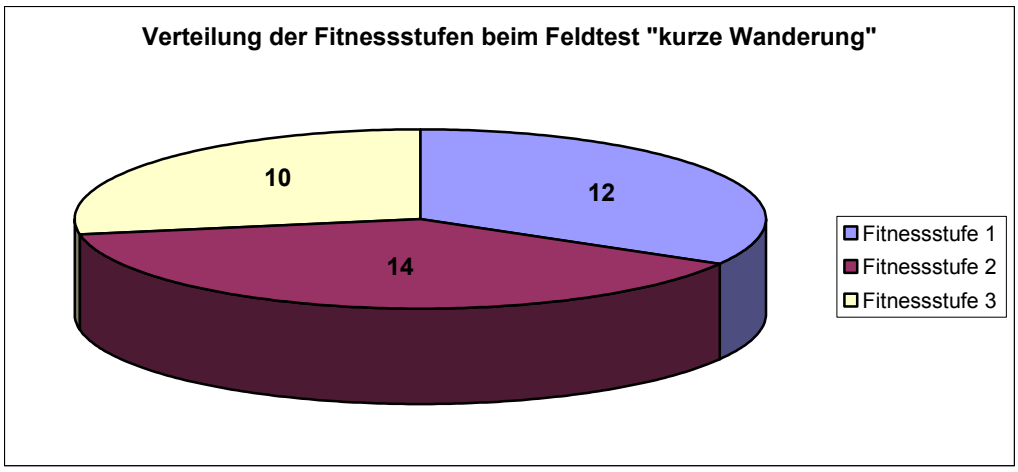


Diagramm 29: Verteilung der Fitnessstufen der Probanden beim Feldtest „kurze Wanderung“

Die mittlere Herzfrequenz während der sportlichen Aktivität (Diagramm 30) aller teilnehmenden Probanden lag bei 113,19 S/ min, das Maximum mit 141,75 S/ min und das Minimum bei 86,01 S/ min.

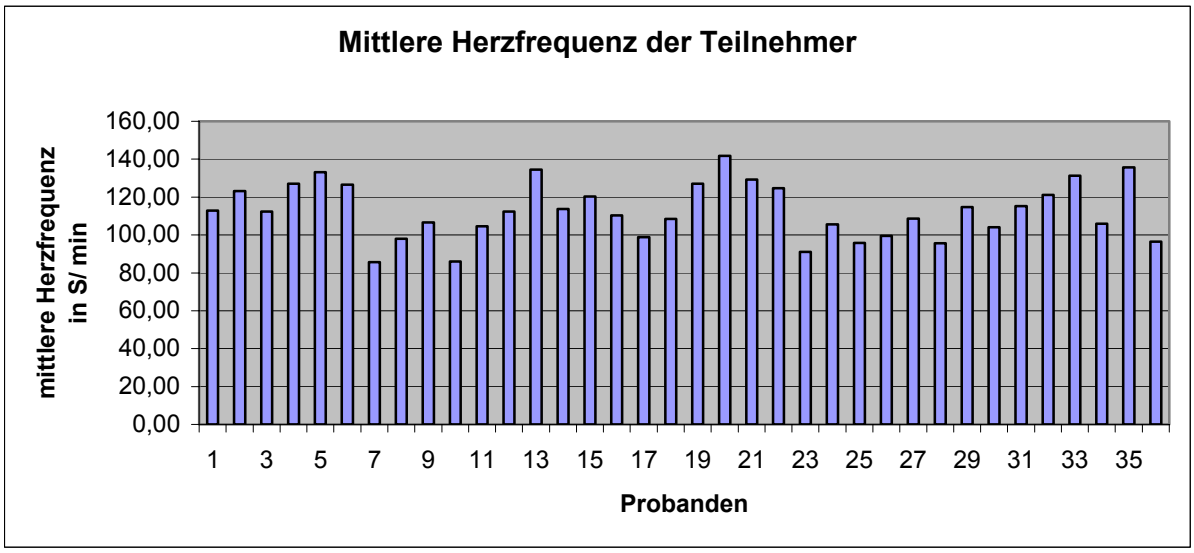


Diagramm 30: Mittlere Herzfrequenz aller Probanden des Feldtests „kurze Wanderung“

Aufgrund der regressiv ermittelten Ruheherzfrequenz und maximalen Herzfrequenz wurde die Auslastung der Herzfrequenzreserve berechnet. Sie lag im Durchschnitt bei 30,89 S/ min, bei einem Maximum von 74,10 S/ min und einem Minimum von 4,01S/ min.

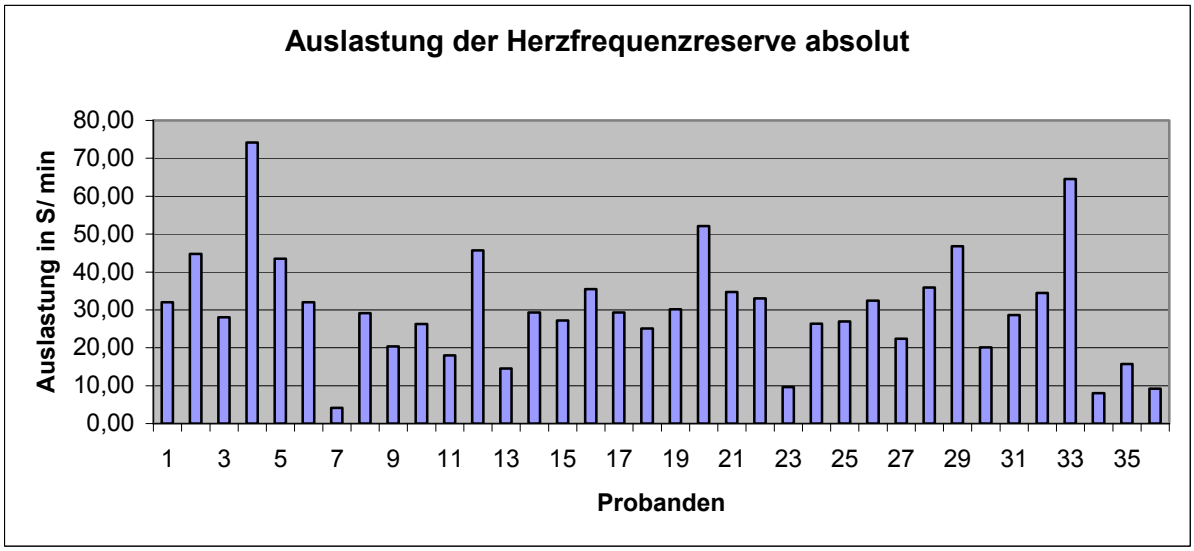


Diagramm 31: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „kurze Wanderung“

Der mittlere Blutglukosewert am Ende des Feldtests lag 6,9 mmol/l (124,63 mg/dl) und ist für die einzelnen Probanden im Diagramm 32 dargestellt.

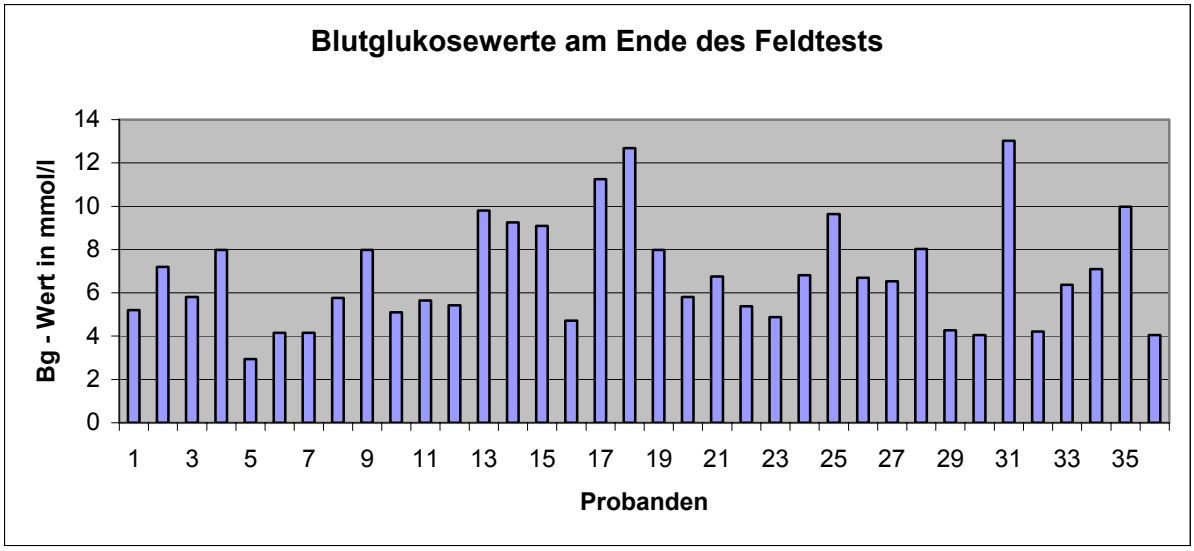


Diagramm 32: Blutglukosewert am Ende des Feldtests „kurze Wanderung“

Die durchschnittliche Abweichung des Blutglukosewertes am Ende des Feldtests zum Zielwert von 7,75 mmol/l (149 mg/dl) lag bei 0,85 mmol/l (15,37 mg/dl). Dabei waren die Blutglukosewerte von 12 Teilnehmern höher als der Zielblutglukosewert und von 24 Teilnehmern geringer als angestrebt. Die größte Abweichung vom Zielwert lag bei 5,26 mmol/l (95 mg/dl). Dieser Wert lag über dem Zielwert. Die geringste Abweichung vom Zielwert betrug 0,22 mmol/l (4 mg/ dl). Diese Annäherung wurde von 3 Probanden erreicht. Alle drei lagen über dem Zielwert. Bei einem weiteren Probanden lag die Abweichung bei 0,27 mmol/l (5 mg/ dl) (Diagramm 33).

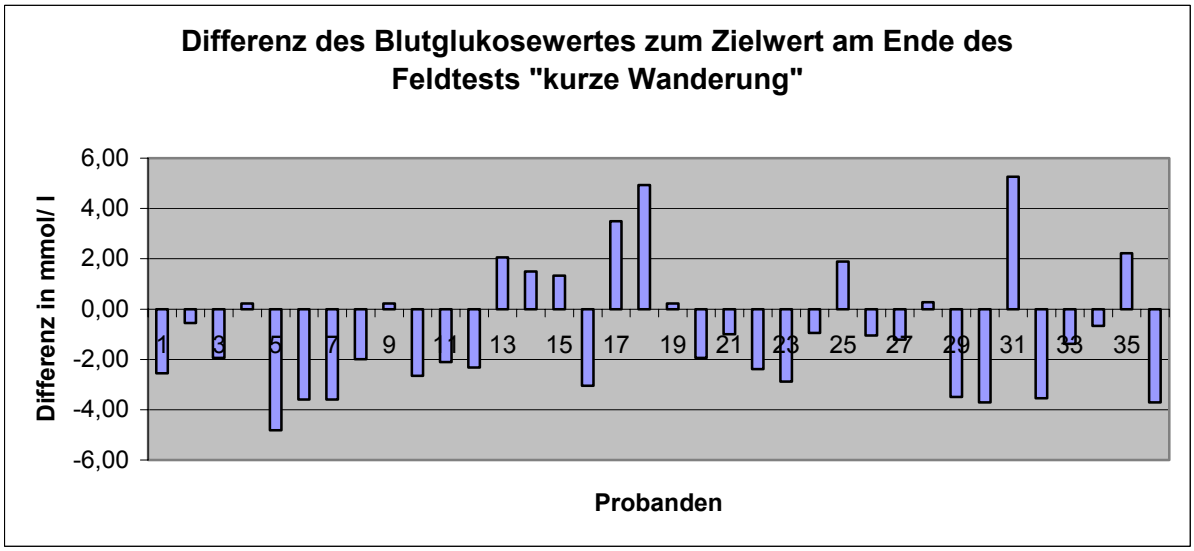


Diagramm 33: Differenz des BG – Wertes am Ende des Feldtests „ kurze Wanderung“ zum BG - Zielwert

Zur Vermeidung von Hypoglykämien wurde vor der sportlichen Aktivität die Insulindosis reduziert. Das Diagramm 34 zeigt in der Reihe 1 die durch das Therapieschema vorgegebene Insulindosis in IE und in Reihe 2 die tatsächlich injizierte Insulindosis.

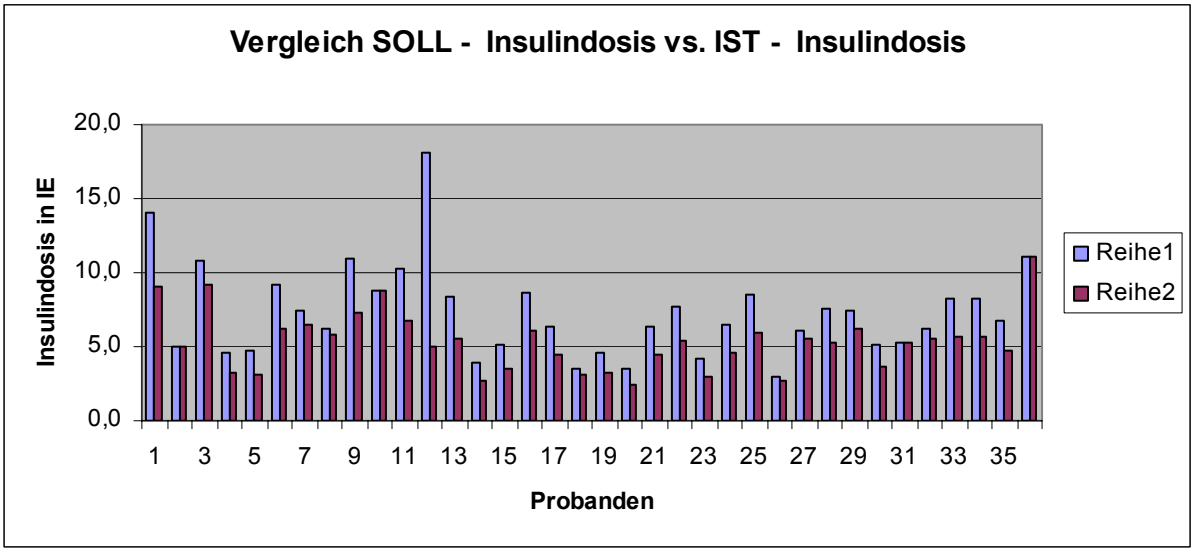


Diagramm 34: Vergleich Soll vs. Ist – Insulindosis beim Feldtest „kurze Wanderung“

Daraus ergab sich im Durchschnitt eine Insulindosisreduktion von 2,02 IE. Die höchste Insulindosisreduktion lag bei 13 IE. 4 Teilnehmer hingegen hatten ihre Insulindosis nicht reduziert. Für die Teilnehmer ergaben sich im Einzelnen folgende Insulindosisreduktionen (Diagramm 35). 4 Probanden passten ihre Insulindosis nicht der sportlichen Aktivität an.

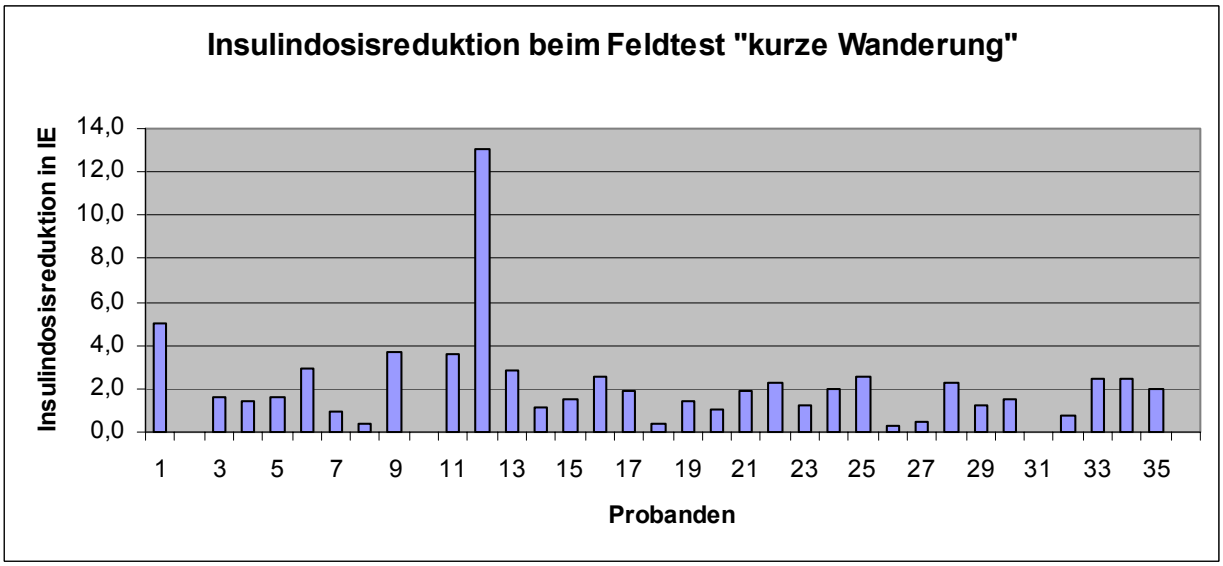


Diagramm 35: Insulindosisreduktion beim Feldtest „kurze Wanderung“

Aufgrund von auftretenden Hypoglykämien während der sportlichen Aktivitäten wurden bei 21 Teilnehmern die Gabe von Zusatz - BE notwendig. Insgesamt wurden während des Untersuchungszeitraumes bei diesem Feldtest 51 hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE verabreicht. Dies entspricht einer durchschnittlichen Zusatz - BE Gabe von 2,4 BE je Teilnehmer. Das Maximum der BE – Gabe lag bei 5,0 Zusatz - BE, das Minimum bei 0,5.

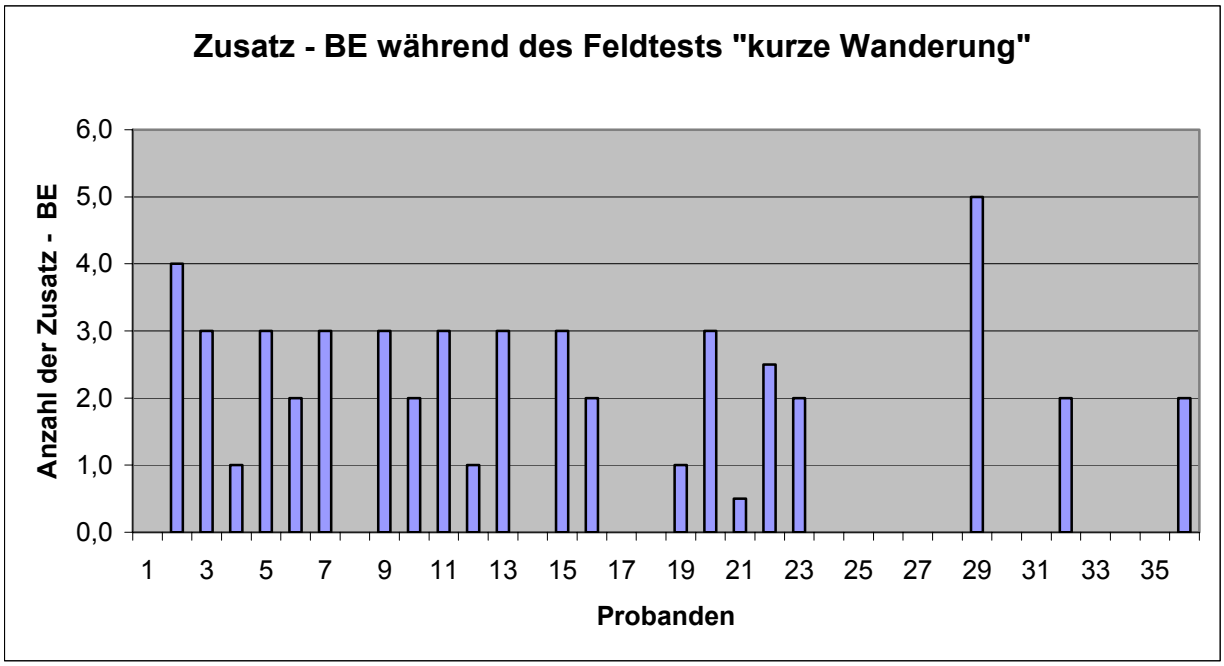


Diagramm 36: Zusatz – BE Gabe beim Feldtest „kurze Wanderung

Die berechnete durchschnittliche IDE lag für die Dauer des Feldtests „kurze Wanderung“ bei 3,22 IE, was einer einstündigen IDE von 2,92 IE entspricht. Das Maximum erreichte ein Teilnehmer mit einer IDE von 6,48 IE, das IDE - Minimum lag bei 0,8 IE.

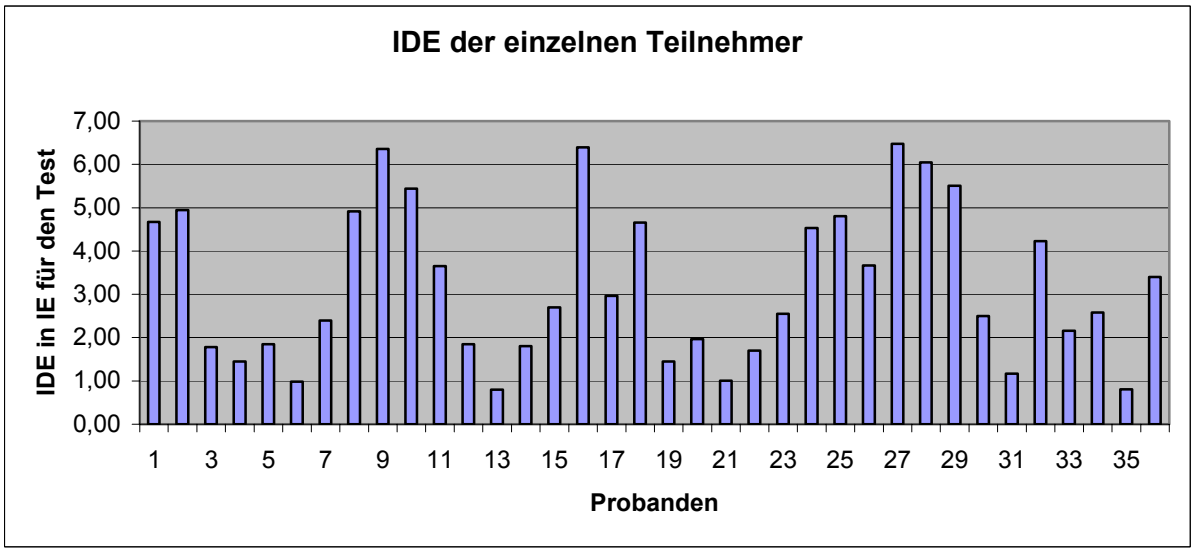


Diagramm 37: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „kurze Wanderung“

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtests „kurze Wanderung“

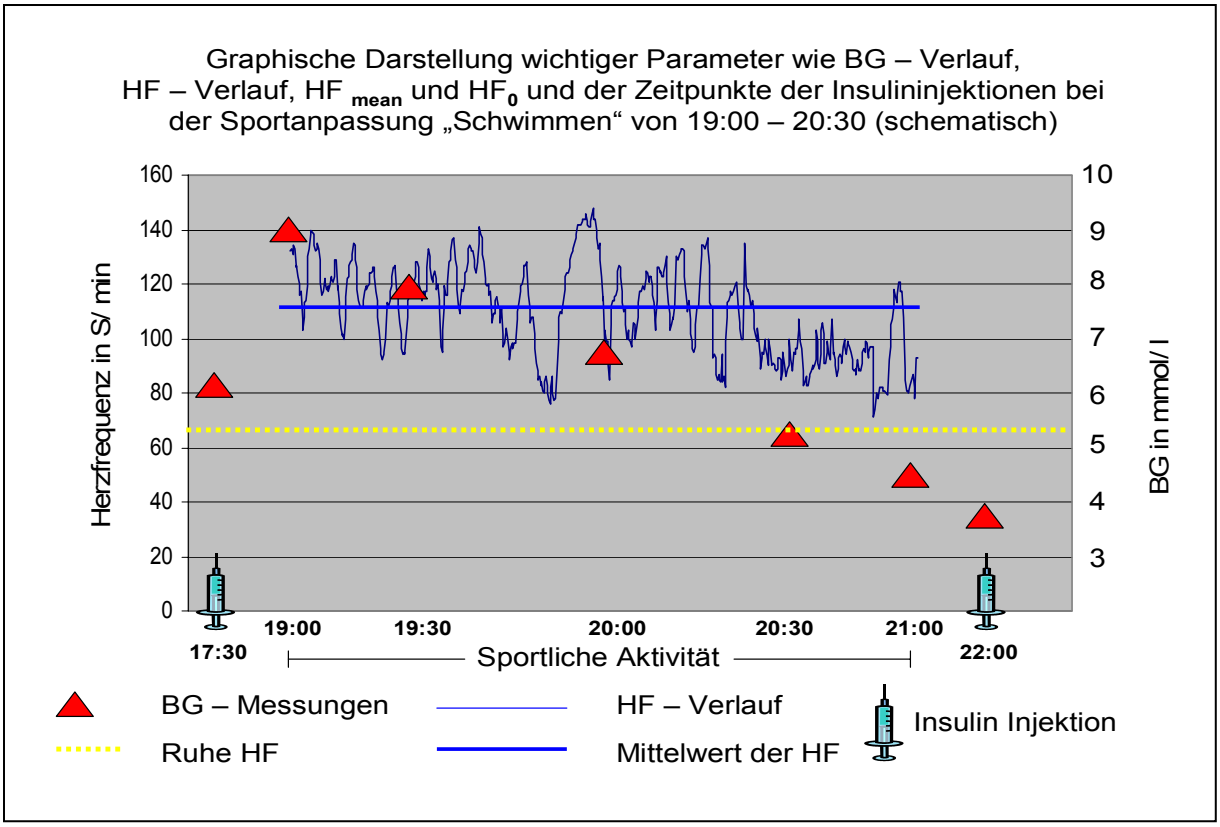
Tabelle 66: Zusammenfassung der Daten des Feldtests „kurze Wanderung“

Variable	**Mittelwert**	**SD ±**	**Minimum**	**Maximum**
Anzahl der Teilnehmer	N = 36			
mittlere Herzfrequenz in S/ min	113,19	20,52	86,01	141,75
Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min	30,89	17,97	74,10	4,01
Blutglukosewert am Ende des Feldtest in mmol/l (mg/ dl)	6,9 (124,63)	2,48	2,93 (52,9)	13,01 (234,8)
Differenz der Blutglukosewerte zum Zielwert in mmol/ l (mg/dl)	0,85 (15,34)	2,48	-5,26* (95,0)*	4,81 (85,0)
Vergleich Soll – Insulindosis IE Ist – Insulindosis in IE	 7,18 5,16	 3,10 1,98	 2,95 2,41	 18,1 11,1
Insulindosisreduktion in IE	2,02	2,21	0,0	13,0
Zusatz - BE in BE Einheiten	2,4	1,23	0,5	5,0
IDE in IE	3,22	1,79	0,8	6,48

* lag unter dem Zielblutglukosewert

3.2.5.2 Darstellung der Urdaten des Feldtests „Schwimmen“

Der Feldtest „Schwimmen“ fand jeden Mittwoch in der Zeit von 19:00 – 20:30 Uhr mit Probanden des Diabetes - Zentrums Mergentheim statt. Zum Abendessen wurde um 17:00 der Blutglukosespiegel gemessen und die Insulindosis an die sportliche Aktivität angepasst. Zu Beginn wurde der Blutglukosespiegel gemessen und die Aufzeichnung der Herzfrequenz begann. Mindestens einmal während der sportlichen Aktivität wurde der Blutglukosespiegel gemessen und bei Bedarf Zusatz – BE gegeben. Nach der sportlichen Aktivität gegen 21:00 Uhr wurde die Herzfrequenzaufzeichnung beendet und nochmals der Blutglukosespiegel gemessen. Um den durch den Auffülleffekt bedingten Blutglukoseabfall zu kontrollieren, wurde vor dem zu - Bett - Gehen nochmals der Blutglukosespiegel gemessen. Der schematische Verlauf der Datenerhebung ist in Grafik 2 dargestellt.



Grafik 2: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „Schwimmen“

An diesem Feldtest nahmen insgesamt 24 Probanden teil, von denen jeweils die Hälfte männlich bzw. weiblich war. Von den 24 Probanden wurden 8 in die Fitnessstufe 1, 10 in die Fitnessstufe 2 und 6 in die Fitnessstufe 3 eingeordnet.

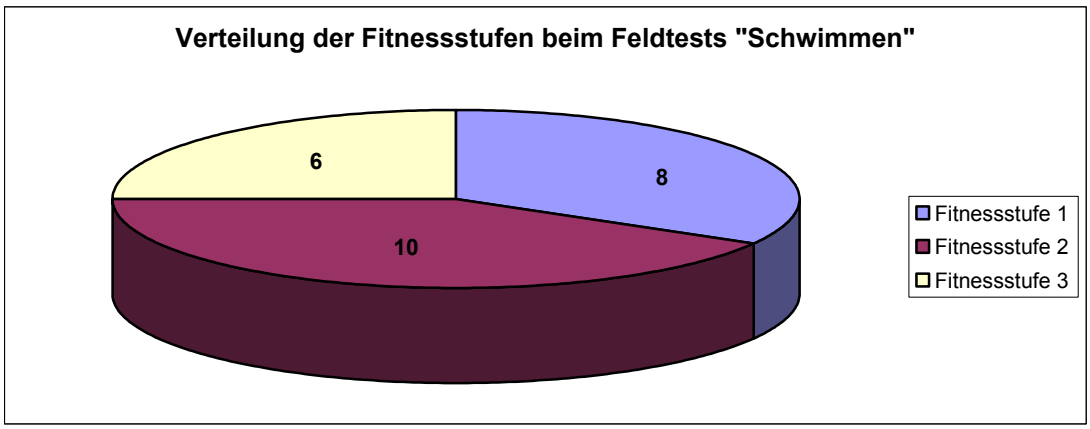


Diagramm 38: Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „Schwimmen“

Die mittlere Herzfrequenz aller Teilnehmer während dieses Feldtest betrug 123,87 S/ min, wobei ein Proband das Maximum von 158,50 S/ min erreichte. Die geringste mittlere Herzfrequenz lag bei 88,81 S/ min.

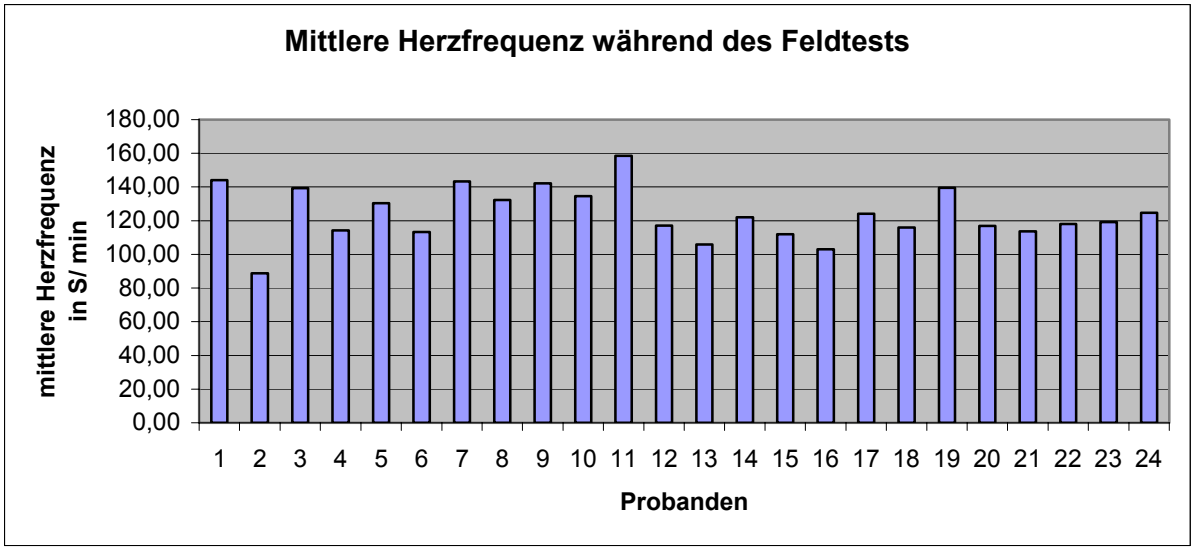


Diagramm 39: Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „Schwimmen“

Auf Basis der regressiv ermittelten Ruheherzfrequenz und maximalen Herzfrequenz wurde die Auslastung der Herzfrequenzreserve berechnet. Sie lag im Mittel bei 41,78 S/min, bei einem Maximum von 77,61 S/ min bzw. einem Minimum von 10,37 S/min (Diagramm 40).

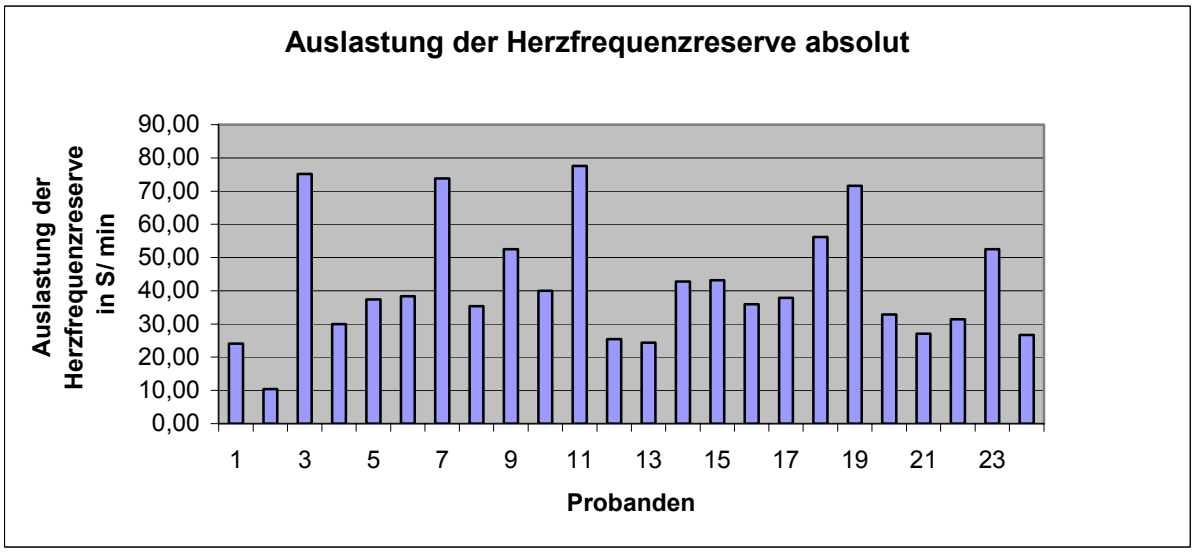


Diagramm 40: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „Schwimmen“

Der mittlere Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität lag bei 6,17 mmol/ l (111,42 mg/ dl). Der höchste Wert wurde mit 12,63 mmol/l (228 mg/ dl), der geringste Wert mit 2,71 mmol/ l (49 mg/ dl) erreicht (Diagramm 41).

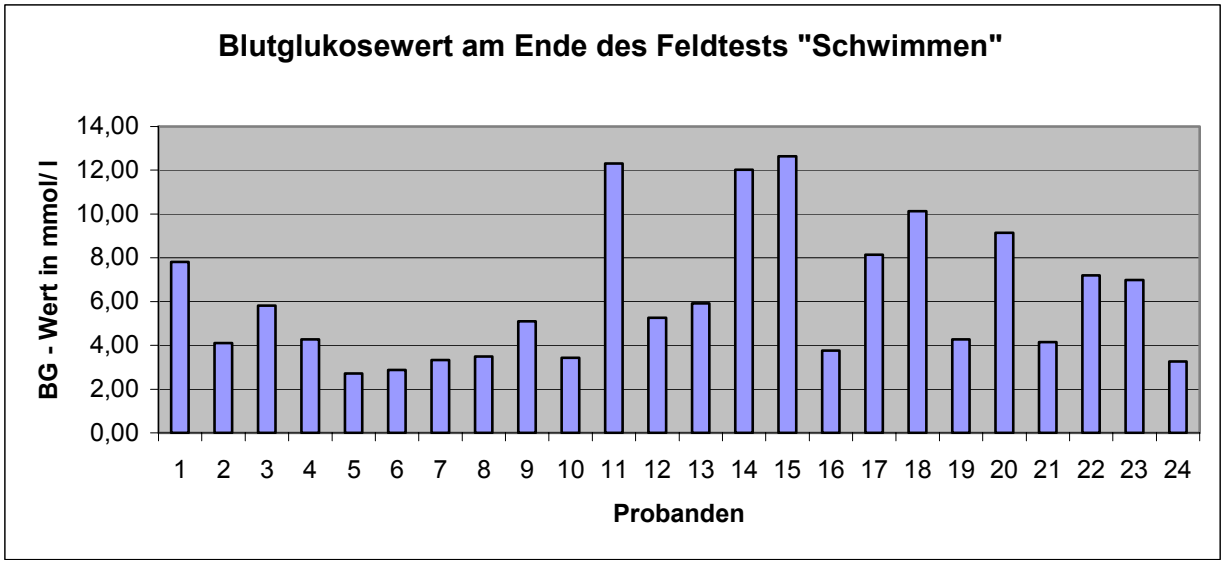


Diagramm 41: Blutglukosewert am Ende des Feldtests „Schwimmen“

Die Blutglukosedifferenz am Ende lag im Mittel bei 1,6 mmol/ L (28 mg/ dl) bei einer maximalen Abweichung vom Zielwert von 5,0 mmol/ l (91 mg/ dl). Dieser Blutglukosewert lag unter dem Zielwert und entsprach einem Blutglukosewert von 2,7 mmol/l (49 mg/ dl). Die größte Überschreitung des Zielwertes lag bei 4,8 mmol/ l (88 mg/ dl), was einen Blutglukosewert von 12,6 mmol/ l (228 mg/dl) entsprach (Diagramm 42) .

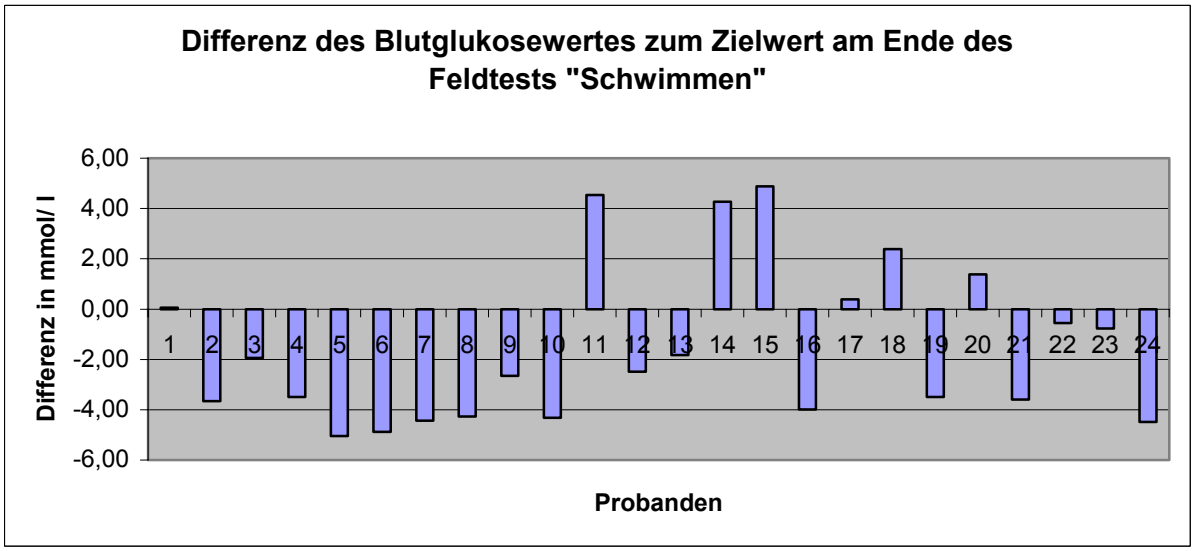


Diagramm 42: Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „Schwimmen“

Die empfohlene Insulinreduktion vor der sportlichen Aktivität „Schwimmen“ wurde von allen Probanden durchgeführt. Im Diagramm 43 ist die SOLL – Insulindosis (lt. Therapieschema) in der Datenreihe 1 der tatsächlich injizierten Insulindosis, Datenreihe 2, gegenübergestellt. Die Soll – Insulindosis lag im Mittel bei 7,64 IE, die Ist - Insulindosis nach der Reduktion bei

4,14 IE. Die Maxima beider Vergleichswerte lagen bei 13,17 IE vs. 8,5 IE, die Minima bei 4,5 IE vs. 1,75 IE.

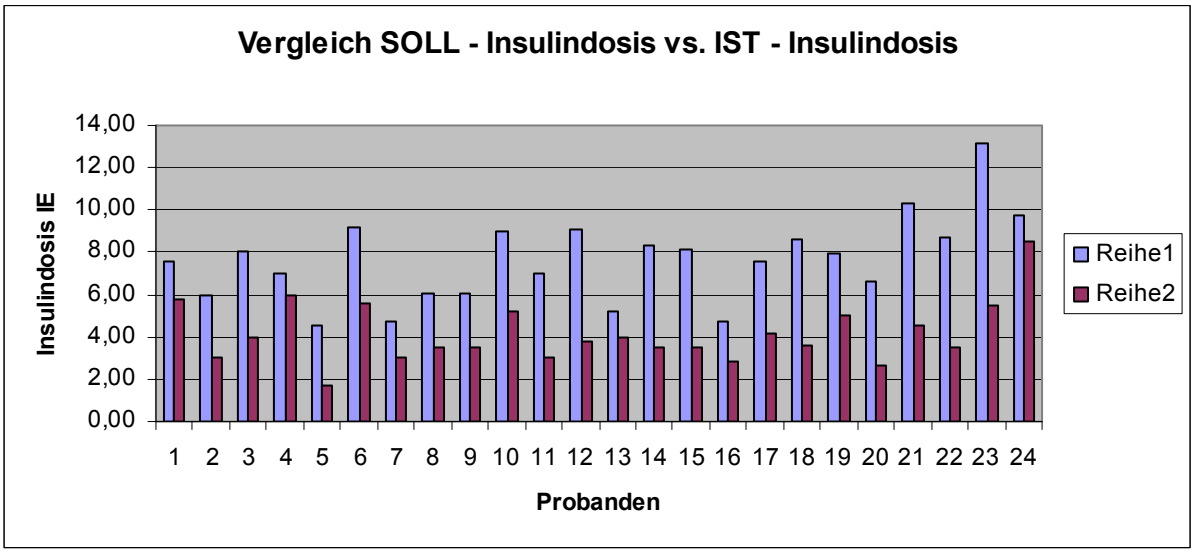


Diagramm 43: Vergleich der Soll - Insulindosis vs. Ist – Insulindosis in IE

Aus der Anpassung der Insulindosis an die sportliche Aktivität ergab sich eine Insulindosisreduktion. Sie lag im Mittelwert aller teilnehmenden Probanden bei 3,49 IE. Dies entsprach einer 45,5%-igen Reduktion der Insulindosis. Das Maximum der Insulinreduktion lag bei 7,67 IE, das Minimum bei 1 IE (Diagramm 44).

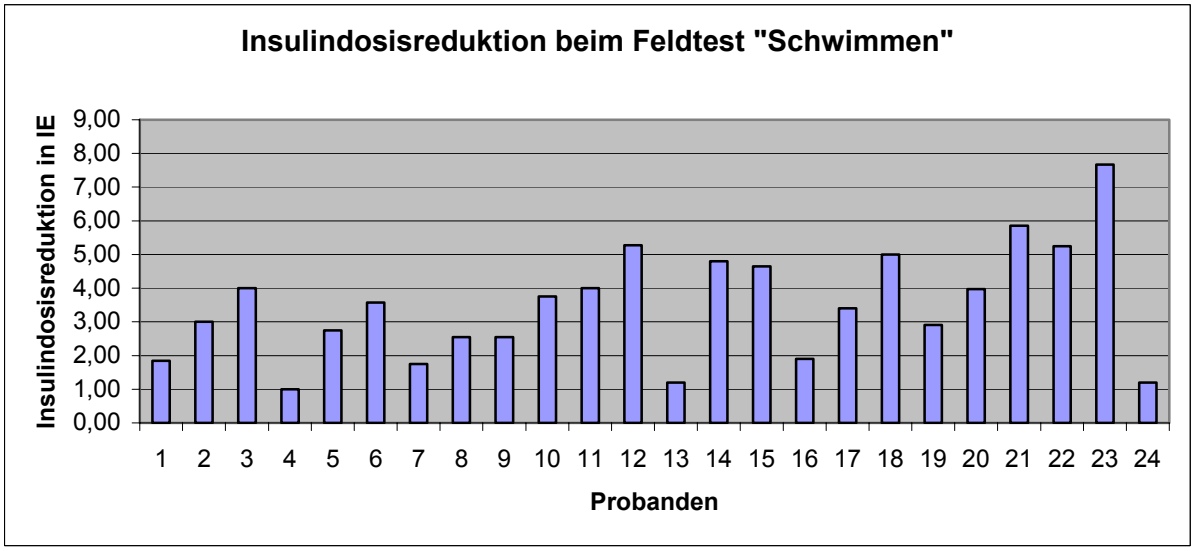


Diagramm 44: Insulindosisreduktion beim Feldtest „ Schwimmen“.

Trotz der Insulindosisanpassung mussten während des Feldtests „Schwimmen“ noch hypoglykämisch bedingte Zusatz - BE gegeben werden. Im Durchschnitt benötigten die

Probanden 2,1 Zusatz - BE. Das Maximum an Zusatz - BE lag bei 4, 9 Teilnehmer dagegen benötigten keine Zusatz - BE.

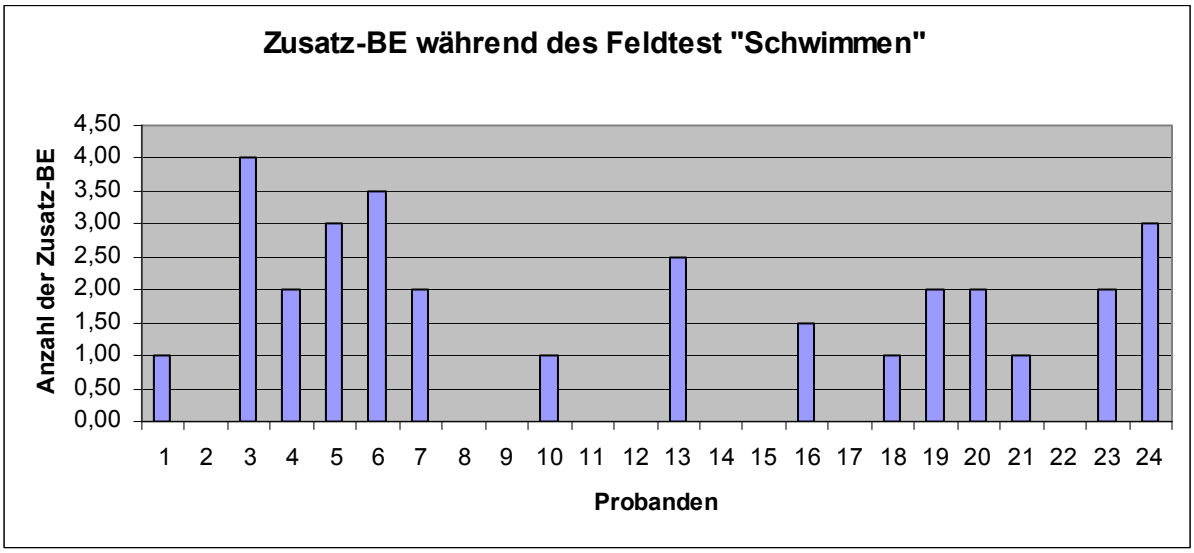


Diagramm 45: Hypoglykämisch bedingte Zusatz - BE beim Feldtest „Schwimmen“

Die berechnete durchschnittliche IDE für die Probanden während der gesamten Dauer des Feldtests „Schwimmen“ lag bei 3,7 IE. Die maximale IDE erreichte ein Proband mit 7,4 IE, die minimale IDE lag bei 0,8 IE (Diagramm 46).

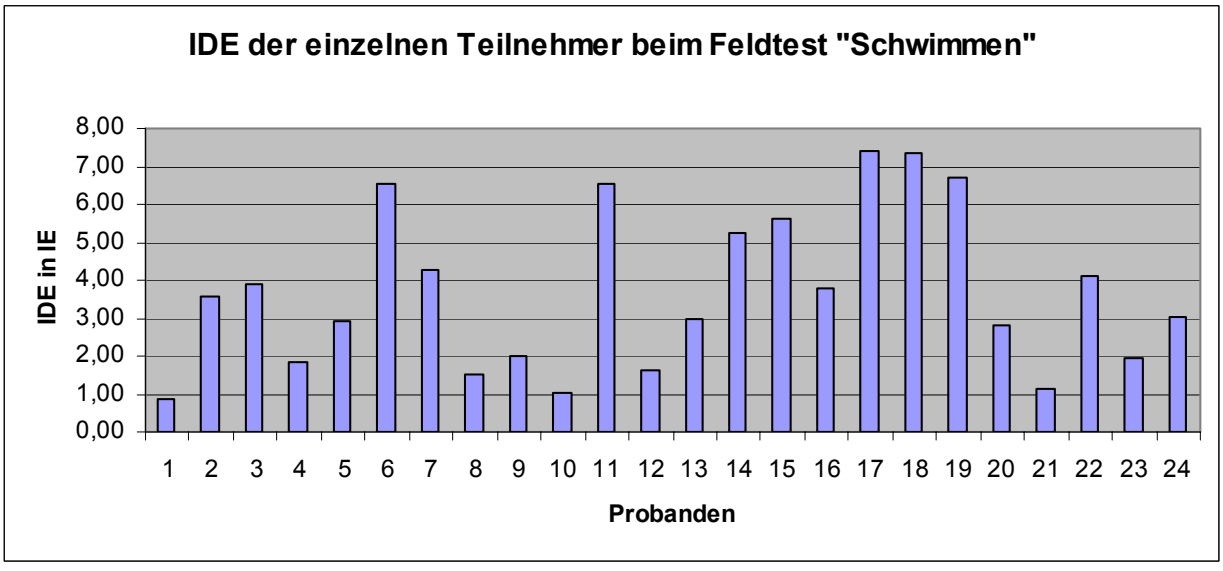


Diagramm 46: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „Schwimmen“

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtest „Schwimmen

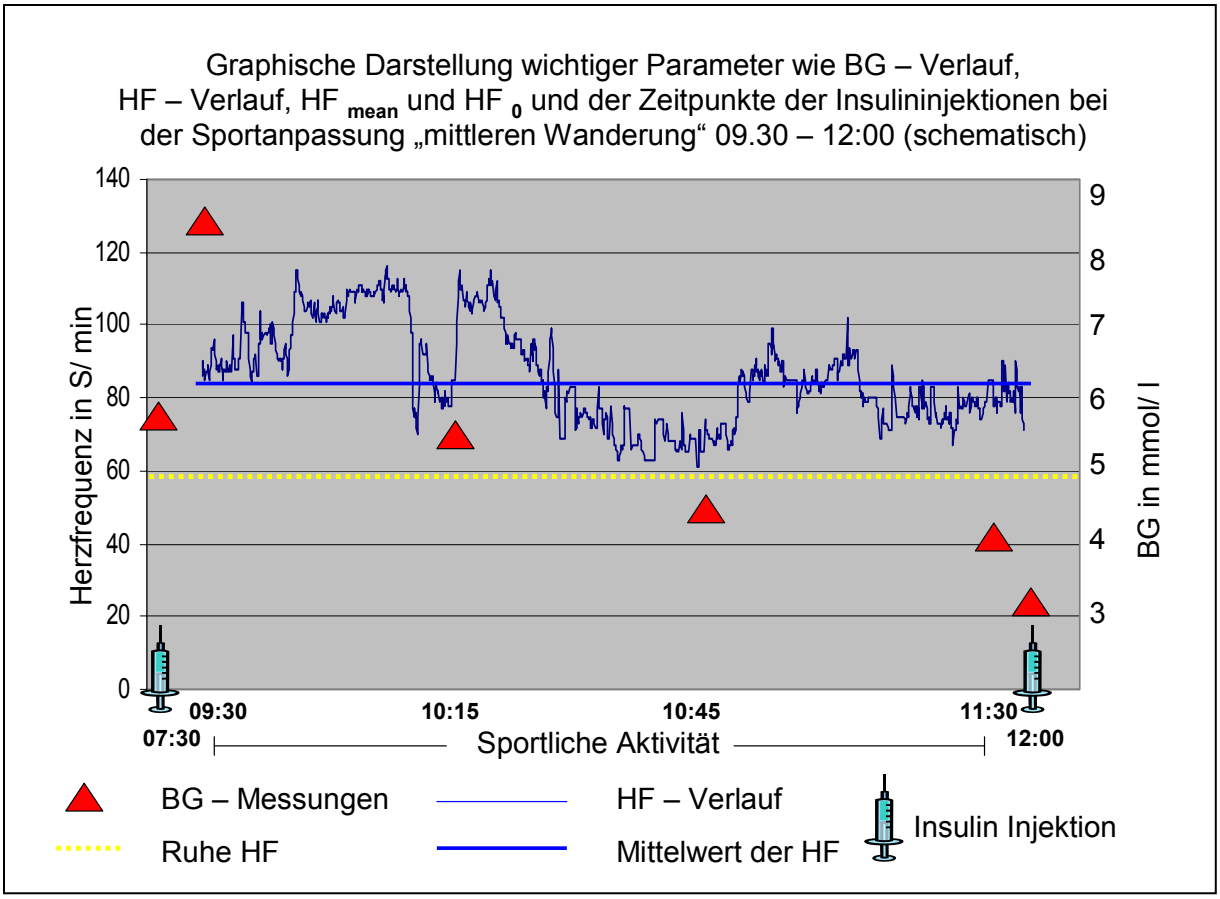
Tabelle 67: Zusammenfassung der Daten des Feldtest „Schwimmen“

Variable	**Mittelwert**	**SD ±**	**Minimum**	**Maximum**
Anzahl der Teilnehmer	N = 24			
mittlere Herzfrequenz in S/ min	123,87	15,72	88	158
Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min	41,78	18,07	10,37	77,61
Blutglukosewert am Ende des Feldtests in mmol/l (mg/ dl)	6,17 (111,4)	3,12 (56,32)	2,71 (49)	12,36 (228)
Differenz der Blutglukosewerte zum Zielwert in mmol/ l (mg/dl)	1,58 (28,58)	3,12 (56,32)	- 5,04* (91)	4,88 (88)
Vergleich Soll – Insulindosis in IE Ist – Insulindosis in IE	 7,64 4,14	 2,02 1,44	 4,50 1,75	 13,17 8,5
Insulindosisreduktion in IE	3,49	1,66	1,00	7,67
Zusatz - BE in BE Einheiten	2,10	0,95	1,0	4,0
IDE in IE	3,70	2,10	0,86	7,40

*lag unter dem Zielblutglukosewert

3.2.5.3 Darstellung der Urdaten des Feldtests „mittlere Wanderung“

Der Feldtest „mittlere Wanderung“ fand jeden Mittwoch in der Zeit von 09:30 – 12:00 Uhr im Diabetes Zentrum Mergentheim statt. Zu Beginn, während und nach der sportlichen Aktivität wurden die Daten gemessen. Der schematische Verlauf der Datenerhebung ist in Grafik 3 dargestellt. Die Vorbereitung auf die sportliche Aktivität begann um 07:30 Uhr mit der Blutglukosemessung und der Insulindosisreduktion, mit einer weiteren Blutglukosemessung vor der sportlichen Aktivität sowie mehreren Blutglukosemessungen und bei Bedarf auch von Zusatz - BE Gaben während der sportlichen Aktivität. Die sportliche Aktivität endete um 12:00 Uhr mit der Blutglukosemessung und der Injektion der Insulindosis zum Mittagessen, gemäß dem Therapieschema des Patienten. Aufgrund des bekannten Auffülleffekts wurde der Blutglukosespiegel auch am Nachmittag kontrolliert.



Grafik 3: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „mittlere Wanderung“

An diesem Feldtest „mittlere Wanderung“ nahmen insgesamt 13 Probanden teil, davon waren 7 männlich und 6 weiblich. Von den 13 Teilnehmern wurden 5 in die Fitnessstufe 1 und jeweils 4 in die Fitnessstufe 2 und 3 eingeordnet.

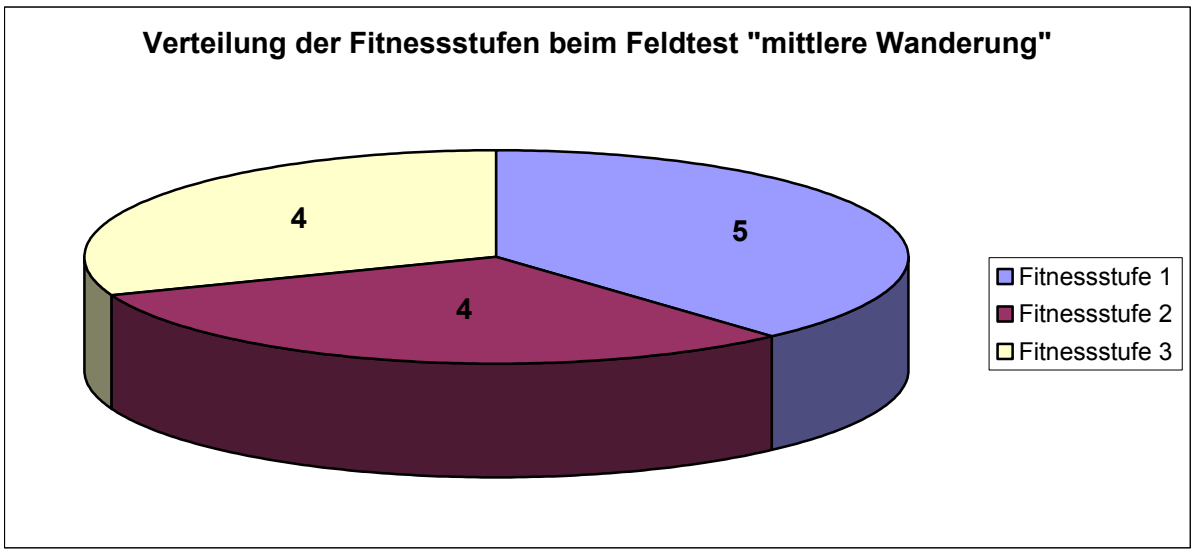


Diagramm 47: Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „mittlere Wanderung“

Die mittlere Herzfrequenz aller Teilnehmer diese Feldtests lag bei 111,86 S/ min. Das Maximum der Herzfrequenz bei diesem Feldtest lag bei 134,5 S/ min und das Minimum wurde mit einer Herzfrequenz von 85,67 S/ min erreicht. Die mittleren Herzfrequenzwerte aller Probanden ist im Diagramm 48 dargestellt.

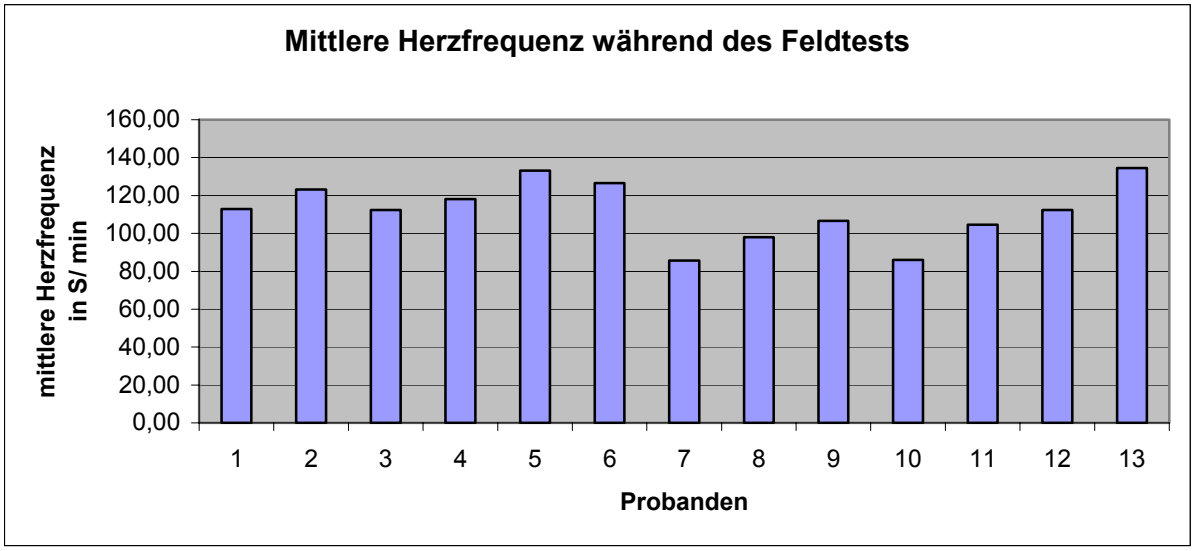


Diagramm 48: Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „mittlere Wanderung“

Auf Basis der individuell regressiv ermittelten Ruheherzfrequenz und maximalen Herzfrequenz wurde die Auslastung der Herzfrequenzreserve bei diesem Feldtest berechnet. Sie lag im Mittel bei 27,68 S/ min, was einer Auslastung von 28,76 % entspricht. Die höchste Auslastung der Herzfrequenzreserve lag bei 45,69 S/ min, die geringste bei 4,17 S/ min (Diagramm 49).

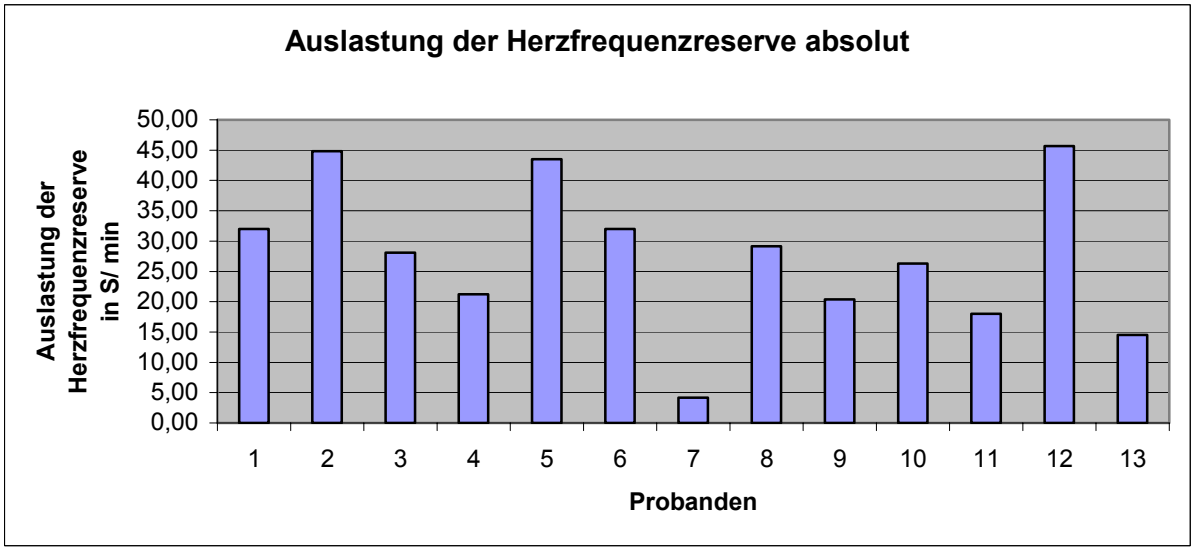


Diagramm 49: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „mittlere Wanderung“

Der mittlere Blutglukosewert am Ende des Feldtests lag im Durchschnitt bei 5,99 mmol/ l (108,15 mg/ dl). Der höchste Wert wurde mit 9,81 mmol/ l (177 mg/ dl), der geringste mit 2,94 mmol/l (53 mg/ dl) erreicht. Die Blutglukosewerte am Ende der sportlichen Aktivität sind im Diagramm 50 dargestellt.

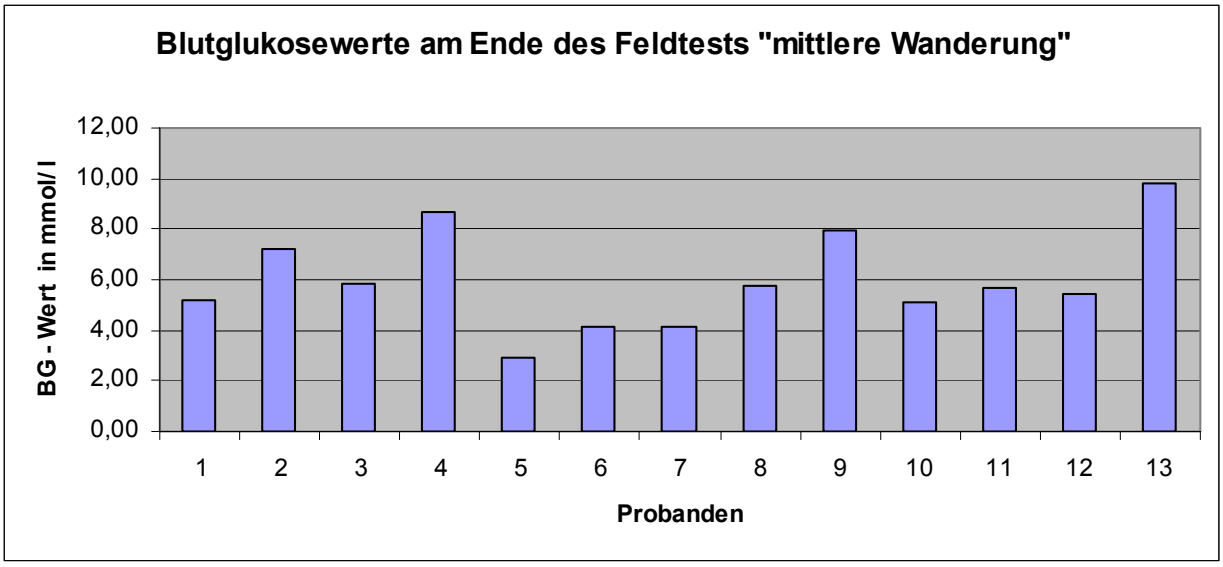


Diagramm 50: Blutglukosewert am Ende des Feldtests „mittlere Wanderung“

Die Blutglukosedifferenz am Ende des Feldtests lag im Mittel 1,76 mmol/ l (31,85 mg/ dl) unter dem Zielblutglukosewert. Dabei hatten 10 Probanden einen geringeren Blutglukosewert und 3 Probanden einen höheren Blutglukosewert als der angestrebte Zielwert. Die größte Überschreitung des angestrebten Zielblutglukosewertes lag bei 2,05 mmol/l (37 mg/ dl), die höchste Unterschreitung bei 4,82 mmol/ l (87 mmol/l), was einem tatsächlichen Blutglukosespiegel von 9,81 mmol/ l (177mg/ dl) bzw. 2,94 mmol/ l (53mg/ dl) entspricht.

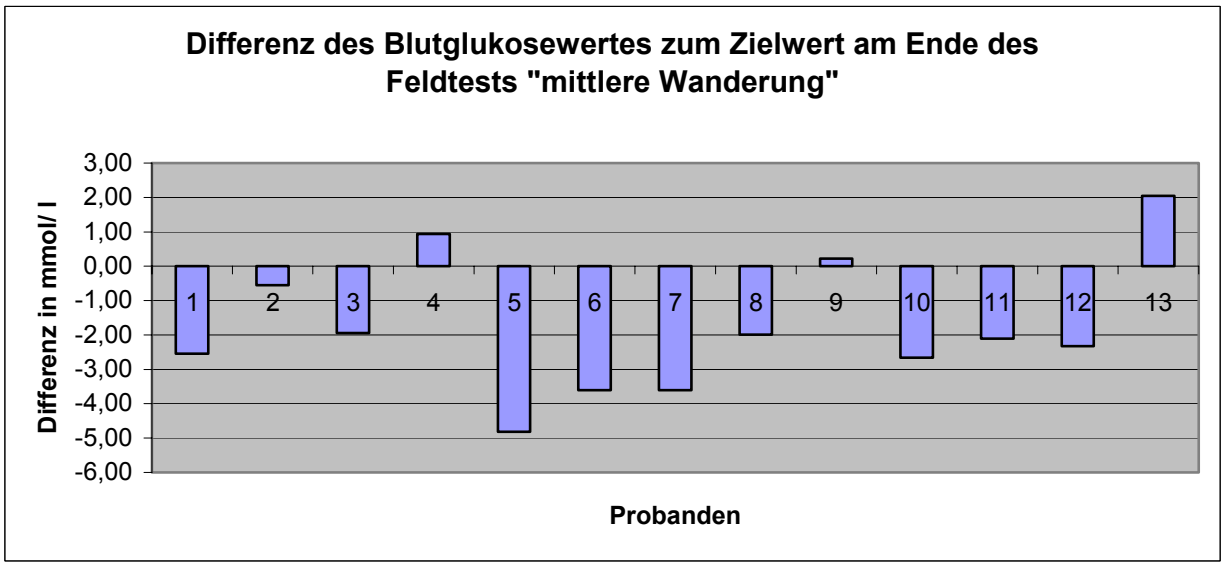


Diagramm 51: Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „mittlere Wanderung“

Die empfohlene Insulinreduktion vor dem Feldtest „mittlere Wanderung“ wurde von 11 Probanden durchgeführt. Zwei Probanden passten ihre Insulindosis nicht an die sportliche Aktivität an. Das Diagramm 52 zeigt den Vergleich der Soll – Insulindosis (lt. Therapieschema) in Reihe 1 und der tatsächlich injizierten Insulindosis in Reihe 2. Die Soll – Insulindosis lag im Mittel bei 9,4 IE, die tatsächlich injizierte Insulindosis bei 6,45 IE.
Die Maxima beider Vergleichswerte lagen bei 18,05 IE vs. 9,23IE und die Minima bei 4,75 IE vs. 3,18 IE.

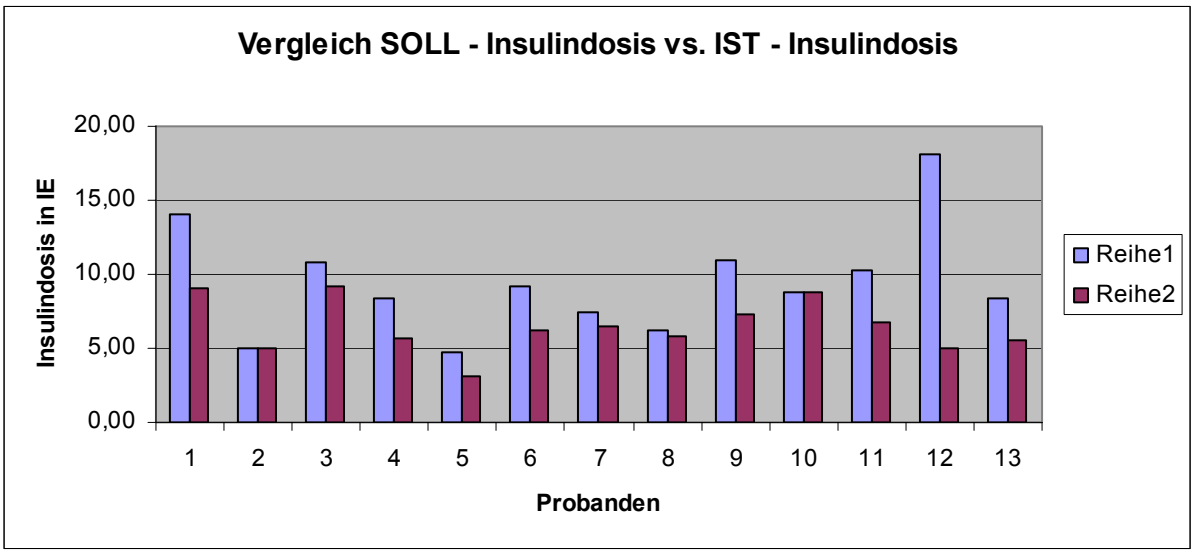


Diagramm 52: Vergleich Soll – Insulindosis vs. Ist - Insulindosis in IE b. Feldtest „mittlere Wanderung“

Aus der Anpassung der Insulindosis an die sportliche Aktivität ergab sich eine mittlere Insulindosisreduktion aller Probanden von 2,95 IE. Dies entsprach einer 31,4 %-igen Reduktion der Insulindosis. Das Maximum der Insulindosisreduktion lag bei 13,3 IE, das Minimum der Probanden, die ihre Insulindosis an die sportliche Aktivität angepasst hatten, bei 1,58 IE. Zwei Probanden hatten ihre Insulindosis nicht reduziert.

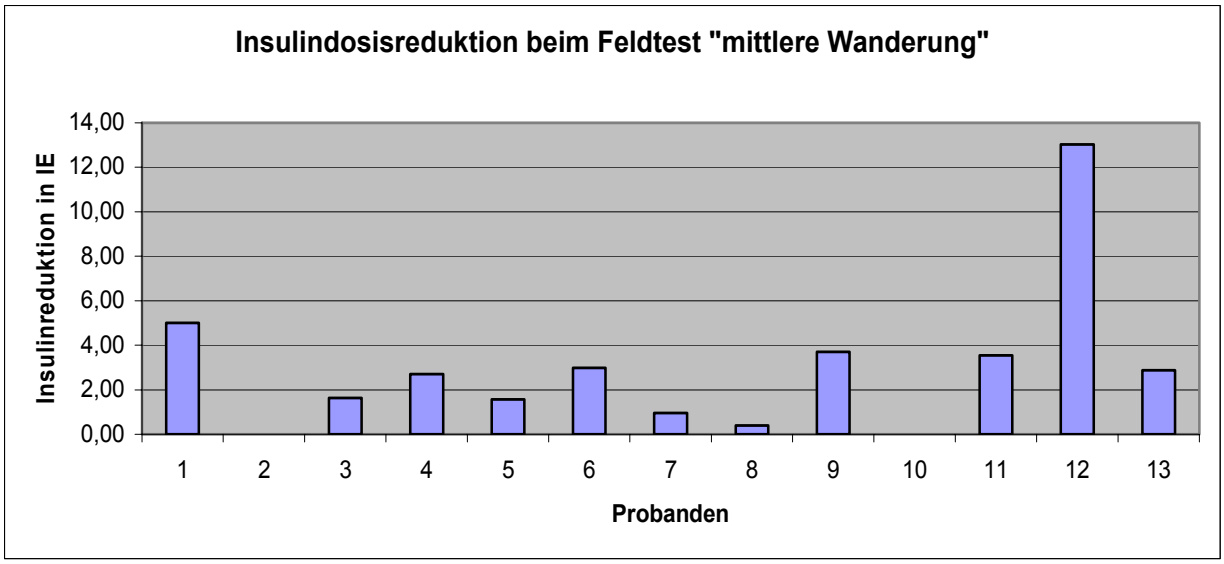


Diagramm 53: Insulindosisreduktion in IE beim Feldtest „mittlere Wanderung“

Trotz der Insulindosisreduktion mussten während des Feldtests „mittlere Wanderung“ noch hypoglykämisch bedingte Zusatz - BE gegeben werden. Im Durchschnitt benötigten die Probanden 2,2 Zusatz - BE. Das Maximum verabreichter Zusatz – BE lag bei 4 BE, zwei Probanden benötigten keine zusätzlichen BE.

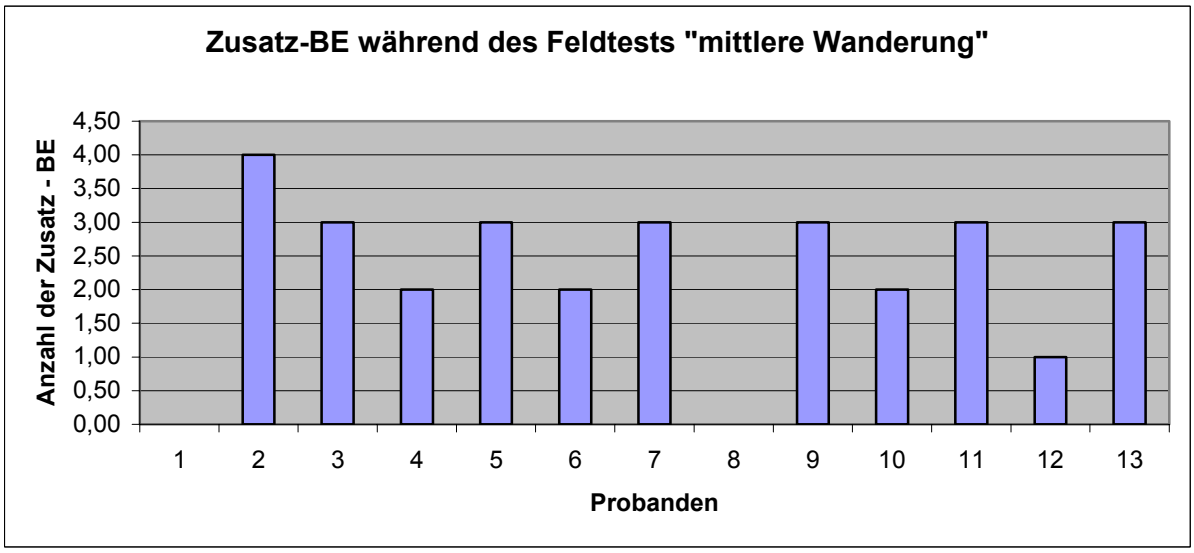


Diagramm 54: Hypoglykämisch bedingte Zusatz - BE beim Feldtest „mittlere Wanderung“

Die berechnete durchschnittliche IDE während der gesamten Dauer des Feldtests „mittlere Wanderung“ lag bei 3,15 IE. Die maximale IDE erreichte ein Proband mit 6,36 IE, die minimale IDE lag bei 0,80 IE (Diagramm 55).

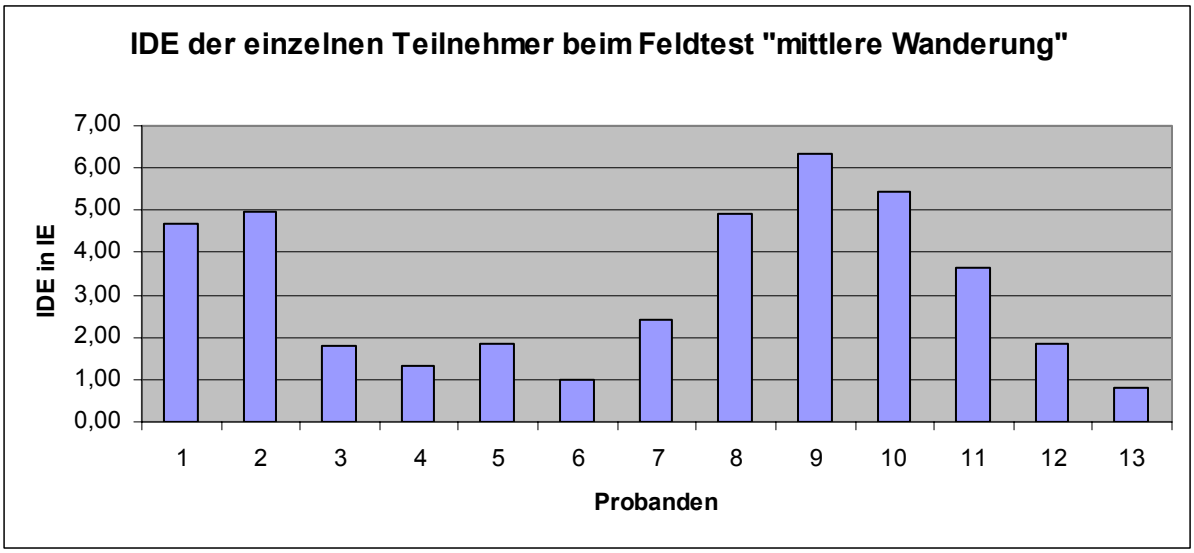


Diagramm 55: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „mittlere Wanderung“

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtests „mittlere Wanderung“

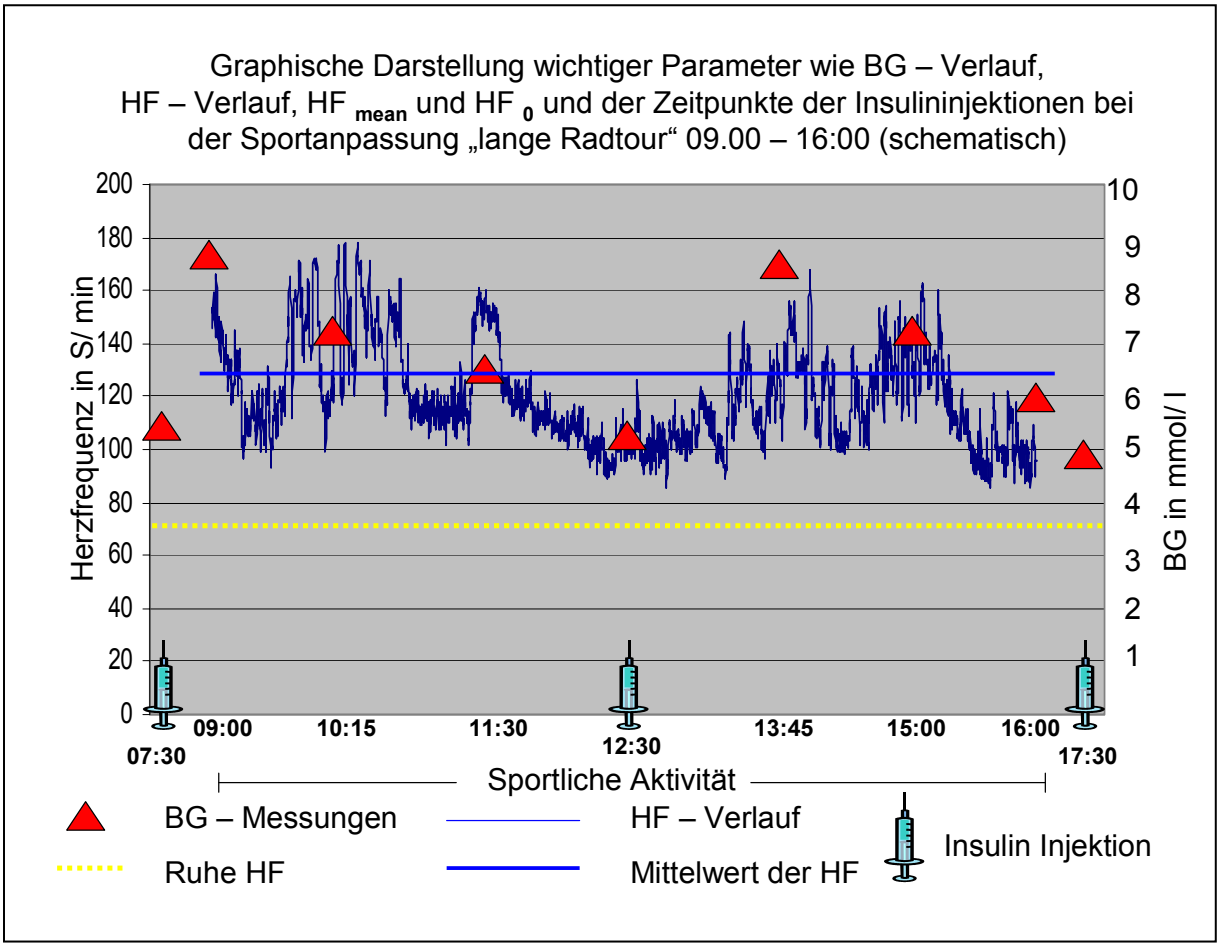
Tabelle 68: Zusammenfassung der Daten des Feldtest „mittlere Wanderung“

Variable	**Mittelwert**	**SD ±**	**Minimum**	**Maximum**
Anzahl der Teilnehmer	n= 13			
mittlere Herzfrequenz in S/ min	111,86	15,75	85,67	134,50
Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min	27,68	12,33	4,17	45,69
Blutglukosewert am Ende des Feldtests in mmol/l (mg/ dl)	5,99 (108,15)	1,94 (35,07)	2,94 (53)	9,81 (177)
Differenz der Blutglukosewerte zum Zielwert in mmol/ l (mg/dl)	-1,76* (-31,85)*	1,94 (35,07)	- 4,82* (- 87)*	2,05 (37)
Vergleich Soll – Insulindosis in IE Ist – Insulindosis in IE	 9,40 6,45	 3,65 1,76	 4,75 3,18	 18,05 9,23
Insulindosisreduktion in IE	2,95	3,39	0,00	13,03
Zusatz - BE in BE Einheiten	2,23	1,24	0,0	4,0
IDE in IE	3,15	1,91	0,80	6,36

* lag unter dem Zielblutglukosewert

3.2.5.4 Darstellung der Urdaten des Feldtests „lange Radtour“

Die lange Radtour fand in der Zeit von 09:00 – 16:00 Uhr an der Inselklinik Haus „Gothensee“ statt. Zum Frühstück um 07:30 Uhr wurde der Blutglukosespiegel gemessen und 5 der 10 Probanden passten ihre Insulindosis an die sportliche Aktivität an. Vor Beginn der Radtour um 09:00 Uhr wurde nochmals der Blutglukosespiegel gemessen sowie während der Radtour gegen 10:15 und 11:30 Uhr. Gegen 12:30 wurde der Blutglukosespiegel erneut gemessen, die Mittagsbolusinsulindosis gespritzt und zu Mittag gegessen, was zu einem Abfall der Herzfrequenz und zu einem Anstieg des Blutglukosespiegels am Nachmittag führte. Auf der Rückfahrt zur Klinik wurde ebenfalls noch zweimal der Blutglukosespiegel gegen 13:45 bzw. 15:00 Uhr gemessen. Um 16:00 Uhr, am Ende der Radtour, erfolgte wiederum eine Messung. Um 17:30 Uhr wurde wiederum der Blutglukosespiegel gemessen und die Bolusinsulindosis zum Abendessen gespritzt. Der exemplarische Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „lange Radtour“ ist in der Grafik 4 dargestellt.



Grafik 4: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „lange Radtour“

An diesem Feldtest „lange Radtour“ nahmen 10 Probanden teil, wovon 8 männlich und 2 weiblich waren. Von den 10 Probanden wurde einer in die Fitnessstufe 1, sechs in die Fitnessstufe 2 und drei in die Fitnessstufe 3 eingeordnet (Diagramm 56).

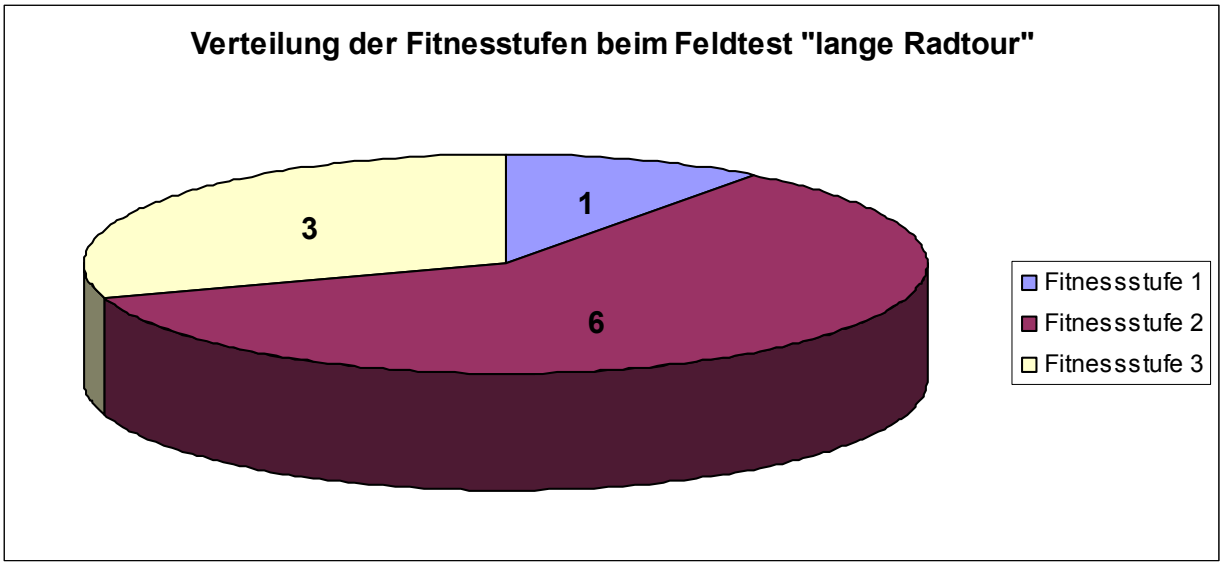


Diagramm 56: Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „lange Radtour“

Die mittlere Herzfrequenz aller Teilnehmer bei diesem Feldtest lag bei 146,6 S/ min, wobei die maximale mittlere Herzfrequenz mit 168,4 S/ min und die minimale mittlere Herzfrequenz mit 124,0 S/ min erreicht wurde.

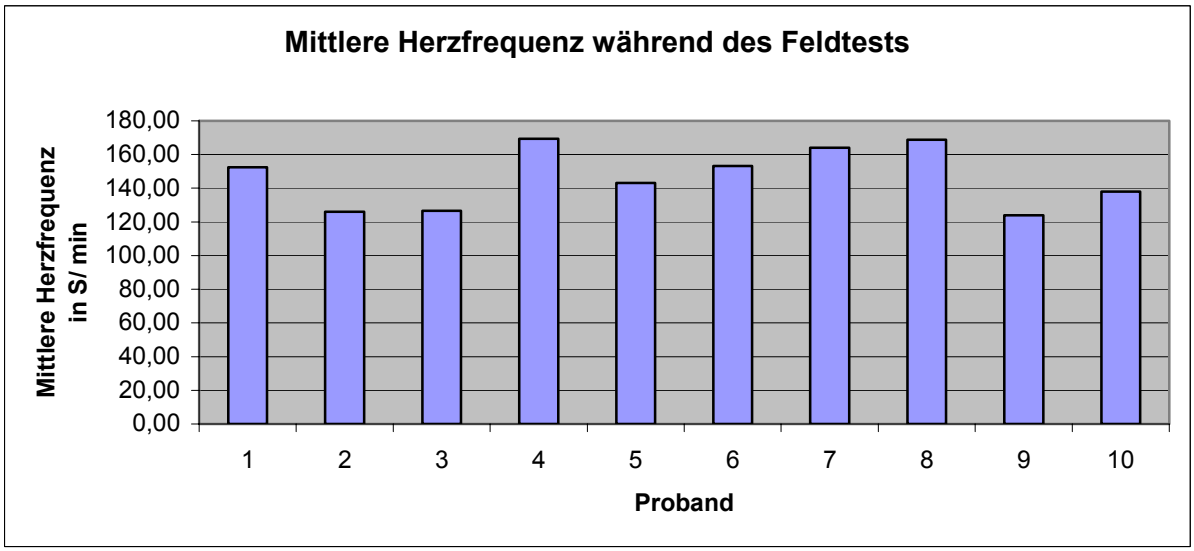


Diagramm 57: Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „lange Radtour“

Auf Basis der regressiv ermittelten Ruheherzfrequenzen und maximalen Herzfrequenz wurde die Auslastung der Herzfrequenzreserve ermittelt. Sie lag im Durchschnitt bei 34,5 S/ min,

was einer prozentualen Auslastung von 36,6 % entspricht. Das Maximum der Auslastung der Herzfrequenzreserve erreichte ein Proband mit 54,7 S/ min (49,6 %) und die geringste Auslastung lag bei 19,4 S/ min (21,58 %), was im Diagramm 58 dargestellt ist.

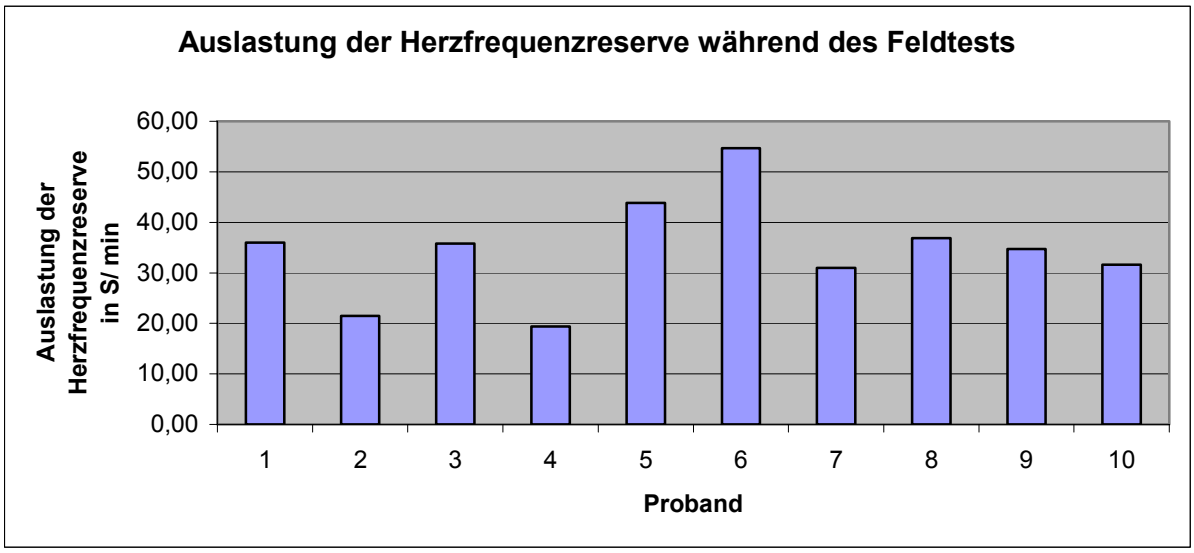


Diagramm 58: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „lange Radtour“

Der mittlere Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität lag bei 6,3 mmol/ l (113,7 mmol/l). Den höchsten Blutglukosewert erreichte ein Proband mit 12,2 mmol/ l (220 mg/ dl) und der niedrigsten Blutglukosewert lag bei 2,1 mmol/ l (38 mg/ dl) (Diagramm 59).

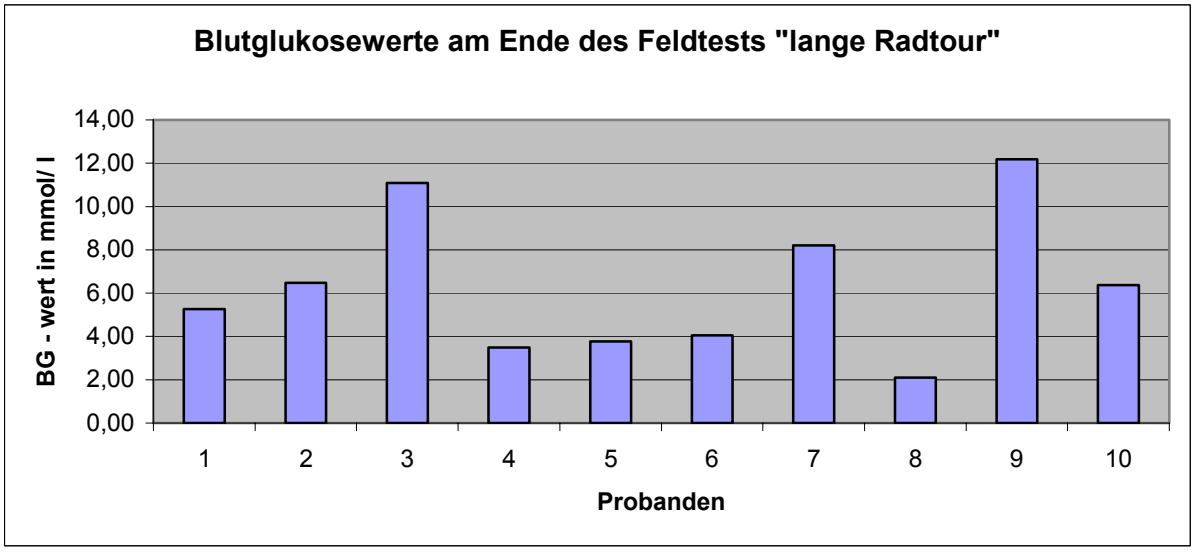


Diagramm 59: Blutglukosewerte am Ende des Feldtests „lange Radtour“

Die Blutglukosedifferenz zum Zielblutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität lag im Mittel bei -1,5 mmol/ l (-26,3 mg/dl). Sie lag demnach im Durchschnitt unter dem

Zielblutglukosewert. Die größte Differenz zum Zielblutglukosewert wurde mit – 5,6 mmol/ l (102 mg/ dl) erreicht, was einem tatsächlichen Blutglukosespiegel von 2,1mmol/l (38 mg/ dl) entsprach. Die höchste Überschreitung des Zielblutglukosewertes lag bei 4,4 mmol/l (80 mg/dl), was einem tatsächlichen Blutglukosespiegel von 12,2 mmol/l (220 mg/dl) entspricht (Diagramm 60).

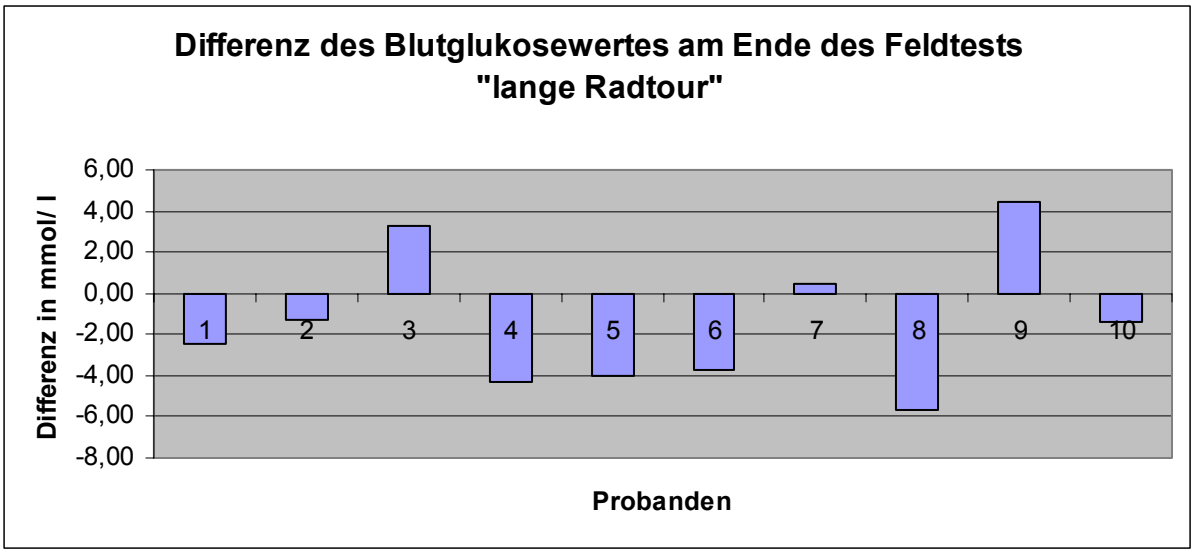


Diagramm 60: Differenz des Blutglukosewerts zum Zielwert am Ende des Feldtest „lange Radtour“

Die empfohlene Insulindosisreduktion vor der sportlichen Aktivität wurde nur von der Hälfte der Probanden durchgeführt. Im Diagramm 60 ist der Vergleich zwischen der Soll – Insulindosis (Datenreihe 1) und der tatsächlich injizierten Insulindosis (Datenreihe 2) dargestellt. Die Soll – Insulindosis lag im Durchschnitt bei 34,4 IE, bei einem Maximum von 69,0 IE und einem Minimum von 13,5 IE. Die tatsächlich im Durchschnitt injizierte Insulindosis betrug 33,2 IE, bei einem Maximum von 69,0 IE und einem Minimum von 13,5 IE. Diese beiden Probanden, der mit der höchsten und der mit der geringsten Insulindosis, passten demnach ihre Insulindosis nicht an die sportliche Aktivität an.

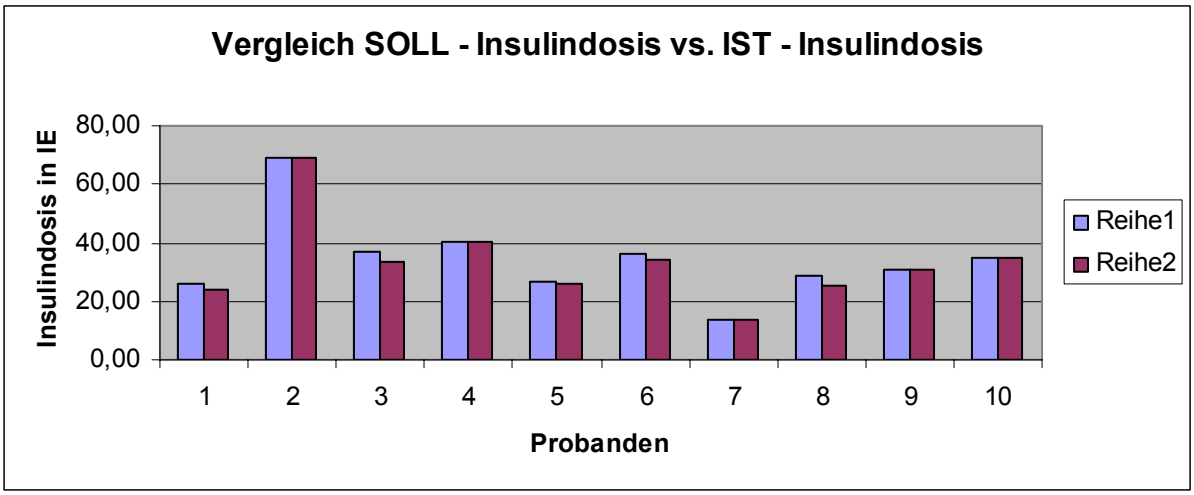


Diagramm 61: Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist - Insulindosis beim Feldtest „lange Radtour“

Aus der Anpassung der Insulindosis an die sportliche Aktivität ergab sich eine Insulindosisreduktion von im Durchschnitt 1,3 IE. Dies entsprach einer Reduktion der Insulindosis von durchschnittlich 2,6 %. Die größte Insulindosisreduktion betrug 4,0 IE, wie im Diagramm 62 dargestellt.

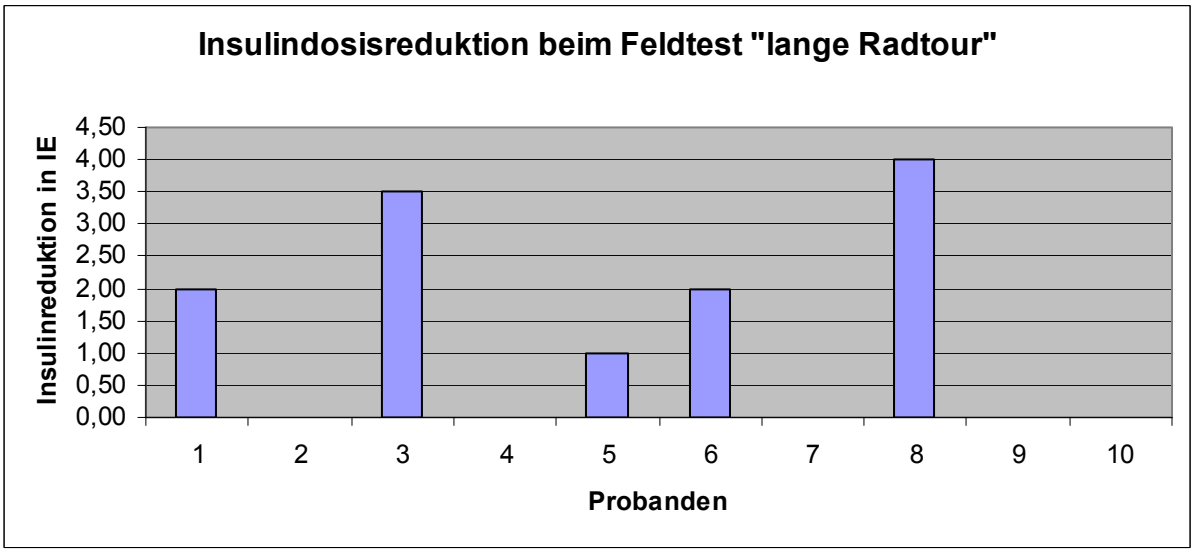


Diagramm 62: Insulindosisreduktion beim Feldtest „lange Radtour“

Aufgrund der geringen Insulindosisanpassung mussten während des Feldtests „lange Radtour“ noch hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE gegeben werden. Im Mittel benötigten die Probanden 2,3 BE, wobei das Maximum an BE bei 5,5 lag. Zwei Probanden benötigten während der Radtour keine zusätzlichen BE (Diagramm 63).

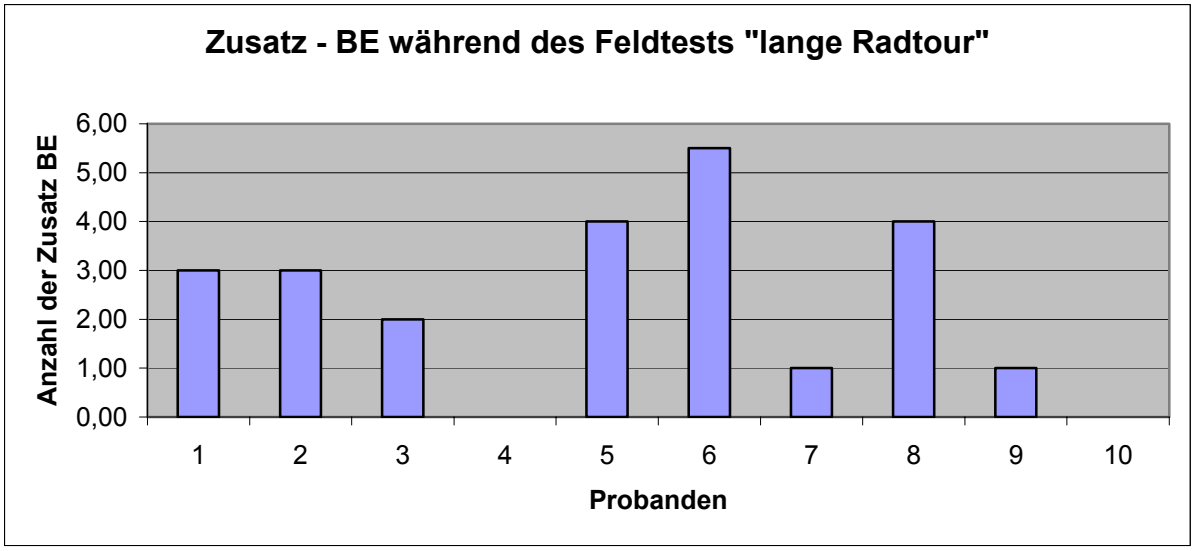


Diagramm 63: Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „lange Radtour“

Die berechnete durchschnittliche IDE der Teilnehmer am Feldtest „lange Radtour“ betrug für den gesamten Test 2,2 IE. Die maximale IDE erreichte ein Proband mit 5,2 IE.
Die geringste IDE lag bei 0,04 IE. Auch eine negative IDE wurde berechnet und in der Diskussion besprochen (Diagramm 64).

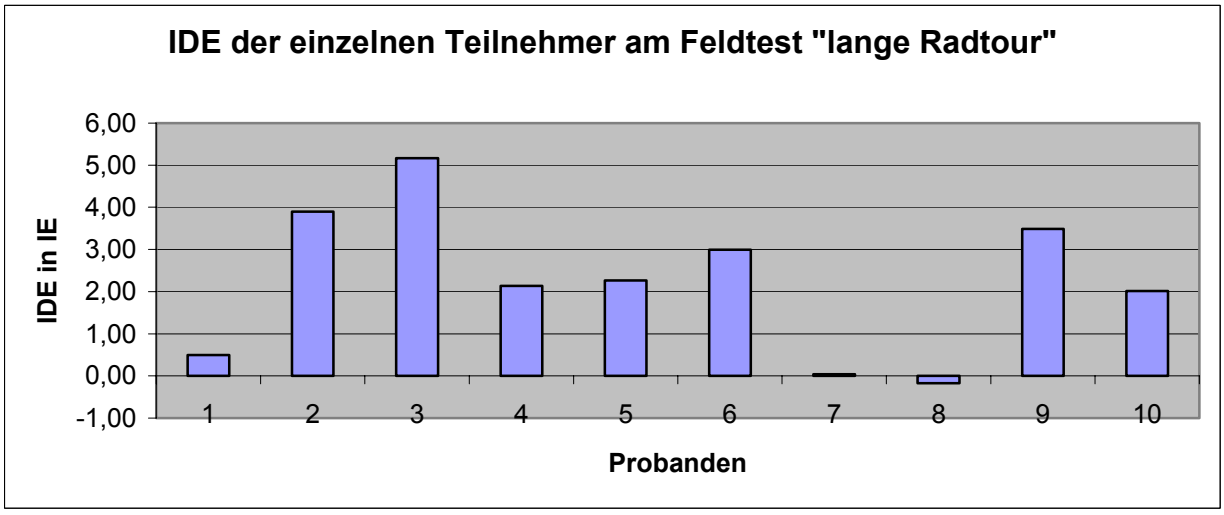


Diagramm 64: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „lange Radtour“

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtests „lange Radtour“

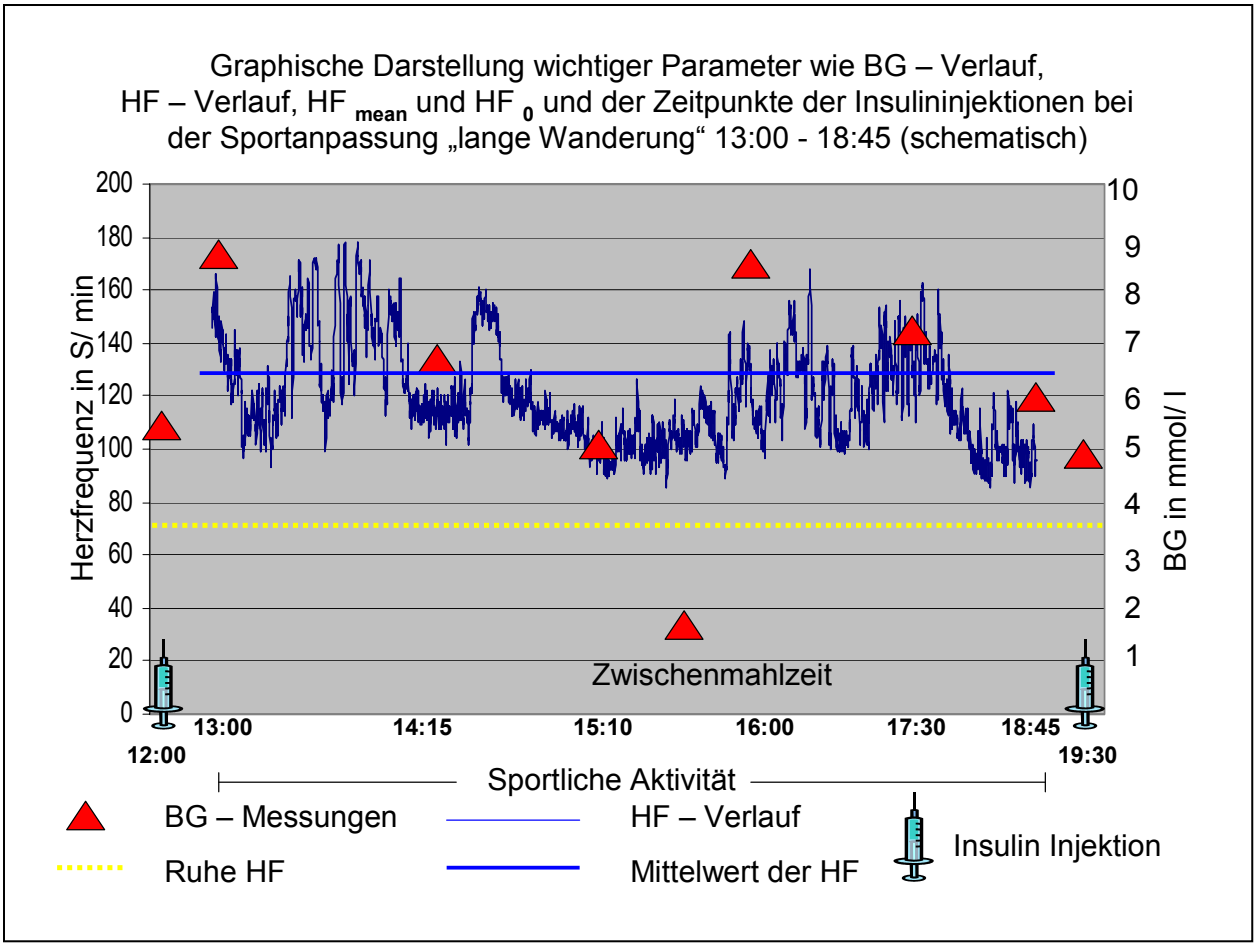
Tabelle 69: Zusammenfassung der Daten des Feldtests „lange Radtour“

Variable	**Mittelwert**	**SD ±**	**Minimum**	**Maximum**
Anzahl der Teilnehmer	n = 10			
mittlere Herzfrequenz in S/ min	146,55	17,71	124,0	169,4
Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min	34,54	10,13	19,39	54,70
Blutglukosewert am Ende des Feldtests in mmol/l (mg/ dl)	6,30 (113,7)	3,32 (59,94)	2,11 (38)	12,19 (220)
Differenz der Blutglukosewerte zum Zielwert in mmol/ l (mg/dl)	-1,46* (-26,30)*	3,32 (59,94)	- 5,56* (-102)*	4,43 (80)
Vergleich Soll – Insulindosis in IE Ist – Insulindosis in IE	 34,40 33,15	 14,33 14,66	 13,50 13,50	 69,00 69,00
Insulindosisreduktion in IE	1,25	1,55	0,00	4,00
Zusatz - BE in BE Einheiten	2,35	1,86	0,0	5,0
IDE in IE	2,23	1,74	0,04	5,16

* lag unter Zielblutglukosewert

3.2.5.5 Darstellung der Urdaten des Feldtests „lange Wanderung“

Der Feldtest lange Wanderung fand an der Inselklinik Haus Gothensee in der Zeit von 13:00 – 18:45 Uhr statt. Zum Mittagessen gegen 12:00 Uhr wurde der Blutglukosewert gemessen und die Mittagsbolusinsulinmenge gespritzt. Zu Beginn der sportlichen Aktivität wurde um 13:00 Uhr nochmals der Blutglukosespiegel gemessen sowie bei Bedarf während der sportlichen Aktivität. Gegen 15:30 Uhr nahmen die Teilnehmer, sofern im Therapieplan vorgesehen, ihre Zwischenmahlzeit ein. Am Ende des Feldtests wurde noch einmal der Blutglukosespiegel gemessen, bevor gegen 19:30 Uhr zu Abend gegessen und die laut Therapieschema festgelegte Insulindosis zum Abendessen injiziert wurde.
Der exemplarische Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „lange Wanderung“ ist in der Grafik 5 dargestellt.



Grafik 5: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „lange Wanderung“

An diesem Feldtest nahmen acht Probanden teil, von denen 5 männlich und 3 weiblich waren. Von ihnen wurden aufgrund der adjustierten Herzfrequenz keiner in die Fitnessstufe 1, sieben in die Fitnessstufe 2 und einer in die Fitnessstufe 3 eingeordnet, was in Diagramm 65 graphisch dargestellt wurde.

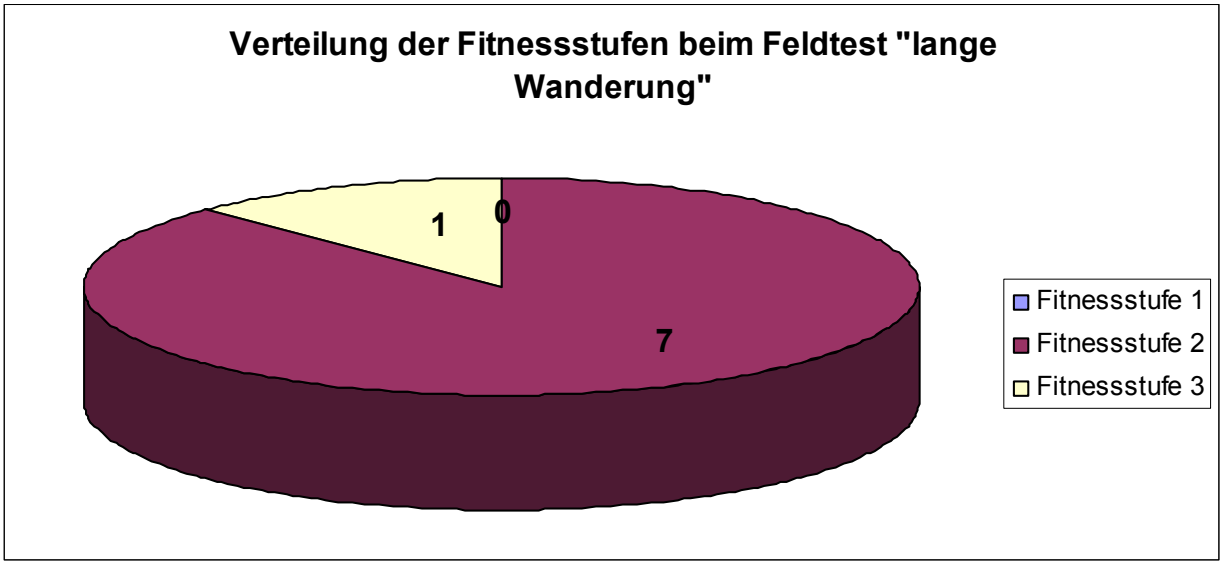


Diagramm 65: Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „lange Wanderung“

Die mittlere Herzfrequenz aller Probanden während des Feldtests betrug im Durchschnitt 125,8 S/ min, bei Maximum von 172,9 S/ min und einem Minimum von 111,6 S/ min.

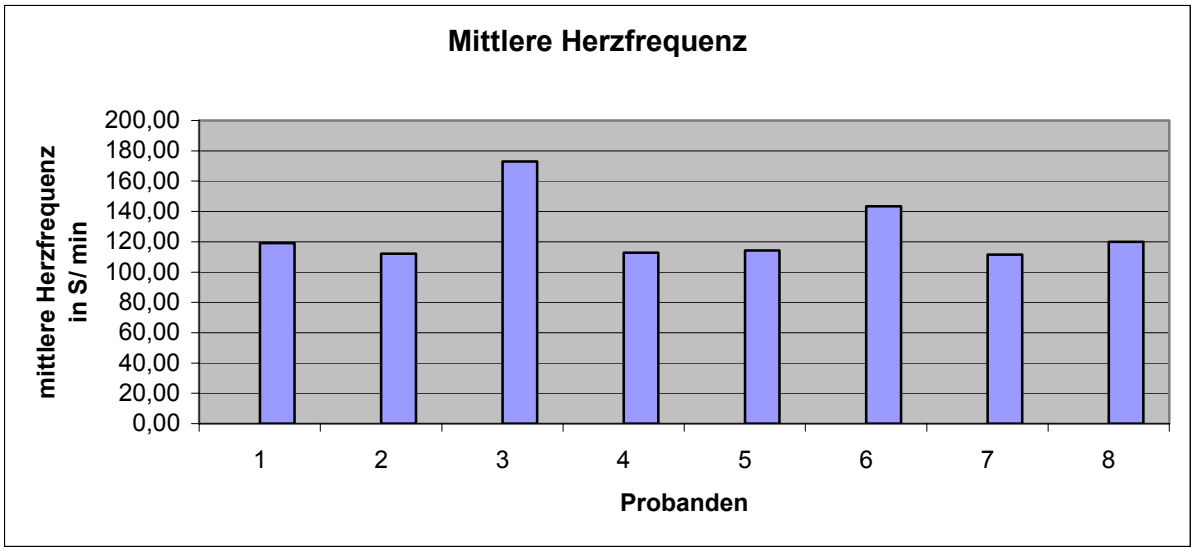


Diagramm 66: Mittlere Herzfrequenz beim Feldtest „lange Wanderung“

Auf Basis der regressiv ermittelten Ruheherzfrequenz und maximalen Herzfrequenz wurde die Auslastung der Herzfrequenzreserve berechnet. Sie lag im Mittel bei 14,9 S/ min, was einer Auslastung von 16,7 % entspricht. Die höchste Auslastung der Herzfrequenzreserve lag bei 22,9 S/ min oder 38,8 % die geringste bei 10,3 S/ min oder 9,7 % (Diagramm 67).

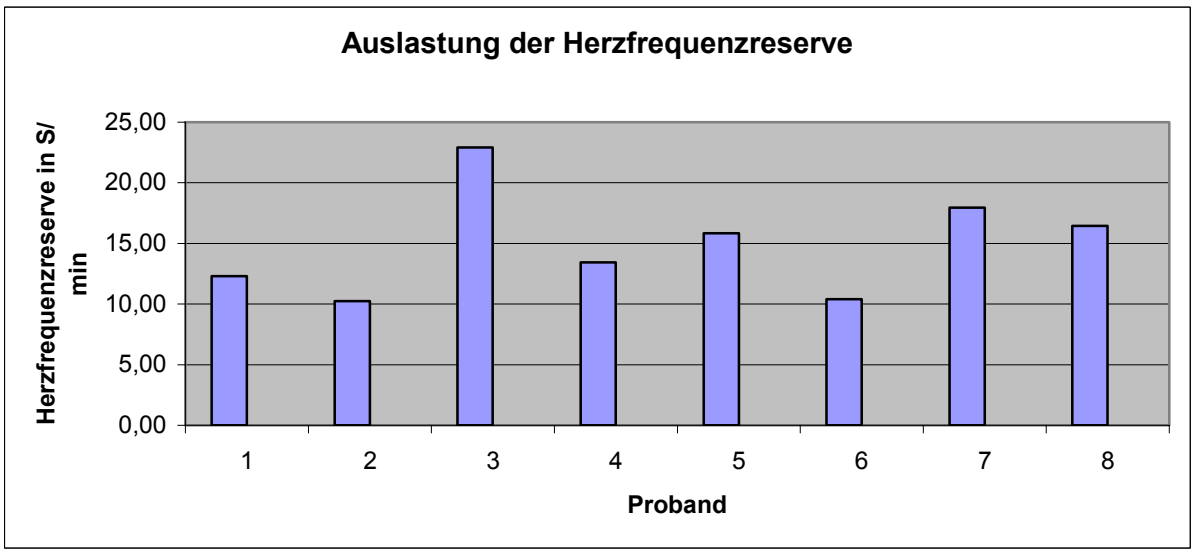


Diagramm 67: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „lange Wanderung“

Der mittlere Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität lag bei 8,2 mmol/ l

(148,5 mg/dl). Der höchste Blutglukosewert zu diesem Zeitpunkt wurde mit13,2 mmol/ l (238 mg/ dl), der geringste mit 3,2 mmol/ l (58 mg/ dl) gemessen (Diagramm 68).

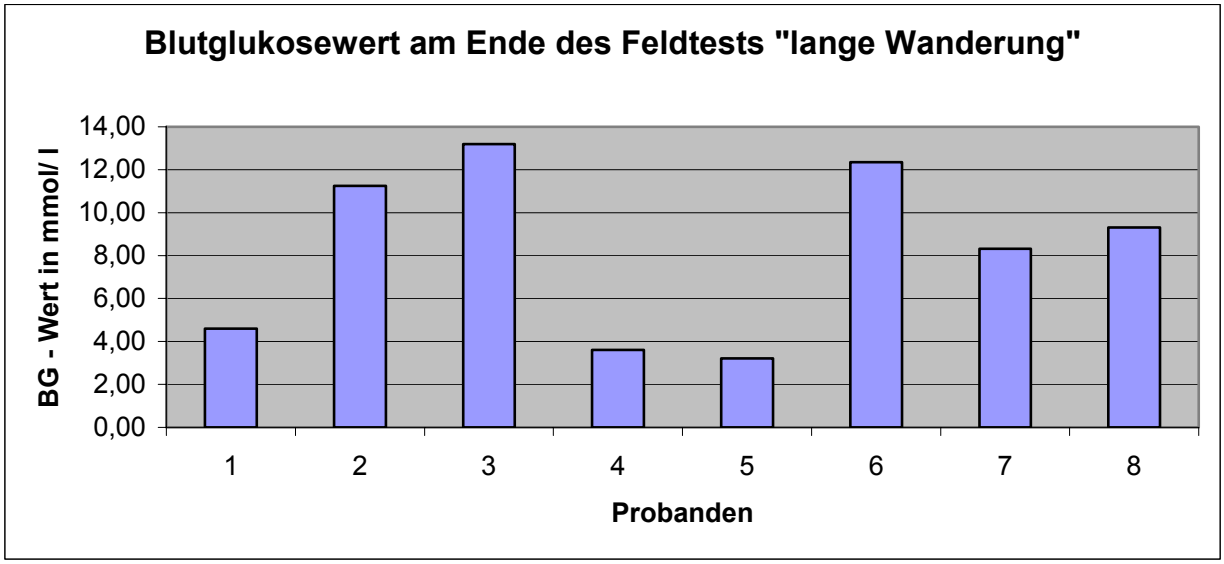


Diagramm 68: Blutglukosewert am Ende des Feldtests „lange Wanderung“

Die Blutglukosedifferenz zum Zielwert am Ende der sportlichen Aktivität lag im Mittel bei 0,5 mmol/l (8,5 mg/dl). Drei Probanden lagen unter, fünf über dem Zielwert. Die maximale Abweichung vom Zielwert betrug 5,4 mmol/ l (83 mg/ dl) und lag über dem Zielwert, was einem tatsächlichen Blutglukosewert von 13,2 mmol/ l (238 mg/dl) entsprach. Die größte Unterschreitung des Zielwertes lag bei 4,5 mmol/ l (82 mg/dl), was einem tatsächlichen Blutglukosewert von 3,2 mmol/ l (58 mg/ l) entsprach und im Diagramm 69 dargestellt wurde.

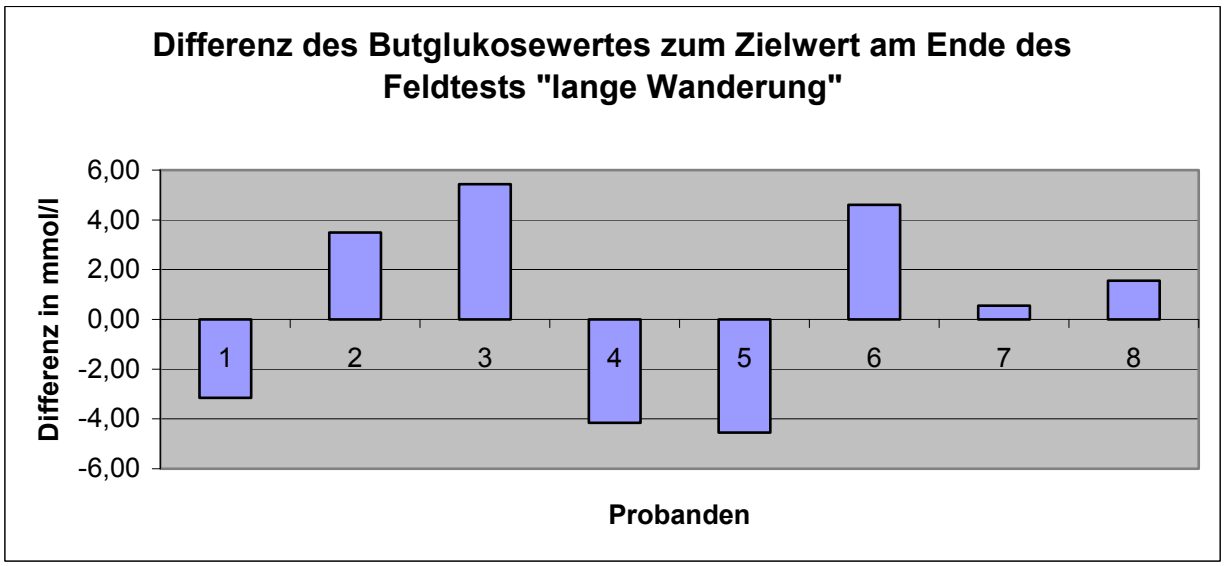


Diagramm 69: Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „lange Wanderung“

Im Diagramm 70 ist die Soll – Insulindosis (lt. Therapieschema) in Datenreihe 1 der tatsächlich injizierten Insulindosis in Datenreihe 2 gegenübergestellt. Die Soll – Insulindosis lag im Mittel bei 18,8 IE, bei einem Maximum von 34 IE und einem Minimum von 6 IE. Da die Probanden in Vorbereitung der sportlichen Aktivität keine Insulindosisanpassung durchführten, entsprach die Soll – Insulindosis auch der Ist – Insulindosis.

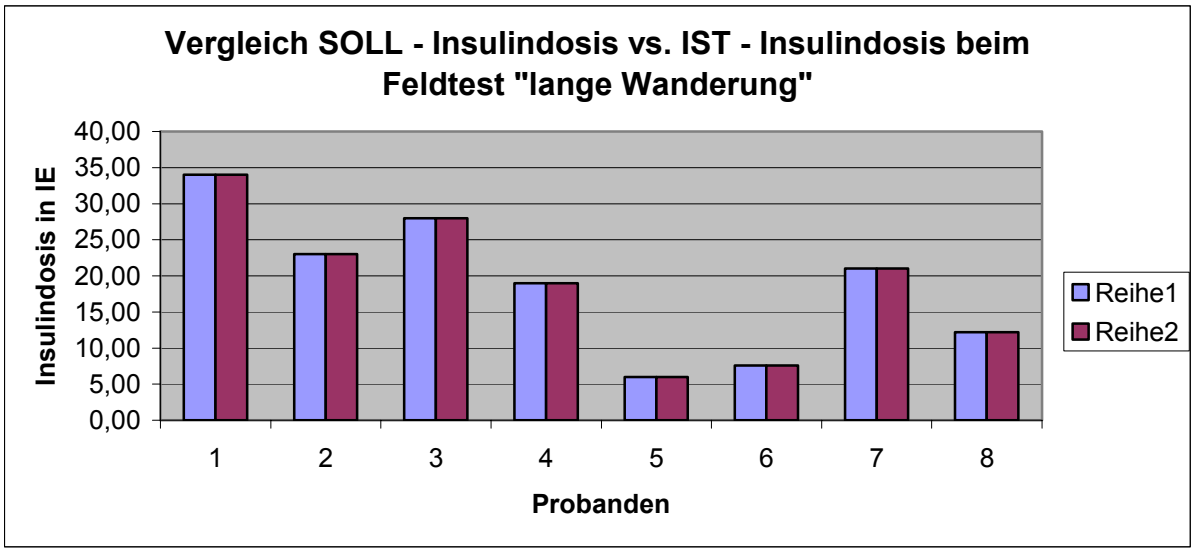


Diagramm 70: Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis in IE beim Feldtest „lange Wanderung“

Während der sportlichen Aktivität benötigten noch sechs Probanden hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE. Im Durchschnitt benötigten die Teilnehmer während des Feldtests „lange Wanderung“ 1,9 Zusatz – BE, wobei das Maximum bei 5,0 BE lag. Zwei Probanden benötigten keine Zusatz – BE (Diagramm 71).

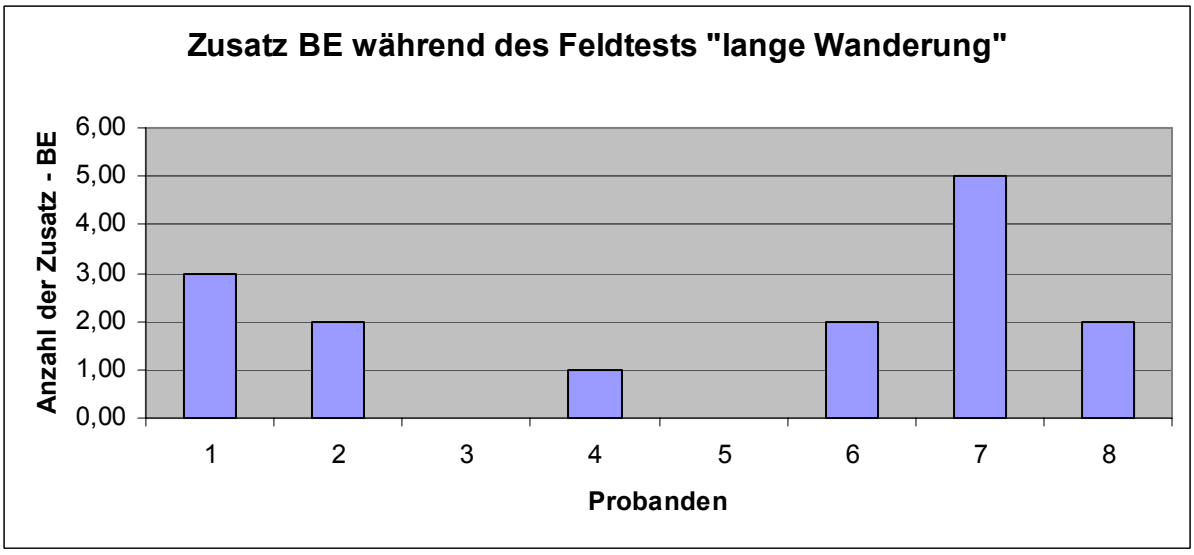


Diagramm 71: Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „lange Wanderung“

Die berechnete durchschnittliche IDE der Probanden während der gesamten Dauer des Feldtests „lange Wanderung“ betrug 2,0 IE. Die maximale IDE erreichte ein Teilnehmer mit 2,9 IE, die geringste IDE lag bei 0,04 (Diagramm 72).

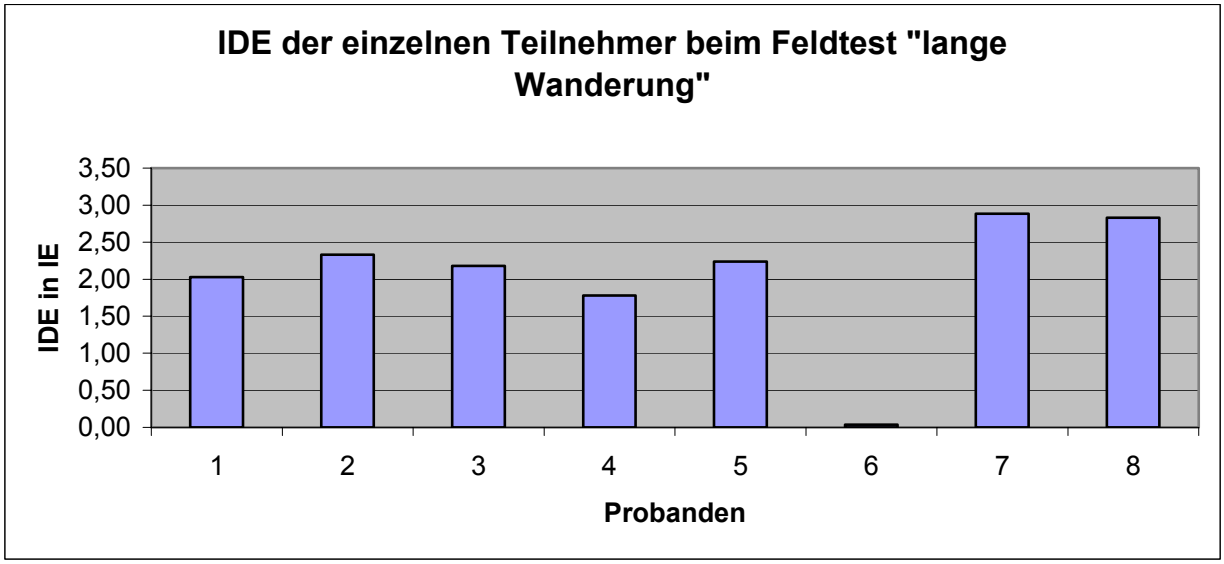


Diagramm 72: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „lange Wanderung“

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtests „lange Wanderung“

Tabelle 70: Zusammenfassung der Daten des Feldtest „lange Wanderung““

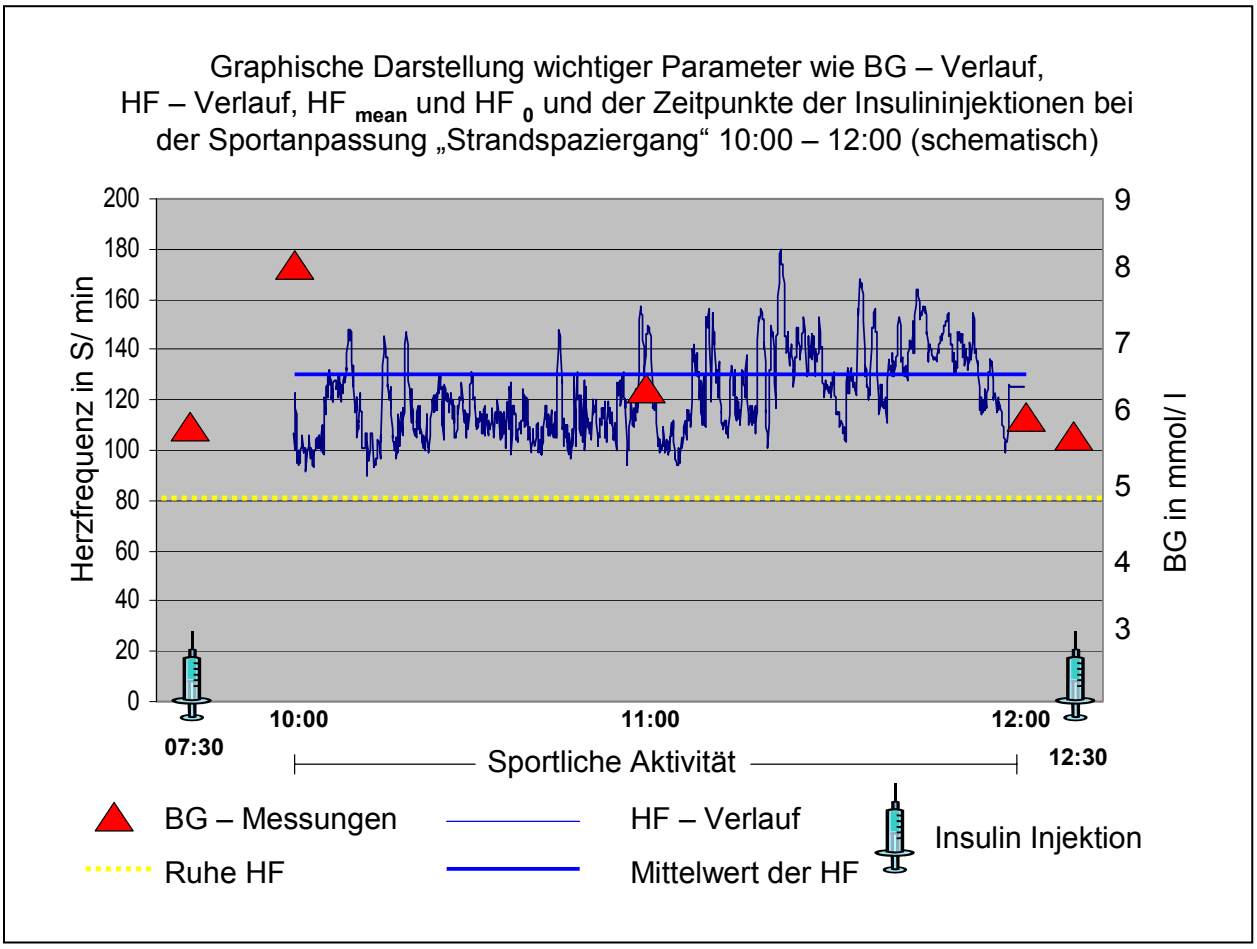
Variable	Mittelwert	SD ±	Minimum	Maximum
Anzahl der Teilnehmer	N = 8			
mittlere Herzfrequenz in S/ min	125,78	21,71	111,56	172,92
Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min	14,95	4,27	10,24	22,92
Blutglukosewert am Ende des Feldtests in mmol/l (mg/ dl)	8,23 (148,5)	3,99 (72,08)	3,21 (58)	13,19 (238)
Differenz der Blutglukosewerte zum Zielwert in mmol/ l (mg/dl)	0,47 (8,5)	3,99 (72,08)	-4,54* (-82)*	5,43 (98)
Vergleich Soll – Insulindosis in IE Ist – Insulindosis in IE	 18,85 18,85	 9,79 9,79	 6,0 6,0	 34,0 34,0
Insulindosisreduktion in IE	0	0	0	0
Zusatz - BE in BE Einheiten	1,88	1,64	0	5
IDE in IE	2,04	0,89	0,04	2,89

* lag unter dem Zielwert

3.2.5.6 Darstellung der Urdaten des Feldtests „Strandspaziergang“

Der Feldtest „Strandspaziergang“ war eine auf maximal 3 Stunden begrenzte sportliche Aktivität mit geringer bis mittlerer Intensität in der Zeit von 10:00 – 12:00 Uhr bzw. 19:00 – 22:00 Uhr an der Inselklinik Haus „Gothensee“. Hierbei wurde keine Insulindosisreduktion durchgeführt, sondern bei Bedarf entsprechend des aktuellen Blutglukosespiegels Zusatz – BE verabreicht. Vor, während und nach der sportlichen Aktivität wurde der Blutglukosespiegel gemessen und die Mittags- bzw. Insulindosis zur Nacht nach der sportlichen Aktivität gespritzt.

Der Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „Strandspaziergang“ ist in der Grafik 6 exemplarisch dargestellt.



Grafik 6: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „Strandspaziergang“

An diesem Feldtest nahmen insgesamt 10 Probanden teil, 7 männliche und 3 weibliche. Von ihnen wurden aufgrund der adjustierten Herzfrequenz ein Teilnehmer in die Fitnessstufe 1, fünf in die Fitnessstufe 2 und vier in die Fitnessstufe 3 eingeordnet (Diagramm 73).

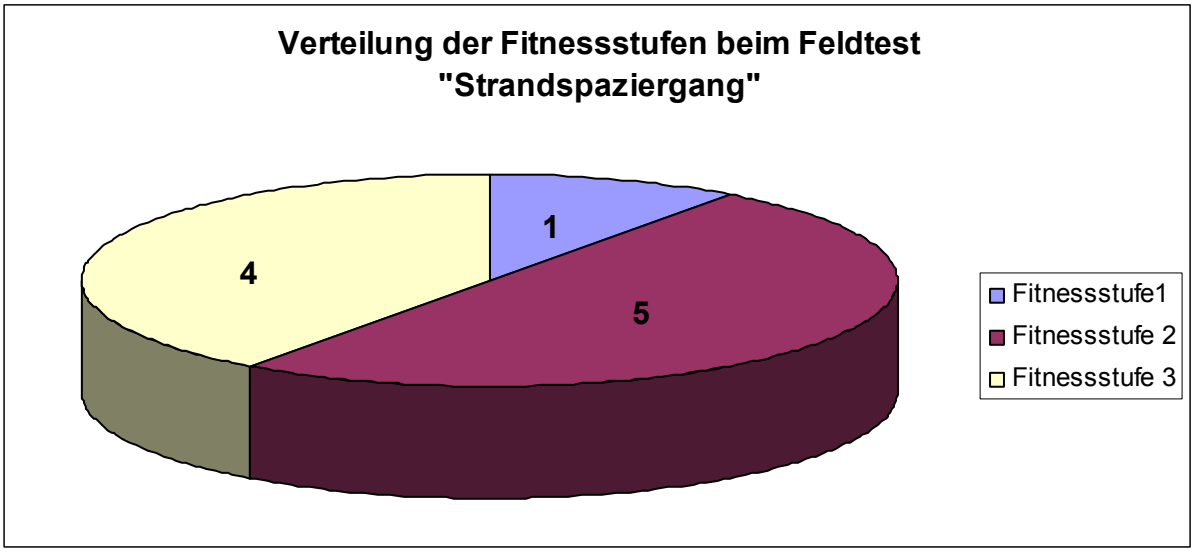


Diagramm 73: Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „Strandspaziergang“

Die mittlere Herzfrequenz aller Teilnehmer der sportlichen Aktivität lag im Mittel bei 128,9 S/ min. Die maximale Herzfrequenz erreichte ein Proband mit einer mittleren Herzfrequenz von 147,7 S/ min. Das Minimum lag bei 115,7 S/ min (Diagramm 74).

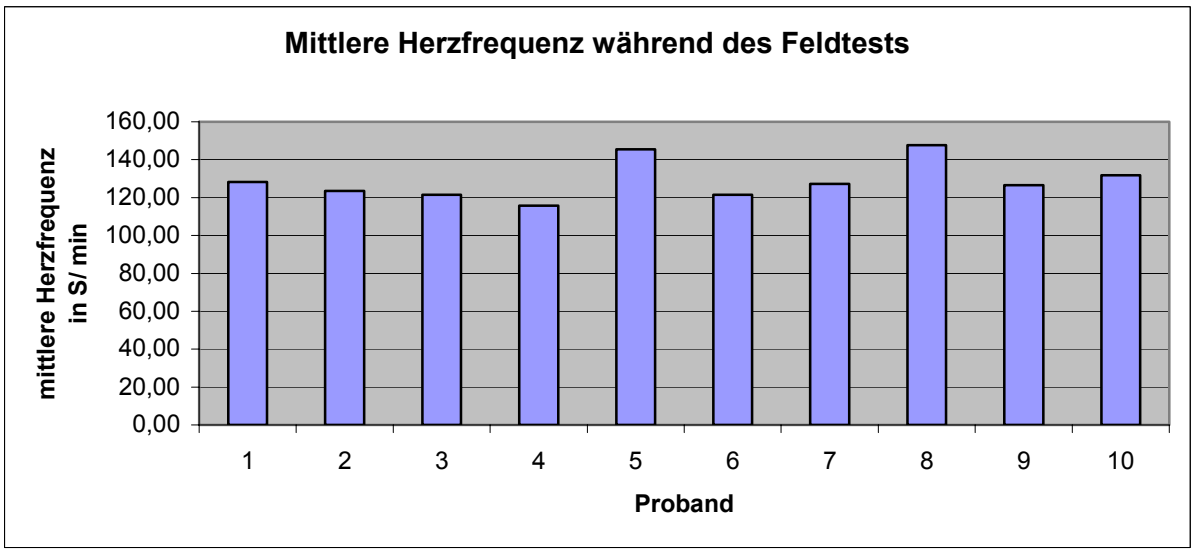


Diagramm 74: Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „Strandspaziergang“

Auf Basis der regressiv ermittelten Ruheherzfrequenz und maximalen Herzfrequenz wurde die Auslastung der Herzfrequenzreserve bei allen Probanden errechnet. Sie lag im Mittel bei 21,66 S/ min, was einer Auslastung von 22,2 % entspricht. Die höchste Auslastung seiner Herzfrequenz erreichte ein Teilnehmer 35,9 S/ min bzw. 35,7 %, die geringste Auslastung lag bei 11,9S/ min bzw. 11,9 %, was im Diagramm 75 dargestellt wurde.

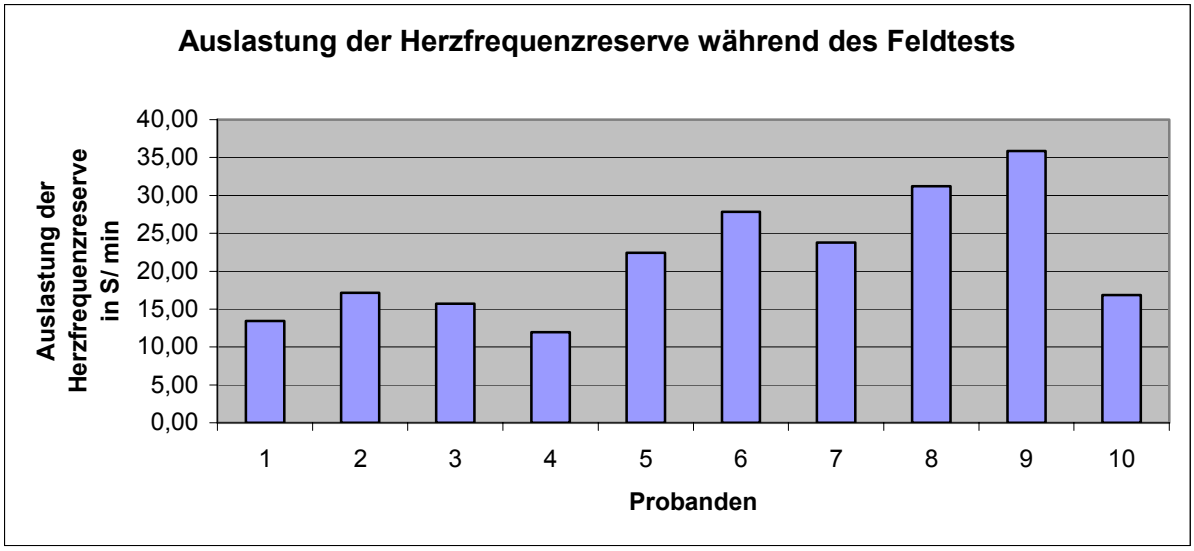


Diagramm 75: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „Strandspaziergang“

Im Diagramm 76 ist der mittlere Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität dargestellt. Er betrug im Mittel 6,8 mmol/ l (122,3 mg/ dl). Der höchste Blutglukosewert wurde zu diesem Zeitpunkt mit 12,9 mmol/ l (218 mg/ dl) und der geringste Blutglukosewert mit 2,9 mmol/ l (53 mg/ dl) gemessen.

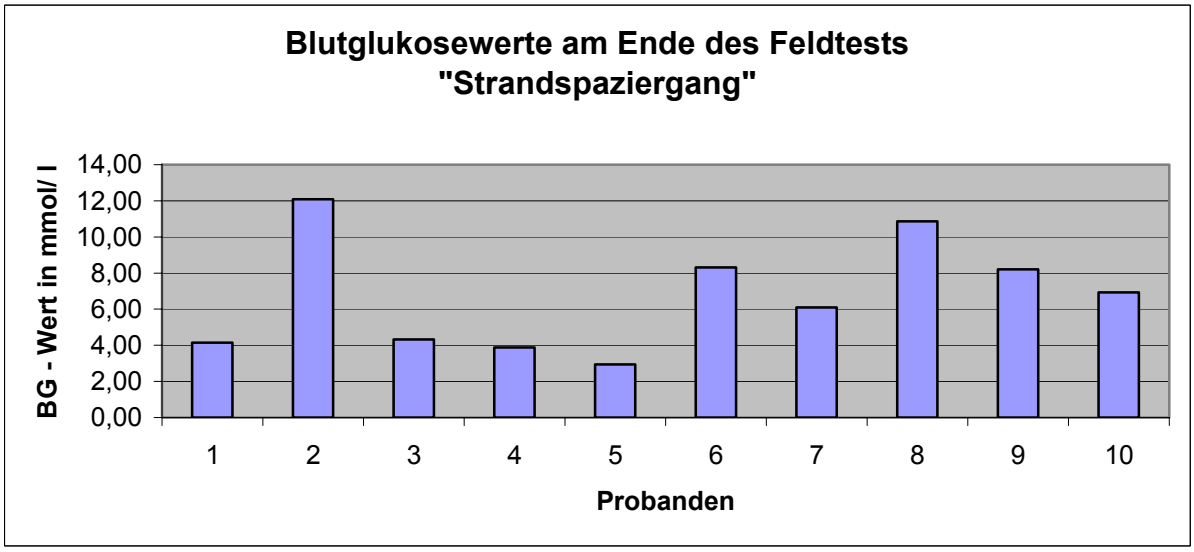


Diagramm 76: Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität

Die Blutglukosedifferenz zum Zielwert am Ende der sportlichen Aktivität lag im Mittel bei - 1,0 mmol/l (- 17,7 mg/ dl) und damit unter dem Zielblutglukosewert. Die größte Unterschreitung des Zielwertes betrug 4,8 mmol/ l (87 mg/ dl), was einem tatsächlichen Blutglukosespiegel von 2,9 mmol/ l (53 mg/ dl) entsprach. Die größte Überschreitung des Zielwertes betrug 4,3 mmol/ l (78 mg/ dl), was einem tatsächlichen Blutglukosespiegel von

12,0 mmol/ l (218 mg/dl) entsprach. Die Differenzen zum Zielblutglukosewert sind im Diagramm 77 dargestellt.

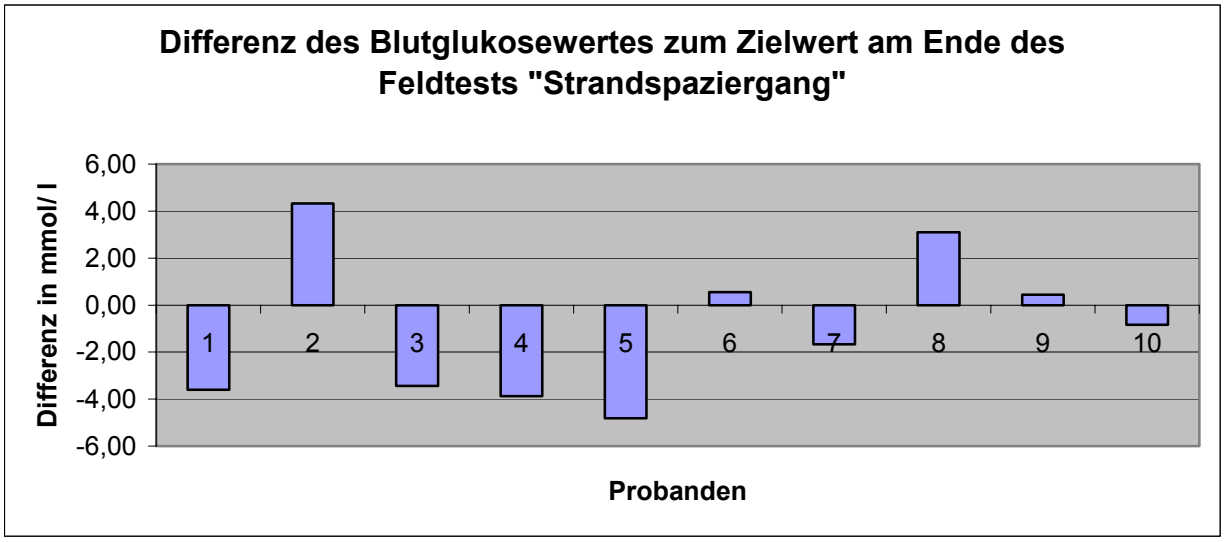


Diagramm 77: Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „Strandspaziergang“

Im Diagramm 78 ist die Soll – Insulindosis (lt. Therapieschema) in der Datenreihe 1 mit der tatsächlich injizierten Insulindosis, Datenreihe 2, gegenübergestellt. Die Soll – Insulindosis lag im Mittel bei 18,2 IE, die Ist – Insulindosis bei 18,1 IE. Die maximale Insulindosis für die sportliche Aktivität betrug 34,0 IE die minimale Insulindosis 6,0 IE.

Nur ein Teilnehmer passte seine Insulindosis an die sportliche Aktivität an, indem er seine Soll-Insulindosis um eine Insulineinheit reduzierte. Alle anderen Teilnehmer reduzierten die Insulindosis nicht.

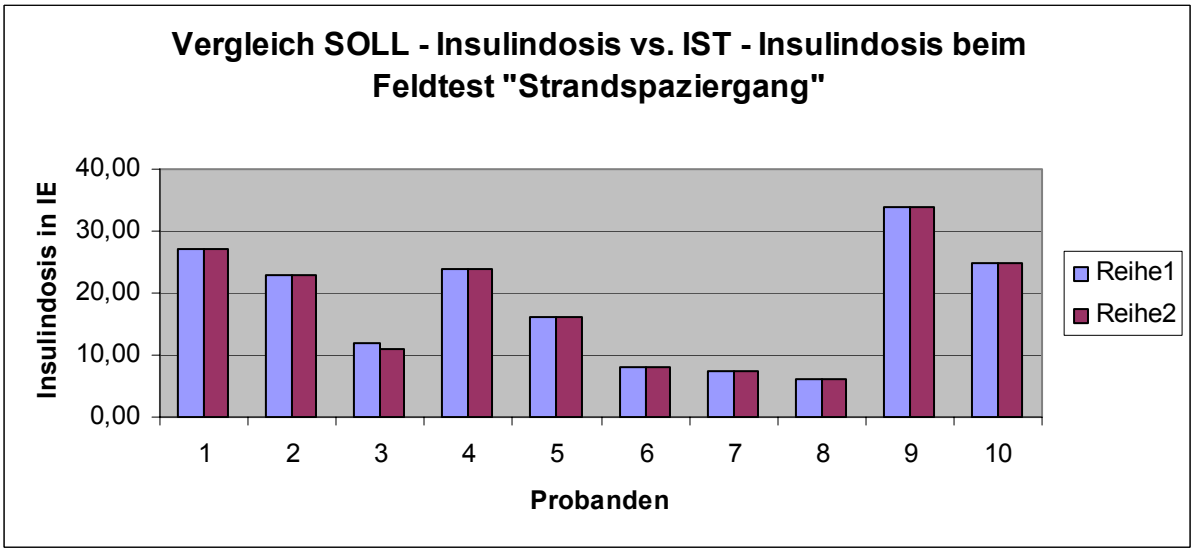


Diagramm 78: Vergleich der Soll– Insulindosis vs. Ist– Insulindosis in IE beim Feldtest „Strandspaziergang“

Während der sportlichen Aktivität benötigten sechs der zehn Probanden hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE. Im Durchschnitt lag der Bedarf an Zusatz – BE bei diesem Feldtest bei

2,6 BE. Drei Probanden benötigten die maximale Zusatz – BE Menge von sechs BE (Diagramm 79).

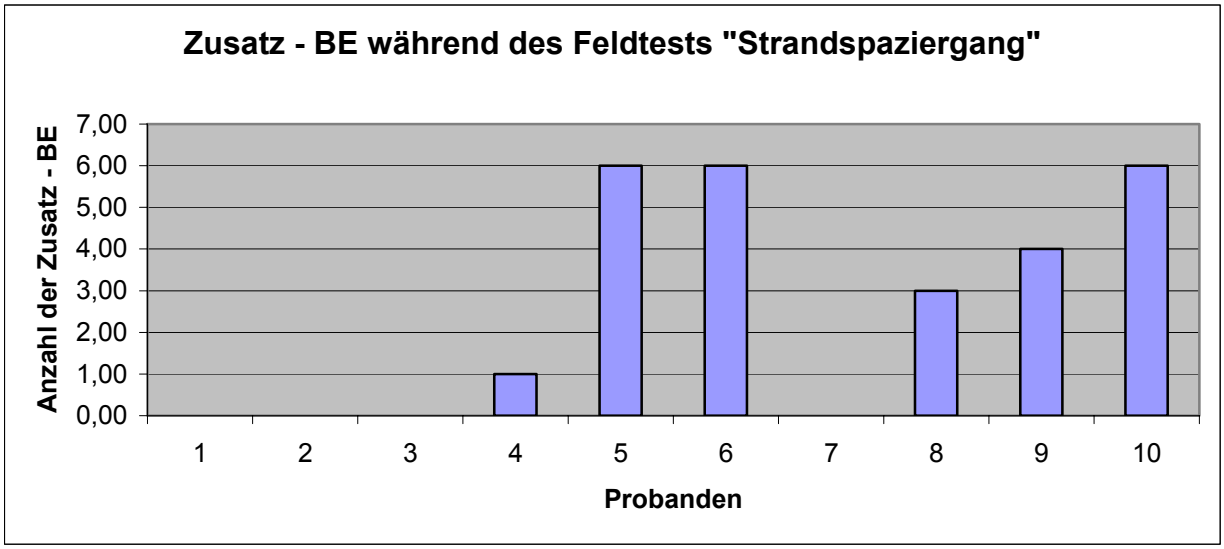


Diagramm 79: Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „Strandspaziergang“

Die berechnete durchschnittliche IDE für die Probanden während der gesamten Dauer der sportlichen Aktivität lag bei 2,1 IE. Die maximale IDE erreichte ein Teilnehmer mit 5,2 IE, die minimale IDE lag bei 0,5 IE, wie im Diagramm 80 dargestellt wurde.

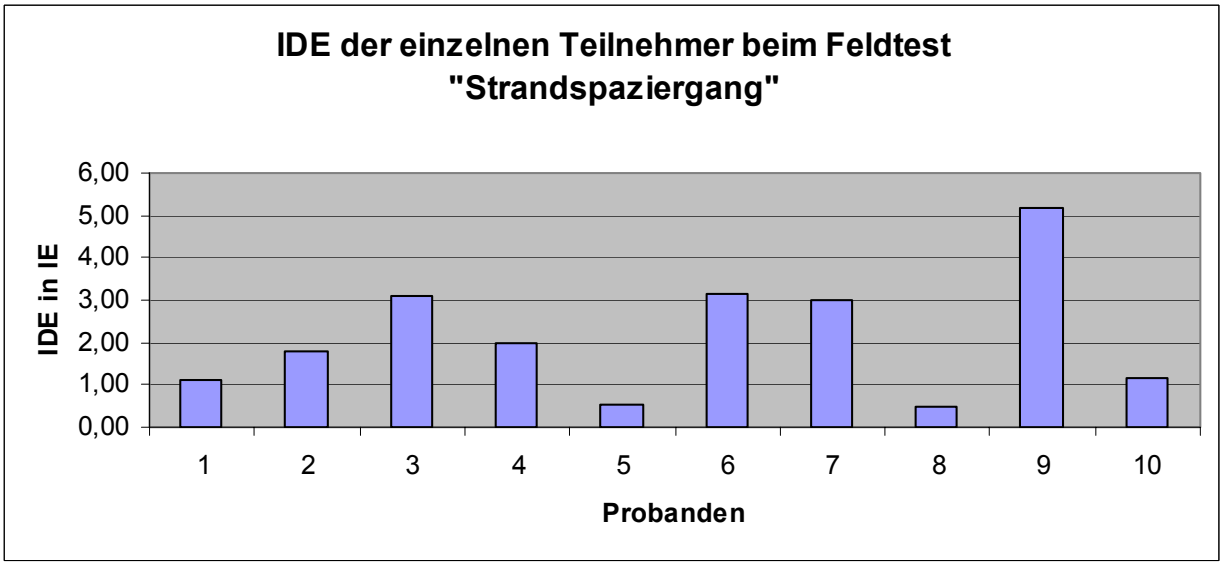


Diagramm 80: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „Strandspaziergang“

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtests „Strandspaziergang“

Tabelle 71: Zusammenfassung der Daten des Feldtests „Strandspaziergang“

Variable	**Mittelwert**	**SD ±**	**Minimum**	**Maximum**
Anzahl der Teilnehmer	N = 10			
mittlere Herzfrequenz in S/ min	128,94	10,34	115,66	147,73
Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min	21,63	8,01	11,96	35,88
Blutglukosewert am Ende des Feldtests in mmol/l (mg/ dl)	6,78 (123,3)	3,08 (55,69)	2,94 (53)	12,08 (218)
Differenz der Blutglukosewerte zum Zielwert in mmol/ l (mg/dl)	- 0,98* (- 17,7)*	3,08 (55,69)	- 4,82* (- 87)*	4,32 (78)
Vergleich Soll – Insulindosis in IE Ist – Insulindosis in IE	 18,25 18,15	 9,66 9,74	 6,0 6,0	 34,0 34,0
Insulindosisreduktion in IE	0,1	0,32	0	1
Zusatz - BE in BE Einheiten	2,6	2,71	0	6
IDE in IE	2,15	1,46	0,48	5,17

* lag unter dem Zielblutglukosewert

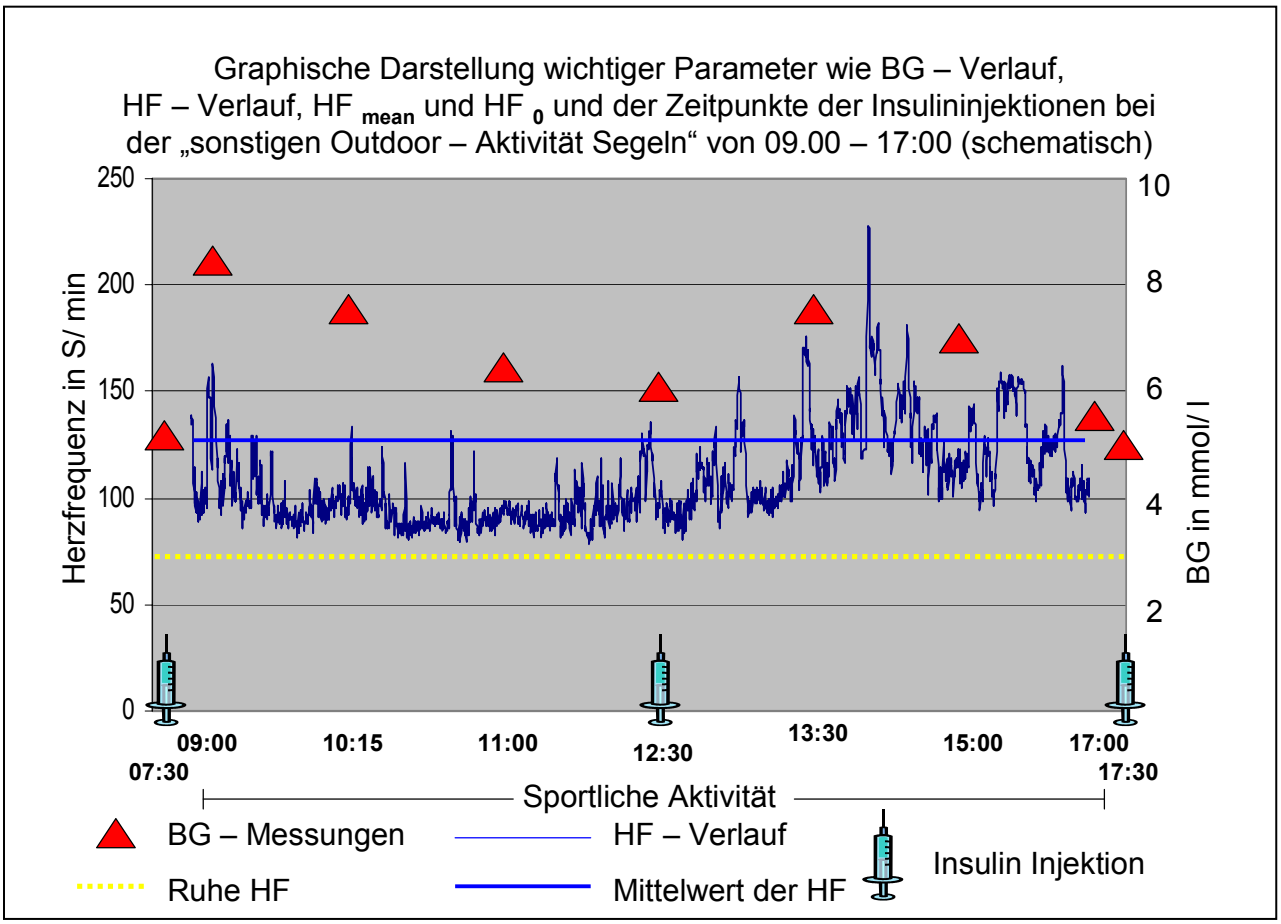
3.2.5.7 Darstellung der Urdaten des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten “

Unter dem Begriff „Feldtest“ „sonstige Outdoor – Aktivitäten“ sind alle sportlichen Aktivitäten zusammengefasst, an denen nur eine geringe Anzahl von Probanden teilnahmen und die an der Inselklinik Haus „Gothensee“ stattfanden. Bei diesen Gelegenheitsbeobachtungen wurden Daten bei folgenden Aktivitäten erhoben:

- Jogging und Walking mit einer Dauer von 1,25 Stunden,
- Sportfest mit einer Dauer von 2,0,
- Wanderung von 2,5 Stunden und
- Segeln mit 6,5 bzw. 8,5 Stunden.

Der organisatorische Ablauf der Datenerhebung war vergleichbar mit den Datenerhebungen der anderen Feldtests. Um die IDE mit der Herzfrequenz vergleichen zu können,

war in diesem Fall die Umrechnung der IDE des Feldtest auf die Basis von einer Stunde nötig. In der Grafik 7 ist der exemplarische Verlauf der „Outdoor – Aktivität“ „Segeln“ dargestellt.



Grafik 7: Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Im Diagramm 81 sind die einzelnen sportlichen Aktivitäten in ihrer unterschiedlichen Dauer und Anzahl der Probanden dargestellt.

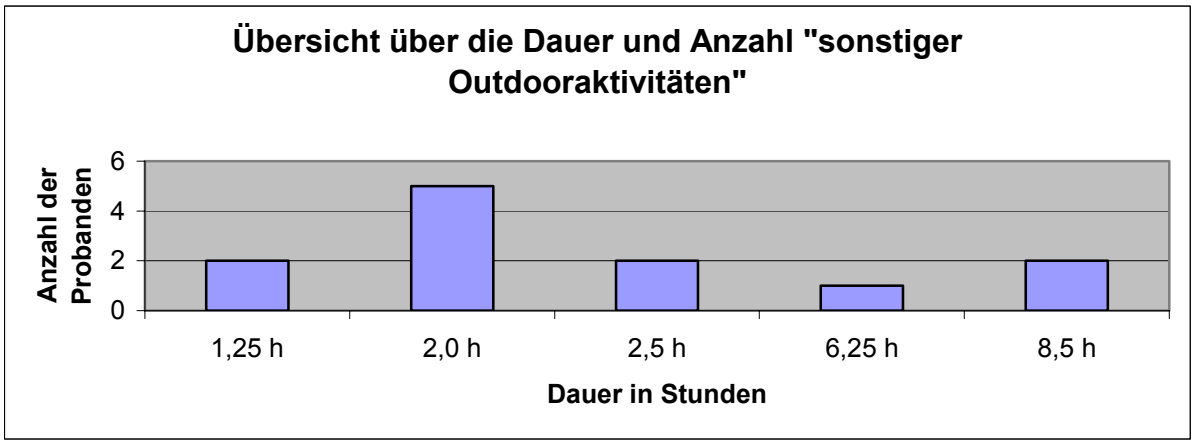


Diagramm 81: Unterschiedliche Dauer und Anzahl der Probanden beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Insgesamt wurden 11 Probanden in diese Kategorie der Feldtests mit einbezogen. Von ihnen waren 8 männlich und 4 weiblich. 11 von ihnen wurden in die Fitnessstufe 2 und einer in die Fitnessstufe 3 eingeordnet, kein Proband in die Fitnessstufe 1 (Diagramm 82).

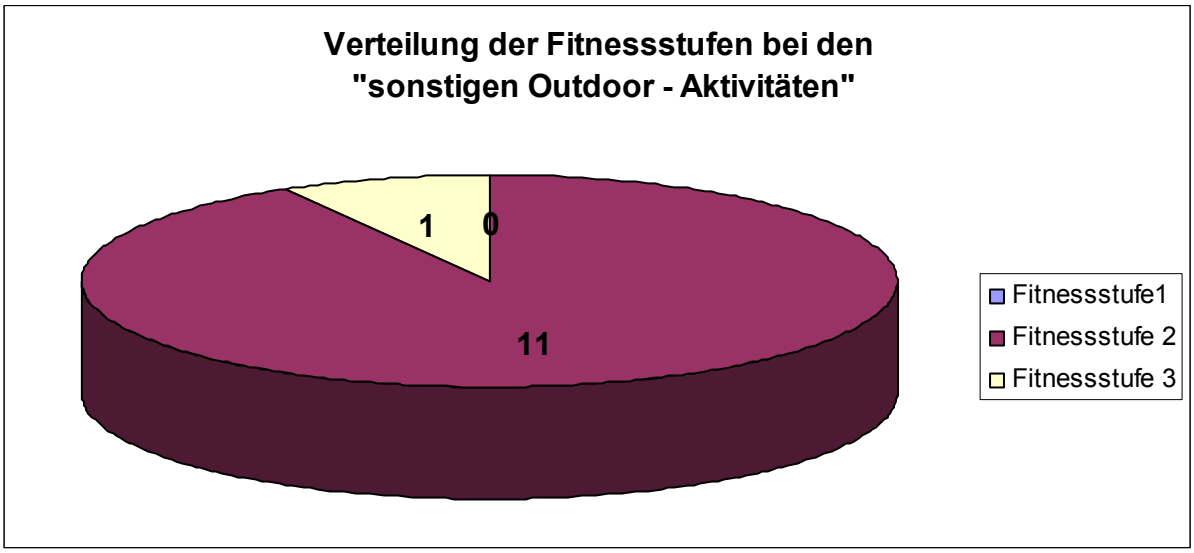


Diagramm 82: Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Aufgrund der unterschiedlichen Dauer wurden in den folgenden Diagrammen die Zeitrahmen der Feldtests wie folgt zusammengefasst:

➔ Datenreihe 1 (Walking) und 2 (Jogging)	=	Dauer 1,5 h
➔ Datenreihe 3 bis 7 (Sportfest)	=	Dauer 2 h
➔ Datenreihe 8 und 9 (Wanderung)	=	Dauer 2,5h
➔ Datenreihe 10 (Segeltour)	=	Dauer 6,25 h
➔ Datenreihe 11 und 12 (Segeltour)	=	Dauer 8,5 h

Die mittleren Herzfrequenzen bei den unterschiedlichen sportlichen Aktivitäten des Feldtestes „sonstige Outdoor – Aktivitäten“ sind in der Tabelle 72 dargestellt. Aufgrund der Tatsache, dass bis auf die sportliche Aktivität von 2 Stunden lediglich nur zwei Probanden oder weniger an diesem Feldtest teilnahmen, verzichtete ich auf die Angabe der Maximum - und Minimum – Werte.

Tabelle 72: Mittlere Herzfrequenzen bei dem Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl der Probanden	2	5	2	1	2
HF mean	124,00	122,88	124,65	129,48	184,94

Im Diagramm 83 sind die mittleren Herzfrequenzwerte aller Probanden graphisch dargestellt.

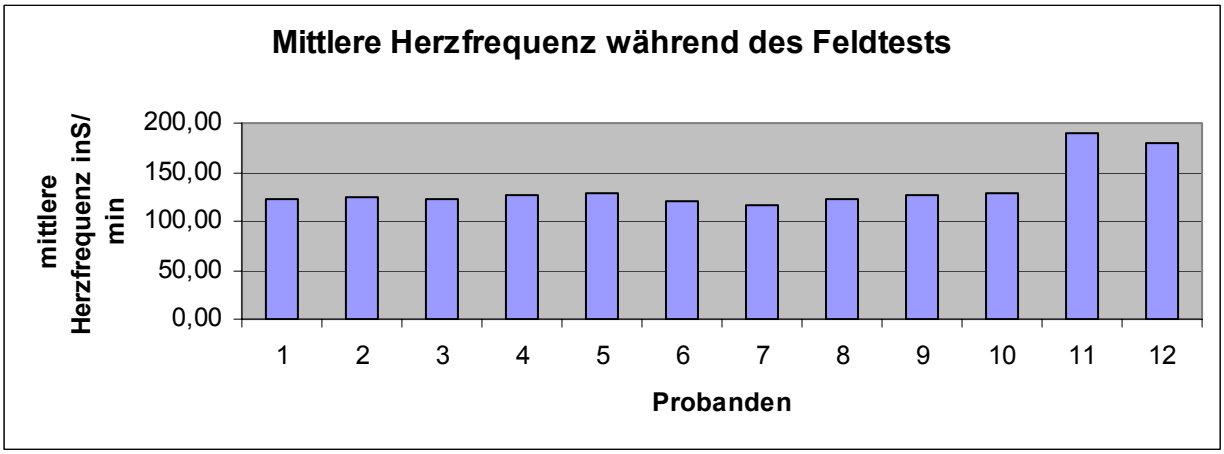


Diagramm 83: Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „Sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Auf Basis der regressiv ermittelten Ruheherzfrequenz und maximalen Herzfrequenz wurde die durchschnittliche Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min bei den unterschiedlichen sportlichen Aktivitäten errechnet und ist in Tabelle 73 dargestellt. Auch hier verzichtete ich aufgrund der geringen Datenmenge bzw. Probandenzahlen bei den einzelnen Feldtests auf die Angabe der Maximum- und Minimum- Werte.

Tabelle 73: Mittelwerte der Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl der Probanden	2	5	2	1	2
Auslastung HF res. in S/ min	63,5	18,1	52,6	23,1	74,3

Die Werte der einzelnen Probanden wurden im Diagramm 84 dargestellt.

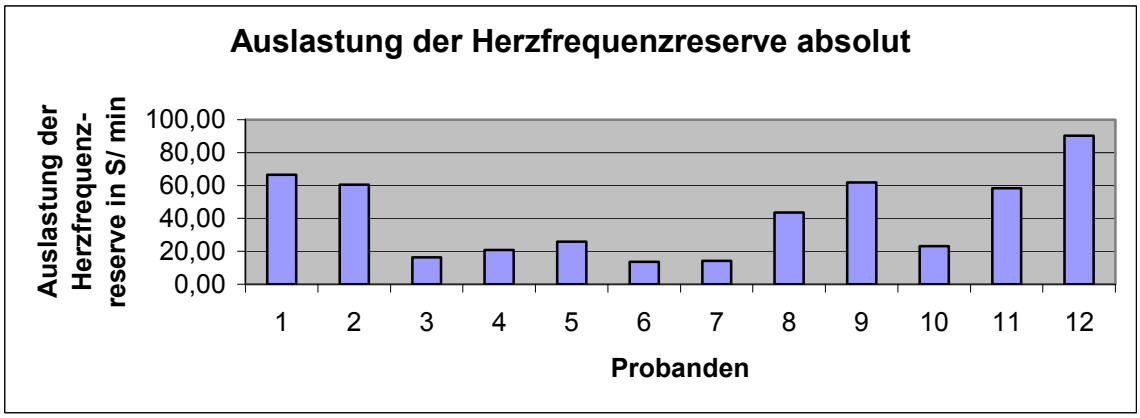


Diagramm 84: Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Die mittleren Blutglukosewerte am Ende der sportlichen Aktivität sind in Tabelle 74 dargestellt. Auch hier verzichtete ich aufgrund der geringen Datenmenge bzw. Probandenzahlen bei den einzelnen Feldtests auf die Angabe der Maximum- und Minimum-Werte.

Tabelle 74: Mittlere Blutglukosewerte am Ende des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl der Probanden	2	5	2	1	2
BG Wert am Ende in mmol/ l	6,84	10,66	9,22	5,26	7,53
BG Wert am Ende in mg/ dl	123,5	192,4	166,5	95	136

Die Daten der Blutglukosewerte am Ende der sportlichen Aktivität der einzelnen Probanden ist im Diagramm 85 dargestellt.

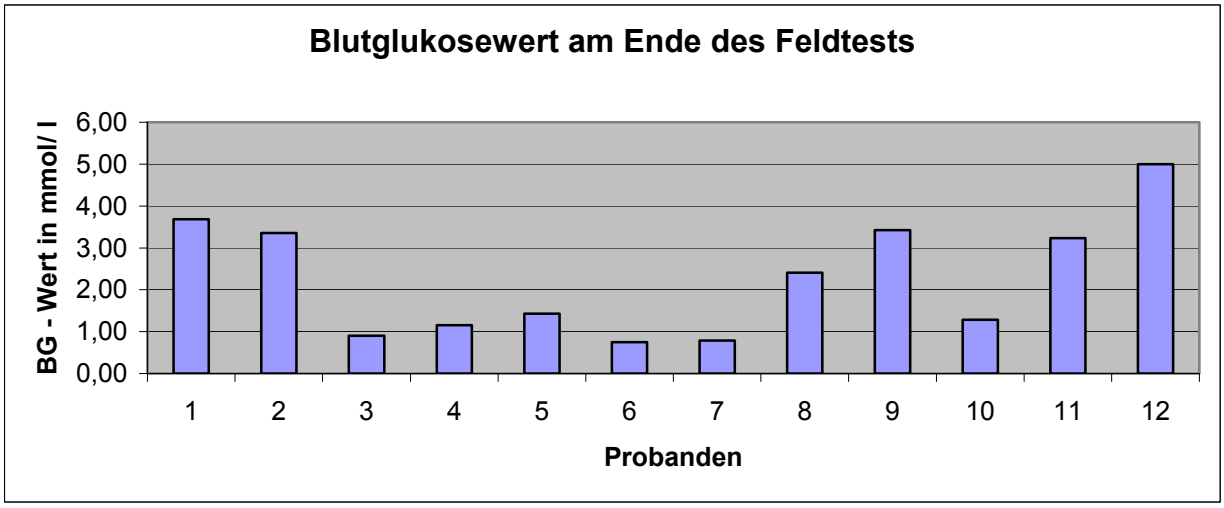


Diagramm 85: Blutglukosewerte am Ende des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Die mittleren Differenzen der Blutglukosewerte am Ende der sportlichen Aktivität zum Zielblutglukosewert sind in Tabelle 75 dargestellt. Auch hier verzichtete ich aufgrund der geringen Datenmenge bzw. Probandenzahlen bei den einzelnen Feldtests auf die Angabe der Maximum- und Minimum- Werte.

Tabelle 75: Durchschnittliche Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl	2	5	2	1	2
Mittlere Differenz zum Zielwert in mmol/ l	-0,91*	2,90	1,47	-2,49*	-0,22
Mittlere Differenz zum Zielwert in mg/ dl	-16,5*	52,4	26,5	-45*	-4

* lag unter dem Zielblutglukosewert

Die Differenzen zwischen dem Blutglukosewerte am Ende der sportlichen Aktivität und dem Zielblutglukosewert der einzelnen Probanden sind im Diagramm 86 dargestellt.

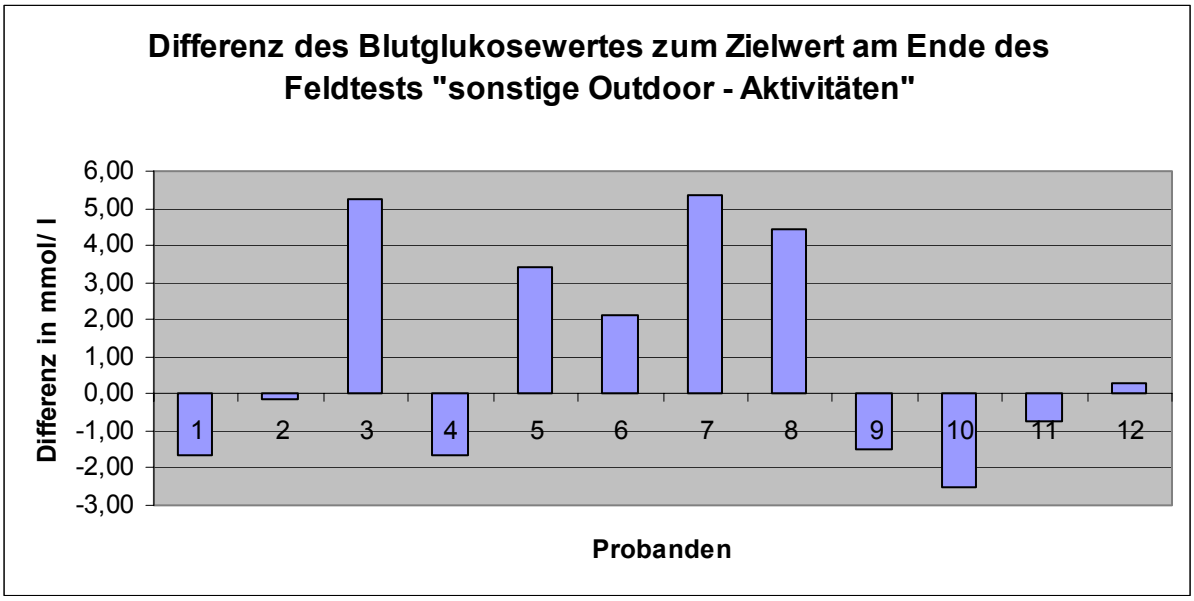


Diagramm 86: Differenzen des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests

In der Tabelle 76 sind die durchschnittlichen Soll – Insulindosen den tatsächlich injizierten Insulindosen (lt. Therapieschema) gegenübergestellt. Auch hier verzichtete ich aufgrund der geringen Datenmenge bzw. Probandenzahlen bei den einzelnen Feldtests auf die Angabe der Maximum- und Minimum- Werte.

Tabelle 76: Durchschnittliche Soll – und Ist – Insulindosen in IE beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl	2	5	2	1	2
Soll - Insulindosis in IE	12,5	20,8	26	35	31
Ist - Insulindosis in IE	11,6	20,8	21	35	31

Der Vergleich der Soll – mit den Ist – Insulindosen der einzelnen Probanden während des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivität“ ist im Diagramm 87 dargestellt.
Die Datenreihe 1 kennzeichnet die Soll – Insulindosis, wogegen die Datenreihe 2 die tatsächlich injizierte Insulindosis darstellt.
Dabei ist zu sehen, dass nur zwei Probanden ihre Insulindosis an die sportliche Aktivität angepasst haben, indem sie ihre Insulindosis um jeweils 3 IE reduzierten.

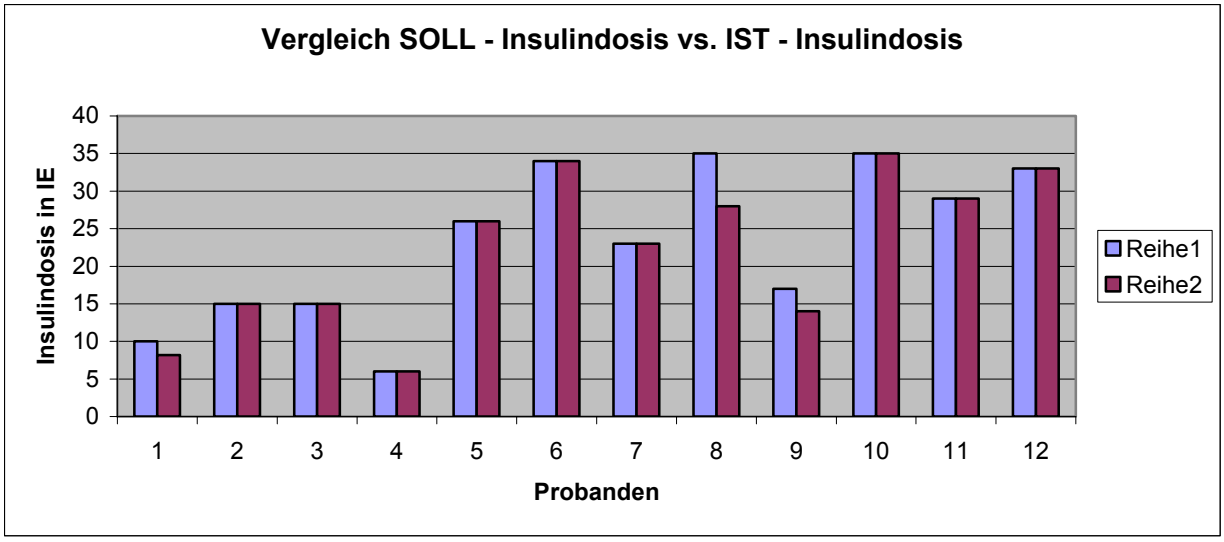


Diagramm 87: Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist - Insulindosis beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Während der sportlichen Aktivität benötigten sechs der 12 Teilnehmer hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE. Der durchschnittliche Bedarf an Zusatz – BE der einzelnen sportlichen Aktivitäten ist in der Tabelle 77 dargestellt. Auch hier verzichtete ich aufgrund der geringen Datenmenge bzw. Probandenzahlen bei den einzelnen Feldtests auf die Angabe der Maximum- und Minimum- Werte.

Tabelle 77: Durchschnittlicher Hypoglykämie bedingter Zusatz – BE Bedarf beim Feldtest

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl der Probanden	2	5	2	1	2
Zusatz BE während der Feldtests	1	0,6	1,5	2	2,5

Die hypoglykämisch bedingten Zusatz - BE während des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“ der einzelnen Probanden sind im Diagramm 88 dargestellt.

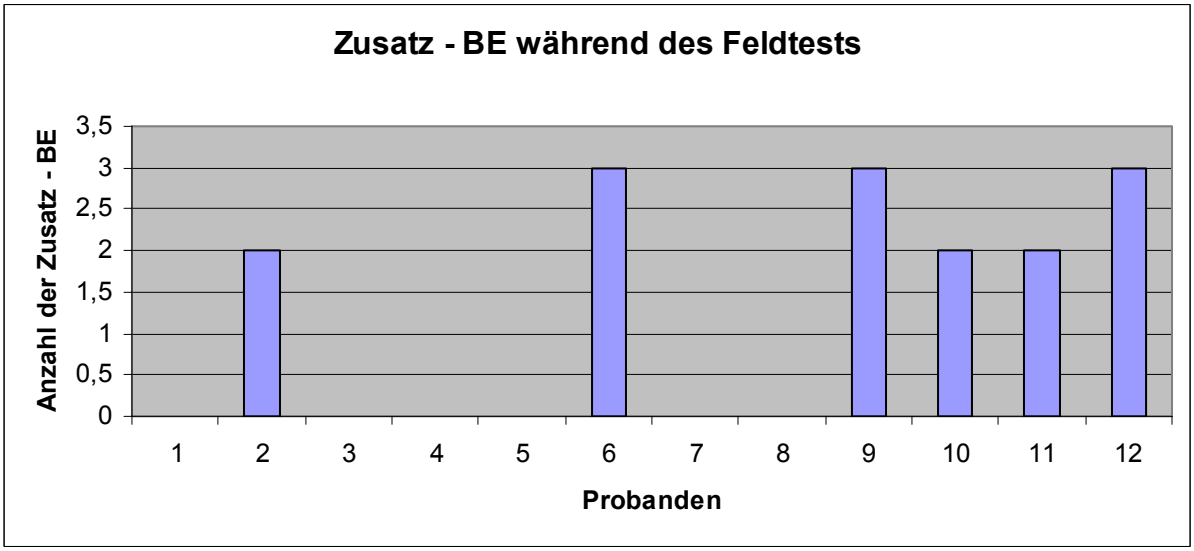


Diagramm 88: Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Die berechnete durchschnittliche IDE der Probanden während des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“ zeigt die Tabelle 78. Auch hier verzichtete ich aufgrund der geringen Datenmenge bzw. Probandenzahlen bei den einzelnen Feldtests auf die Angabe der Maximum- und Minimum- Werte.

Tabelle 78: Durchschnittliche IDE der Probanden beim Feldtest

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl der Probanden	2	5	2	1	2
IDE in IE der Feldtests	3,56	2,60	4,11	1,89	2,43

Die individuellen IDE der Probanden während des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“ sind im Diagramm 89 dargestellt.

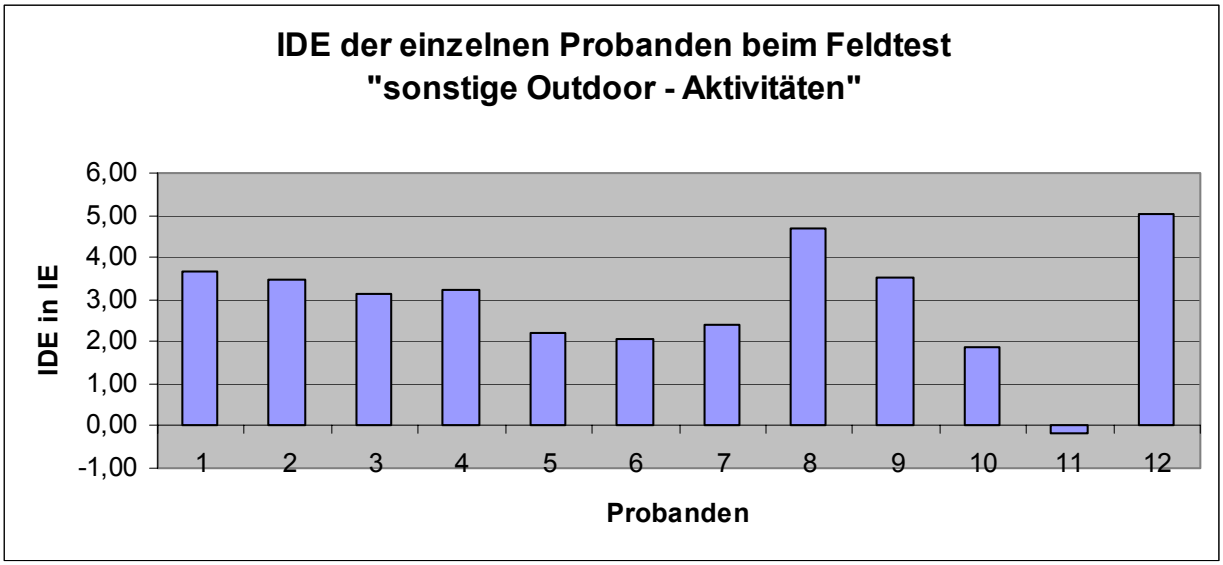


Diagramm 89: IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „sonstige Outdoor - Aktivitäten

Tabellarische Zusammenfassung der Daten des Feldtests „sonstige Outdoor - Aktivitäten“

Tabelle 79: Zusammenfassung der Daten des Feldtests „sonstige Outdoor - Aktivitäten“

Dauer	**1,25 h**	**2,0 h**	**2,5 h**	**6,25 h**	**8,5 h**
Anzahl der Probanden	2	5	2	1	2
HF mean in S/ min	124,00	122,88	124,65	129,48	184,94
HF res. in S/ min	63,50	18,14	52,65	23,15	74,31
BG Wert am Ende in mmol/ l	6,84	10,66	9,22	5,26	7,53
BG Wert am Ende in mg/ dl	123,50	192,40	166,50	95,00	136,00
Soll - Insulindosis in IE	12,50	20,80	26,00	35,00	31,00
Ist - Insulindosis in IE	11,60	20,80	21,00	35,00	31,00
Zusatz BE während der Feldtests	1,00	0,60	1,50	2,00	2,50
IDE in IE der Feldtests	3,56	2,60	4,11	1,89	2,43

3.2.6 Darstellung des Zusammenhangs zwischen Parametern der Feldtests und der Blutglukosedifferenz bzw. des Netto – IDE

3.2.6.1 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zur mittleren Herzfrequenz

Für n = 102 Daten von Feldtests wurde der Zusammenhang zwischen dem Mittelwert und der Standardabweichung der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zur mittleren Herzfrequenz ermittelt. Die Daten sind in der Tabelle 80 dargestellt.

Tabelle 80: Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE zur mittleren HF mittel während der Feldtests

HF mittel in S/ min		**80 - 100**	**100 - 120**	**120 - 140**	**140 - 160**	**160 - 180**
Anzahl	n	10	33	40	10	7
BG Differenz in mmol/ l (Reihe 1)	MW	1,24	2,61	2,75	3,35	3,90
BG Differenz in mmol/ l	SD ±	1,03	2,43	2,91	2,75	5,03
Netto - IDE in IE (Reihe 2)	MW	4,77	3,10	6,99	1,71	6,45
Netto - IDE in IE	SD ±	5,49	3,65	12,15	5,89	16,97

Der Korrelationskoeffizient zwischen Δ BG und der mittleren Herzfrequenz beträgt -0,032, eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden.
Der Korrelationskoeffizient zwischen Netto - IDE und der mittleren Herzfrequenz beträgt -0,106, auch hier konnte eine Signifikanz nicht nachgewiesen werden.

Die Mittelwerte der Blutglukosedifferenz und der Netto IDE der mittleren Herzfrequenzen wurde graphisch im Diagramm 90 dargestellt.
Dabei stellt die Datenreihe 1 die Daten der Blutglukosedifferenz und die Datenreihe 2 die Netto - IDE dar.

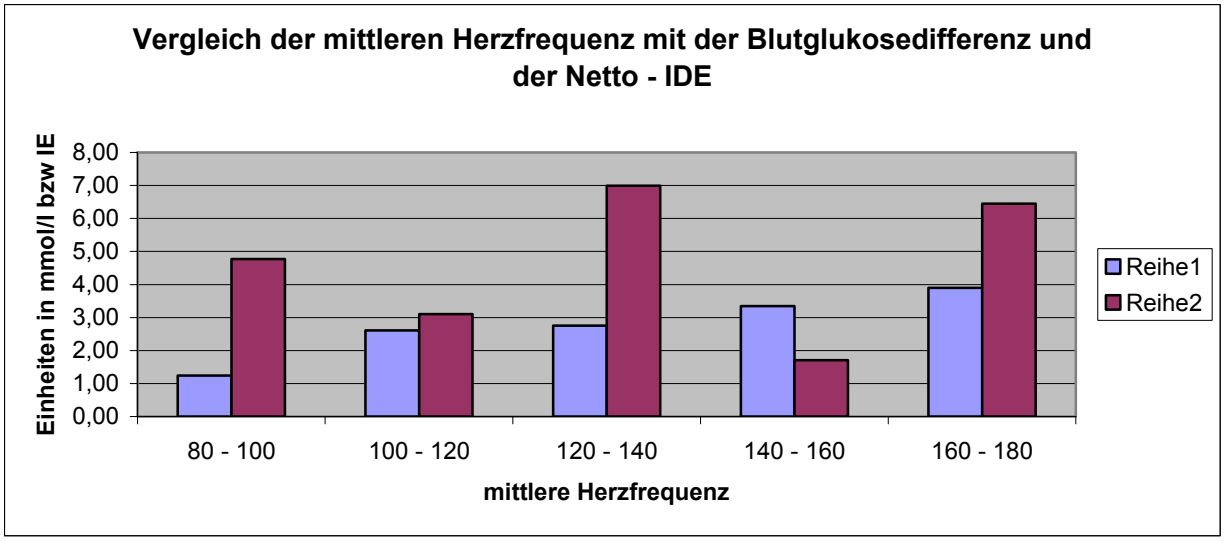


Diagramm 90: Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE zur mittleren HF

3.2.6.2 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zu den unterschiedlichen sportlichen Aktivitäten

Für n = 102 Probanden wurde der Zusammenhang zwischen dem Mittelwert und der Standardabweichung der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zu den verschiedenen sportlichen Aktivitäten während der Feldtests ermittelt.
Die Daten sind in der Tabelle 81 dargestellt.

Tabelle 81: Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE in den verschiedenen Feldtests

Aktivität		**Radtour**	**Schwimmen**	**Segeln**	**Sportfest**	**Wanderung**	**Strandspaziergang**
Anzahl	n	12	24	4	4	46	10
BG Differenz in mmol/ l	MW	4,24	2,77	4,53	2,45	2,24	2,92
BG Differenz in mmol/ l	SD ±	4,17	2,13	5,07	2,66	2,37	2,89
Netto - IDE in IE	MW	12,26	4,63	10,49	0,20	3,06	4,00
Netto - IDE in IE	SD ±	17,84	6,87	21,64	4,00	5,12	8,64

Die Mittelwerte der Blutglukosedifferenz und der Netto IDE bei den verschiedenen sportlichen Aktivitäten der Feldtests wurde graphisch im Diagramm 91 dargestellt.
Dabei stellt die Datenreihe 1 die Daten der Blutglukosedifferenz und die Datenreihe 2 die Netto - IDE dar.

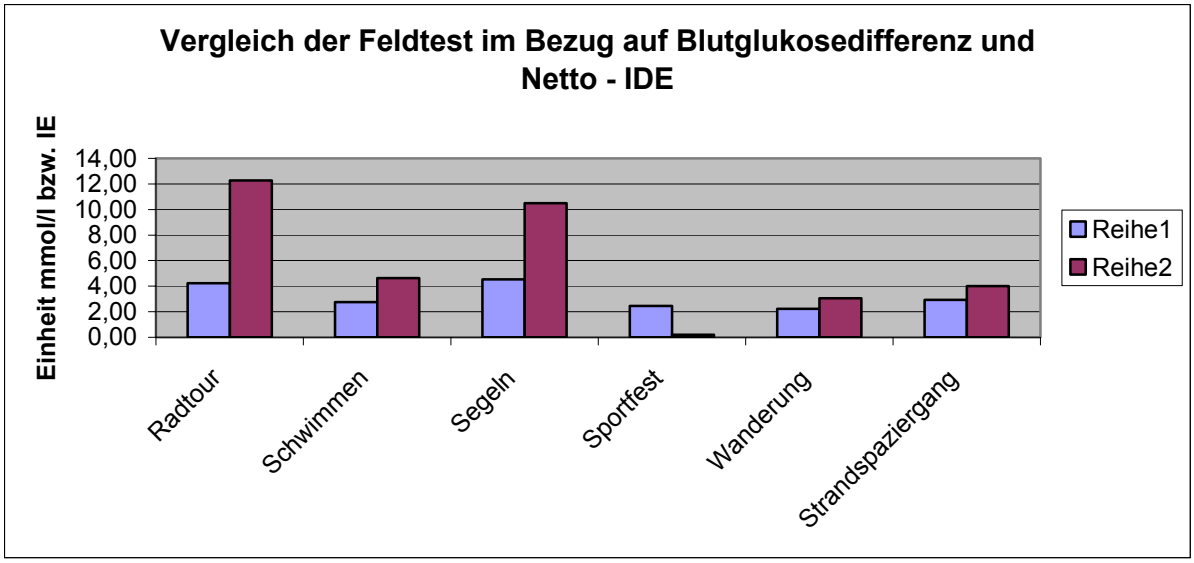


Diagramm 91: Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE in den verschiedenen Feldtests

3.2.6.3 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zu den Fitnessstufen

Für n = 102 Feldtests wurde der Zusammenhang zwischen dem Mittelwert und der Standardabweichung der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE zu den drei verschiedenen Fitnessstufen ermittelt. Die Daten sind in der Tabelle 82 dargestellt

Tabelle 82: Zusammenhang zwischen Δ BG, der Netto IDE und den Fitnessstufen der Probanden

Fitnessstufe		**Fitnessstufe 1**	**Fitnessstufe 2**	**Fitnessstufe 3**
Anzahl	n	21	54	27
BG Differenz in mmol/ l	MW	1,78	2,95	2,95
BG Differenz in mmol/ l	SD ±	2,04	2,97	2,99
Netto - IDE in IE	MW	12,64	3,98	0,27
Netto - IDE in IE	SD ±	11,07	9,12	2,97

Der Korrelationskoeffizient zwischen Δ BG und den Fitnessstufen beträgt 0,132, eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden.
Der Korrelationskoeffizient zwischen Netto - IDE und den Fitnessstufen beträgt -0,439, bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,001$. Somit konnte eine Signifikanz nachgewiesen werden.

Die Mittelwerte der Blutglukosedifferenz und der Netto IDE der einzelnen Fitnessstufen wurde graphisch im Diagramm 92 dargestellt. Dabei stellt die Datenreihe 1 die Daten der Blutglukosedifferenz und die Datenreihe 2 die Netto - IDE dar.

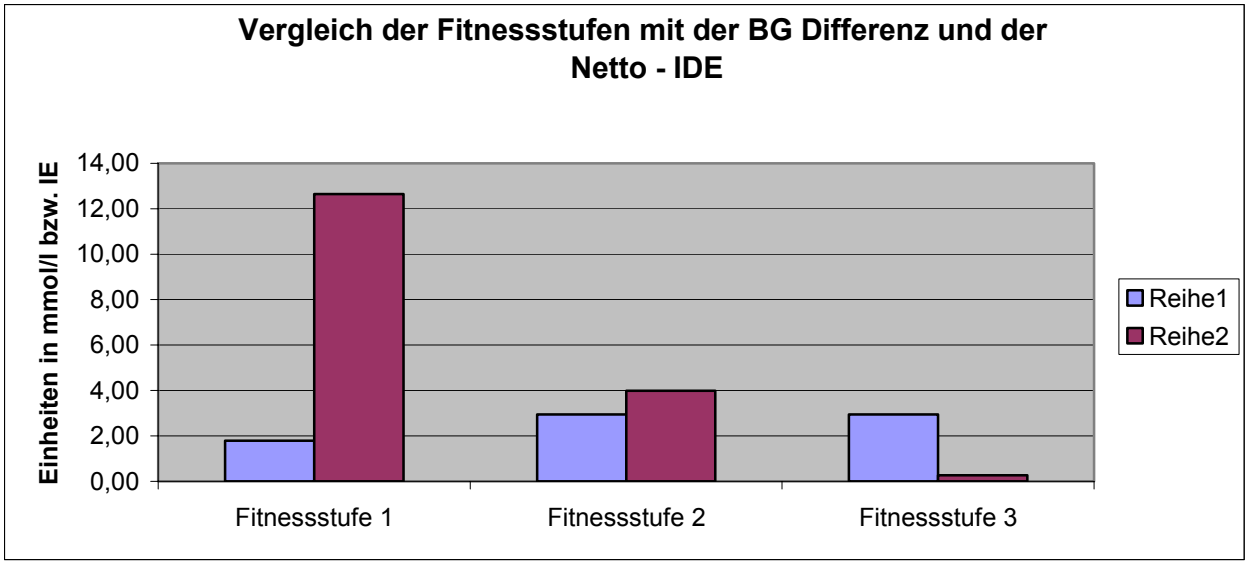


Diagramm 92: Zusammenhang zwischen Δ BG, der Netto IDE und den Fitnessstufen der Probanden

3.2.6.4 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und der mittleren Herzfrequenz der Feldtests

Für n = 102 Feldtests wurde der direkte Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und den mittleren Herzfrequenzdaten der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht. Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der Gleichung y = 0,0214x + 0,0202 ermittelt werden. Der Anstieg der Geraden zeigt, dass je höher die Herzfrequenz im Feldtest war, desto größer war auch die Differenz des Blutglukosespiegels während des Feldtests. Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug - 0,031. Eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden. Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 93.

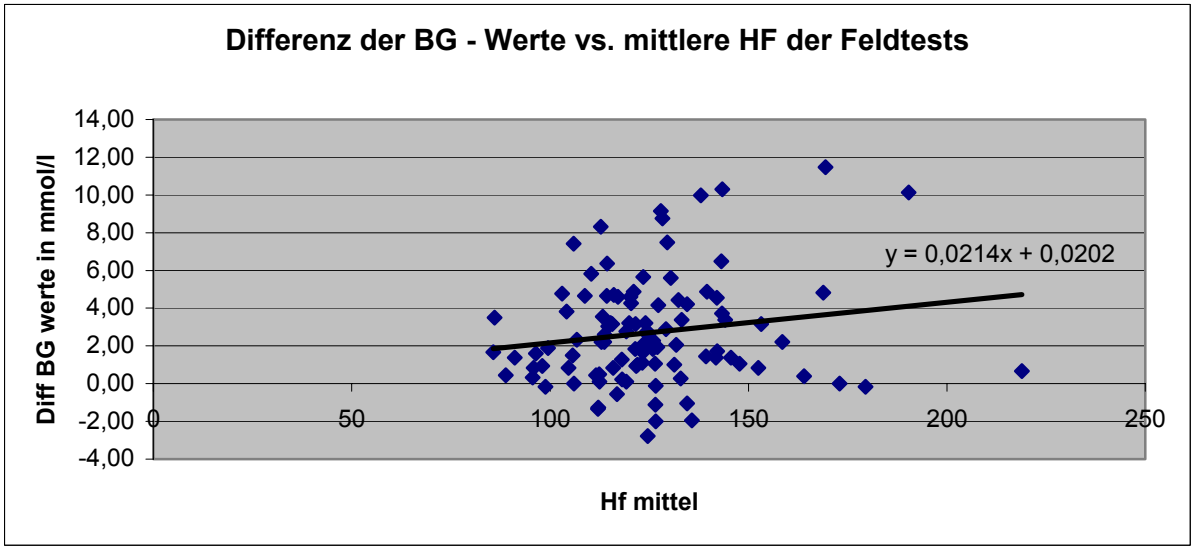


Diagramm 93: Zusammenhang zwischen Δ BG und der mittleren Herzfrequenz aller Probanden

3.2.6.5 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und der IDE der Feldtests

Für n = 102 Feldtests wurde der direkte Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und den ermittelten IDEs der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht. Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der Gleichung
y = -0,0353x + 2,9391 ermittelt werden. Der Anstieg der Geraden zeigt, dass je höher die IDE im Feldtest war, desto geringer war auch die Differenz des Blutglukosespiegels während des Feldtests. Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug -0,171. Eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden. Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 94.

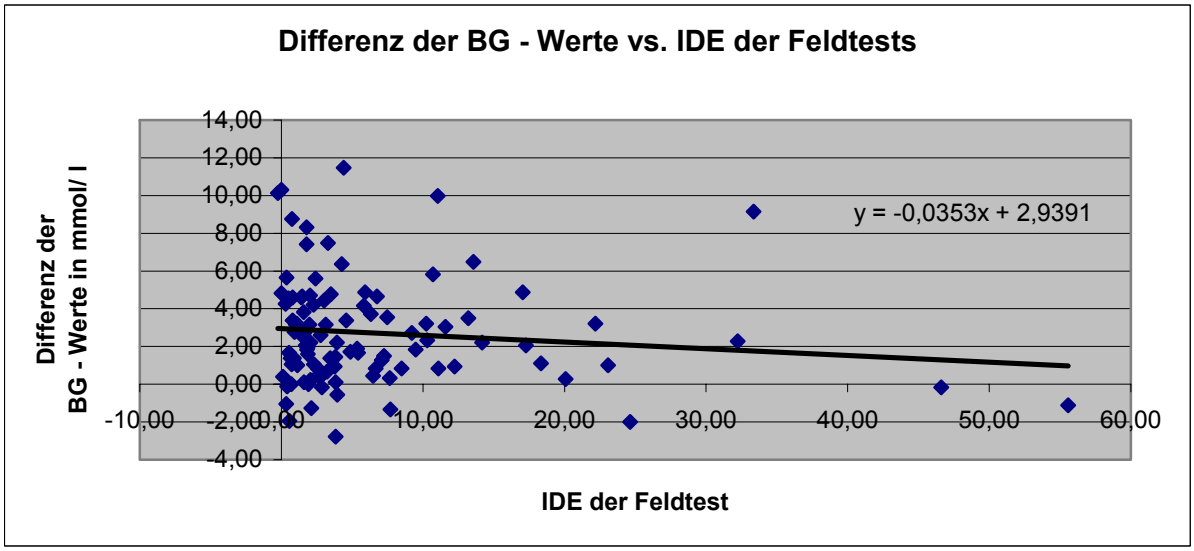


Diagramm 94: Zusammenhang zwischen Δ BG und der IDE der Feldtests aller Probanden

3.2.6.6 Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE

Für n = 102 Feldtests wurde der direkte Zusammenhang zwischen der Blutglukosedifferenz und den ermittelten Netto - IDE der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht. Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der Gleichung
y = -0,021x + 2,8117 ermittelt werden. Der Anstieg der Geraden zeigt, dass je höher die IDE im Feldtest war, desto geringer war auch die Differenz des Blutglukosespiegels während des Feldtests. Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug -0,106. Eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden. Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 95.

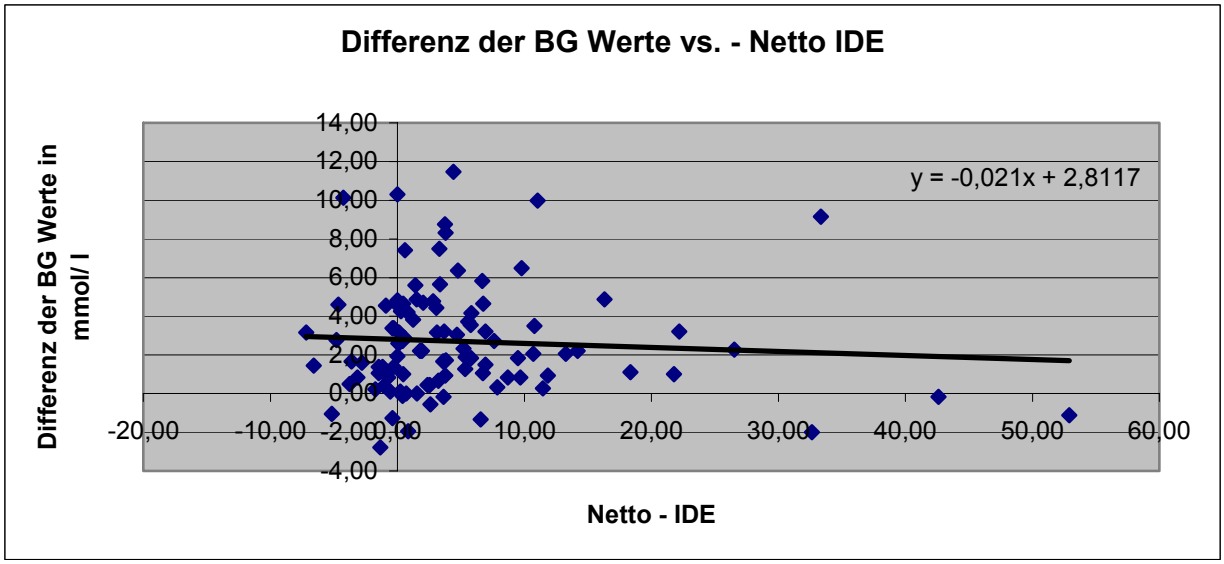


Diagramm 95: Zusammenhang zwischen Δ BG und der Netto - IDE aller Probanden

3.2.7 Darstellung der Ergebnisse zur Berechnung der individuell notwendigen Insulindosis (NID) und der individuellen Insulindosisreduktion (IIR) aus den Daten der Feldtests

Wie in der Methodik unter dem Punkt 2.2.4.6 beschrieben, wurde aus den diabetesspezifischen und sportwissenschaftlichen Daten der Feldtests die individuell notwendige Insulindosis (NID) und die individuelle Insulinreduktion (IIR) ermittelt.

3.2.7.1 Darstellung der Daten zur Berechnung der notwendige Insulindosis (NID) für die Feldtests

Für n= 102 Feldtests wurde mit der unter 2.2.4.6 beschriebenen Formel die für die einzelne sportliche Aktivität notwendige Insulindosis berechnet. Der Mittelwert aller NID lag bei 9,63 IE, bei einer SD ± von 12,32. Die maximal notwendige Insulindosis für eine sportliche Aktivität betrug 61,85 IE, die geringste Insulindosis lag bei - 7,80 IE. 12 Probanden hatten eine negative notwendige Insulindosis, was vermutlich darauf hindeutet, dass sie schon zu Beginn der sportlichen Aktivität hyperinsulinisiert waren. Die Daten der einzelnen Feldtests sind in dem Diagramm 96 dargestellt.

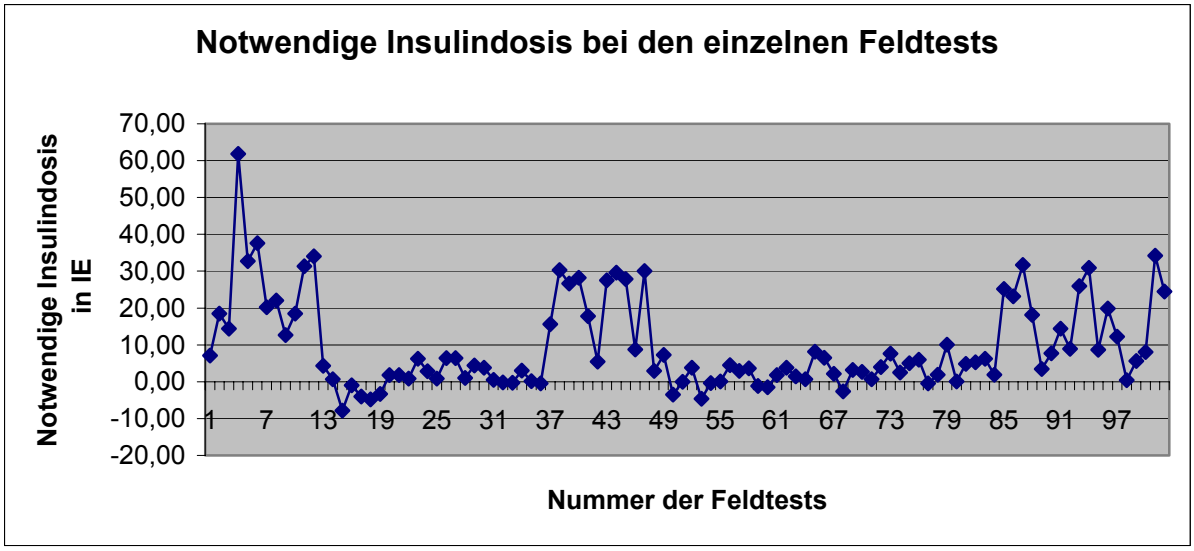


Diagramm 96: Notwendige Insulindosis während der einzelnen Feldtests

3.2.7.2 Darstellung der Daten der individuellen Insulindosisreduktion (IIR) für die Feldtests

Für n= 102 Feldtests wurde mit der unter 2.2.4.6 beschriebenen Formel die für die einzelne sportliche Aktivität individuelle Insulindosisreduktion berechnet. Der Mittelwert aller IIR lag bei 4,58 IE, bei einer SD ± von 4,69. Die maximale IIR für eine sportliche Aktivität betrug 19,59 IE, die geringste Insulindosis lag bei - 7,88 IE. 13 Probanden hatten eine negative individuelle Insulindosisreduktion, was vermutlich darauf hindeutet, dass sie schon zu Beginn der sportlichen Aktivität hypoinsulinisiert waren. Die Daten der einzelnen Feldtests sind in dem Diagramm 97 dargestellt.

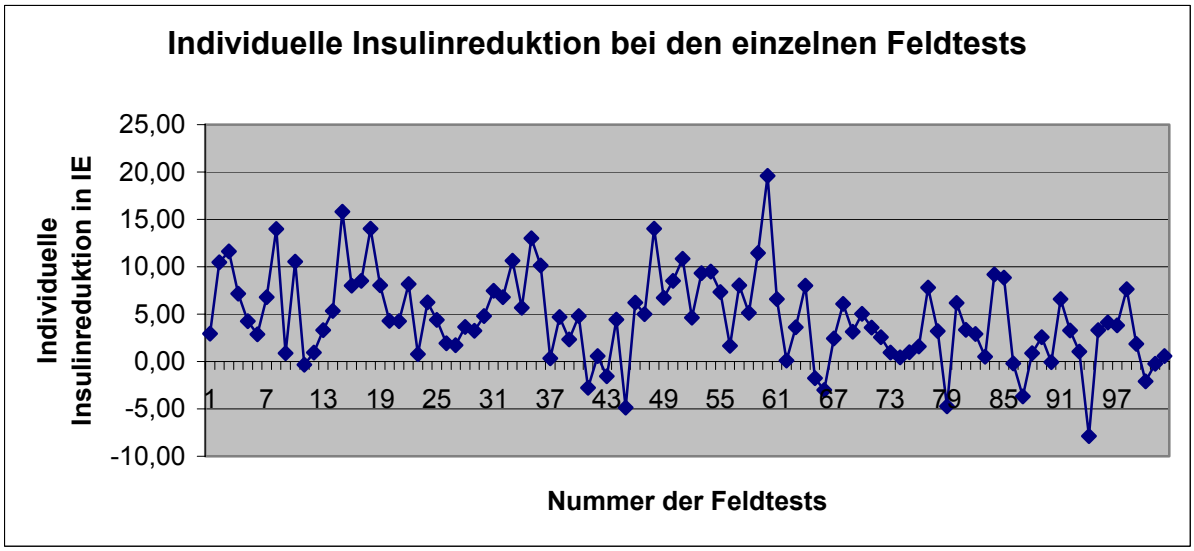


Diagramm 97: Individuelle Insulindosisreduktion während der einzelnen Feldtests

3.2.7.3 Zusammenhang zwischen der mittleren Herzfrequenz in S/ min und der aus der Formel errechneten notwendigen Insulindosis (NID)

Für n = 102 Probanden wurde der direkte Zusammenhang zwischen der mittleren Herzfrequenz und der notwendigen Insulindosis der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht.

Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der Gleichung y = 0,0804 x ermittelt werden.

Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug 0,340. Eine Signifikanz auf dem Signifikanzniveau von $p < 0,001$ konnte nachgewiesen werden.

Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 98.

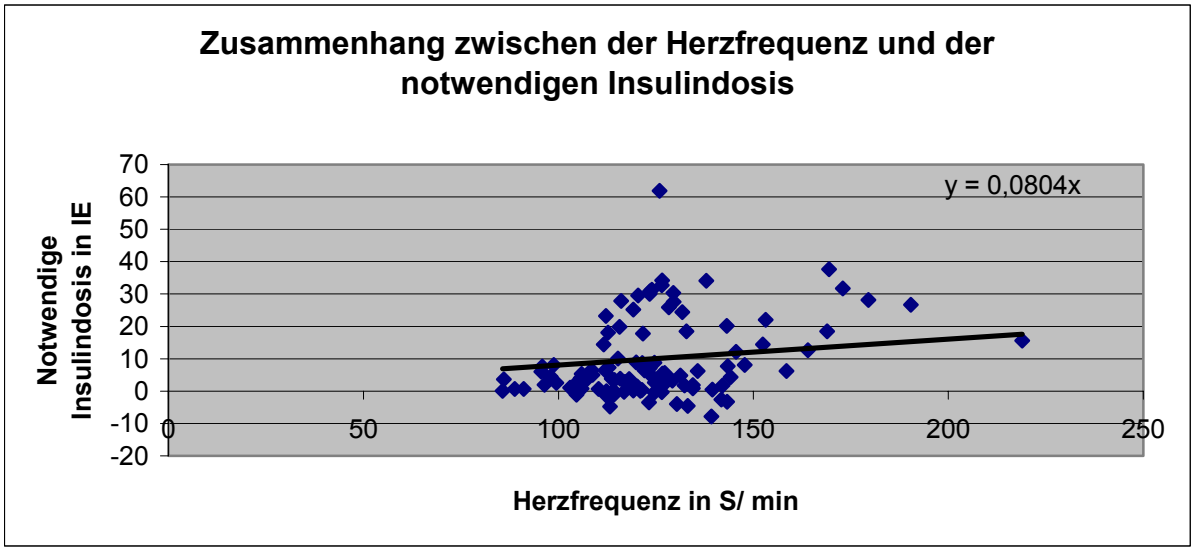


Diagramm 98: Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der notwendigen Insulindosis

3.2.7.4 Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve (HF Reserve) in S/ min und der aus der Formel errechneten notwendigen Insulindosis (NID)

Für n = 102 Feldtests wurde der direkte Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der für die sportliche Aktivität notwendigen Insulindosis der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht.

Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der Gleichung y = -0,0958x + 12,774 ermittelt werden.

Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug -0,141. Eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden.

Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 99.

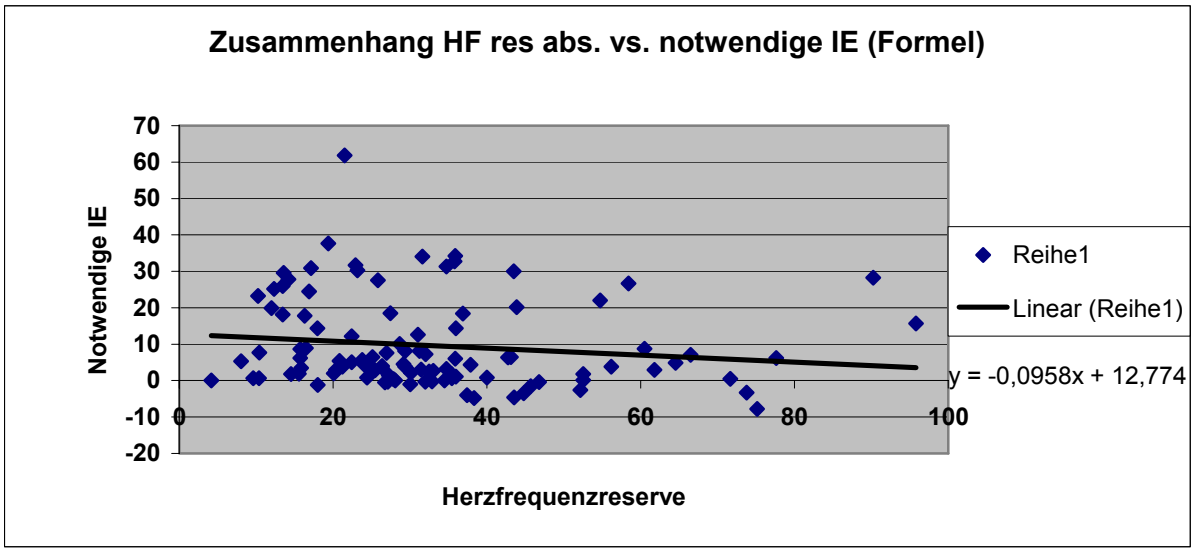


Diagramm 99: Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der notwendigen Insulindosis

3.2.7.5 Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der individuellen Insulindosisreduktion

Für n = 102 Feldtests wurde der direkte Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der für die sportliche Aktivität individuellen Insulindosisreduktion (IIR) der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht. Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der Gleichung y = -0,0091x + 5,724 ermittelt werden. Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug -0,044. Eine Signifikanz konnte nicht nachgewiesen werden. Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 100.

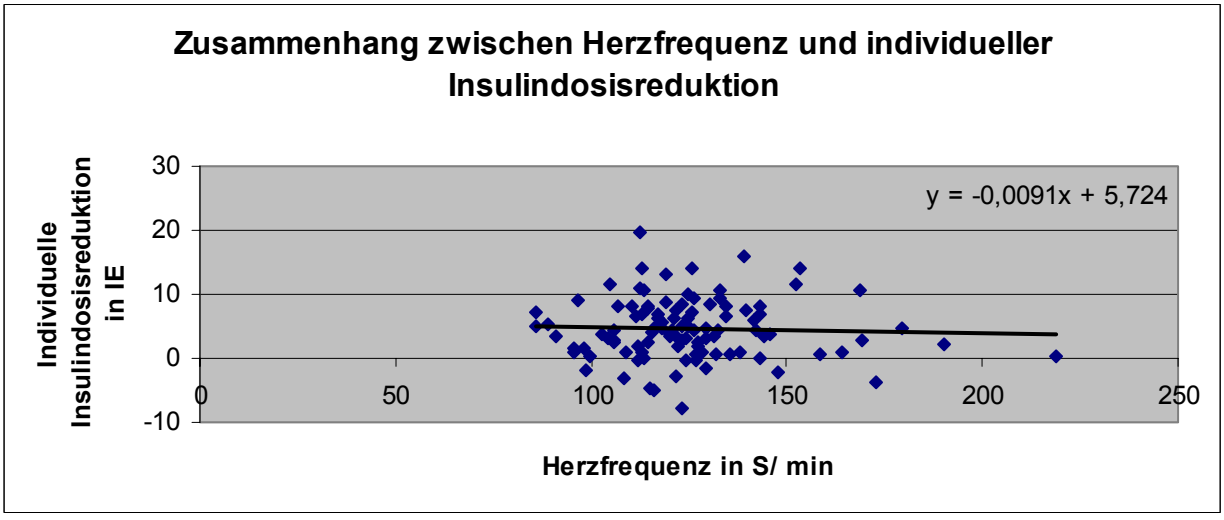


Diagramm 100: Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der individuellen Insulindosisreduktion

3.2.7.6 Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der individuellen Insulindosisreduktion

Dabei wird die individuelle Insulindosisreduktion als die Differenz aus der Soll – Insulindosis (laut Spritzschema) und der notwendigen Insulindosis für die sportliche Aktivität (laut Formel) berechnet. Für n = 102 Feldtests wurde der direkte Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der für die sportliche Aktivität errechneten individuellen Insulindosisreduktion der Probanden während der verschiedenen Feldtests untersucht. Dabei konnte eine lineare Regressionsgerade mit der
Gleichung y = 0,068x + 2,3504 ermittelt werden. Die Korrelation zwischen den Daten beider Parameter betrug 0,262. Eine Signifikanz konnte auf einem Niveau von $p < 0,01$ nachgewiesen werden. Die graphische Darstellung der Punktwolke zeigt das Diagramm 101.

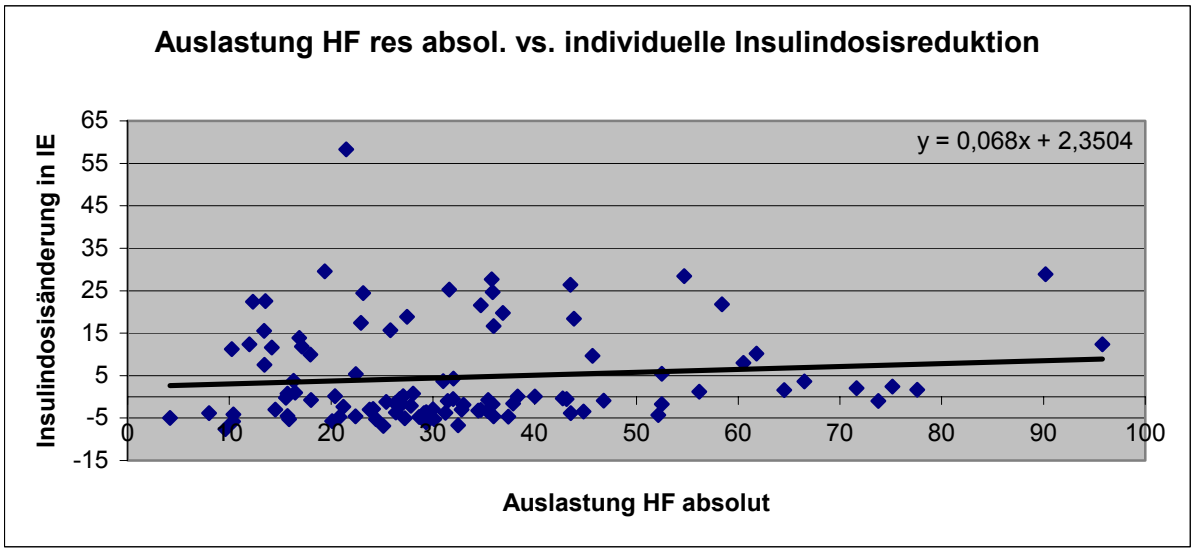


Diagramm 101: Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der individuellen Insulindosisreduktion

Aus der Formel für die Regressionsgleichung (Trendlinie) lassen sich für die einzelnen Auslastungsbereiche der Herzfrequenzreserve die individuellen Insulindosisreduktionen (IIR) berechnen:

a) für die gesamten sportlichen Aktivitäten

Anzahl der Probanden:	n = 102
Mittlere Testdauer aller Feldtests:	1,67 Stunden
Mittlere Insulindosis aller Tests:	14,21 IE

Tabelle 83: Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte Dauer der sportlichen Aktivität

Insulindosis-reduktion	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 0 – 30 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 – 50 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 – 70 %**
in IE (Reihe 1)	4,39	5,75	7,11
in Prozent (Reihe 2)	30,90	40,47	50,04

Die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion bei sportlicher Aktivität für die gesamte Dauer aller Feldtests zeigt das Diagramm 102.

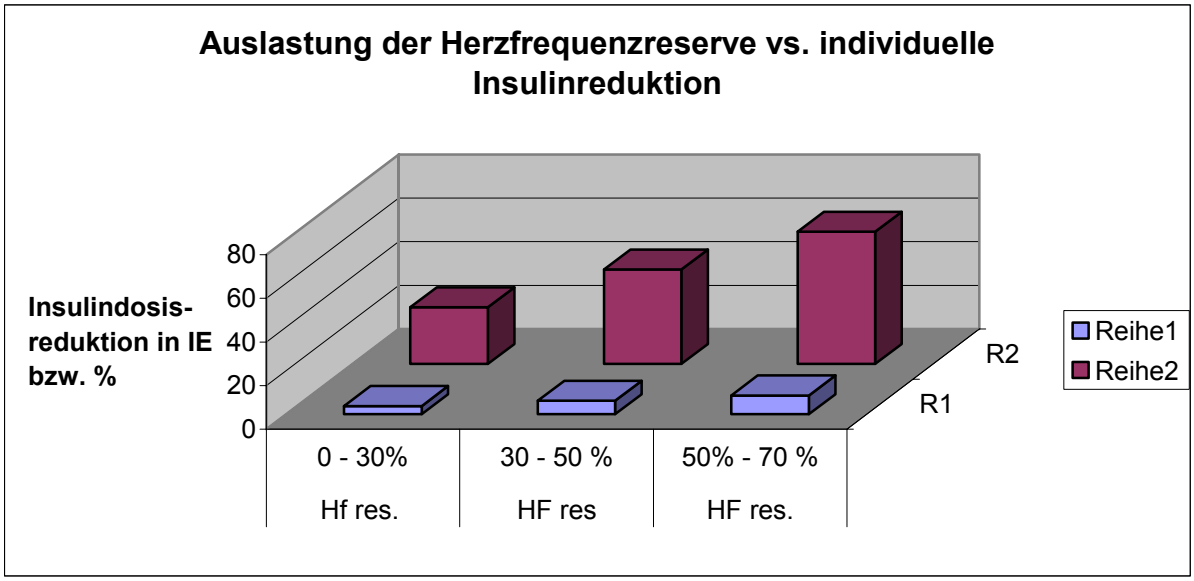


Diagramm 102: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte Dauer der sportlichen Aktivität

Aus diesen Daten lässt sich die individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde berechnen.

b) für eine Stunde der sportlichen Aktivität:

Anzahl der Probanden: n = 102

Mittlere Insulindosis: 8,51 IE

Tabelle 84: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität

Insulindosis-reduktion	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 %**
in IE (Reihe 1)	2,63	3,44	4,26
in Prozent (Reihe 2)	30,90	40,47	50,04

Die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität zeigt das Diagramm 103.

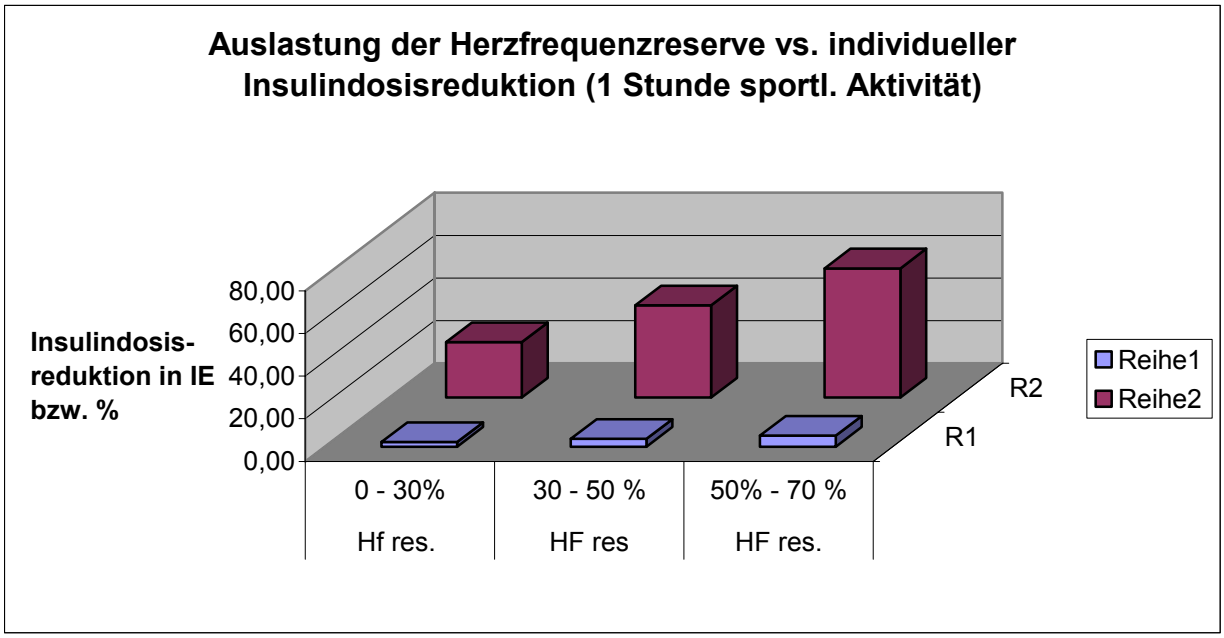


Diagramm 103: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität

3.2.7.7 Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der individuellen Insulindosisreduktion, wenn die Regressionsgerade durch „Null“ verläuft

Wenn man von der Hypothese ausgeht, dass die Regressionsgerade durch „Null“ verläuft, was physiologisch nachvollziehbar wäre, da bei der Ruheherzfrequenz keine individuelle Veränderung der Insulinempfindlichkeit durch eine Aktivität der Skelettmuskulatur und sich

demzufolge auch keine Insulindosisreduktion notwendig ergibt, verändert sich die Regressionsgleichung in den Term: y = 0,1231x.

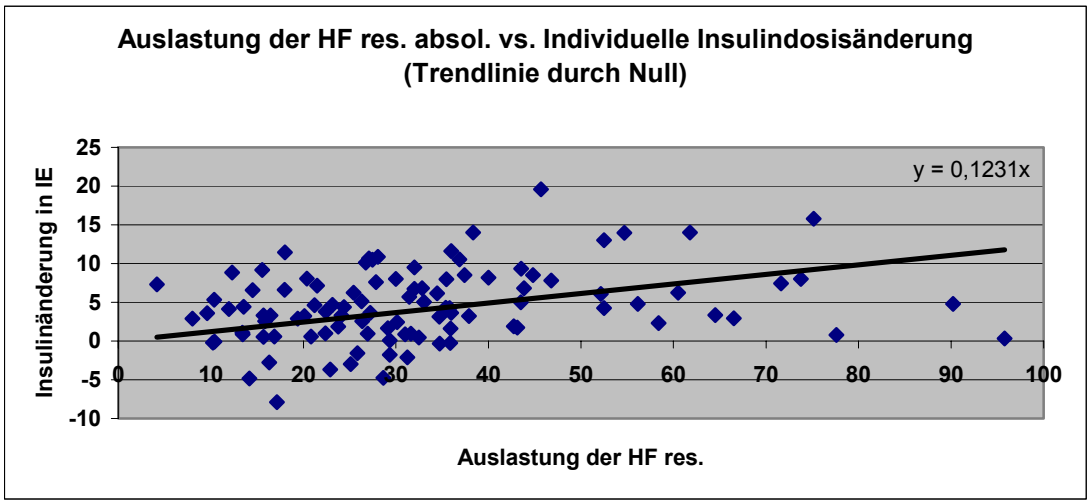


Diagramm 104: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion (Regressionsgerade durch „Null“)

Daraus lassen sich aus der Regressionsgleichung für die einzelnen Auslastungsbereiche der Herzfrequenzreserve die individuellen Insulindosisreduktionen (IIR) berechnen:

a) für die gesamten sportlichen Aktivitäten

Anzahl der Probanden: n = 102

Mittlere Testdauer aller Feldtests: 1,67 Stunden

Mittlere Insulindosis aller Tests: 14,21 IE

Tabelle 85: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte sportliche Aktivität (Regressionsgerade durch „Null)

Insulindosis-reduktion	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 %**
in IE (Reihe 1)	3,69	6,15	8,62
in Prozent (Reihe 2)	25,99	43,31	60,64

Die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die sportlichen Aktivitäten für die gesamte Dauer aller Feldtests (Regressionsgerade durch „Null“) zeigt das Diagramm 105.

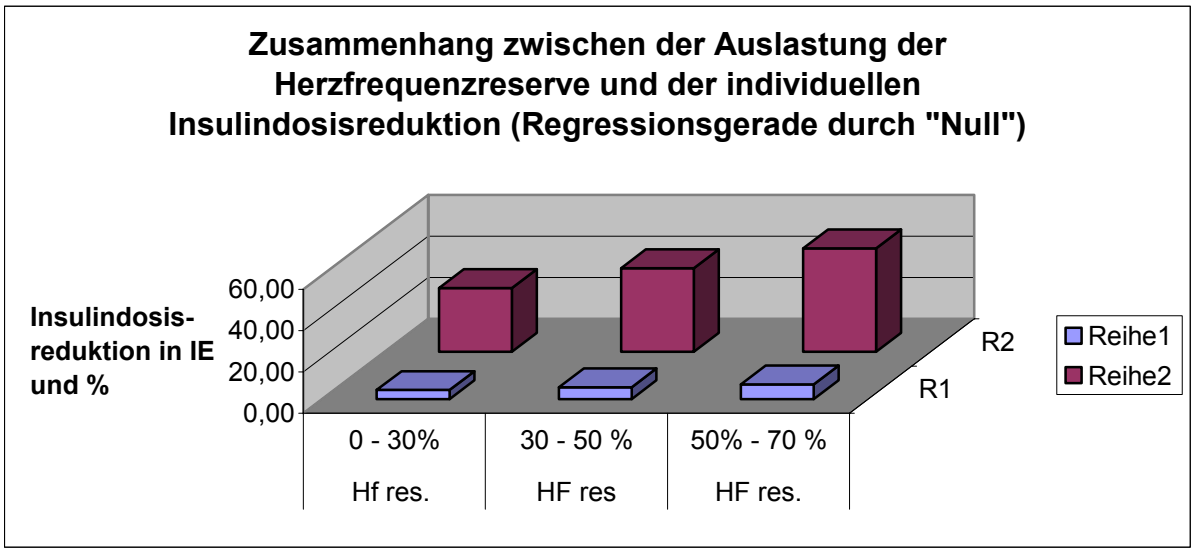


Diagramm 105: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte sportliche Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)

Aus diesen Daten lässt sich die individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde berechnen.

b) für eine Stunde der sportlichen Aktivität:

Anzahl der Probanden:	n = 102
Mittlere Insulindosis:	8,51 IE

Tabelle 86: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)

Insulindosis-reduktion	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 50 %**	**Auslastung der Herzfrequenzreserve von 70 %**
in IE (Reihe 1)	2,21	3,69	5,16
in Prozent (Reihe 2)	25,99	43,31	60,64

Die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“) zeigt das Diagramm 106.

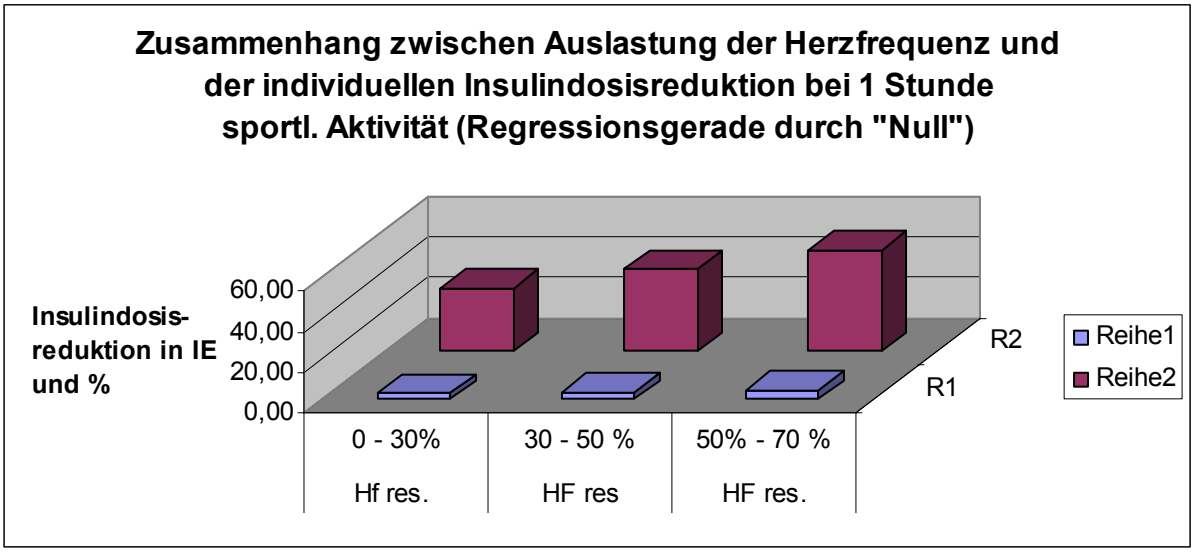


Diagramm 106: Zusammenhang zwischen Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)

4 Diskussion

Die Dissertationsschrift untersucht im Zeitraum von 2003 – 2004 in drei Teilen die psychologischen und stoffwechselphysiologischen Auswirkungen und Probleme von sportlicher Aktivität für den Typ 1 Diabetiker mit dem Ziel, eine Möglichkeit für Patienten mit insulinbehandeltem Diabetes mellitus zu entwickeln, um ein selbstständiges Blutglukosemanagement zur Vermeidung von Hypoglykämien durch den Patienten zu entwickeln.

Im ersten Teil der Arbeit wird mit Hilfe eines Fragebogens Daten zur Einstellung und den Problemen bei sportlichen Aktivitäten von Typ 1 Diabetikern in der Schule und Freizeit erhoben.

Im zweiten Teil wurde unter standardisierten Laborbedingungen das von Salzsieder und Fischer [49] entwickelte Nomogramm des individuellen Insulindosisäquivalents (IDE) in Abhängigkeit zur erbrachten Leistung beim Fahrradergometerstufentest ermittelt und jetzt in Beziehung zur Herzfrequenz und der Auslastung der Herzfrequenzreserve als Mittel zur Trainingssteuerung gesetzt. Im dritten Teil wurde in begleiteten Feldtests die ermittelten IDE des Fahrradergometertests überprüft, und ein Berechnungsalgorithmus zur Ermittlung der individuell notwendigen Insulindosis (NID) für die sportliche Aktivität sowie die individuelle Insulindosisreduktion (IIR) auf Grundlage der beim Feldtest ermittelten Daten erstellt, um auch Patienten die Möglichkeit zu geben, ohne der unter Laborbedingungen durchgeführten Fahrradergometrie, einen Anhaltspunkt zur individuellen Insulindosisreduktion zu erhalten.

4.1 Methodenkritische Betrachtung

Die Datenerhebung für die Arbeit fand aus organisatorischen Gründen, vorhandene Erfahrungen mit dem von mir geplanten Studiendesign an dem Inselkrankenhaus Haus Gothensee und meiner damaligen Tätigkeit am Diabetes – Zentrum Mergentheim, an zwei verschiedenen Orten statt. Dies führte aber zu keiner nennenswerten Beeinflussung der Zusammensetzung des Gesamtkollektivs (außer im Alter und der Diabetesdauer) und somit zu keinen nennenswerten Unterschieden in allen wichtigen Variablen, Auswertungen und Schlussfolgerungen. Die gemessene Herzfrequenz wurde mit dem von Fischer et al. entwickelten Algorithmus an das Alter und das Geschlecht angepasst.

Das von Salzsieder und Fischer et al. [49] entwickelte Nomogramm stellt die Grundlage der Arbeit dar. Seine physiologische und klinische Anwendbarkeit und Relevanz wurde in Voruntersuchungen u. a. von Rutscher, Staufenbiel und Stöwhas demonstriert [46, 47, 48, 58].

Das Studiendesign der **Befragung mit Hilfe eines Fragebogens** orientiert sich an allgemeingültigen, wissenschaftlichen Standards [51,52,53] für die Erstellung und Auswertung von Fragebögen, bei denen das befragte Ereignis schon zurückliegt und bei denen es um Einstellungen zu bestimmten Sachverhalten geht. Um eine möglichst hohe Probandenanzahl und damit eine möglichst genaue Aussagekraft der Antworten zu erzielen, wurde die schriftliche Befragung per Brief gewählt. Darüber hinaus wurden, um auch den Effekt einer aktuellen Schulungssituation zu zeigen, 20 Probanden der Subgruppe Inselklinik Haus Gothensee direkt während einer Schulungssituation befragt.
Die hohe Rücklaufrate der Briefaktion von 76 % zeigt einerseits das große Interesse an dieser Fragestellung und andererseits, dass der Fragebogen in einem ansprechenden Design gestaltet war, zwei nach Diekmann wichtige Faktoren, um Rücklaufquoten von mehr als 20 % zu haben und somit eine für die Statistik ausreichen hohen Anzahl von auswertbaren Fragebögen.
Sicher ist kritisch anzumerken, dass durch die gewählte Vorgehensweise der Briefbefragung durchaus das Ergebnis durch anderweitige beeinflussende Faktoren wie z.B.

- ⇨ aktuelle positive oder negative Erlebnisse und Erfahrungen bei sportlichen Aktivitäten in der Schule oder im Verein,
- ⇨ aktuelle geäußerte Meinungen von Eltern und „besten“ Freunden,
- ⇨ aktuelle Ereignisse und Meinungen, die in den Medien reflektiert wurden,

verändert hätte werden können.
Deshalb wurde schon bei der Erstellung des Fragebogens durch mich darauf geachtet, dass die Antwort verfälschenden Faktoren und Einflüsse möglichst gering gehalten wurde. Dies bezog sich besonders auf die altersgerechte Wort- und Terminiauswahl. Darüber hinaus trug die Gestaltung des Anschreibens, die Anonymisierung der Fragebögen, die Fragenstellung an sich und der eindeutige Hinweis auf Freiwilligkeit dazu bei, eine positive Einstellung zur Beantwortung des Fragebogens herzustellen. Die Datensicherung und fehlerfreie Übertragung in die Auswertungsprogramme wurde mit eine Qualitätskontrolle durch eine zweite Person verringert, die die übertragenen Daten unabhängig von mir mit den Urdaten auf den Fragebögen verglich und fehlerhafte Datensätze korrigierte. Die Auswertung der Daten erfolgte dann mit standardisierten, mathematischen Methoden der Mittelwertbildung und Korrelation, so dass Fehler im Bereich des Fragebogendesign, der Datenübertragung und

Auswertung hierbei, wenn nicht auszuschließen, so doch auf ein Minimum reduziert wurden. Deshalb bin ich der Auffassung, dass die Antworten der ausgewählten Kinder und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes im Fragebogen zur „Einstellung der Kinder und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes zu sportlichen Aktivitäten in der Schule und Freizeit“ durchaus repräsentativ, zumindest für Kinder und Jugendliche mit Typ 1 Diabetes, die sich für die Fragestellung des Fragebogens interessieren und ihn deshalb auch beantwortete haben, sind.

Kritisch zu diskutieren wäre, dass individuelle Einflussfaktoren auf Antworten wie der soziale Hintergrund, die besuchte Schulform und diabetesspezifische Einflussfaktoren wie Diabetesdauer und HbA1c nicht abgefragt wurden, obwohl durchaus ein Zusammenhang zu den gegebenen Antworten zu vermuten wäre. Meiner Meinung mindert das Fehlen solcher Items nicht die Aussage der Ergebnisse des Fragebogens, da er nicht als soziologische Studie gedacht war, sondern Aussagen zur eigenen Motivation und Kompetenz sowohl zur sportlichen Aktivität als auch über die Fähigkeit zum Diabetesselbstmanagement im Bezug auf Blutglukoseveränderungen (speziell Hypoglykämien) treffen sollte. Aus ihnen leitet sich die Bedeutung der dargestellten Arbeit ab.

Das Design des **Fahrradergometertests** wurde nach dem üblichen Kriterien der WHO durchgeführt [54,55,56,57, 58], so dass die Faktoren, die die Ergebnisse beeinflussen können, ausgeschlossen werden konnten. Sowohl die Durchführung des Ergometertests, die Herzfrequenzaufzeichnung (EKG - genau) als auch die Messung des Blutglukosespiegels (durch das klinikeigene Labor mit einem laborchemischen Verfahren) entsprach den wissenschaftlichen Anforderungen an die Validität und Reproduzierbarkeit von Daten. Die Ergometertests wurden bewusst auch alle in die Zeit nach dem Frühstück gelegt, um den Einfluss von hypoglykämisch bedingten Situationen auf den Blutglukosespiegel und auf die Herzfrequenz – durch die hormonelle Gegenregulation - zu vermeiden. Die Schwierigkeit der Bewertung von Herzfrequenzdaten durch physio – psychische Einflüsse ist mir durchaus bewusst und wurde auch bei einigen Patienten beobachtet. Aus diesem Grund entschied ich mich, bei der Datenauswertung nicht mit den tatsächlichen Ruhe - Herzfrequenzwerten, sondern, da ein linearer Herzfrequenzanstieg bei linearer Steigerung der Leistung zu erwarten ist [120], mit den regressiv ermittelten Daten der Herzfrequenzwerte zu arbeiten. Nach den Richtlinien der WHO und verschiedenen wissenschaftlichen Untersuchungen u. a. genügt es, am Ende einer jeden Belastungsstufe die Herzfrequenz zu Messen [54, 55, 56, 57, 58], da sich nach ca. 2-6 Minuten ein Herzfrequenz – Steady State [156] einstellt, was die Konstanz der

Herz – Kreislaufvorgänge bei der geleisteten Arbeit zeigt und somit Ausdruck der Reaktion des Organismus auf die geleistete Arbeit ist.
Das Studiendesign der **begleiteten Feldtests** wurde bewusst so angelegt, dass es für den einzelnen Patienten auch anwendbar und die benötigten technischen Hilfsmittel für ihn auch verfügbar waren. Deshalb wurde das Design einer offenen klinischen Beobachtungsstudie unter täglichen Routinebedingungen gewählt. Dies bringt weiterhin den Vorteil mit sich, dass Bedingungen wie im häuslichen Alltag herrschen, was die Alltagsrelevanz zeigt und Anwendbarkeit der Ergebnisse im Alltag ermöglicht.
Vorteil dieses Designs war die Durchführbarkeit im Klinkalltag ohne Eingriffe in den Klinikablauf. So mussten Patienten nicht auf Schulungen und Behandlungen verzichten, es wurde keine „künstliche Untersuchungsatmosphäre“ geschaffen, die auf die Abläufe im Alltag nicht zu übertragen sind. Dies hätte dem Ziel, eine Studie durchzuführen, deren Ergebnisse für den Patientenalltag gedacht sind, widersprochen. Trotzdem bietet der standardisierte Tagesablauf in der Klinik den Vorteil, dass der Einfluss, der die Daten verändert und eine Vergleichbarkeit erschwert oder unmöglich macht, relativ gering ist. Das zeigt sich an solch wichtigen Faktoren wie

- ⇨ die Konstanz der Insulindosis durch die Festlegung durch den Arzt im Therapieplan,
- ⇨ die größere Genauigkeit der Berechnung der Insulindosis durch die Kontrolle der Pfleger- und Schwestern,
- ⇨ der immer gleiche Zeitpunkt der Mahlzeiten und Insulininjektionen
- ⇨ die Durchführung der sportlichen Aktivitäten durch mich persönlich und die damit verbundene Konstanz im Ablauf und der Datenerhebung und Datenverarbeitung vor, während und nach den Feldtests.

Kritisch müssen solche nachteiligen Einflussfaktoren auf die Datenerhebung dieser alltagsnahen Studie hinterfragt und diskutiert werden, die durch mich aber nicht zu beeinflussen waren, wie

- ⇨ die Abhängigkeit der Datenerhebung von den organisatorischen Strukturen in der Klinik, wie Tageszeitpunkt und Dauer der sportlichen Aktivität,
- ⇨ den fehlenden mitunter notwendigen Einfluss auf klinische Abläufe und Entscheidungen,

- ⇨ den fehlenden Einfluss und die fehlende Kontrollmöglichkeit der klinischen Dokumentation,
- ⇨ die im Einzelnen nicht bekannten Einflüsse auf die Veränderung der Insulindosis bzw. Gabe von Zusatz BE vor der sportlichen Aktivitäten,
- ⇨ durch persönliche Erlebnisse oder den Klinikalltag ausgelöster psychische Einflüsse auf die Herzfrequenz, was die Reproduzierbarkeit der Urdaten verhindert und die Ruheherzfrequenz verfälscht.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die, wegen der Praktikabilität der Ergebnisse durch den Patienten, bewusst in Kauf genommene Messungenauigkeiten der Blutglukosemessgeräte durch die Verwendung von handelsüblichen Blutglukosemessgeräten. Diese Ungenauigkeit der Blutglukosemessungen ist der täglichen Therapiepraxis immanent. Trotzdem gelingt es mit diesen Geräten eine für die Therapie ausreichend exakte Blutglukosekontrolle durchzuführen. Da sich die Insulindosisanpassung für die sportliche Aktivität in das Therapiekonzept einfügt und für den Patienten auch praktikabel sein soll, wurde die Messgenauigkeit der handelsüblichen Geräte als ausreichen erachtet.
Ähnliches trifft auf die Dosierung der Insulindosen zu. In der Regel wird in der Therapie auf eine Insulineinheit genau die Insulindosis festgelegt. Ganz selten werden halbe Insulineinheiten verordnet, so dass die Genauigkeit der Ergebnisse der Insulindosisanpassung auf eine halbe Insulineinheit genau vollkommen ausreichend ist. Dies gilt meines Erachtens auch für die Patienten, die eine Insulinpumpentherapie durchführen. Obwohl hier eine Genauigkeit der Insulindosisanpassung von 0,1 Insulineinheiten erreicht werden kann, ist der Unterschied in der blutglukosebeeinflussenden Wirkung für die Praxis von nicht so entscheidender Bedeutung. Auch bei dieser Therapieform ist eine Genauigkeit von 0,5 Insulineinheiten ausreichend.
Die Messung der Herzfrequenz erfolgte, wie beim Fahrradergometertest durch ein EKG - genaues Verfahren, mit codierten Sendern, um eine mögliche Beeinflussung der Geräte untereinander zu vermeiden. Das Auslesen der Daten aus den Empfängern erfolgte über ein vom Hersteller entwickelten und sich vielfach in der Praxis bewährten Algorithmus, so dass hier eine Fehlerquelle ausgeschlossen werden kann.
Das Hypoglykämiemanagement vor, während und nach der sportlichen Aktivität folgte einem festgelegten Schema, dass von mir Überwacht und eingehalten wurde. Somit wurde sicher gestellt, dass bei ähnlichen Blutglukosewerten auch die gleiche Menge an schnell wirkenden

Kohlenhydraten gegeben wurde. So wurde gesichert, dass dieser wichtige Parameter (Zusatz BE) bei allen Patienten gleich gehandhabt wurde.
Ein weitere Diskussionspunkt ist die Festlegung des Blutglukosewertes von 7,77 mmol/ l (140 mg/ dl) nach der sportlichen Aktivität als Zielwert. Dies geschah aus der Überlegung heraus, dass es für den sportlich aktiven Typ 1 Diabetiker wichtig ist, in dieser Situation, ein gewisses Blutglukosepolster zu haben, um den Auffülleffekt der Glykogenspeicher der Muskulatur ohne Hypoglykämien zu überstehen. Dieser willkürlich, nach meinen Erfahrungen und den genannten Gründen, festgelegte Wert, bedarf sicher noch der Überprüfung, denn auch in der internationalen Literatur gibt es dazu keine Empfehlung. Des Weiteren sollte dann geklärt werden, ob die Höhe des Blutglukosezielwertes ausreicht, um Hypoglykämien nach sportlichen Aktivitäten zu vermeiden, oder ob dieser Zielwert noch höher oder eventuell auch niedriger angesetzt werden muss. Alle anderen Daten, wie Blutglukosespiegel, Insulindosis der Therapie und anthropometrische Daten, wurden entweder persönlich erhoben oder aus dem Therapieprotokoll des Patienten, dass der behandelnde Arzt führt, entnommen. Fehler die hier aufgetreten sind, konnten nicht behoben werden.

Datenmanagement entsprachen dem allgemeingültigen Vorgehen und entsprachen folgendem Algorithmus:

1. Datenquellen wurden benannt und auf deren Qualität geprüft.
2. Urbelege und Protokolle wurden angefertigt und deren Qualität durch das Gegenlesen Dritter gesichert.
3. Eintragen der Daten in die Datenbank und Sicherung der Qualität der eingetragenen Daten durch Gegenlesen Dritter.
4. Rechnergestützte Auswertung und Sicherung der Qualität der Ergebnisse durch eine Plausibilitätskontrolle durch a) Mathematiker und b) Mediziner.

4.2 Bewertung der Ergebnisse

4.2.1 Patientenbefragung zu „Sportlichen Aktivitäten in der Schule und Freizeit“ bei Kindern und Jugendlichen

Trotz intensiver Internetrecherche in „Medline“ konnten keine vergleichbaren Studien gefunden werden, mit deren Aussage die Aussagen der Fragebögen zur Patientenbefragung

verglichen hätten werden können. Einzig die Publikation von Kollipara und Warren – Boulten [158] beschäftigt sich mit dem Diabetes und sportlicher Aktivität in der Schule. Die Autoren kommen zu sieben wichtigen Aussagen.
Erstens: Von sportlicher Aktivität profitiert jeder Schüler, besonders die mit Diabetes mellitus.
Zweitens: Das sportliche Aktivitäten zu einem geringeren Blutglukosespiegel und besserer Insulinempfindlichkeit beiträgt. Der Grund ist die die Summation von der kardiovaskulärer Fitness und Körpergewichtskontrolle.
Drittens: Sportliche Aktivität ist eine „Kritische Komponente“ des Diabetesmanagements.
Viertens: Die Schüler steuern ihren Blutglukosespiegel bei sportlicher Aktivität über die Insulindosis und die Zufuhr von Kohlenhydraten.
Fünftens: Sportlehrer und Trainer müssen in der Lage sein, Unterzuckerungen zu erkennen und bei ihrer Behandlung zu helfen.
Sechstens: Schnell wirkende Kohlenhydrate und das Blutglukosemessgerät sollten zusammen mit Wasser immer verfügbar sein.
Siebtens: Ausbildungspläne, wie der “Diabetes Medical Management Plan“, „Nursing care plan“, „504 Plan“ oder der „IEP“ sollen spezielle Anweisungen zum Blutglukosemanagement bei Schülern enthalten [158].

a) Fragestellung nach der sportlichen Selbsteinschätzung

Bei der Selbsteinschätzung „Sportlichkeit“ erreichte die Verteilung der Antworten nicht die Normalverteilungskurve, da die Standardabweichung größer war, als der dazugehörige Mittelwert [157]. 80 % der Kinder und Jugendlichen schätzen sich als „sportlich“ oder zumindest als „durchschnittlich sportlich ein“. Nur einer der 115 Befragten gibt an, „vollkommen unsportlich“ zu sein.
Daraus ergibt sich für die Auswertung der weiteren Fragen die Konstellation, dass die Antworten von Kindern und Jugendlichen gegeben wurden, die Erfahrungen mit sportlichen Aktivitäten und der damit zusammenhängenden diabetesbezogenen Problematik der Blutglukoseentgleisungen haben. Aufgrund ihrer Erfahrungen kann man davon ausgehen, dass sie selbständig in der Lage sind, auf Blutglukoseentgleisungen zu reagieren und die richtigen Strategien zur Behebung anzuwenden. Sie haben weniger Probleme bei sportlicher Aktivität, als unerfahrene, unsportliche Kinder und Jugendliche.

Dabei stellt sich die Frage: „Inwieweit die Selbsteinschätzung der Kinder und Jugendlichen von gesellschaftlichen Erwartungen beeinflusst ist, denn – wer gilt schon gern als „vollkommen unsportlich“?

b) Die Untersuchung des Vertrauens der Kinder und Jugendlichen in den Sportlehrer und die Beurteilung der Kompetenz der Sportlehrer in Fragen des insulinpflichtigen Diabetes mellitus durch die Schüler mit Typ - 1 Diabetes

Bei dieser Fragestellung gaben etwa 38 % der befragten Kinder und Jugendlichen an, sie hätten kein oder nur eingeschränktes Vertrauen, im Gegensatz dazu gaben 36 % an, sie hätten vertrauen. 27 % hatten dazu keine Meinung.
Aus den Antworten, die die Befragten gaben, lassen sich folgende Schlussfolgerung ziehen:

1. Jedes dritte Kind oder Jugendlicher hat kein oder nur wenig Vertrauen zu seinem Sportlehrer oder Sportlehrerin, was die diabetesspezifischen Fragen zum Schulsport anbelangt.
2. Jedes dritte Kind oder Jugendlicher hat Probleme im Schulsport oder fühlt sich durch seine Krankheit eingeschränkt in der Ausübung sportlicher Aktivitäten.
3. Mehr als jedes dritte Kind oder Jugendlicher hat in der Schule keinen Ansprechpartner bei diabetesspezifischen Problemen im Sport dem es vertraut.
4. Der hohe Prozentsatz „Unentschiedener“ lässt vermuten, dass viele die Kompetenz der Sportlehrer oder Sportlehrerinnen überhaupt nicht einschätzen können. Dadurch sind meiner Meinung nach diese Kinder und Jugendlichen wohl eher zu der Gruppe zu zählen, die durch die mangelnde Kompetenz der Sportlehrerinnen und Sportlehrer eher in der Ausübung sportlicher Aktivitäten eingeschränkt sind. Demnach würde ca. 65% der Kinder und Jugendlichen mit Diabetes mellitus, d.h. fast mehr als die Hälfte von ihnen, Probleme durch mangelnde diabetebezogene Kompetenz gepaart mit mangelnden Vertrauen in dieser Frage in den Sportlehrer oder die Sportlehrerin bei der Ausübung des Schulsports haben.
Ähnliche Ergebnisse ergab die Befragung zur Kompetenz und dem Vertrauen von Übungsleitern und Trainern. 35, 6% der Kinder und Jugendlichen, die in ihrer Freizeit in Vereinen sportlich aktiv sind, gaben an, dass sie kein oder nur ein geringes Vertrauen in die Kompetenz der Übungsleiter und Trainer haben, was diabetesspezifische Probleme bei sportlichen Aktivitäten betrifft.

Aus diesen Ergebnissen leitet sich ein dringender Handlungsbedarf übergeordneter Stellen, von der Schulleitung bis hin zum Kultusministerium ab, um den Kindern und Jugendlichen mehr Sicherheit vor und bei diabetesspezifischen Problemen im Schulsport zu geben. Die von mir in der Praxis oft erlebten nicht befriedigenden Lösungen waren:

- ➔ Das Kind oder der Jugendliche musste nach einer schweren Hypoglykämie die Schule wechseln, weil der Sportlehrer oder die Sportlehrerin es ablehnten, ihn weiter am Schulsport teilnehmen zu lassen oder
- ➔ das Kind oder der Jugendliche bekam eine dauerhafte Sportbefreiung.

Diese vermeintlichen Lösungen laufen der therapeutischen Zielsetzung, ein möglichst normales Leben zu führen, entgegen und beinhalten natürlich die große Gefahr, dass im weiteren Leben den Bewegungsmangelerkrankungen Vorschub geleistet wird, weil sich die Meinung verfestigt: Ich habe Diabetes mellitus und darf mich aus diesem Grund nicht bewegen. Dieses positive oder negative Erleben von sportlicher Aktivität stellt aktuell und für die Zukunft eine wichtige Einflussgröße für das Verhältnis von Kindern und Jugendlichen zur sportlichen Aktivität dar und ist schematisch in Abbildung 18 dargestellt.

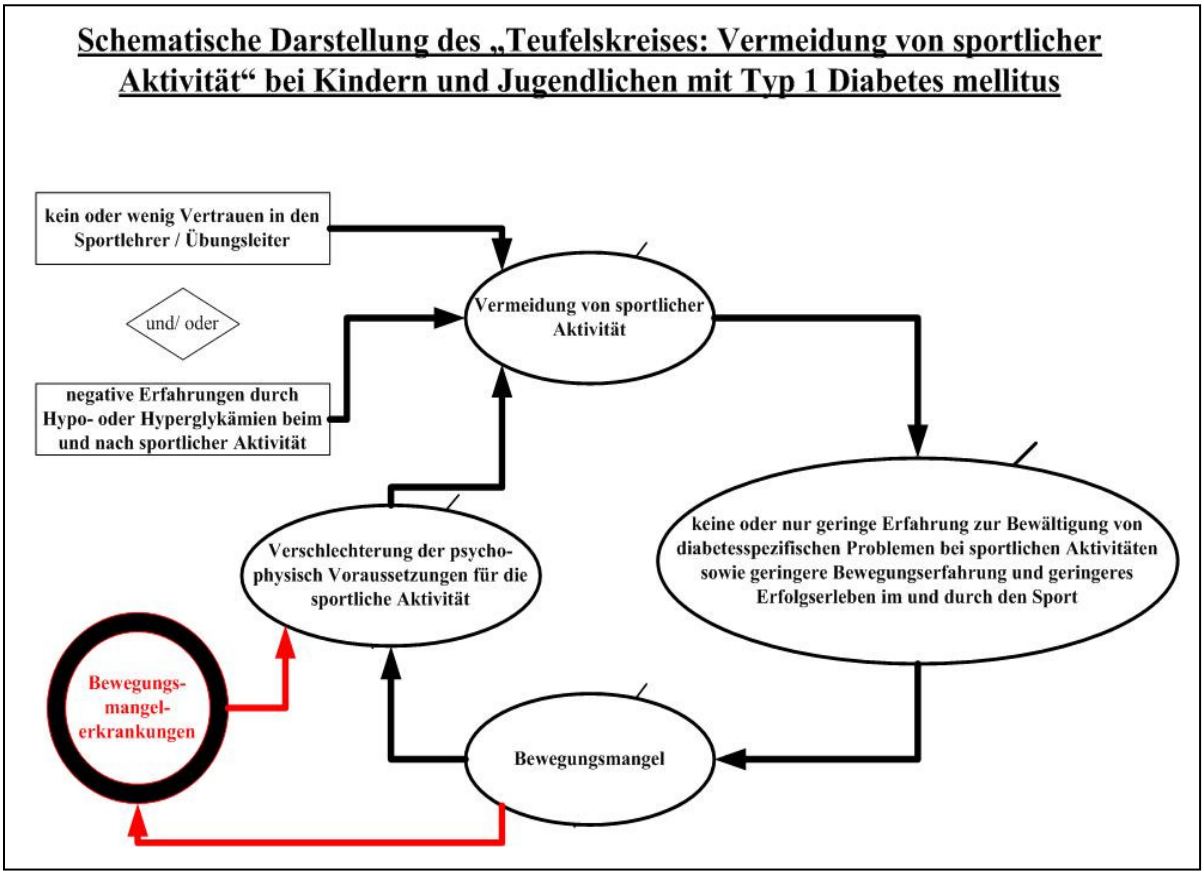


Abbildung 18: Problemgefüge von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes mellitus bei sportlicher Aktivität

Ausdrücklich sei aber auch an der Stelle auf Folgendes hingewiesen.
Natürlich soll die Darstellung der Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen keinen Vorwurf an diejenigen Sportlehrer und Sportlehrerinnen darstellen, zu denen die Kinder und Jugendlichen kein oder nur geringes Vertrauen haben. Die Pädagogen sollten sich aber bewusst sein, dass für dieses Krankheitsbild bei körperlicher oder sportlicher Aktivität bestimmte Rahmenbedingungen gelten, die sie kennen und bei auftretenden Blutglukoseentgleisungen entsprechend handeln sollten.
Dies bedeutet meiner Meinung nach konkret, dass sie das Wissen über die diabetesspezifischen Probleme und solche Fähigkeiten besitzen müssen, die auch von Kollipara und Warren – Boulton in ihrer Publikation [158] gefordert wurden, wie:

- ⇨ die Blutglukosewerte einschätzen zu können,
- ⇨ über Blutglukoseentgleisungen Bescheid zu wissen,
- ⇨ über die Notwendigkeit, vor, eventuell bei mehrstündigen Sportstunden während, aber auf jeden Fall nach der sportlicher Aktivität den Blutglukosespiegel zu messen,
- ⇨ bei leichten Hypoglykämien entsprechend dem Blutglukosewert eine adaptierte Menge an schnell wirkenden Broteinheiten zu geben,
- ⇨ bei schweren Hypoglykämien mit Bewusstlosigkeit mit dem Hypo - Kit umgehen und diabetesspezifische erste Hilfe Maßnahmen leisten zu können,
- ⇨ bei Hyperglykämien mit Ketonausscheidung im Urin das Kind oder den Jugendlichen nicht am Sportunterricht teilnehmen zu lassen.

Das erforderliche Wissen und die Handlungskompetenz, sind relativ leicht und ohne großen Aufwand durch die Sportlehrer und Sportlehrerinnen erlernbar. Das würde für viele betroffene Kinder und Jugendliche eine wesentliche Hilfe und hohe Sicherheit bei der unbelasteten Ausübung ihrer sportlichen Aktivität bedeuten. Dies wäre eine immanent wichtige Kompetenz für Sportlehrer und Sportlehrerinnen, die Kinder und Jugendliche in ihrer Schule bzw. Schulsportstunde haben.

c) Untersuchung der diabetesbezogenen Probleme im Schulsport und Leistungssport

Die Antworten der Kinder und Jugendlichen, nur 27, 2 % von ihnen hat Probleme mit Blutglukoseentgleisungen während des Schulsports überraschten mich.

Hierfür gibt es sicher mehrere Erklärungen die im Einzelfall einzeln oder in Kombination vorliegen können:

- ➔ Die Intensität und die Zeitdauer des Schulsports ist zu gering, um den Blutglukosespiegel nachhaltig zu beeinflussen.
- ➔ Die Schüler können sich bewusst oder unbewusst den hohen Intensitäten, die den Blutglukosespiegel stärker beeinflussen, entziehen, mit oder ohne Wissen des Sportlehrers/ Sportlehrerin.
- ➔ Die Kinder und Jugendlichen schöpfen ihre individuelle körperliche Leistungsfähigkeit nur begrenzt aus und haben dadurch eine „Sicherheit" vor Hypoglykämien bewusst oder unbewusst „eingebaut".
- ➔ Die Schulsportstunden finden nach Mahlzeiten statt, so dass durch die Mahlzeit ein Blutglukosepolster vorhanden ist.

Den Effekt einer strukturierten Schulung zu dieser Frage zeigen die Antworten der Kinder und Jugendlichen der Subgruppe der Inselklinik Haus Gothensee. Hier geben 80 % der Befragten an, keine oder nur geringe diabetesspezifische Probleme im Schulsport zu haben. Dies zeigt deutlich, dass eine strukturierte Schulung, die Strategien zur Vermeidung von diabetesspezifischen Problemen bei sportlicher Aktivität vermittelt, dazu beitragen kann, die Sicherheit, dass auftretende Probleme behoben werden können, erhöht, und somit die Einstellung zur sportlichen Aktivität positiv beeinflusst werden kann.
Dass die Teilnahme am Schulsport doch nicht immer so problemlos war, zeigt die Beantwortung der Frage 10, bei der 12,3 % der Kinder und Jugendlichen angaben, dass sie schon einmal wegen des Diabetes nicht am Schulsport teilgenommen haben. Ein nach meiner Meinung deutliches Anzeichen für eine Vermeidungsstrategie.
13,6 % der Befragten gaben an, diabetesbezogene Probleme im Leistungssport zu haben. Eine relativ geringe Anzahl, die sich meiner Meinung nach aus der Tatsache heraus erklärt, dass sich der Erfahrungsschatz und Kenntnisse im Umgang mit den diabetesspezifischen Problemen, durch die zum Schulsport zusätzliche sportliche Aktivität, erhöht und verbessern.
Ein Hinweis darauf, dass die eigene Erfahrung ein wichtiger Aspekt bei der Planung und Durchführung von sportlichen Aktivitäten ist.

d) Untersuchung zum Auftreten von Hypoglykämien nach der sportlichen Aktivität

Ein wichtiger Aspekt für die diabetesspezifisch problemfreie Ausübung der sportlichen Aktivität ist auch die Blutglukoseführung nach Ende der sportlichen Aktivität. Es ist seit langem bekannt, dass aufgrund des muskulären Auffülleffektes der Glykogenspeicher in der Muskulatur, es noch Stunden nach Beendigung der sportlichen Aktivität zu Hypoglykämien kommen kann, zumal von der Reduktion des Insulinspiegels aus verschiedenen Gründen bisher abgeraten wurde. So zeigt die Beantwortung der Frage, dass 45 % zumindest ab und zu oder häufiger mit dieser auf die sportliche Aktivität zurückzuführende diabetesspezifischen Problematik zu tun haben.
Auch bei der Beantwortung dieser Frage zeigt sich, dass die Kinder und Jugendlichen in einer aktuellen Schulungssituation weniger Probleme mit Hypoglykämien nach sportlicher Aktivität haben, als Kinder und Jugendliche, bei denen die Schulung schon längere Zeit zurück liegt, wie die Antworten der Subgruppe des Diabetes – Zentrums Mergentheim zeigen. Hier gaben 35 % der befragten Kinder und Jugendlichen an, dass sie sehr „häufig“ (10,00 %) bis „ab und zu“ (20,00%), Probleme mit Hypoglykämien nach sportlicher Aktivität haben.

e) Untersuchung von Zusammenhängen ausgewählter Fragestellungen

Dabei können zusammenfassend folgende Aussagen getroffen werden:

a) Bei der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und diabetesspezifischen Problemen zeigte sich, dass sich als „sportlich“ einschätzende Schüler seltener diabetesspezifische Probleme im Schulsport angeben, als solche Schüler, die sich selbst als „nicht sportlich“ einschätzen. Grund hierfür könnten die bei sportlicher Aktivität gemachten Erfahrungen sein.
b) Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz gibt es eine Verbindung, die die Aussage zulässt, dass sich als „sportlich“ einschätzende Schüler weniger Vertrauen zu der Kompetenz der Sportlehrer haben, wie „nicht sportliche“. Grund hierfür dürfte wiederum der größere Erfahrungsschatz, der durch sportliche Aktivität erworben wurde, sein. Ähnliche Ergebnisse und Aussagen lassen sich für die Trainer und Übungsleiter treffen.

c) Bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz und diabetesspezifischen Problemen im Schulsport zeigt sich, dass je geringer die Kompetenz und das Vertrauen in den Sportlehrer ist, je größer die diabetesspezifischen Probleme im Schulsport sind. Dies wiederum unterstützt und fördert die individuelle Strategie, sportliche Aktivitäten zu vermeiden.
d) Bei der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Hypoglykämieproblematik nach der sportlichen Aktivität zeigt sich, dass je sportlicher sich ein Kind oder Jugendlicher einschätzt, je größer auch sein Problem mit Hypoglykämien nach der sportlichen Aktivität ist.

Wichtige Aussagen, die aus dem Fragebogen abgeleitet werden können

Aus den von den Kindern und Jugendlichen im Fragebogen gemachten Angaben, lassen sich wichtige Aussagen herleiten:

a) 80 % der Kinder und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes schätzen sich als zumindest „durchschnittlich sportlich“ ein.
b) 38 % der Kinder und Jugendlichen haben kein Vertrauen in die diabetesspezifische Kompetenz der Sportlehrer. Ähnliches gilt für die Übungsleiter und Trainer.
c) Daraus leitet sich ein dringender Weiterbildungsbedarf für Sportlehrer, Übungsleiter und Trainer auf dem Gebiet des Diabetes mellitus ab, sofern sie Kinder und Jugendliche mit diesem Krankheitsbild betreuen.
d) 27,2 % der Kinder und Jugendliche geben an, dass sie während des Schulsports Probleme mit Blutglukoseentgleisungen (speziell der Hypoglykämie) haben.
e) 45,8 % haben nach Ende der sportlichen Aktivität Probleme mit Hypoglykämien.
f) Sich als sportlich einschätzende Schüler haben weniger diabetesspezifische Probleme während sportlicher Aktivitäten, als Schüler, die sich als „ nicht sportlich“ einschätzen.
g) Sich als sportlich einschätzende Schüler haben weniger Vertrauen in die diabetesspezifische Kompetenz der Sportlehrer, Übungsleiter und Trainer, als Schüler, die sich als „ weniger sportlich“ einschätzen.

h) Je geringer die eingeschätzte Kompetenz und das Vertrauen in den Sportlehrer, Übungsleiter oder Trainers ist, um so größer sind nach Meinung der Schüler die diabetesspezifischen Probleme bei sportlicher Aktivität in der Schule oder dem Verein.
i) Je sportlicher sich ein Kind einschätzt, je häufiger sind seine Probleme mit Hypoglykämien nach der sportlichen Aktivität.
j) Das erlebte Verhalten von Sportlehrern, Übungsleitern und Trainern bei der Bewältigung von diabetesspezifischen Problemen während sportlicher Aktivitäten impliziert bzw. entwickelt Strategien zur Vermeidung von sportlichen Aktivitäten.
k) Die Erfahrung, die Kinder und Jugendliche bei sportlichen Aktivitäten zur Vermeidung von diabetesspezifischen Problemen erleben und sammeln, hilft ihnen, in Zukunft diese Probleme zu vermeiden.
l) Auch strukturierte Schulungen tragen wesentlich zur Verringerung der diabetesspezifischen Problematik von sportlichen Aktivitäten bei. Sie müssen allerdings in geeigneten Abständen wiederholt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Großteil der Kinder und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes wie ihre gleichaltrigen Nichtdiabetiker sportlich aktiv sind und auch sein wollen. Sie wünschen sich mehr Unterstützung in diabetesspezifischen Fragen von ihren Sportlehrern, Übungsleitern und Trainern. Darüber hinaus zeigt die Befragung, dass es im Gegensatz zur ernährungsbedingten Glukosezufuhr (BE – Gehalt der Nahrung, BE Faktor etc.) keine allgemeingültigen Empfehlungen und Berechnungsalgorithmen für die Insulindosisreduktion vor sportlichen Aktivitäten gibt, was bei vielen Kindern und Jugendlichen zu hypoglykämischen Problemen während und nach der sportlichen Aktivität führt. Um dieses entscheidende Problem der sportlichen Aktivität für Typ 1 Diabetiker zu verringern und damit die Durchführung selbiger ohne Blutglukoseentgleisungen für sie zu ermöglichen, war das Ziel der Arbeit, das von Salzsieder und Fischer [49] entwickelte Insulindosisäquivalent (IDE) mit der Auslastung der Herzfrequenzreserve in Beziehung zu setzen und ein praxistaugliches Instrument der Insulindosisreduktion zu entwickeln und zu prüfen. Der erste Schritt hierfür war der Fahrradergometer – Stufentest.

4.2.2 Diskussion der Ergebnisse des Fahrradergometer – Stufentests

Der Fahrradergometer – Stufentest diente dazu, auf Grundlage des von Salzsieder und Fischer entwickelten Algorithmus [49], die IDE, die Fitnessstufen und die adjustierte Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt * h der einzelnen Probanden der Studie zu ermitteln und die Ergebnisse über mathematische Verfahren in Beziehung zur Auslastung der Herzfrequenzreserve, als Mittel zur Trainingssteuerung, zu setzen. Dies ist im vollem Umfang, wie das Signifikanzniveau von $p< 0{,}001$ für die einzelnen Fitnessstufen und IDE beweist, gelungen und stellt damit auch einen neuen Aspekt und eine neue praktische Möglichkeit für die Insulindosisanpassung vor sportlichen Aktivitäten dar. So haben die Typ 1 Diabetiker jetzt die Möglichkeit, nach der Datenerhebung der Fitnessstufe durch einen Fahrradergometer – Stufentests und der Auswahl der Trainingsintensität in Form der Auslastung der Herzfrequenzreserve in ihren unterschiedlichen Belastungsbereichen von 30 % bis 70 %) aus der Übersichtstabelle (Tabelle 64) bzw. dem Diagramm 28, ihr individuelles Insulindosisäquivalent für die Insulindosisreduktion vor der sportlichen Aktivität zu ermitteln und somit die Gefahr einer Hypoglykämie (Vorrausetzung ist die normglykämische Blutglukoseeinstellung) zu vermeiden. Somit ist für die Typ 1 Diabetiker, durch die Reduktion der Insulindosis verbunden mit der Reduktion der Hypoglykämiegefahr, dann eine sportliche Aktivität wie bei einem Nichtdiabetiker möglich, da durch dieses Verfahren die stoffwechselphysiologische Adaptation von sportlicher Aktivität durch den Organismus eines Nichtdiabetikers nachempfunden wird. Vergleichbare Studiendesigns finden sich nicht in der internationalen Literatur.
Die für die Ermittlung der IDE wichtigen methodologische Grundlagen, welche im Abschnitt 2.2.2 beschrieben sind, sind Basis für die weiteren Untersuchungen dieser Arbeit.

Dazu zählt:

a) mittlere Herzfrequenz für Festlegung der Fitnessstufen betrug 133 S/ min. bei einer Leistung von 90 Watt * h

b) die Alters und Geschlechtsadjustierung der HF_{90Watt} [49] (Kapital 2.2.2.2)

c) die Definition der Fitnessstufen ausgehend von der mittlere Herzfrequenz von 133 S/ min. bei einer Leistung von 90 Watt * h (a) [49] (kapital 2.2.2.3)

Fitnessstufe 1: < 118 S/ min

Fitnessstufe 2: 118 – 147 S/ min

Fitnessstufe 3 > 147 S/ min

Praxisbeispiele:

1. Ein Proband, 25 Jahre, männlich, absolviert einen Fahrradergometer – Stufentest. Es wurde bei ihm eine Herzfrequenz von 130 S/ min h, bei einer Leistung von 90 Watt * h regressiv ermittelt. Er plant eine sportliche Aktivität mit einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 60 – 70 % für eine Dauer von einer Stunde.

Lösung:

Aufgrund der regressiv ermittelten Herzfrequenz wird er in die Fitnessstufe 2 eingeordnet.

Auf Grundlage der Tabelle 64 und der angestrebte Intensität, von einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 60 – 70 %, liegt das individuelle Insulindosisäquivalent für ihn bei 4,0 IE Bolusinsulin.

Empfehlung:

Für diese geplante sportliche Aktivität würde die Empfehlung zur Insulindosisreduktion 4,0 IE betragen.

2. Eine Probandin, 40 Jahre, weiblich, absolviert einen Fahrradergometer – Stufentest. Es wurde bei ihr eine Herzfrequenz von 125 S/ min bei einer Leistung von 90 Watt * h regressiv ermittelte. Sie plant eine leichte sportliche Aktivität (Spaziergang) bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 25 % für eine Stunde.

Lösung: 1. geschlechtsspezifische Adjustierung der Herzfrequenz

125 S/ min – 15 S/ min = 110 S/ min

Aus diesem Grund wird sie in die Fitnessstufe 1 eingeordnet.

Auf Grundlage der Tabelle 64 und der angestrebte Intensität von einer Auslastung der Herzfrequenzreserve zwischen 0 – 30 %, liegt das individuelle Insulindosisäquivalent für sie bei 5,1 gerundet 5,0 IE Bolusinsulin.

Empfehlung:
Für diese geplante sportliche Aktivität würde die Empfehlung zur Insulindosisreduktion 5,0 IE betragen.

3. Ein weiblicher Jugendlicher von 13 Jahren absolviert einen Fahrradergometer – Stufentest. Es wurde bei ihr eine Herzfrequenz von 185 S/ min h, bei einer Leistung von 90 Watt * h regressiv ermittelt. Sie plant eine sportliche Aktivität von mittlerer Intensität, mit einer Auslastung der Herzfrequenzreserve zwischen 30 – 50 % und einer Dauer von einer Stunde.

Lösung: 1. geschlechtsspezifische Adjustierung der Herzfrequenz
185 S/ min – 15 S/ min = 170 S/ min
2. altersabhängige Adjustierung der Herzfrequenz
170S/ min – 20 S/ min = 150 S/ min

Aus diesem Grund wird sie in die Fitnessstufe 3 eingeordnet.
Auf Grundlage der Tabelle 64 und der angestrebte Intensität, von einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 – 50 %, liegt das individuelle Insulindosisäquivalent für sie bei 1,0 IE Bolusinsulin.

Empfehlung:
Für diese geplante sportliche Aktivität würde die Empfehlung zur Insulindosisreduktion 1,0 IE betragen.

Wie an Hand der Beispiele gezeigt werden konnte, steht jetzt den Diabetologen und Typ 1 Diabetikern eine Möglichkeit zur Verfügung, um mit Hilfe eines Fahrradergometer – Stufentest im Rahmen eines Belastungs – EKG, die individuelle IDE zu schätzen und sie entsprechend der Belastungsintensität bei sportlicher Aktivität zu nutzen und somit durch sportliche Aktivität bedingte Hypoglykämien zu vermeiden. Voraussetzung ist aber, dass der Patient normglykämische Blutglukosewerte hat. Somit kann diese Vorgehensweise bei jeder Art der körperlichen Aktivität angewendet werden, da die Basis für die Berechnung des Insulindosisäquivalents der Auslastungsgrad der Herzfrequenzreserve ist.

4.2.3 Diskussion der Ergebnisse der Feldtests

Ziel der begleiteten Feldtests war es,

- ➔ auf Grundlage der Daten des Fahrradergometer – Stufentests die Feldtests auszuwerten,
- ➔ die vermuteten Beziehung zwischen Netto – IDE und der Blutglukoseveränderung zu prüfen
- ➔ sowie einen Algorithmus zu entwickeln, über die Blutglukosewerte, Insulindosen, BE oder Insulinkorrekturen während der sportlichen Aktivität (ohne Fahrradergometer – Stufentests) eine Aussage über die individuelle notwendige Insulindosis (NID) für die sportliche Aktivität und die sich daraus errechnende individuelle Insulindosisreduktion (IIR) zu ermitteln und in Beziehung zur Auslastung der Trainingsherzfrequenz zu setzen.

Dazu wurden zwei Wege beschritten.

Beim ersten Weg wurde versucht, zwischen der Blutglukosedifferenz und der ermittelten Netto - IDE einen Zusammenhang herzustellen und somit eine Prognose für zukünftige sportliche Aktivitäten daraus abzuleiten. Dies gelang nicht. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der errechneten Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE (blutglukosesenkenden Einflüssen) hergestellt werden. Die Schwierigkeit hierbei war die, dass die zu bildende Blutglukosedifferenz nur in 51 Fällen (50%) dem erwarteten physiologischen Verlauf, nämlich, dass der Blutglukosewert zu Beginn der sportlichen Aktivität höher war als am Ende, entsprachen. Dies lag an der Komplexität der blutglukosebeeinflussenden Faktoren. Aus diesem Grund wurde dann ein zweiter Weg beschritten und ein Zielblutglukosewert von 7,77 mmol/ l (140 mg/ dl) festgelegt. Das Über- bzw. Unterschreiten dieses Wertes wurde, neben anderen Faktoren, in die Schätzung der Prognose für die sportliche Aktivität notwendig Insulindosis (NID) einbezogen. Zwischen den Daten der mittleren Herzfrequenz und der NID für die sportliche Aktivität der begleiteten Feldtests konnte ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Da die individuelle mittlere Herzfrequenz der sportlichen Aktivität die Ruheherzfrequenz enthält und diese bei dem Fahrradergometer – Stufentest individuell und regressiv berechnet wurde, ist es auch

möglich, die NID für die sportliche Aktivität auf Basis der individuelle Auslastung der Herzfrequenzreserve zu berechnen. So sollte es im Umkehrschluss auch möglich sein, auf Grundlage der Auslastung der Herzfrequenzreserve die für die sportliche Aktivität notwendige Insulindosis zu berechnen.

Die Vorgehensweise ist zur Verdeutlichung an einem Praxisbeispiel erläutert.

Vorraussetzung für die Berechnung sind folgende Daten des Patienten, die mit der Quelle ihrer Herkunft genannt sind:

1. Zielwert war 7,77 mmol/l (140 mg/ dl) – Festlegung aufgrund der Notwendigkeit eines Blutglukosepolsters, um Hypoglykämien nach der sportlichen Aktivität durch den Muskelauffülleffekt zu vermeiden.
2. BG Anstieg durch Zusatz – BE von 2,2 mmol/l (40 mg/ dl) je BE [159]
3. Insulindosisreduktion in IE sind im Sportprotokoll erfasst
4. Zusatz BE während der sportlichen Aktivität sind im Sportprotokoll erfasst
5. Soll – Insulindosis lt. Therapieschema ist bekannt
6. BE – Faktor ist aus dem Therapieschema bekannt

Beispiel.

Ein Patient A, 35 Jahre, misst am Ende einer einstündigen sportlichen Aktivität einen Blutglukosewert von **9,25 mmol/** l (167 mg/ dl).

Er reduzierte seine Insulindosis vor der sportlichen Aktivität um 2 IE. Er hätte entsprechend seinem Therapieschema insgesamt 5 IE gespritzt, hat also nur **3 IE** gespritzt.

Er benötigte während der sportlichen Aktivität **2 BE in Form von Traubenzucker.** Diese wurden im Protokoll der sportlichen Aktivität vermerkt.

Der Patient hat einen **BE – Faktor von 1,25 IE** je BE, den er mit seinem Arzt ermittelt hat und der im Therapieprotokoll vermerkt ist.

Es wurde während der sportlichen Aktivität kein Insulin zur Korrektur hyperglykämischer Blutglukosewerte gespritzt.

Seine mittlere Herzfrequenz betrug:		156 S/ min,
seine Ruheherzfrequenz betrug:		65 S/ min
maximale Herzfrequenz:	220 S/ min – 35 S/ min =	185 S/ min
Auslastung der Herzfrequenzreserve :	156 S/ min – 65 S/ min =	91 S/ min,
	das 49,1 % der Herzfrequenzreserve entspricht.	

a) Berechnung der Blutglukoseabweichung vom Zielwert:

9,25 mmol/ l – 7,77mmol/l =1,48 mmol/l

b) Umrechnung der Blutglukoseabweichung in BE:

BE = 1,48 mmol/ l / 2,2 mmol/ l

= 0,67 BE

c) Umrechnung der BE, die durch die Blutglukoseabweichung ermittelt wurden, in Insulineinheiten mit Hilfe des individuellen BE – Faktors:

IE = 0,67BE * 1,25 IE/ BE

= 0,84 IE

Da der Blutglukosewert am Ende der sportliche Aktivität höher als der Zielblutglukosewert war, ist die, aus der Blutglukosedifferenz zwischen diesen beiden Werten, ermittelte Insulindosis, in Zukunft zusätzlich zu der Soll – Insulindosis hinzu zurechnen, um den Blutglukosespiegel zu senken.

(Anmerkung: Wäre er der Blutglukosewert am Ende der sportlichen Aktivität geringer, müsste die ermittelte Insulindosis von der Soll – Insulindosis reduziert werden.)

d) Berechnung der Insulindosis in IE der hypoglykämisch bedingten Zusatz BE während der sportlichen Aktivität

IE = 2 BE * 1,25 IE/ BE

= 2,5 IE

e) Berechnung der notwendigen Insulindosis für die sportliche Aktivität

NID = (5 IE (Soll – IE) + 0 IE (zur Korrektur) + 0,84 IE (Differenz zum Zielwert)) – (2,5 IE (Zusatz BE) + 2 IE (Insulinreduktion)

NID = (5,84 IE) –(4,5 IE)

NID = 1,34 IE

Für die sportliche Aktivität benötige der Patient tatsächlich 1,34 IE.

Daraus ergibt sich die individuelle Insulinreduktion (IIR) für zukünftige sportliche Aktivitäten im gleichen Intensitätsbereich von:

IIR = Soll IE (lt. Therapieschema) – NID
IIR = 5 IE – 1,34 IE
IIR = 3,66 IE

Der Patient sollte seine Insulindosis für zukünftige sportliche Aktivitäten, im Intensitätsbereich von 50 % der Herzfrequenzreserve, also einem Belastungspuls von 156 S/ min, um 3,66 IE gerundet 3,5 IE reduzieren. Er injiziert sich demnach vor der sportlichen Aktivität nicht 5 IE, sondern unter den gleichen Bedingungen nur noch 1,5 IE und adaptiert damit den veränderten Insulinbedarf bei sportlichen Aktivitäten, wie eine Nichtdiabetiker.
Mit diesem Algorithmus, der ohne Probleme für die Patienten anwendbar ist, ist es gelungen, einen Weg zu zeigen, wie auch sportlich aktive Typ 1 Diabetiker ohne großen Aufwand sicher sportlich aktiv sein können. Dabei vermeiden sie entweder, eine durch die sportliche Aktivität bedingte Hypoglykämie bzw. die dadurch notwendig werdende Zufuhr von Kohlenhydraten., Deshalb muss also der Typ 1 Diabetiker in diesem Fall nicht Essen, weil er sportlich aktiv ist.

4.2.3 Zusammenfassung der Diskussion und Ausblick auf weitere Forschungsaufgaben

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es durch die Dissertationsschrift gelungen ist, zwei Wege zur Bestimmung der Insulindosisreduktion in Abhängigkeit der Auslastung der Herzfrequenzreserve zu entwickeln. Dies war in dieser Art und Weise bisher noch nicht publiziert worden und stellt für die Patientenpraxis eine großen Fortschritt in den therapeutischen Möglichkeiten zur Vermeidung von sportinduzierten Blutglukoseentgleisungen dar.
Die Diabetologen und Patienten erhalten durch diese Arbeit somit die Möglichkeit entweder durch ein Fahrradergometer – Stufentest das individuelle Insulindosisäquivalent (IDE) oder durch eine durchgeführte sportliche Aktivität die individuelle Insulindosisreduktion (IIR) in Abhängigkeit zur Belastungsintensität in Form der Auslastung der Herzfrequenzreserve zu ermitteln und somit bei zukünftigen sportlichen Aktivitäten anzuwenden.

In der Arbeit sind neben den interessanten Vorstudien von Salzsieder und Fischer sechs mögliche Forschungsgebiete genannt, die in Zukunft weiter bearbeitet werden sollten. Zu

wünschen wäre, dass auf dem Gebiet der Insulindosisanpassung an sportliche Aktivität in den nächsten Jahren weitere Untersuchungen durchgeführt werden und die Methoden zur Bestimmung der Insulindosisanpassung an sportliche Aktivität verfeinert wird und die noch offenen Fragen dieser Dissertationsschrift sowie die Praxistauglichkeit der Verfahren überprüft wird.
Als mögliche Forschungsgebiete wären zu nennen:

1. Die Klärung der Frage nach der Erkennung von Hypoglykämiesymptomen durch den Patienten während der sportlichen Aktivität und hier geht es besonders um die Entwicklung möglicher Strategien und den daraus entstehenden Schulungsmodulen für die Patienten, in Anlehnung an schon bestehende Konzepte wie das Hypoglykämiewahrnehmungstraining.
2. Es wäre des weiteren die Frage zu klären, welche Einflüsse der Blutglukosewert vor der sportlichen Aktivität bzw. der präprandiale Blutglukosewert der Mahlzeit vor der sportlichen Aktivität auf die Insulindosisreduktion ausüben. Müssen z.B., wie von mir vermutet, bei geringen Blutglukosewerten in diesen Situationen, die Insulindosisreduktion erhöht und bei hohen Blutglukosewerten die Insulindosisreduktion gesenkt werden?
3. Gibt es einen anderen Weg als den von mir in der Arbeit beschriebenen, um aus dem Verbrauch von Blutglukose den Anstrengungsgrad der sportlichen Aktivität abzuleiten und mit der Insulindosisreduktion zu verbinden. Kann der Blutglukoseverbrauch bei gleicher Auslastung der Herzfrequenz ein Marker für die Fitnessstufe sein?
4. Welche methodisch und didaktischen Maßnahmen (Schulungsinhalte) sind notwendig, um die komplexen Vorgänge zur Berechnung der Insulindosisreduktion dem Patienten zu vermitteln, so dass er sie in sein Blutglukoseselbstmanagement einbeziehen kann.
5. Gibt es einfachere oder praktikablere Möglichkeiten zur Bestimmung der Insulindosisreduktion.
6. Sind die entwickelten Verfahren zur Bestimmung der Insulindosisreduktion auch praxistauglich oder bedarf es einer Anpassung bzw. Modifizierung. Dazu wäre ein prospektiver Praxistest geeignet, bei dem aufgrundlage der geplanten Intensität (Auslastung der Herzfrequenzreserve) der sportlichen Aktivität die

Insulindosisreduktion bestimmt wird und dann der Blutglukoseverlauf beobachtet wird, einschließlich der Zusatz – BE bzw. der notwendigen Insulinkorrektureinheiten.

Letztlich schließt sich mit dieser Arbeit der Kreis der Adaptationsmöglichkeiten für den Typ 1 Diabetiker seinen Stoffwechsel an die variablen Bedingungen des Alltags anzupassen. Er begann vor vielen Jahren mit der Adaptation der Insulindosis an die nahrungsbedingten Kohlenhydratzufuhr und endet jetzt mit der Anpassung der Insulindosis an den veränderten Insulinbedarf bei muskulärer Aktivität.
Jetzt hat jeder Typ 1 Diabetiker die Möglichkeit, ohne die Gefahr von Blutglukoseentgleisungen, sportlich aktiv zu sein. Die Medizin und Sporttherapie schafft mit dieser Arbeit die Rahmenbedingungen, um in Zukunft unerwünschten Auswirkungen auf den Blutglukosespiegel wie Hypo- und Hyperglykämien während und nach der sportlichen Aktivität von Typ 1 Diabetikern zu vermeiden, die individuell dazu führen können, dass der Diabetiker aus diesen Gründen jedwede Form von sportlicher Aktivität unterlässt. Darüber hinaus stärkt sie das Empowerment der Patienten, erhöht das Maß an Selbstbestimmung und Autonomie im Leben mit dem Diabetes mellitus und versetzt sie in die Lage, ihre Belange bei der Bewältigung der alltäglichen Therapieanforderungen (wieder) eigenmächtig, selbstverantwortet und selbstbestimmt zu vertreten und zu gestalten.

5 Zusammenfassung

5.1 Einleitung

Bewegungsinduzierte Blutglukoseentgleisungen, hierbei besonders die Hypoglykämien, gehören zu den wichtigen Therapieproblemen eines Typ 1 Diabetikers, die stoffwechselphysiologisch durch die Adaptation an die muskuläre Aktivität bedingt sind. In der bisherigen Therapie, die sich auch in der internationalen Literatur widerspiegelt, wird diesem Therapieproblem durch eine Substitution von Kohlenhydraten begegnet. Diese Strategie bringt für den sich bewegenden Typ 1 Diabetiker mehrere Nachteile mit sich, so unter anderem die zusätzliche Aufnahme von Energie, die kontraproduktiv ist, wenn Körpergewicht gehalten oder reduziert werden soll, sowie ein deutlich höheres Hypoglykämierisiko während und nach der sportlichen Aktivität, dessen Symptome bei sportlicher Aktivität deutlich später oder überhaupt nicht bemerkt werden. Dazu trägt eine

erlebte schwere Hypoglylämie bei sportlicher Aktivität dazu bei, in Zukunft sportliche Aktivitäten in einem geringeren Intensitätsbereich zu betreiben oder Vermeidungsstrategien zu entwickeln, was in der Folge zu Bewegungsmangel und Bewegungsmangelerkrankungen führen kann.
Deshalb war es Ziel der Arbeit diese Problemdimension an Hand eines Fragebogens über die „Einstellung von Kindern und Jugendlichen zum Schul- und Freizeitsport“ aufzuzeigen und im weitern Verlauf der Arbeit, auf Grundlage der Arbeiten von Salzsieder und Fischer [49], Lösungsstrategien zur individuellen Insulindosisanpassung an die Intensität der sportlichen Aktivität auf Basis der Auslastung der Herzfrequenzreserve unter Laborbedingungen (Fahrradergometer – Stufentest) und bei begleiteten Feldtests zu entwickeln.
Das Ergebnis sollte eine Tabelle und/ oder Formel zur Bestimmung der Insulindosisreduktion in Abhängigkeit zur Auslastung der Herzfrequenz sein, deren Zusammenhang statistisch gesichert ist.

5.2 Methodik

5.2.1 Methodik des Fragebogens

Zur Darstellung der Problemdimension wurde ein Fragebogen eingesetzt, der in einer Subgruppe, die in einer aktuellen Schulungssituation war und an weitere Kinder und Jugendliche verschickt wurde, deren Schulung schon längere Zeit zurück lag, eingesetzt.
Die Einstellungen und Verhaltensweisen wurden in Form einer „Likert – Skala“ abgefragt. Dabei galt die Antwortkategorien: „++“ trifft voll und ganz zu, „+“ trifft zu, „O“ unentschieden, „-“ trifft nicht zu und „- -“ trifft überhaupt nicht zu.
Aus den Antworten wurden Mittelwerte und Korrelationen gebildet und diese zu Aussagen verdichtet.

5.2.2 Methodik des Fahrradergometer – Stufentest

Der Fahrradergometer – Stufentest (n = 54) wurde nach den Empfehlungen der WHO durchgeführt. Während des Ergometertests wurde ein Herzfrequenzmonitoring durchgeführt. Zu Beginn und nach dem Ergometertest wurde der Blutglukosespiegel gemessen. Aus diesen Daten wurde der Blutglukoseabfall, die mittlere Herzfrequenz, die regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz, die Ruheherzfrequenz und die alters- und geschlechtsadjustierte

Herzfrequenz bei 90 Watt * h ermittelt. Aus diesen Daten wurde die Fitnessstufe und das individuelle Insulindosisäquivalent IDE berechnet und mit der Herzfrequenz in Beziehung gesetzt. Durch das Alter der Probanden und die Ruheherzfrequenz war die Berechnung der Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Fahrradergometertest möglich.
Diese wurde anschließend mit der IDE in Zusammenhang gesetzt und die Tabelle für das IDE bei den unterschiedlichen Stufen der Auslastung der Herzfrequenzreserve von 0 – 30%, 30 – 50% und 50 – 70% in den drei Fitnessstufen berechnet und in Tabellenform dargestellt.

5.2.3 Methodik der begleiteten Feldtests

Die Feldtests (n = 102) waren sportliche Aktivitäten zu unterschiedlichen Tageszeiten mit unterschiedlichen Intensitäten. Diese hatten das Ziel, die IDE der Fahrradergometertests in Beziehung zur Auslastung der Herzfrequenzreserve zu bestätigen, eine Beziehung zur Blutglukosedifferenz herzustellen und eine Formel für die Berechnung, der für die sportliche Aktivität notwendigen Insulindosis, unabhängig von einem Fahrradergometertest, zu entwickeln und die individuelle Insulindosisreduktion für diese sportliche Aktivität im Zusammenhang mit der Auslastung der Herzfrequenzreserve zu bestimmen.
Bei den begleiteten Feldtests wurden diabetesspezifische Daten wie Insulindosis entsprechend des Therapieschemata (Soll – Insulindosis), tatsächliche Insulindosis (Ist – Insulindosis), Insulindosisreduktion, hypoglykämisch bedingte Zusatz BE während der sportlichen Aktivität, den Blutglukoseverlauf, eventuell notwendige Blutglukosekorrekturen mit Insulin während der sportlichen Aktivität erfasst und in ein Protokoll eingetragen. Darüber hinaus wurde ein Herzfrequenzmonitoring durchgeführt.

5.2.4 Statistik

Alle statistischen Berechnungen wurden mit den Statistikprogrammen Excel 2002© (Version 10.2614.2625) und SPSS für Windows© (Rel. 10.07) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden als Mittelwert (mean) mit ± Standardabweichungen berechnet.
Für die Korrelationen wurde die Korrelation nach Pearson angewandt. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurde in allen Fällen als signifikant definiert. Sie wurde mit dem t – Test für abhängige und unabhängige Variablen ermittelt.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Ergebnisse des Fragebogens zur Einstellung von Kindern und Jugendlichen zu sportlichen Aktivitäten in Schule und Freizeit

Von den 150 ausgegebenen Fragebögen, wurden 114 ausgewertet, was einer „Dropout Quote“ von 36 Fragebögen oder 24 % entsprach. Folgende Kernaussagen lassen sich treffen:

1. 80% der Kinder und Jugendlichen schätzen sich als „sportlich“ ein.
2. 38% der Kinder und Jugendlichen haben kein Vertrauen in die diabetespezifische Kompetenz der Sportlehrer, Übungsleiter und Trainer.
3. 27% haben Probleme mit Blutglukoseentgleisungen während des Schulsports.
4. 46% haben nach der sportlichen Aktivität Hypoglykämien.
5. Der Erfahrungsschatz, sich als sportlich einschätzender Kinder und Jugendlicher, reduziert die Hypoglykämieproblematik während und nach sportlichen Aktivitäten.
6. Strukturierte Schulungen, mit sporttheoretischem und sportpraktischem Inhalt, verringern diabetischspezifische Probleme während sportlicher Aktivitäten. Sie müssen aber in geeigneten Abständen wiederholt werden.

Diese Kernaussagen sind Ergebnisse von Kindern und Jugendlichen, die schon mindestens einmal an einer strukturierte Schulung, an einer von der DDG zertifizierten Klinik oder Krankenhaus, teilgenommen haben. 20 Kinder und Jugendliche befanden sich in einer aktuellen Schulungssituation.

5.3.2 Ergebnisse des Fahrradergometer – Stufentests

Durch die erhobenen Daten wurde die Tabelle zur empfohlenen Insulindosisreduktion in Abhängigkeit zur Fitnessstufe und der Auslastung der Herzfrequenzreserve entwickelt.

Tabelle 87: Übersichtstabelle der IDEs für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %,50% und 70% und zu den Fitnessstufen

Auslastung der HF res.	0-30 %	30 - 50%	50 - 70%
Fitnessstufe 1	5,1	6,2	7,3
Fitnessstufe 2	2,9	3,4	4,0
Fitnessstufe 3	0,9	1,0	1,2

Aus ihr kann der Typ 1 Diabetiker nach Absolvierung des Fahrradergometer – Stufentests und der Einordnung der Leistung in eine Fitnessstufe, die empfohlene Insulindosisreduktion für sportliche Aktivitäten in Abhängigkeit zur Auslastung der Herzfrequenzreserve für eine Stunde sportliche Aktivität entnehmen und seine Insulindosis individuell an die sportliche Aktivität adaptieren.

5.3.3 Die Ergebnisse der begleiteten Feldtests

Die Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE gelang aufgrund der Komplexität der Blutglukose beeinflussenden Faktoren nicht. Nur 50 % der Probanden hatten am Ende der sportlichen Aktivität einen niedrigeren Blutglukosespiegel als am Anfang.

Die Festlegung eines Zielblutglukosewertes am Ende der sportlichen Aktivität war deshalb notwendig, wobei man sicher über den Wert von 7,75 mmol/l (140 mg/dl) geteilter Meinung sein kann. In die Berechnung der tatsächlich notwendigen Insulinmenge (NID) für die sportliche Aktivität wurde neben allen diabetesspezifischen Daten auch die Abweichung vom Zielblutglukosewert mit einbezogen. Um die für die sportliche Aktivität notwendige Insulindosis auf Basis der Parameter zu berechnen, wurden folgende mögliche Fälle angenommen:

a) Blutglukosespiegel am Ende (BG_{Ende}) der sportlichen Aktivität ist kleiner als der Zielblutglukosewert von 7,75 mmol/dl (140mg/dl)
In diesem Fall wurde folgende Formel verwendet:

$$NID = (Soll - Insulinmenge_{Bol.+Bas.} + IE_{kor.}) - (IE_{BE\ Zusatz} + IE_{BG\ Diff.} + IR)$$

b) Blutglukosespiegel am Ende der sportlichen Aktivität ist größer als Zielblutglukosewert von 7,75 mmol/dl (140mg/dl)
In diesem Fall wurde folgende Formel verwendet:

$$NID = (Soll - Insulinmenge_{\textbf{Bol. + Bas.}} + IE_{\textbf{kor.}} + IE_{\textbf{BG Diff}}) - (IE_{\textbf{BE Zusatz}} + IR)$$

Aus der NID für die sportliche Aktivität und der Soll – Insulinmenge, die sich aus dem Therapieschema ergibt, wurde unter der Verwendung der Formel:

$$IIR = Soll - Insulindosis - NID$$

die individuelle Insulinreduktion (IIR) für diese sportliche Aktivität berechnet.
Diese beiden Parameter NID und IIR wurden dann mit der Auslastung der Herzfrequenzreserve in Zusammenhang gebracht, so dass der Patient für ähnliche intensive sportliche Aktivitäten eine gute Möglichkeit hat, seine individuelle Insulindosisreduktion zu berechnen. Diese Zusammenhänge konnten auch statistisch gesichert werden.

5.3.4 Diskussion

Die Ziele der Dissertationsschrift, Nachweis der Problemdimension sportinduzierter Blutglukoseentgleisungen und die Entwicklung individueller Insulindosisanpassungen auf Grundlage der Intensität sportlicher Aktivitäten unter Labor- und Praxisbedingungen ist, bis auf die Darstellung des Zusammenhanges zwischen der Blutglukosedifferenz und der Netto – IDE, gelungen. Die Ergebnisse des Fragebogens zeigen, dass Kinder und Jugendliche Probleme mit den sportinduzierten Blutglukoseveränderungen während und nach sportlichen Aktivitäten haben. Diese Aussage kann, obwohl nicht erhoben, so auf Erwachsene übertragen werden. Die internationale Literatur zeigt, dass es kein Konzept für die Berechnung der Insulindosisanpassung an die individuellen und sportspezifischen Rahmenbedingungen für sportliche Aktivität gibt. Diese Dissertationsschrift hat diese Lücke geschlossen.
Dem Typ 1 Diabetiker stehen jetzt mehrere Möglichkeiten zur Verfügung, seine Insulindosis den sportlichen Aktivitäten anzupassen und somit bewegungs- oder sportinduzierte Hypoglykämien zu verhindern.
Die Einführung eines Zielblutglukosewertes am Ende der sportlichen Aktivität von

7,75 mmol/l (140 mg/dl) ist sinnvoll und wird sich in der Praxis auch unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung von Hypoglykämien nach Ende der sportliche Aktivität als sinnvoll erweisen.

In Zukunft müssen sich die Ergebnisse der Dissertationsschrift in der alltäglichen Sportpraxis der Typ 1 Diabetiker bestätigen und könnten zu künftigen weiteren Forschungen auf diesem Gebiet anregen, damit die Typ 1 Diabetiker die Möglichkeit bekommen, die muskuläre Aktivität als Therapeutikum gegen Bewegungsmangel- und diabetische Folgeerkrankungen einsetzen zu können ohne Hypo- oder Hyperglykämien, d.h. Blutglukoseentgleisungen befürchten zu müssen.

Literaturverzeichnis

- [1] Berger, M.: Definition und Klassifikation des Diabetes mellitus. In : Berger, M.: Diabetes mellitus. München; Wien; Baltimore, Urban und Schwarzenberg, 1995, 12-14

- [2] Michaelis, D.; Jutzi, E.: Epidemiologie des Diabetes mellitus in der Bevölkerung der ehemaligen DDR. Alters und geschlechtsspezifische Inzidenz- und Prävalenztrends im Zeitraum von 1960 – 1987. Klin. Medizin 46, 1991, 59 – 64

- [3] Mehnert, H.; Sewering, H.; Reichsfein, W.; Vogt, H.: Früherfassung von Diabetikern in München 1967. Deutsch. Medizin. Wochenschrift 93, 1968, 2044 – 2050

- [4] Hauner, H.; von Ferben, L.; Köster, I.: Schätzung der Diabeteshäufigkeit in der BRD an Hand von Krankenkassendaten. Sekundäranalyse einer repräsentativen Stichprobe AOK Versicherter der Stadt Dortmund. Deutsch. Medizin. Wochenschrift 117, 1992, 645 - 650

- [5] Hauner, H.: Verbreitung des Diabetes mellitus in Deutschland. Deutsch. Medizin. Wochenschrift 123, 1998,777 – 782, (Aktualisiert 2005)

- [6] Hollmann, W.: Sport und Diabetes mellitus- Grundlagen und Anleitungen zur Durchführung und Organisation der Sporttherapie sowie des individuellen Freizeitsports bei Patienten mit Diabetes mellitus. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 45, 11/12, 1994, 473-482

- [7] Giani, G.; Janka, H.U.; Hauner, H.; Standl, E.; Schiel, R.; Neu, A.; Rathmann, W.; Rosenbauer, J.: Epidemiologie und Verlauf des Diabetes mellitus in Deutschland. In: Evidenzbasierte Diabetes- Leitlinien DDG. Scherbaum, W.A.; Kiess, W. (Hrsg.) 1. Auflage, überarbeitete Fassung, Stand 6/04. Deutsche Diabetes-Gesellschaft 2004, 3-13

- [8] Michaelis, D.; Jutzi, E.; Heinke, P.: 30 jähriger Inzidenz- und Prävalenztrend des juvenilen Typ – 1 Diabetes mellitus in der ostdeutschen Bevölkerung. Diabetes & Stoffwechsel 1993, 245 - 250

- [9] Rosenbaum, J.; Giani, G.: Inzidenz des Typ – 1 Diabetes im Kindes und Jugendalter in der Region Düsseldorf ? Diabetes & Stoffwechsel 5, Suppl. 116, 1996

- [10] Badebhoop, K.; Böhm, B.O.; Hähring, H., Usadel, K.-H.: Klassifikation, Äthiologie, Pathogenese, Epidemiologie, Verlauf und Prognose. Diab. in Klinik und Praxis, , Thieme Verlag, Stuttgart, 1994

- [11] Nick, B.; Knick, J.: Diabetologie. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1997

- [12] Walter, P.: Pathophysiologie des Typ – 1 Diabetes mellitus. Unveröff. Manuskript zur int. Fortbildung

- [13] Mehnert, H.; Standl, E.; Usadel, K.-H.: Diabetologie in Klinik und Praxis. Thieme Verlag Stuttgart, 2001, 27 ff.

- [14] Kerner, W.; Fuchs, C.; Redaèlli, M.; Böhm, B.O.: Definition, Klassifikation und Diagnostik des Diabetes mellitus. Evidenzbasierte Diabetes - Leitlinien. Hrsg.: Scherbaum, W.A.; Lauterbach, K.W.; Joost, H.J., 2003

- [15] Martin, S.; Kolb, H.: Pathogenese und Immuntherapie des Diabetes mellitus Typ – 1. Diabetes und Stoffwechsel 7, 1998, 17 – 24

- [16] ADA: Report of Expert Komitee on the Diagnosis and Classification of Diabetes mellitus. Diabetes Care, Vol. 21, 1998, 5 – 19

- [17] Panzram, G.; Zabel – Langhenning, R.: Prognosis of diabetes mellitus in a geographically defined population. Diabetologia 20, (6), 1981, 587 - 591

- [18] Salzsieder, E.; Michaelis, D.; Heinke, P.; von Ferber, L.; Fischer, U.; Boeing; H.: Modelbased diabetes – register. Diabetologia 38, Suppl. 1, 1995, A176

- [19] Lorenz, N.; Hillenbrand, N.: Wie viele Diabetiker gibt es in Deutschland? Diabetes Journal 1993, 4-B
- [20] Kemmer, F. W.: Körperliche Aktivität und Sport, keine Säule der Diabetesbehandlung. Diabetes und Stoffwechsel 5, 1996, 170-175
- [21] Standl, E.; Wickelmayr, M.: Muskelarbeit und Sport. In : Mehnert, H.; Schöffling, K.; Standl,E.; Usadel, K.H.: Diabetologie in Klinik und Praxis. 3., neubearb. Aufl., Stuttgart; New York, Thieme – Verlag, 1994, 329-346
- [22] Gudat, U.: Muskelarbeit/Sport/Bewegungstherapie. . In : Berger, M.: Diabetes mellitus. München; Wien; Baltimore, Urban und Schwarzenberg, 1995, 179-187
- [23] Pfohl, M.; Schmülling, R. M.: Diabetes, Sport und Reisen. In: Schatz, H.(Hrsg.): Diabetologie kompakt (Grundlagen und Praxis). Berlin; Wien, Blackwell Wissenschafts - Verlag, 2001, 292-301
- [24] Rubin, R. J.; Altmau, D.; Mendelson, N.: Health care expenditure for people with diabetes mellitus 1992. J. Clin. Endocrinol. Metab. 78, 1994, 809A – 809E
- [25] Larsson, Y.A.A., Göran, C.G.; Sterky, G.C.G.; Ekengren, K.E.K.; Moller, T.G.H.O.: Physical fitness and the influence of training in diabetic adolescent girls. Diabetes 11, 1962, 109-117
- [26] Chipkin, S.R.; Klugh, S.A.; Chasan – Taber, L.: Exercise and Diabetes. Cardio Clin, 19, Vol.3, 2001, 489 - 505
- [27] Deickert, F.: Sport und Diabetes. In: Gölz, M.-L.; Schirop, T.; Rabast, U.: Klinik und Therapie bei Diabetes mellitus. Aktuelle Berliner Fortbildungsreihe Diabetes mellitus 12, 1994, 111-118
- [28] Richter, E.A.; Turcotte, L.; Hespel, P.; Kiens, B. : Metabolic responses to exercise, Effects of endurance training and implications for diabetes. Diabetes Care, 15 Vol. 4, 1992, 1767-1773
- [29] Temple, M.Y.; Bar-Or, O.; Riddell, M. C.: The reliability and repeatability of the blood glucose response to prolonged exercise in adolescent boys with IDDM. Diabetes Care, 18, Vol.3, 1995, 326-332
- [30] Deickert, F.: Sport und Diabetes. Theoretische Grundlagen, experimentelle Untersuchungen und praktische Hinweise für Diabetiker. Berlin; Heidelberg; New York, Springer, 1991
- [31] Kemmer, F.W. : Prevention of hypoglycemia during exercise in Type I diabetes. Diabetes Care, 15, Vol.4, 1992, 1732-1735
- [32] Möbius – Winkler et al.: Vergleich PTCA and Stent vs. Ergometertraining im Belastungsbereich von 70 % der maximalen Herzfrequenz. Circulation Vol.106, 2002, II – 345
- [33] Fagard, R.H.: Metaanalyse von 44 randomisierten kontrollierten klinischen Studien zur Reduktion des Blutdrucks durch aerobes Ausdauertraining. Med. Sci. Sports and Exercise, 2001, 33
- [34] Blair, S.N.; Harold, W.; Paffenbarger, S. et Al.: Changes in Physical Fitness and All – Cause Mortality. JAMA, Vol. 273, No. 14, 1995, 1093 - 1098
- [35] Walter,C.; Hambrecht, R.: Endotheliale Dysfunktionen bei kardiovaskulären Erkrankungen: Einfluss von körperlicher Aktivität. Dt. Zeitschr. für Sportmed. Nr. 6, 2001, 215 – 221
- [36] Löllgen, H.; Dickhuth, H.H.; Dirschedl, P.: Sekundärprävention in der koronaren Herzerkrankung: Vorbeugung durch Bewegung. Dt. Ärzteblatt 95, Heft 24, 1998, B 1228 – B1234
- [37] Hambrecht, R.; Wolf, A.; Gielen, St.; Linke, A.: Efect of Exercise on Coronary Endotheliale Function in Patients with Coronary Artery Disease. The New England Journal of Medicine, Febr. 2000, 454 – 460

- [38] Paffenbarger, S., Kampert, J.B.; Lee; I.M.: Physical Activity and health of college men: longitudinal observation. Int. journal of sports medicine, Vol. 18, Suppl. 3, 2001, 200 - 203

- [39] O`Connor, G.; Hennekens, Ch.; Willet W.; Goldhaber, S.; Paffenbarger, S.; Breslow, J.; Lee, I. Buring J.: Physical exercise and reduced risk of nonfatal myocardial infarction, Amerc. Journal of epidemiology, Vol. 142 (11), 1995, 1147 – 1156

- [40] Lee, I.; Sesso, H.; Oguma, Y.; Paffenbarger, S.: Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease. Circulation Vol. 107 (8), 2003, 1110 - 1116

- [41] Devlin, J.T.: Effects of exercise on insulin sensitivity in humans. Diabetes Care, 15, Vol.4, 1992, 1690-1693

- [42] Henriksson, J.: Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle. Diabetes Care, 15, Vol.4, 1992, 1701-1711

- [43] Anonym (American Diabetes Association): Diabetes mellitus and exercise. Diabetes Care, 20, Vol.12 1997, 1908-1912

- [44] Howorka, K.: Funktionelle Insulintherapie: Lehrinhalte, Praxis und Didaktik. 4., vollst. überarb. Aufl., Berlin; Heidelberg; New York, Springer - Verlag, 1996, IX-XIII

- [46] Salzsieder, E.: Prävention Exercise-induzierter Hypoglykämien bei der Stoffwechselführung mit schnell und kurzwirksamen Humaninsulinanaloga. Anlage 1 zur Projektbeschreibung. Karlsburg 9/1996. Förderkennzeichen DIAB 9602680, gefördert durch das Kultusministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern

- [47] Salzsieder, E.; Rutscher, A.; Albrecht, G.; Stöwhas, H.; Fischer, U.: Model-based estimation of pharmacokinetics and pharmacodynamics of insulin and insulin-like effects of exercise in Type I-diabetes. In: Patterson, B.W. (eds.): Modeling and Control in Biomedical Systems. Omnipress, Madison, Wisconsin, 1994, 575-576

- [48] Salzsieder, E.; Stöwhas, H.; Rutscher, A.; Fischer, U.: Model-based strategy to prevent exercise-induced hypoglycaemia in Diabetes Care. In: Kneppo,P.; Tysler, M.(eds.): Model Based Biomeasurements. Gupress, Bratislava, 1995, 380-384

- [49] Fischer, U.; Salzsieder, E.; Rutscher, A.: Nomogram-based reduction of s.c. insulin doses to prevent exercise-induced hypoglycaemia in IDDM. Diabetologia 38, 1995, A 179

- [50] Salzsieder, E.; Rutscher, A.: Verfahren und Anordnung zur Bestimmung individualspezifischer Insulinwirkäquivalente körperlicher Aktivität. Patentanmeldung 19632371.1, 1996

- [51] Steinhausen, H.-C.: Fragebogen zur Einstellung zum Essen bei Kindern und Jugendlichen. Universität Zürich, Kinder– und Jugendpsychiatrischer Dienst des Kantons Zürich, 2006

- [52] Stigler, H.: Skriptum Methodologie. Uni Mannheim, 2001 aus: http://www-gewi.kfunigraz.ac.at/edu/studium/materialien/med.doc.

- [53] Ludwig – Mayerhofen, W.; Jacob, R.; Eirmbter, W. H.: Internetlexikon der Methoden der empirischen Sozialforschung. Last update Feb. 2004 aus: http://www.lrz-muenchen.de/wln/iln_l5.htm

- [54] Lange – Andersen, K.; Sheperd, R.; Denolin, H.; Varnauskas, H.; Maseroni, R.: Fundamental of Exercise Testing. WHO, 1971

- [55] Rost, R.; Hollmann, W.: Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Thieme Verlag Stuttgart, 1982, 38 – 49

- [56] Hollmann, W.; Hettinger, T.: Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer – Verlag, Stuttgart, New York 2000, 392 ff.

- [57] Trunz – Carlisi, E.: IPN - Test® - Ausdauertest für den Fitness- und Gesundheitssport. Institut für Prävention und Nachsorge, Köln, 2004, 1 – 16

- [58] Staufenbiel, S.: Der Einfluss insulinähnlicher Effekte körperlicher Aktivitäten auf den Blutglukoseverlauf bei jugendlichen Typ-1 Diabetikern: IDE-Werte bei üblichen körperlichen Aktivitäten im Tagesverlauf. Promotion. Med. Fakultät der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 2007, i. Vorb. (Manuskriptentwurf beim Verf. dieser Arbeit)

- [59] Leitlinien Konsensus Konferenz der Arbeitsgemeinschaft im Kindes- und Jugendalter. Zeitschrift Beratungspraxis, 05/ 2003, 66 – 67

- [60] Alberti, K.G; Zimmet, P.Z.: Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus an ist complication. Part 1: Diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. Diabet Med 15, Vol. 7, 1998b, 539 – 553

- [61] Kerner, W.; Brückel, J.; Böhm, O.: Definition, Klassifikation und Diagnostik des Diabetes mellitus. Evidenzbasierte Leitlinien DDG, Deutsche Diabetes – Gesellschaft, 1 Auflage 2001, Aktualisierung 10/2004

- [62] Johnson, D.D.; Palumbo, P.J.; Chu, C.P.: Diabetic ketacidosis in a community – based population. Mayo. Clin. Proc. 55, Vol 2, 1980, 83 – 88

- [63] Cordell, H.J.; Todd, J.A.: Multifactorial inheritance in typ 1 diabetes. Trends Genet 11, Vol. 12, 1995, 499 – 504

- [64] Imagawa, A.; Hanafusa, T.; Miyagawa, J.; Matsuzawa, Y.: A novel subtype of typ 1 diabetes mellitus characterized by a rapid onset and an absence of diabetes related antibodies. Osaka, IDDM Study Group. N Engl. J. Med. 342, Vol. 5, 2000, 301 – 307

- [65] Cederholm, J.; Wibell, L.: Evaluation of insulin release and relative peripheral resistance with use of the oral glucose tolerance test. A study in subjects with normoglyceamia, glucose intolerance an non – insulin – dependent diabetes mellitus. Scan. J. Clin. Lab. Invest. 45, Vol. 8, 1985, 741 – 751

- [66] Erikson, J.; Franssila – Kallunki, A.; Ekstrand, A.; et Al.: Early metabolic defects in persons at increased risk for non – insulin – dependet diabetes mellitus. N. Engl. J. Med. 321, Vol. 6, 1989, 337- 343

- [67] Lindstom, T.; Arnquist, H.J.; Ludvigsson, J.; von Schenck, H.H.: C – Peptide profiles in patients with NIDDM before insulin treatment. Acta endocrinol (Copenh) 126, Vol. 6, 1992; 477 – 483

- [68] Banerji, M.A.; Lebovitz, H. E.: Insulin – sensitive an insulin resistance variants in NIDDM. Diabetes 38, Vol. 6, 1989, 784 – 792

- [69] Tillil, H.; Nick, O.; Köbberling, J.: Moderne Diagnostik und Klassifikation des Diabetes mellitus. Z ärztl. Fortbild. 92, 1989, 456 - 465

- [70] Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes mellitus. Follow – up report on the diagnosis of diabetes mellitus. Diabetes Care 26, 2003, 3160 – 3167

- [71] Icks, A.; Rathmann, W.; Rosenbauer, J.; Giani, G.: Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Themenhefte 2006, Heft 24 – Diabetes mellitus. Robert Koch – Institut, 2006

- [72] Toni, S.; Reali, M.F.; Barni, F.; Lenzi, L.; Festini, F.: Managing insulin therapy during exercise in type 1 diabetes mellitus. Acta bio – medica de L`Ateneo parmense. Organo della Società di medicina e scienze naturali di Parma, Vol. 77, Suppl 1; 2006; 34 – 40

- [73] Dreyer, M.; Berger, M.; Kiess, W.; Lüdecke, H.-J.; Redaèlli, M.; Schatz, H.; Waldhäusl, W.: Evidenzbasierte Leitlinien – Therapie des Diabetes mellitus Typ 1. Herausg.: Scherbaum, W.A.; Landgraf, R., Deutsche Diabetes – Gesellschaft, 2004, 19 – 20

- [74] Kemmer, F.W.: Diabetes, Sport, und Bewegung – DDG Praxis – Leitlinie. Diabetologie 2006; Vol.1, Suppl. 2, 243 – 246

- [75] Rabasa – Lhoret, R.; Bourque, J.; Ducros, F. ; Chiasson, J.L. : Guidelines for premeal insulin dose reduction for postprandial exercise of different intensities an durations in type 1 diabetic subjects treated intensively with a basal – bolus insulin regimen (ultralente – lispro). Diabets care, Vol.24, Suppl. 4, 2001, 625 – 630

- [76] Schröder, E.M.: Diabetes mellitus und Schulalltag – Wissenswertes für Lehrer und Erzieher - . Oberschulamt Stuttgart, 2006, 4 – 5, www.rps-schule.de/recht/

- [77] Klein, S.: Diabetes mellitus Typ 1 – Schule, Freizeit, Sport, und Beruf. BKK Medplus, 2006 www.bkkmedplus.de)

- [78] Dubè, M.C.; Weisnagel, S.J.; Prud`homme, D.; Lavoie, C.: Exercise and newer insulins: how much glucose supplement to avoid hypoglycaemia? Med. and science in sports and exercise, Vol. 37 (8), 2005, 1276 – 1282

- [79] Grimm, J.J.; Ybarra, J.; Bernè, C.; Muchnick, S.; Golay, A.: A new table for prevention of hypoglycaemia during physical activity in type 1 diabetes patients. Diabetes and metabolism, Vol.30 (5) 2004, 465 – 470

- [80] Corigliano, G.; Iazzetta, N.; Corigliano, M.; Strollo, F.: Blood glucose changes in diabetes children an adolescence engaged in most common sports actives. Acta bio – medica de L`Ateneo parmense. Organo della Società di medicina e scienze naturali di Parma, Vol. 77, Suppl 1; 2006, 26 – 33

- [81] Ertl, A.C.; Davis, S.N.: Evidence for a vicious cycle of exercise and hypoglycemia in type 1 diabetes mellitus. Diabetes metabolism research and reviews, Vol. 20 (2), 2004, 124 – 130

- [82] Biankin, S.A.; Jenkins, A.B.; Campbell, L.V.; Choi, K.L.; Forrest, Q.G.; Chisholm, D.J.: Target seeking behavior of plasma glucose with exercise in type 1 diabetes. Diabetes Care, Vol.26 (2), 2003, 297 – 301

- [83] Dagogo – Jack, S.: Hypoglycemia in type 1 diabetes mellitus: pathophysiology and prevention. Treatments in endocrinology, Vol. 3 (2), 2004, 91 – 103

- [84] Tsalikian, E.; Mauras, N.; Beck, R.W. et all.: Impact of exercise on overnight control in children with type 1 diabetes mellitus. The journal of pediatrics, Vol. 147 (4) 528 – 534

- [85] Riddel, M.C.; Bar – Or, O.; Gerstein, H.C.; Heigenhauser, G.J.: Perceived exertion with glucose ingestion in adolescent males with IDDM. Medicine and science in sports and exercise, Vol. 32 (1), 2000, 167 – 173

- [86] Galassetti, P.; Tate, D.; Neill, R.A.; Morrey, S.; Wassermann, D.H.; Davis, S.N.: Effect of antecedent hypoglycemia on counterregulatory responses to subsequent euglycemic exercise in type 1 diabetes. Diabetes, Vol. 52 (7), 2003, 1761 - 1769

- [87] Hernandez, J.M.; Moccia, T.; Fluckey, J.D.; Ulbrecht, J.S.; Farrell, P.A.: Fluid snacks to help persons with type 1 diabetes avoid late onset postexercise hypoglycemia. Medicine and science in sports and exercise, Vol. 32 (5), 2000, 904 - 910

- [88] Francescato, M.P.; Geat, M.; Fusi, S.; Stupar, G.; Noacco, C.; Cattin, L.: Carbohydrat requirement and insulin concentration during moderat exercise in type 1 diabetics patients. Metabolism, Vol. 53 (9), 2004, 1126 – 1130

- [89] Defrin, R.; Josefsberg, Z.; Karp, M.: The effect of acute physical activity on blood glucose level of children with insulin – dependent diabetes mellitus. Harefuah, Vol. 143 (12), 2004, 856 – 860, 911, 912

- [90] Särnblad, S.; Eklund, U.; Aman, J.: Physical activity and energy intake in adolescent girls with type 1 diabetes. Diabetes medicine Vol. 22 (7), 2005, 893 – 899

- [91] Sandoval, D.A.; Guy, D.L.; Richardson, M.A.; Ertl, A. C.; Davis, S.N.: effects of low and moderates antecedent exercise on conterregulatory respons to subsequent hypoglycemia in type 1 diabetes. Diabetes, Vol. 53 (7), 2004, 1798 – 1806

- [92] Tansey, M.J.; Tsalikian, E.; Beck, R.W. et all.: The effects of aerobic exercise on glucose and counterregulatory hormone concentration ins children with type 1 diabetes. Diabetes Care, Vol. 29 (1), 2006, 20 – 25

- [93] Derouich, M.; Boutayeb, A.: The effect of physical exercise on the dynamics of glucose and insulin. Journal of biomechanics, Vol. 35 (7), 2002, 911 – 917

- [94] Ligtenberg, P.C.; Blans, M.; Hoekstra, J.B.; van der Tweel, I.; Erkelens, D.W.: No effect of lon term physical aktivity on the glycemic control in type 1 diabetes patient: a cross – sectional study. The Netherlands journal of medicine, Vol. 55 (2), 1999, 59 – 63

- [95] Sideravicuite, S.; Gailiuniene, A.; Visagurskiene, K.; Vizbaraite, D.: The effect of long – term swimming programm control in 14 – 19 year aged healthy girls and girls with type 1 diabetes mellitus. Medicina (Kaunas, Lithuania), Vol. 42 (6), 2006, 513 – 518

- [96] Wu, Y.; Yang, X.; Li, Y.: Exercise induces increased CLUT 4 gene expression an protein content in diabetic rats. Zhonghua yi xue za zhi, Vol. 80 (3), 2000, 172 - 174

- [97] Kraniou, Y.; Cameron – Smith, D.; Misso, M.; Collier, G.; Hargreaves, M.: Effect of exercise on GLUT-4 glycogenin gen expression in human skeletal muscle. Jap. Appl. Physiology, Vol. 88 (2), 2000, 794 – 796

- [98] Schwanwell, C.M.; Schoebel, F.C.; Heggen, S.; Marx, R. et all.: Early decrease in diastolic function in young type 1 diabetic patients as an initial manifestation of diabetes cardiomyopathy, Zeitschrift für Kardiologie, Vol. 88 (5), 1999, 338 – 346

- [99] Rigla, M.; Sanchez – Quesada, J.L.; Ordónez – Llanos, J. ; Prat, T. ; Caixas, A. et all.: Effect of physical exercise on lipoproein (a) and low – density lipoprotein modification in type 1 and type 2 diabetes patient. Metabolism: clinical and experimental, Vol. 49 (5), 2000, 640 – 647

- [100] Laaksonen, D.E.; Atalay, M.; Niskanen, L.K.; Mustonen, J.; Sen, C.K.; Lakka, T.A.; Uusitupa, M.I.: Aerobic exercise and the lipid profile in type 1 diabetic men: a randomized controlled trail. Medicine and science in sports and exercise, Vol. 32 (9), 2000, 1541 – 1548

- [101] Colhoun, H.M.; Francis, D.P.; Rubens, M.B.; Underwood, S.R.; Fuller, J.H.: The association of heart–rate variability with cardiovascular risk factors and coronary artery calcification: a study in type 1 diabetes patients and the general population. Diabetes Care, Vol. 24 (6), 2001, 1108 – 1114

- [102] Benbassat, C.A.; Stern, E.; Kramer, M.; Lebzelter, J.; Blum, I.; Fink, G.: Pulmonary function in patients with diabetes mellitus. The American journal of the medicine science, Vol. 322 (3), 2001, 127 – 132

- [103] Fuchsjäger – Mayrl, G.; Pleiner, J.; Wiesinger, G.F.; Sieder, A.E. et all.: Exercise training improves vascular endothelial function in patients with type 1 diabetes. Diabetes Care, Vol. 25 (10), 2002, 1795 – 1801

- [104] Lane, J.T.; Ford, T.C.; Larson, L.R.; Chambers, W.A.; Lane, P.H.: Acute effects of different intensities of exercise in normoalbuminuric/ normotensive patients with type 1 diabetes. Diabetes Care, Vol. 27 (1), 2004, 28 – 32

- [105] Erikson, J.G.; Ylihärsilä, H.; Forsén, T.; Osmond, C.; Barker, D.J.: Exercise protects against glucose intolerance in individuals with a small body size at birth. Preventive medicine, Vol. 39 (1), 2004, 164 – 167

- [106] Peter, R.; Luzio, S.D.; Dunseath, G.; Miles, A.; Hare, A.; Backx, K.; Pauvaday, V.; Owens, D.R.: Effects of exercise on the absorption of insulin glargine in patients with type 1 diabetes. Diabetes Care, Vol. 28 (3), 2005, 560 – 565

- [107] The Diabetes Control and Complication Trail/ Epidemiology of Diabetes Intervention and Complication Study Research Group. David, M.; Nathan, M.D. et all.: Intensive diabetes treatment and cardiovascular disease in patients with typ1 diabetes. New England journal of medicine, Vol. 353 (25), 2005, 2643 – 2653

- [108] Dubé, M.C.; Valois, P.; Prud`homme, D.; Weisnagel, S.J. ; Lavoie, C. : Physical activity barriers in diabetes : development an validation of a new scale. Diabetes research an clinical practice, Vol. 72 (1), 2006, 20 – 27

- [109] Curtis, J.A.; Hagerty, D.: Managing diabetes in childhood and adolescence. Canadian family physican Mèdicin de famille canadien, Vol. 48, 2002 , 499 – 502, 505 - 509

- [110] Vanelli, M.; Corchia, M.; Iovane, B.; Bernadini, A.; Mele; A.; Chiari, G.: Self – monitoring to physical activity in children and adolescents with type 1 diabetes. Acta bio – medica de L`Ateneo parmense. Organo della Società di medicina e scienze naturali di Parma, Vol. 77, Suppl. 1; 2006; 47 – 50

- [111] Zoppini, G.; Carlini, M.; Muggeo, M.: Self – reported and quality of live in young type 1 diabetic subject. Diabetes, nutrition & metabolism, Vol. 16 (1), 2003, 77 – 80

- [112] Cumming, G.R.; The physician and physical education of the school child. Pediatric clinics of North America, Vol. 12 (4), 1965, 1015 – 1026

- [113] Tsalikian, E.; Kollman, C.; Tamborlan, W. V.: Prevention of hypoglycemia during exercise in children with type 1 diabetes by suspending basal insulin. The Diabetes Research in Children Network Study Group. Diabetes Care, Vol. 22 (10), 2006, 2200 – 2204

- [114] Brückel, J.; Kerner, W.: Definition, Klassifikation und Diagnostik des Diabetes mellitus. DDG – Praxis – Leitlinie. Diabetologie 1, Suppl. 2, 2006, 177 – 180

- [115] Weicker, H.; Strobel, G.: Sportmedizin. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 1994, 96 – 97; 291 ff.

- [116] Cantor, A.B.; Krischer, J.P.; Cuthbertson, D.D. et all.: Age family relationships accentuate the risk of insulin dependent diabetes mellitus in relatives of patients with IDDM. Clinical endocrinology metabolic, Vol. 80 (12), 1995, 3739 – 3743

- [117] Wang, P.H.; Lau, J.; Chalmers, T.C.: Meta – analysis of effects of intensive blood glucose control on late complication of type 1 diabetes. Lancet 341, 1993, 1306 - 1309

- [118] DCCT Research Group: The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of log – term complication in IDDM. New England journal of medicine, 329, 1993, 977 - 986

- [119] Reichard, P.; Nilsson, B.Y.; Rosenquist, U.: The long – term effect intensified insulin treatment on the development of microvascular complication of diabetes mellitus. New England journal of medicine, 329, 1993, 304 - 309

- [120] Hollmann, W.; Hettinger, T.: Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer – Verlag, Stuttgart, New York 2000, 332 ff.

- [121] Hauner, H., Köster, I., von Ferber, L.: Prävalenz des Diabetes mellitus in Deutschland 1998 – 2001, Sekundäranalyse einer Versichertenstichprobe der AOK Hessen/ KV Hessen. Dt. med. Wochenschrift, 2003, Vol. 128, 2632 – 2637

- [122] Neu, A.; Kehren, M.; Hub, R.; Ranke, B.: Incidence of IDDM in German children aged 0 – 14 years. Diabetes Care 20, 1996, 530 – 533

- [123] Diao, J.S. & Caspar D.L.D. (2003). Crystallographic titration of cubic insulin crystals: pH affects GluB13 switching and sulfate binding. Acta Crystallogr. 59:670-676.

- [123 A] Weicker, H.; Strobel, G.: Sportmedizin. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 1994, 48 ff.

- [124] Bergis, K.: Schulungsunterlagen des Diabetes Zentrum Mergentheim, 1997

- [125] Schneider, H.; Lischinski, M.; Jutzi, E.: Survival of diabetic patients at 30 – years follow – up with reference to a close population. Z Ärztl. Fortbild., Jena 87, (4) 1993, 323 – 327

- [126] Rendell, M.; Kimmel, D.B.; Bamisedun, O.; ET, O.D.; Fulmer, J.: The health care status of the diabetic population as reflected by physician claims to a major insurer. Arch. Intern. Med. 153, (11), 1993, 1360 – 1366

- [127] U.K. Prospektive Diabetes study group: Intensive blood glucose control with sulphonylurease or insulin compared with conventional treatment and risk of complication in patients with type 2 diabetes. UKPDS 33, Lancet 1998, 352: 837 – 853

- [128] Löw, H.; Stieber, j.; Koenig, W.; Thorand, B., Hörmann, A.; et al: Diabetes – bedingtes Herzinfarktrisiko in einer süddeutschen Bevölkerung: Ergebnisse der MONICA – Augsburg – Studien 1985 – 1994. Diabetes und Stoffwechsel 8, 1999, 11 – 21

- [129] Lloyd, C.E.; Kuller, L.H.; Ellis, D. Becker, D.J.; Wing, R.R.; Ochard, T.J.: Coronary artery disease in IDDM. Gender differences in risk factors but not risk. Atrioscler. Thromb. Vasc Biol 16 (6), 1996, 720 – 760

- [130]Koivisto, V.A; Stevens, L.K.; Mattok, M; et al.: Cardiovascular disease and its risk factors in IDDM in Europe. EURODIAB IDDM Complications study Group. Diabetes Care 19 (7), 1996, 689 – 697

- [131] Krolewski, A.S.; Warram, J.H.; Valsania, P. et al.: Evolving natural history of coronary artery disease in diabetes mellitus. Am. J. Med. 90 (2A), 1991, 56S – 61S

- [132] Beks, P.J.; Mackaay, A.J.; de Neeling, J.N.; de Vries, H. et al.: Peripheral arterial disease in relation to glyceamic level in an elderly Caucasian population: the Hoorn study. Diabetologia 38 (1), 1995, 86 – 96

- [133] Kannel, W.B., McGee, D.L.: Diabetes and glucose tolerance as risk factor for cardiovascular disease: the Framingham study. Diabetes Care 2 (2), 1979, 120 – 126

- [134] Melton, III L.J.d; Macken, K.M.; Palumbo, P.J.; Elveback, L.R.: Incidence and prevalence of clinical peripheral vascular disease in a population – based cohort of diabetic patients. Diabetes Care 3 (6), 1980, 650 – 654

- [135] Janka, H.U.; Becker, A.; Müller, R.: Verschlusskrankheit der Extremitäten bei Diabetikern. Diabetes und Stoffwechsel 2, 1993, 6872

- [136] Rodriguez, B.L.; D`Agostino, R.; Abbott, R.D. et al.: Risk of hospitalized stroke in men enrolled in the Honolulu Heart Program and the Framingham Study: a comparison of incidence and risk factor effects. Stroke 33, 2002, 230 – 236

- [137] Abbott, R.D.; Donahue, R.P.; McMahon, S.W.; Reed, D.M.; Yano, K.: Diabetes and the risk of stroke. The Honolulu Heart Program. JAMA 257 (7), 949 – 952

- [138] Chan, A.; Beach, K.W.; Martin, D.C.; Strandness, D.E.: Carotid artery disease in NIDDM diabetes. Diabetes Care 6 (6), 1983, 562 – 569

- [139] Spinas, G.A.; Heitz, Ph. U.: Störung des Glukosestoffwechsels – Diabetische Folgeerkrankungen. Endokrinologisches Modul, Universitätsspital Zürich, 2004,
  Internet: www.megru.unizh.ch/j3/module/endokrinologie/endo.php?uniId=E73000&di=10 - 12k

- [140] American Diabetes Association. Nephropathy in Diabetes. Diabetes Care 27, Suppl. 1, 2004, S79 – S83

- [141] Harvey, J.N.; Rizvi, K.; Craney, L.; Messenegr, J.; Shah, R.; Meadows, P.A.: Population based survey and analysis of trends in the prevalence of diabetes nephropathy in Typ 1 diabetes. Diabetes Medicine 18, 2001, 998 – 1002

- [142] Frei, U.; Schober – Halstenberg, H.J.: Nierenersatztherapie in Deutschland. QuaSi Jahresbericht 2002/2003, Berlin, 2004

- [143] Schwenger, V.; Müssig, C.; Hergesell, O.; Zeier, M.; Ritz, E.: Inzidenz und klinische Charakteristikavon Niereninsuffizienz bei Diabetikern. Dtsch. Med. Wochenschr. 126, 2001, 1322 – 1326

- [144] Icks, A.; Trautner, C.: Epidemiologie von Erblindungen, insbesondere bei Diabetes: Übersicht über vorliegende Studien. Gesundheitswesen 58, 1996, 85 - 90

- [145] Mühlhauser, I.; Overmann, H.; Bender, R.; Bott, U.; Jörgens, V.; Trautner, C.; Siegrist, J.; Berger, M.: Social status and the quality of care for adult people with Type 1 diabetes – a population based study. Diabetologia, 41, 1998, 1139 – 1150

- [146] Hörle, S.; Grüner, F.; Kroll, P.: Epidemiologie diabetischer Erblindungen - eine Übersicht. Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde 219, 2002, 777 – 784

- [147] Trautner, C.; Haastert, B.; Richter, B.; Berger, M.; Giani, G.: Incidence of blindness in Southern Germany due to glaucoma and degenerative condition. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 44, 2003, 1031 – 1034

- [148] Trautner, C.; Icks, A.; Haastert, B.; Plum, F.; Berger, M.: Incidence of blindness in relation to diabetes. A population – based study. Diabetes Care, 20, 1997, 1147 - 1153

- [149] Shaw, J.E.; Zimmet, P.Z.; Gries, F.A.; Ziegler, D.: Epidemiology of diabetic neuropathy. In Shaw, J. E. et al. (Hrsg.) Textbook of diabetic neuropathy. Thieme – Verlag, Stuttgart, 2003, 64 – 82

- [150] Ziegler, D.; Gries, F.A.; Mühlen, H.; Rathmann, W.; Spuler, M.; Lessmann, F.: Prevalence and clinical correlates of cardiovascular autonomic and peripheral diabetic neuropathy in patients attending diabetes center. The DIACAN Multicenter Study Group. Diabetes Metab. 19, 1993, (1 PT 2), 143 – 151

- [151] Schiel, R.; Muller, U.A.; Sprott, H.; Schmelzer, A.; Mertes, B.; Hunger – Dathe, W.; et al.: The JEVIN trail: a population – based survey on the quality of diabetes care in Germany: 1994/1995 comared to 1989/1990. Diabetologia 40 (11), 1997, 1350 – 1357

- [152] Trautner, C.; Haastert, B.; Giani, G.; Berger, M.: Incidence of lower limb ambutations and diabetes. Diabetes Care, 19 (9), 1996, 1006 – 1009

- [153] Standl, E.; Mendler, G.; Zimmermann, R.; Stiegler, H.: Zur Amputationshäufigkeit von Diabetikern in Deutschland (Ergebnisse einer Erhebungen in zwei Landkreisen). Diabetes und Stoffwechsel 5, 1996, 29 – 32

- [154] Stiegler, H.; Standl, E.; Frank, S.; Mendler, G.: Failure of reducing lower extremity amputations in diabetes patients : results of two subsequent population based surveys 1990 and 1995 in Germany. Vasa 27 (1), 1998, 10 – 14

- [155] Diekmann, Andreas: Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Rowohlt, 1995

- [156] Hollmann, W.; Hettinger, T.: Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin., 69

- [157] Engel, J.: Signifikante Schule der schlichten Statistik. Filander Verlag GmbH, Fürth, 1997, 39 - 40

- [158] Kollipara, S.; Warren – Boulton, E.: Diabetes and physical activity in school. School nurse news, Vol: 21 (3), 2004, 12 – 16

- [159] Scherbaum, W.A.; Lobnig, B.M.: Therapie des Diabetes mellitus Typ 1 und Typ2. Hauptvorlesung klinische Medizin, Universitätsklinikum Düsseldorf, 2005 www.uniklinik-duesseldorf.de/ img/ ejbfile/ Hauptvorlesung%20 klinische%20 Medizin%20 Dm%20 Teil2. pdf? id=4583

Anlagen

Erklärungen zu den häufig verwendeten Abkürzungen und Formelzeichen

BE	Broteinheiten, beinhaltet 12 g reinen Traubenzucker bzw. Synonym für Berechnungseinheit, dann beinhaltet 1 BE 10 g verfügbare Kohlenhydrate
BE_{Zusatz}	Notwendige zusätzliche BE, aufgrund von Hypoglykämien
Bel. - st.	Belastungsstufe auf dem Fahrradergometer (25, 50, 75,... Watt)
BG_{Test}	Gemessene oder berechnete Blutglukosewerte während des Fahrradergometertests
$BG_{Akt.}$	Gemessene oder berechnete Blutglukosewerte während sportlicher Aktivitäten im Outdoor – Bereich
BG_{Beginn}	Blutglukosewert zu Beginn des Fahrradergometertests
BG_{Ende}	Blutglukosewert am Ende des Fahrradergometertests
Δ BG	Differenz zwischen zwei Blutglukosewerten
$\Delta BG_{gesch.}$	Geschätzte Differenz des Blutglukosewertes berechnet aus der Differenz zweier Blutglukosewerte unter Berücksichtigung zusätzlich verabreichter Broteinheiten
BG	Blutglukose, Menge an im Blut zirkulierender und verfügbarer Glukose pro Einheit gemessen in mmol/ l bzw. mg/dl. In der Arbeit wird die Einheit mmol/l angegeben. Zum besseren Verständnis stehen die Werte in mg/ dl in Klammern
BMI	Der Body Mass Index berechnet sich aus dem Körpergewicht [kg] dividiert durch das Quadrat der Körpergröße [m^2]. Die Einheit ist kg/m^2. Stichwort: Marker für die Körperbeschaffenheit (Über- oder Untergewicht)
CT	Konventionelle Insulintherapie, definiert mit maximal drei Insulinapplikationen pro Tag
CSII	Kontinuierliche subkutane Insulininjektion Stichwort: Insulinpumpentherapie
Fit. - st.	Fitnessstufe, quantifizierte körperliche Leistungsfähigkeit. In diesen Wert fließen sowohl die muskuläre, pulmonale als auch kardiale Leistungsfähigkeit ein.

HbA 1c (Wert)	Ist die irreversible Glykierung des Hämoglobins durch Anlagerung der Glucosecarbonylgruppe an die Aminogruppe der Hämoglobin – b Kette. Einheit: Prozent der Gesamthämoglobinmenge Stichwort: Langzeitzucker, Ausdruck der Qualität der Diabetestherapie in den vergangenen 12 Wochen.
HF_{Test}	Herzfrequenz während des Fahrradergometertests in Schlägen pro Minute (S/min) bzw. min^{-1}
$HF_{Akt.}$	Herzfrequenz während sportlicher Aktivitäten im Outdoor – Bereich
HF_{null}	Ruheherzfrequenz in S/ min, hier ist die Aktivität der Skelettmuskulatur annähernd „Null“ Stichwort: Ruhepuls
HF_{mean}	Mittelwert der Herzfrequenz in S/ min während einer muskulären Aktivität
$HF_{max.}$	Maximale erreichbare Herzfrequenz aufgrund des Lebensalters nach *Lagerström*
$HF_{res.}$	Herzfrequenzreserve, Fähigkeit des Herzmuskels, auf einen höheren Substrat und Sauerstoffbedarf durch muskuläre Aktivität in der Peripherie durch eine schnellere Herzmuskelkontraktion zu reagieren. Ist die Differenz aus HF_{max} und $HF_{null.}$
$HF_{res.\ 30\%}$	Auslastung der Herzfrequenzreserve in S/ min von 30%
$HF_{25\ Watt}$	Herzfrequenz in S/ min bei einer Arbeit (z.B. Belastung während des Fahrradergometertests) von 25 Watt
HF_{end}	Herzfrequenz in S/ min am Ende der Arbeit (Belastung) auf dem Fahrradergometer
reg. HF	Mathematisch durch Regressionsgleichung ermittelte Herzfrequenzwerte
reg. HF_{null}	Regressiv ermittelte Ruheherzfrequenz in S/ min, hier ist die Aktivität der Skelettmuskulatur annähernd „Null“ Stichwort: Ruhepuls
reg. HF_{mean}	Regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz
reg. $HF_{50\ Watt}$	Regressiv ermittelte Herzfrequenz bei einer Arbeit von 50 Watt
reg. $HF_{Abbruch}$	Regressiv ermittelte Herzfrequenz bei Abbruch des Fahrradergometertests
reg. $HF_{90\ Watt/\ h}$	Regressiv ermittelte Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt/ h
adj. HF	Alters- und geschlechtsadjustierte Herzfrequenz

Hypoglykämie	Blutglukosewerte kleiner 2,77 mmol/ l (50 mg/ dl)
ICT	Intensivierte konventionelle Insulintherapie mit mindestens vier Insulinapplikationen pro Tag
IE_{soll}	Aufgrund der Insulintherapie vom Arzt verordnete Insulindosis in Insulineinheiten
IE_{ist}	Insulindosis in Insulineinheiten, die aufgrund der Insulinreduktion tatsächlich vor der sportlichen Aktivität gespritzt wurde
$IE_{red.}$	Reduzierte Insulindosis in Insulineinheiten, die aufgrund der sportlichen Aktivität
IDE	insulin dose equivalent - Insulindosisäquivalent – mögliche einzusparende Insulinmenge aufgrund muskulärer Aktivität
$IDE_{90\ Watt/\ h}$	Insulindosisäquivalent bei einer Leistung von 90 Watt/ h
$IDE_{erb.\ Leistg.}$	Insulindosisäquivalent für die individuell erbrachte Leistung in Watt/ h
$IDE_{akt.ges.}$	Insulindosisäquivalent für die individuell erbrachte Leistung für die gesamte sportliche Aktivität
$IDE_{akt.1h.}$	Insulindosisäquivalent für die individuell erbrachte Leistung während der sportlichen Aktivität im Bezug auf eine Stunde dieser Aktivität
$IDE_{res.\ HF\ 30\%}$	Insulindosisäquivalent für die Herzfrequenzreserve bei einer Auslastung von 30 %
$IDE_{1/\ 30\%}$	Allgemeines Insulindosisäquivalent für die Fitnessstufe 1 bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30 %
IIR	Individuelle Insulindosisreduktion
P	Mechanische Leistung in Watt pro Stunde (Kraft (F)* Geschwindigkeit(v), bzw. F mal ($\Delta s/ \Delta t$))
$P_{Bel.\ St.}$	Die Leistung während einer Belastungsstufe während des Fahrradergometertest in Watt*h
$P_{Ges.}$	Gesamtleistung während einer muskulären Aktivität in Watt/ h
$P_{Bel.\ St.\ bei\ 25\ Watt/\ h}$	Leistung während der Belastungsstufe von 25 Watt, wenn diese 1h geleistet werden würde
$P_{Akt.\ ges.}$	Gesamtleistung während der sportlichen Aktivität
$P_{Akt.\ 1h}$	Leistung während der sportlichen Aktivität in einer Stunde
NID	Individuell notwendige Insulinmenge bei einer sportlichen Aktivität
$t_{akt.}$	Zeitraum der sportlichen Aktivität
W	Mechanische Arbeit in Watt (Kraft (F) mal zurückgelegtem Weg (s))

Übersicht der Abbildungen

Nummer der Abbildung	Seite	Titel
1	17	Blutglukoseregulation ohne externe Störgrößen
2	17	Schematische Darstellung der Blutglukosehomöostase
3	18	Blutglukoseregulation nach Kohlenhydrataufnahme
4	19	Blutglukoseregulation während und nach sportlicher Aktivität
5	20	Blutglukoseregulation unter dem Einfluss von psycho-physischen Faktoren
6	21	Gesamtübersicht über die Blutglukoseregulation im menschlichen Organismus
7	22	Sekundärstruktur des Insulinmoleküls ohne Disulfidbrücken
8	23	Schematischer Ablauf der Insulinrezeptorenaktivität
9	25	Der PI3K- Weg zur Verschmelzung von GLUT 4 Transportern mit der Zellmembran
10	26	Zeitlicher Ablauf der Entstehung des Typ 1 Diabetes mellitus
11	29	Schematische Darstellung der nicht-enzymatischen Glykosylierung
12	30	Steigerung des Sorbitol- und Störung des Polyolstoffwechsels
13	38	Einflussmöglichkeiten auf die Blutglukoseregulation
14	39	Zusammenhang zwischen Insulin und Translokation der Glut 4 Aminosäuren
15	70	Schematische Darstellung der Beobachtungsanordnung und der damit verbundenen Auswertung
16	71	Das IDE - Nomogramm
17	84	Schematische Übersicht über die Ziele und den Ablauf der Datenauswertung
18	206	Problemgefüge von Kindern und Jugendlichen mit Typ 1 Diabetes mellitus bei sportlicher Aktivität

Übersicht der Grafiken

Nummer der Grafik	Seite	Titel
1	140	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „kurze Wanderung“
2	146	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „Schwimmen“
3	152	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „mittlere Wanderung“
4	158	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „lange Radtour“
5	165	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „lange Wanderung“
6	170	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „Strandspaziergang“
7	176	Exemplarischer Verlauf der Datenerhebung beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

Übersicht der Diagramme

Nummer der Diagramme	Seite	Titel
1	107	Altersverteilung in Altersgruppen nach Geschlecht
2	109	Altersverteilung nach Geschlecht und dem Ort der Datenerhebung
3	110	Perzentile der Gewichtsverteilung der Probanden der Inselklinik Gothensee
4	111	BMI Verteilung der Probanden des Diabetes - Zentrums
5	113	Diabetesdauer in Jahren (gruppiert)
6	114	Insulintherapieform bei Entlassung
7	115	Gesamtinsulindosis am Tag in IE / d
8	116	Gesamtinsulindosis am Tag pro Kilogramm Körpergewicht
9	118	Menge an Kohlenhydraten pro Tag
10	119	BE – Faktoren (gruppiert)
11	120	HbA1c – Werte (gruppiert)
12	123	Mittlere Herzfrequenz in den einzelnen Arbeitsstufen
13	124	Maximal erreichte Arbeit in Watt (Abbruchsbelastungsstufen)
14	125	Erreichte Leistung in W*h
15	126	Regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz des Fahrradergometertests
16	127	Alters – und geschlechtsadjustierte mittlere Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 Watt*h
17	128	Verteilung der Fitnessstufen
18	129	Veränderung des BG – Spiegels während des Ergometertests mit BG - Anstieg
19	130	IDE bei der erbrachten Leistung des Fahrradergometertests
20	131	Individuelle IDE für 1 Stunde bei einer Arbeit von 90 Watt*h auf dem Fahrradergometer
21	132	IDE bei einer Leistung von 90 Watt* h
22	132	Verteilung der Herzfrequenzreserve bei einer Auslastung von 30, 50 und 70%
23	134	Zusammenhang zwischen individuell erbrachter Leistung in Watt bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30,50 und 70% im Verhältnis zur Herzfrequenz bei 50 Watt
24	134	IDE für 1 Stunde im Bezug zu den der Herzfrequenzreserven von 30,50 und 70% aller Probanden
25	136	Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenz von 30% und zu den Fitnessstufen
26	136	Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenz von 50% und zu den Fitnessstufen
27	137	Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenz von 70% und zu den Fitnessstufen
28	138	Nomogramm der IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30,50,70% und zu den Fitnessstufen
29	140	Verteilung der Fitnessstufen der Probanden beim Feldstest „ kurze Wanderung“

30	141	Mittlere Herzfrequenz aller Probanden des Feldtests „kurze Wanderung“
31	141	Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „kurze Wanderung“
32	142	Blutglukosewert am Ende des Feldtests „kurze Wanderung“
33	142	Differenz des BG – Wertes am Ende des Feldtests „kurze Wanderung“ zum BG - Zielwert
34	143	Vergleich Soll vs. Ist - Insulindosis beim Feldtest „kurze Wanderung“
35	143	Insulindosisreduktion beim Feldtest „kurze Wanderung“
36	144	Zusatz – BE Gabe beim Feldtest „kurze Wanderung“
37	144	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „kurze Wanderung“
38	146	Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „Schwimmen“
39	147	Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „Schwimmen“
40	147	Auslastung der Herzfrequenzreserven beim Feldtest „Schwimmen“
41	148	Blutglukosewert am Ende des Feldtests „Schwimmen“
42	148	Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „Schwimmen“
43	149	Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis in IE
44	149	Insulindosisreduktion beim Feldtest „Schwimmen“
45	150	Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „Schwimmen“
46	150	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „Schwimmen“
47	152	Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „mittlere Wanderung“
48	153	Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „mittlere Wanderung“
49	153	Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „mittlere Wanderung“
50	154	Blutglukosewert am Ende des Feldtests „mittlere Wanderung“
51	154	Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „mittlere Wanderung“
52	155	Vergleich Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis in IE beim Feldtest „mittlere Wanderung“
53	156	Insulindosisreduktion in IE beim Feldtest „mittlere Wanderung“
54	156	Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „mittlere Wanderung“
55	157	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „mittlere Wanderung“
56	159	Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „lange Radtour“
57	159	Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „lange Radtour“
58	160	Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „lange Radtour“
59	160	Blutglukosewerte am Ende des Feldtests „lange Radtour“
60	161	Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „lange Radtour“

61	162	Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis beim Feldtest „lange Radtour“
62	162	Insulindosisreduktion beim Feldtest „lange Radtour“
63	163	Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „lange Radtour“
64	163	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „lange Radtour“
65	165	Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „lange Wanderung“
66	166	Mittlere Herzfrequenz beim Feldtest „lange Wanderung“
67	166	Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „lange Wanderung“
68	167	Blutglukosewert am Ende des Feldtests „lange Wanderung“
69	167	Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „lange Wanderung“
70	168	Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis in IE beim Feldtest „lange Wanderung“
71	168	Hypoglykämisch bedingte Zusatz –BE beim Feldtest „lange Wanderung“
72	169	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „lange Wanderung“
73	171	Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „Strandspaziergang“
74	171	Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „Strandspaziergang“
75	172	Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „Strandspaziergang“
76	172	Blutglukosewert am Ende des Feldtests „Strandspaziergang“
77	173	Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „Strandspaziergang“
78	173	Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis in IE beim Feldtest „Strandspaziergang“
79	174	Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „Strandspaziergang“
80	174	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „Strandspaziergang“
81	176	Unterschiedliche Dauer und Anzahl der Probanden beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
82	177	Verteilung der Fitnessstufen beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
83	178	Mittlere Herzfrequenz aller Probanden beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
84	178	Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
85	179	Blutglukosewerte am Ende des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
86	180	Differenzen des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
87	181	Vergleich der Soll – Insulindosis vs. Ist – Insulindosis beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
88	181	Hypoglykämisch bedingte Zusatz – BE beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

89	182	IDE der einzelnen Probanden beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
90	184	Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE zum HF - mittel
91	185	Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE in den verschiedenen Feldtests
92	186	Zusammenhang zwischen Δ BG, der Netto IDE und den Fitnessstufen der Probanden
93	186	Zusammenhang zwischen Δ BG und der mittleren Herzfrequenz aller Probanden
94	187	Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE der Feldtests aller Probanden
95	188	Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE aller Probanden
96	189	Notwendige Insulindosis während der einzelnen Feldtests
97	189	Individuelle Insulindosisreduktion während der einzelnen Feldtests
98	190	Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der notwendigen Insulindosis
99	191	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der notwendigen Insulindosis
100	191	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenz und der individuellen Insulindosisreduktion
101	192	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve und der individuellen Insulindosisreduktion
102	193	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte Dauer der sportlichen Aktivität
103	194	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität
104	195	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion (Regressionsgerade durch „Null“)
105	196	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte sportliche Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)
106	197	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)

Übersicht der Tabellen

Nummer der Tabellen	Seite	Titel
1	12/ 13	Studie zur Prävalenz des Diabetes mellitus
2	14	Prävalenz des bei Patienten diagnostizierten Diabetes mellitus in Deutschland nach Therapiearten geordnet
3	14	Inzidenz des Diabetes mellitus bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 - 14 Jahren
4	27/ 28	Kriterien für Typ 1 Diabetes mellitus
5	31	Alters- und geschlechtsadjustierte Odds – ratio für Komorbidität von Patienten mit Diabetes mellitus im Vergleich zu Personen ohne Diabetes mellitus
6	37	Empfohlene Blutglukosewert zu verschiedenen Tageszeiten
7	48	Literaturübersicht über den Einfluss von sportlichen Aktivitäten auf diabetesspezifische Risikofaktoren
8	51	Untersuchung zur Wahrnehmung von Hypoglykämiesymptomen während sportlicher Aktivitäten
9	53	BE – Bedarf bei der Untersuchung über BE Bedarf bei der Sportanpassung Schwimmen
10	55	Schema zur Insulindosisreduktion bei der Sportanpassung Schwimmen
10a	56	Ergebnisse der Bolus – Insulindosisreduktion auf Basis der präprandialen Blutglukosewerte zum Abendessen
11	66	Fragestellung und dazugehörige Fragen der Fragebogenaktion
12	67	Geprüfte Zusammenhänge und Abhängigkeiten verschiedener Einstellungsaspekte untereinander
13	72	Algorithmus für die alters – und geschlechtsabhängige Anpassung der SSHF 90 zur Ermittlung von HF 90 adj. für die Anwendung im Erwachsenen - Nomogramm
14	73	Definition des Fitnesszustandes über die absolute Abweichung des HF 90 – Wertes von dem mittels Modell prognostizierten Wert
15	76	Leistungen beim Fahrradergometer – Stufentests in den Belastungsstufen und kumuliert
16	92	Allgemeine Angaben zum Probandenkollektiv der Befragung
17	93	Übersicht über die sportliche Selbsteinschätzung der Gesamtprobanden
18	93	Übersicht über die sportliche Selbsteinschätzung der Subgruppe IKH Gothensee
19	94	Übersicht über das Vertrauen der Schüler mit Typ – 1 Diabetes und die Kompetenz der Sportlehrer aus Sicht der Schüler mit Typ – 1 Diabetes
20	95	Übersicht über das Vertrauen der Schüler mit Typ – 1 Diabetes und die Kompetenz der Sportlehrer aus Sicht der Schüler mit Typ – 1 Diabetes der Subgruppe IKH Gothensee
21	96	Diabetesspezifische Probleme im Schulsport
22	96	Diabetesspezifische Probleme im Schulsport der Subgruppe IKH Gothensee

23	97	Öfter keine Teilnahme am Schulsport wegen meines Diabetes mellitus
24	98	Übungsleiter - / Trainerkompetenz in Sachen Diabete mellitus
25	98	Diabetesspezifische Probleme im Leistungssport
26	99	Diabetesspezifische Probleme im Leistungssport der Subgruppe IKH Gothensee
27	100	Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach der sportlichen Aktivität
28	100	Auftreten von Hypoglykämien einige Stunden nach der sportlichen Aktivität Subgruppe IKH Gothensee
29	101	Vergleich der Kompetenzen zwischen Schulsportlehrer (Lehrer) und Übungsleiter/ Trainer
30	102	Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und diabetesspezifischen Problemen im Schulsport
31	103	Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Sportlehrerkompetenz
32	104	Zusammenhang zwischen der Einschätzung der Sportlehrekompetenz und den diabetesspezifischen Problemen im Schulsport
33	105	Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und der Einschätzung der Übungsleiter - / Trainerkompetenz in Fragen des Diabetes mellitus
34	106	Zusammenhang zwischen sportlicher Selbsteinschätzung und Hypoglykämien nach dem Sport
35	107	Altersverteilung in Altersgruppen
36	108	Altersverteilung in Altersgruppen nach Geschlecht und Ort der Datenerhebung
37	110	Perzentile der Gewichtsbeurteilung der Probanden der Inselklinik Gothensee
38	111	BMI Verteilung der Probanden des Diabetes - Zentrums
39	112	Allgemeine Stammdaten des Probantenkollektivs
40	113	Diabetesdauer in Jahren (gruppiert)
41	114	Insulintherapieform bei Entlassung
42	115	Gesamtinsulindosis am Tag in IE / d
43	116	Gesamtinsulindosis am Tag pro Kilogramm Körpergewicht
44	117	Menge an Kohlenhydraten pro Tag
45	118	BE – Faktoren (gruppiert)
46	120	HbA1c – Werte (gruppiert)
47	121/ 122	Zusammenfassung der individuellen und diabetesspezifischen Daten nach Kliniken geordnet
48	123	Mittlere Herzfrequenzen, die in den einzelnen Arbeitsstufen in Watt erreicht wurden
49	124	Maximal erreichte Arbeit in Watt (Abbruchsbelastungsstufen)
50	125	Erreichte Leistung in W*h
51	126	Regressiv ermittelte mittlere Herzfrequenz des Fahrradergometertests
52	127	Alters – und geschlechtsadjustierte mittlere Herzfrequenz bei einer Leistung von 90 W/h
53	128	Verteilung der Fitnessstufen
54	129	Veränderung des BG – Spiegels während des Ergometertests mit BG - Anstieg

55	129	Veränderung des BG – Spiegels während des Ergometertests ohne Anstieg des BG - Spiegels
56	130	IDE für die erbrachte Leistung des Fahrradergometertests
57	131	IDE bei einer Leistung von 90 Watt* h
58	133	Individuelle Herzfrequenzreserve für die Auslastungsbereiche von 30, 50 und 70%
59	133	Zusammenhang zwischen erbrachter Leistung in Watt bei einer Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30,50 und 70% und der Herzfrequenz bei 50 Watt
60	135	Verteilung der IDE für 1 Stunde im Bezug zu den der Herzfrequenzreserven von 30, 50 und 70%
61	135	Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenz von 30% und zu den Fitnessstufen
62	136	Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenz von 50% und zu den Fitnessstufen
63	137	Die IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenz von 70% und zu den Fitnessstufen
64	138	Übersichtstabelle der IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30,50,70% und zu den Fitnessstufen
65	138	Korrelationen und Signifikanzen zum Nomogramm der IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve von 30,50 und 70% und zu den Fitnessstufen
66	145	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „kurze Wanderung“
67	151	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „Schwimmen“
68	157	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „mittlere Wanderung“
69	164	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „lange Radtour“
70	169	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „lange Wanderung“
71	175	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „Strandspaziergang“
72	177	Mittlere Herzfrequenzen beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
73	178	Mittelwerte der Auslastung der Herzfrequenzreserve beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
74	179	Mittlere Blutglukosewerte am Ende des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
75	179	Durchschnittliche Differenz des Blutglukosewertes zum Zielwert am Ende des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
76	180	Durchschnittliche Soll – und Ist – Insulindosen in IE beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
77	181	Durchschnittlicher hypoglykämisch bedingter Zusatz – BE Bedarf beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
78	182	Durchschnittliche IDE der Probanden beim Feldtest „sonstige Outdoor – Aktivitäten“
79	182	Zusammenfassung der Daten des Feldtests „sonstige Outdoor – Aktivitäten“

80	183	Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE zum mittleren HF – mittel während der Feldtests
81	184	Zusammenhang zwischen Δ BG und Netto IDE in den verschiedenen Feldtests
82	185	Zusammenhang zwischen Δ BG, der Netto IDE und den Fitnessstufen der Probanden
83	193	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte Dauer der sportlichen Aktivitäten
84	194	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität
85	195	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für die gesamte sportliche Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)
86	196	Zusammenhang zwischen der Auslastung der Herzfrequenzreserve vs. individuelle Insulindosisreduktion für eine Stunde der sportlichen Aktivität (Regressionsgerade durch „Null“)
87	224	Übersichtstabelle der IDE für eine Stunde im Bezug zur Auslastung der Herzfrequenzreserve und zu den Fitnesstufen

Name: Vorname: Geb.datum:	Patientencode Institution Lfd.Nr.

Anamnesedatenblatt

1. Persönliche Angaben

Klinikaufenthalt: vom bis

Körpergröße: cm Körpergöße (Perzentil):

Körpergewicht: kg Körpergewicht (Perzentil):

BMI: kg/ $(m)^2$ BMI (SDS):

Waist to Hip Ratio: Körperfettanteil in %:

Adipositas (1=ja/2=nein) Muskelanteil in %:

Ruhepuls (morgens oder n. 5 Minuten körperlicher Ruhe): Schl./ min

2. Diabetes Daten:

Diabetes Typ: Diabetesdauer (Monate/ Jahre): / HbA1c: %

Diabetesstadium (ST=stabil, B=brittle, A1=adult 1, A2=adult 2):

Therapie bei Aufnahme (CT, ICT, CSII): Therapie bei Entlassung (CT, ICT, CSII):

Kurzeitinsulin (1=Normal, 2=Analogon): KI (IE/d):

Verzögerungsinsulin (1=NPH, 2=Lantus): VI (IE/d):

Insulindosis bei Aufnahme (IE/ kg/d): Insulindosis bei Entlassung (IE/kg/d):

Insulinschulung (0=schlecht, 1=ausreichend, 2=sehr gut):

BE/ KE Faktoren FM : MM: AM:

3. Hypoglykämie – Daten

Aufgetretene schwere Hypoglykämien (0=nein, 1=ja):

Anzahl der schweren Hypoglykämien in d. letzten 6 Monaten:

Anzahl leichter Hypoglykamien (<2,7 mmol/ l d.h. 50 mg/dl) i.d. letzen 6 Wochen:

Hypoglykämia unwarness (0=nein, 1=ja)

4. Diätetische Daten

Gesamtkalorienzahl: kcal

BE/ KE – Verteilung:

FM ZM MM NM AM SM

Datum:
Patientencode:

Fragebogen über die sportliche und körperliche Aktivität

Dieser Fragebogen enthält verschiedene Aussagen über Deine sportliche oder körperliche Aktivität.

Unter jeder dieser Aussagen befinden sich Antwortkästchen mit den Zeichen

+ +	+	0	-	- -

Diese Zeichen bedeuten:

+ +	Deutliches Ja, **stimmt ganz genau!** Aussage **trifft ganz genau** auf mich zu!
+	Eher Ja, **stimmt eher!** Aussage **trifft eher** auf mich zu!
O	Unentschieden, **stimmt weder noch!**Aussage **trifft weder noch** auf mich zu!
-	Eher Nein, **stimmt eher nicht!** Aussage **trifft eher nicht** auf mich zu!
- -	Deutliches Nein, **stimmt überhaupt nicht!** Aussage **trifft überhaupt nicht** auf mich zu!

Wenn also zum Beispiel eine Aussage
eher nicht auf Dich zu trifft, machst Du Dein Kreuz bei

+ +	+	0	X	- -

Dein Kreuz machst Du bei

X + +	+	0	-	- -

,wenn eine Aussage **ganz genau auf Dich zutrifft.**

Wenn eine Aussage **weder noch auf Dich zutrifft**, dann machst Du Dein Kreuz bei ... und so weiter!

+ +	+	X 0	-	- -

Lies deshalb jede Aussage sorgfältig durch. Überlege nicht zu lange, sondern entscheide Dich sofort und mache Dein Kreuz in einem der 5 Antwortkästchen.

Antworte unbedingt ehrlich, denn nur so kannst Du mit Deinen Antworten helfen.
Ganz wichtig: Es gibt auch **keine** guten oder schlechten, richtigen oder falschen Antworten!

1. Ich finde, dass ich mich insgesamt sehr viel bewege!

+ +	+	0	-	- -

2. Ich bin der Meinung, dass ich sehr sportlich bin!

+ +	+	0	-	- -

3. Das Unterrichtsfach Sport gehört zu meinen Lieblingsfächern!

+ +	+	0	-	- -

4. In meiner Freizeit bin ich oft mit meinen Freunden sportlich Aktiv!

+ +	+	0	-	- -

5. Wenn es mal regnet und ich nicht mit meinen Freunden sportlich Aktiv sei sein kann, bin ich ausgesprochen unzufrieden!

+ +	+	0	-	- -

6. Am liebsten sitze ich den ganzen Tag am Computer oder spiele mit dem GameBoy!

+ +	+	0	-	- -

7. Im Schulsport bin ich einer der Besten!

+ +	+	0	-	- -

8. Wenn im Sportunterricht Mannschaften gewählt werden, werde ich oft als einer der Letzten gewählt.

+ +	+	0	-	- -

9. Ich habe zu meinem Sportlehrer, was meinen Diabetes anbelangt, großes Vertrauen!

+ +	+	0	-	- -

10. Ich habe schon öfter wegen meinem Diabetes nicht am Schulsport teilgenommen!

+ +	+	0	-	- -

11. Ich glaube, mein Sportlehrer weiß über Diabetes und Sport überhaupt nicht Bescheid!

+ +	+	0	-	- -

12. Ich glaube, der Diabetes behindert mich bei der Ausübung sportlicher Aktivitäten!

+ +	+	0	-	- -

13. Während sportlicher Aktivitäten habe ich schon oft einen Unterzucker (Hypo) bekommen!

+ +	+	0	-	- -

14. Ich habe bei mir bemerkt, dass ich die Unterzucker beim Sport überhaupt nicht bemerke!

+ +	+	0	-	- -

15. Wenn ich sportlich Aktiv bin, habe ich große Angst vor Unterzucker!

+ +	+	0	-	- -

16. Ich kann mich bei sportlicher Aktivität auf meine Unterzucker – Symptome verlassen!

+ +	+	0	-	- -

17. Ich kann gut mit Unterzucker bei sportlicher Aktivität umgehen!

+ +	+	0	-	- -

18. Ich weiß, wie ich Unterzucker bei sportlicher Aktivität vorbeugen kann!

+ +	+	0	-	- -

19. Ich hatte noch keine schwere Unterzucker bei sportlicher Aktivität!

+ +	+	0	-	- -

20. Ich habe während sportlicher Aktivität immer leichte Unterzucker!

+ +	+	0	-	- -

21. Wenn ich nach sportlichen Aktivitäten mit meinen Freunden wieder zu Hause bin, bin ich immer total geschafft!

+ +	+	0	-	- -

22. Wenn ich mit meinen Freunden sportlich Aktiv bin, dauert dies in der Regel

0,5 Stunde 0,5 – 1Stunde 1 – 2 Stunden 2 – 4 Stunden mehr als 4 Stunden

23. Mit meinen Freunden bin ich in der Woche

0 mal 1 – 2 mal 2-3 mal 3-4 mal mehr als 4 mal sportlich Aktiv.

24. Einige Stunden nach Ende meiner sportlichen Aktivitäten, habe ich sehr häufig Unterzucker.

+ +	+	0	-	- -

25. Welche Sportarten machst Du am liebsten!

Vergib Noten: 1= sehr gern, 2= gern, 3=geht so, 4= nicht unbedingt, 5= überhaupt nicht gern!

A) Ballsportarten
B) Schwimmen
C) Inliner fahren
D) Radfahren/ Mountenbiken
E) Wandern/ Walking
F) Jogging
G) Skatboard fahren
H) Reiten

Weitere Sportarten: _____

_____

_____

_____

26. Ich trainiere regelmäßig in einem Verein/ Sportgruppe!

Ja / Nein !

(Solltest Du ***Ja*** angekreuzt haben, beantworte bitte noch die folgenden Fragen, hast Du **Nein** angekreuzt, **bedanke ich mich für Deine Mitarbeit.)**

27. Im Verein / Sportgruppe trainiere ich folgende Sportarten!

_____

_____

_____

28. Insgesamt trainiere ich regelmäßig

1 mal 2mal 3mal 4mal 5mal

in der Woche!

29. Ich finde das Training immer sehr anstrengend!

+ +	+	0	-	- -

30. Ich möchte in Zukunft noch mehr trainieren!

+ +	+	0	-	- -

31. Ich fühle mich durch das Training völlig überfordert!

+ +	+	0	-	- -

32. Mein Trainer/ Übungsleiter kennt sich gut mit dem Diabetes aus!

+ +	+	0	-	- -

33. Es ist für mich sehr wichtig, wenn ich in meiner Sportart Wettkämpfe/ Punktspiele habe!

+ +	+	0	-	- -

34. Bei Wettkämpfen/ Punktspielen bin ich immer einer der Besten!

+ +	+	0	-	- -

35. Bei meinem Training habe ich nie Unterzuckerungen!

+ +	+	0	-	- -

36. Bei Wettkämpfen/ Punktspielen habe ich immer hohe Werte!

+ +	+	0	-	- -

37. Ich plane genau meine Insulinmenge, die ich spritzen muss, wenn ich zum Training gehe!

+ +	+	0	-	- -

Vielen Dank, dass Du den Fragebogen ausgefüllt hast!

Birger Tornuf

Datum:

Uhrzeit von:

bis :

Stufentestdatenblatt

Patientencode

Institution Lfd.Nr.

1. Ruhe – HF:

2. geschätzter Start - BG Wert: (mmol/ l) 3. gemessener Start – BG Wert: (mmol/l) Differenz in %:

4. geschätzter End BG – Wert: (mmol/ l) 5. gemessener End – BG Wert: (mmol/ l) Differenz in %:

6. benannte Hypoglykämie – Symptome nach Ende der Belastung (0=nein, 1=ja):

Gesamtenergieverbrauch während des Stufentests in Kcal:

Start Belastung in Watt: Belastungsstufendauer (min): Anzahl der absolvierten Belastungsstufen:

HF nach Stufe 1: HF nach Stufe 2: HF nach Stufe 3:

HF nach Stufe 4: HF nach Stufe 5: HF nach Stufe 6:

HF nach Stufe 7: HF nach Stufe 8: HF nach Stufe 9:

Ergebnisse

Herzfrequenz bei 90 Watt: Schl./ min.

PWC von 130:

PWC 170 (errechnet):

Insulin – Dosis - Equvivalent laut Nomogramm:

Insulin – Dosis - Equvivalent Fitnessgruppe:

Sportanpassung

Datum:					Uhrzeit							
Art:												
Länge:	Soll		Ist		Nü	BZ A	BZ 1	BZ 2	BZ 3	BZ4	BZ E	
Name, Vorname	Alt	VZI	Alt	VZI		BE	BE	BE	BE	BE	BE	Bemerkung
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:
Zi:												Ges.BE:

Sportanpassung Schwimmen

Datum:			Soll	a)12.00 b)17.30 Uhr	Ist	a)12.00 b)17.30 Uhr	Uhrzeit							
							17.30							
							BZ	BZ A	BZ 1	BZ 2	BZ 3	BZ4	BZ E	
Name, Vorname			Alt	VZI	Alt	VZI	BE	BE	BE	BE	BE	BE	BE	Bemerkung
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:
		C-pept.:		a.		a.								Bel.St.:
Zi:	Diab.-Typ:	Kliniktag:		b.		b.								Ges.BE:

Protokoll diabetesspezifische Daten der sportlichen Aktivität Schwimmen

BG - Protokoll sportlicher Aktivitäten

Name Vorname	Art der Aktivität	Dauer von - bis	Grad d. Anst.	Kürzung in % Bolus	 Basal	BG(Nü) BE	BG 1 BE	BG2 BE	BG (E) BE	Ges. BE	Bemerkung

Protokoll diabetesspezifischer Daten für Insulinpumpenpatienten

Insulindosisreduktionsschema für die sportlichen Aktivitäten

Wanderung und Radtour

11/2002

Sportanpassung: Wanderung/Radtour in der Zeit von 9.30 – 12.00 Uhr

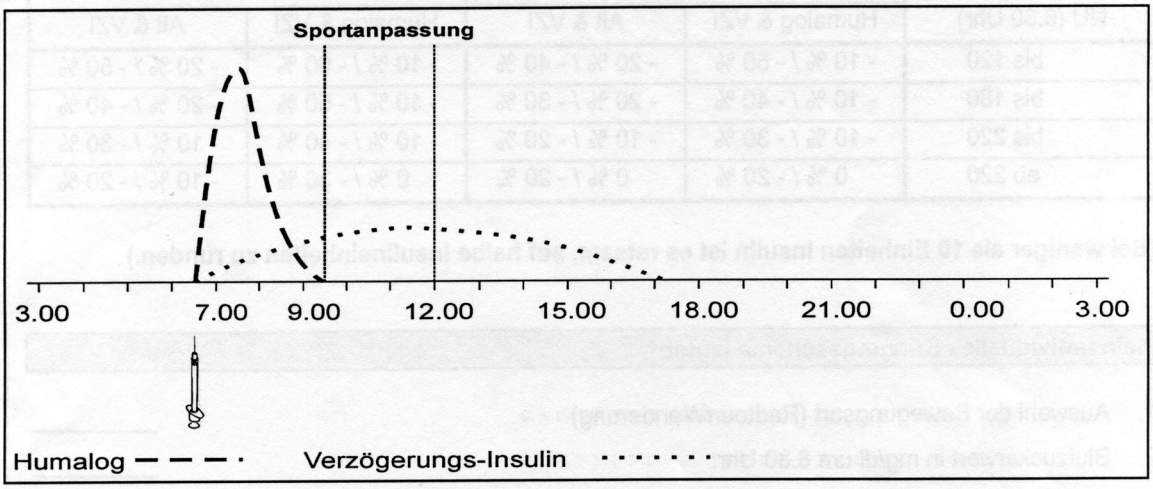
Zu dieser Zeit wirken folgende Insuline:

	trifft zu ja	nein
1. **Humalog oder Altinsulin**, welches 6.30 Uhr gespritzt wurde	o	o
2. **Verzögerungsinsulin**, welches 6.30 Uhr gespritzt wurde	o	o

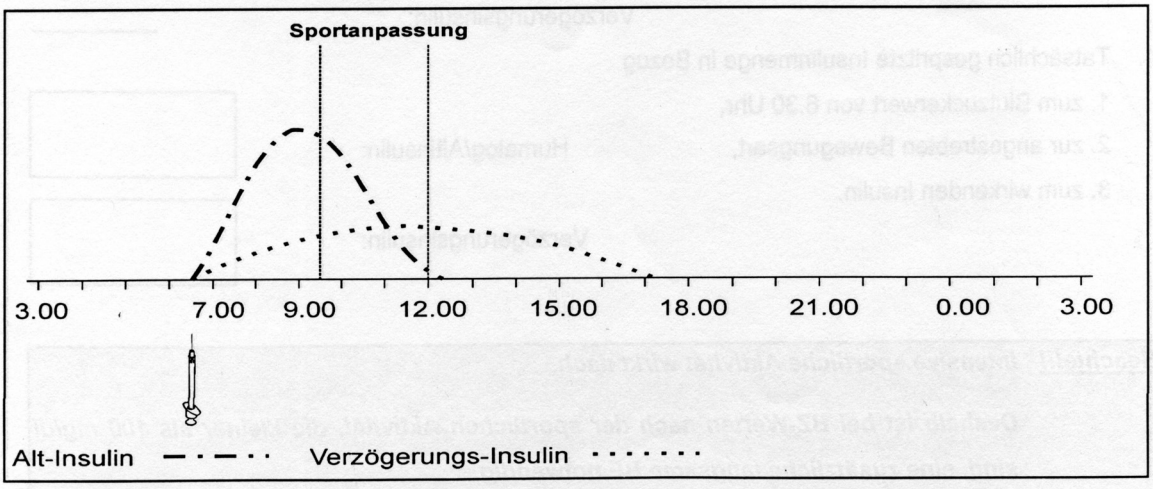
(trifft Punkt 1 zu, dann Kürzungsschema A)
(trifft Punkt 1 und 2 zu, dann Kürzungsschema B)

Insulinwirkschemata:

1. Humalog und Verzögerungsinsulin um 6.30 Uhr



2. Altinsulin und Verzögerungsinsulin um 6.30 Uhr



Schrittfolge für die Festlegung der Insulinkürzung (tatsächlich zu spritzende Insulinmenge)

1. Festlegen der prozentualen Kürzung aufgrund der angestrebten Bewegungsart und des wirkenden Insulin

Kürzungsschema A

Blutzuckerwert NÜ (6.30 Uhr)	Humalog		Altinsulin	
	Wanderung	Radtour	Wanderung	Radtour
bis 120	- 30 %	- 40 %	- 40 %	- 50 %
bis 180	- 20 %	- 30 %	- 20 %	- 40 %
bis 220	- 10 %	- 20 %	- 20 %	- 30 %
ab 220	0 %	- 10 %	- 10 %	- 20 %

Kürzungsschema B

BZ - Wert NÜ (6.30 Uhr)	Wanderung		Radtour	
	Humalog & VZI	Alt & VZI	Humalog & VZI	Alt & VZI
bis 120	- 10 % / - 50 %	- 20 % / - 40 %	- 10 % / - 60 %	- 20 % / - 50 %
bis 180	- 10 % / - 40 %	- 20 % / - 30 %	- 10 % / - 50 %	- 20 % / - 40 %
bis 220	- 10 % / - 30 %	- 10 % / - 20 %	- 10 % / - 40 %	- 10 % / - 30 %
ab 220	0 % / - 20 %	0 % / - 20 %	0 % / - 30 %	- 10 % / - 20 %

(Bei weniger als 10 Einheiten Insulin ist es ratsam, auf halbe Insulineinheiten zu runden.)

Mein individuelles Kürzungsschema lautet:

1. Auswahl der Bewegungsart (Radtour/Wanderung) _____
2. Blutzuckerwert in mg/dl um 6.30 Uhr: _____
3. Gespritzte Insulineinheiten um 6.30 Uhr ohne sportliche Aktivität:
   Humalog oder Altinsulin: _____
   Verzögerungsinsulin: _____
4. Tatsächlich gespritzte Insulinmenge in Bezug
   1. zum Blutzuckerwert von 6.30 Uhr,
   2. zur angestrebten Bewegungsart, Humalog/Altinsulin: ☐
   3. zum wirkenden Insulin.
   Verzögerungsinsulin: ☐

Beachte!!! ***Intensive sportliche Aktivität wirkt nach.***

Deshalb ist bei BZ-Werten nach der sportlichen Aktivität, die kleiner als 100 mg/dl sind, eine zusätzliche langsame BE notwendig.

Insulindosisreduktionsschema für die sportliche Aktivität Schwimmen

01/2001

Sportanpassung Schwimmen in der Zeit von 18.45 – 21.00

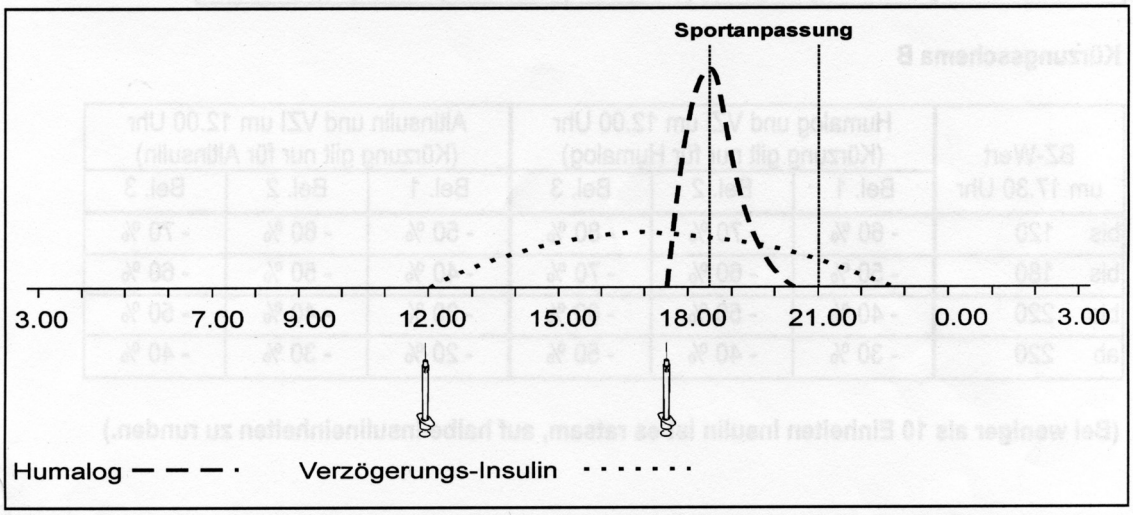
Zu dieser Zeit wirken folgende Insuline:

	trifft zu ja	nein
1. **Humalog oder Altinsulin**, welches 17.30 Uhr gespritzt wurde	o	o
2. **Verzögerungsinsulin**, welches 12.00 Uhr gespritzt wurde	o	o

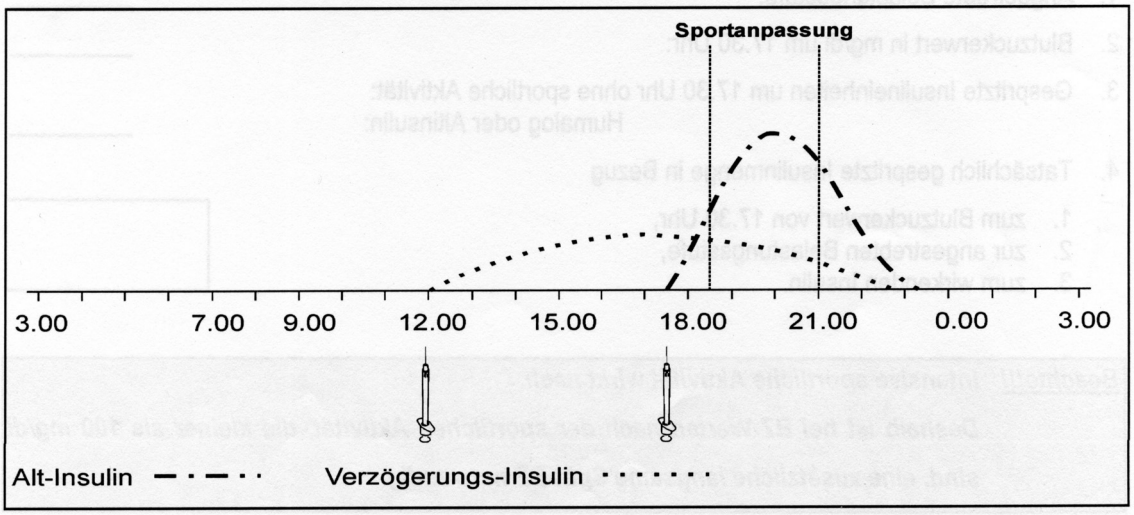
(trifft Punkt 1 zu, dann Kürzungsschema A)
(trifft Punkt 1 und 2 zu, dann Kürzungsschema B)

Insulinwirkschemata:

1. Humalog und Verzögerungsinsulin um 12.00 Uhr



2. Altinsulin und Verzögerungsinsulin um 12.00 Uhr



Schrittfolge für die Festlegung der Insulinkürzung (tatsächlich zu spritzende Insulinmenge)

1. Festlegen der angestrebten Belastung

Bel. 1	geringe Belastung	bis 300 m
Bel. 2	mittlere Belastung	300 - 800 m
Bel. 3	hohe Belastung	ab 800 m

2. Festlegen der prozentualen Kürzung aufgrund angestrebten Belastung und des wirkenden Insulins

Kürzungsschema A

BZ-Wert um 17.30 Uhr	Humalog			Altinsulin		
	Bel. 1	Bel. 2	Bel. 3	Bel. 1	Bel. 2	Bel. 3
bis 120	- 40 %	- 50 %	- 60 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %
bis 180	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %
bis 220	- 20 %	- 30 %	- 40 %	- 10 %	- 20 %	- 30 %
ab 220	- 10 %	- 20 %	- 30 %	0 %	- 10 %	- 20 %

Kürzungsschema B

BZ-Wert um 17.30 Uhr	Humalog und VZI um 12.00 Uhr (Kürzung gilt nur für Humalog)			Altinsulin und VZI um 12.00 Uhr (Kürzung gilt nur für Altinsulin)		
	Bel. 1	Bel. 2	Bel. 3	Bel. 1	Bel. 2	Bel. 3
bis 120	- 60 %	- 70 %	- 80 %	- 50 %	- 60 %	- 70 %
bis 180	- 50 %	- 60 %	- 70 %	- 40 %	- 50 %	- 60 %
bis 220	- 40 %	- 50 %	- 60 %	- 30 %	- 40 %	- 50 %
ab 220	- 30 %	- 40 %	- 50 %	- 20 %	- 30 %	- 40 %

(Bei weniger als 10 Einheiten Insulin ist es ratsam, auf halbe Insulineinheiten zu runden.)

Mein individuelles Kürzungsschema lautet:

1. Angestrebte Belastungsstufe: _____
2. Blutzuckerwert in mg/dl um 17.30 Uhr: _____
3. Gespritzte Insulineinheiten um 17.30 Uhr ohne sportliche Aktivität:
   Humalog oder Altinsulin: _____
4. Tatsächlich gespritzte Insulinmenge in Bezug
   1. zum Blutzuckerwert von 17.30 Uhr,
   2. zur angestrebten Belastungsstufe,
   3. zum wirkenden Insulin.

Beachte!!! ***Intensive sportliche Aktivität wirkt nach.***
Deshalb ist bei BZ-Werten nach der sportlichen Aktivität, die kleiner als 100 mg/dl sind, eine zusätzliche langsame Spät-BE notwendig.

Schemata für die Insulindosisreduktion für Insulinpumpenpatienten vor und während verschiedener sportlicher Aktivitäten

Empfehlungen für die Sportanpassung

Wanderung

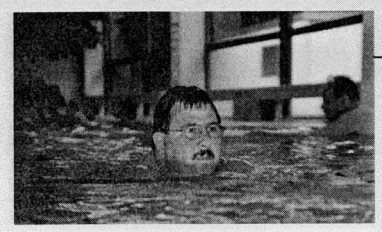
Dienstag, 13:30 – 15:00 Uhr

Bolus:

BZ < 120 mg/dl	- 30%
BZ < 180 mg/dl	- 10%
BZ > 180 mg/dl	keine Reduktion

Basalrate:

- 30%	für 2 Stunden bei Humalog ab 13:30 Uhr bei Insuman Infusat ab 12:00 Uhr



Schwimmen

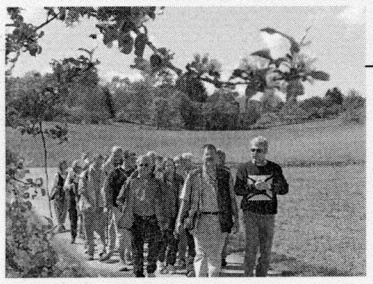
Dienstag, 18:45 – 21:00 Uhr

Bolus:

BZ < 120 mg/dl	- 50%
BZ < 180 mg/dl	- 30%
BZ > 180 mg/dl	- 10% oder keine Reduktion

Basalrate:

Pumpe um ca. 18:30 Uhr ab und nach dem Schwimmen in der Klinik wieder anlegen



Wanderung

Mittwoch, 09:30 – 12:00 Uhr

Bolus:

BZ < 120 mg/dl	- 30%
BZ < 180 mg/dl	- 20%
BZ > 180 mg/dl	- 10% oder keine Reduktion

Basalrate:

- 50%	für 3-4 Stunden bei Humalog ab 9:30 Uhr bei Insuman Infusat ab 8:00 Uhr

Samstag, 08:30 – 11:00 Uhr

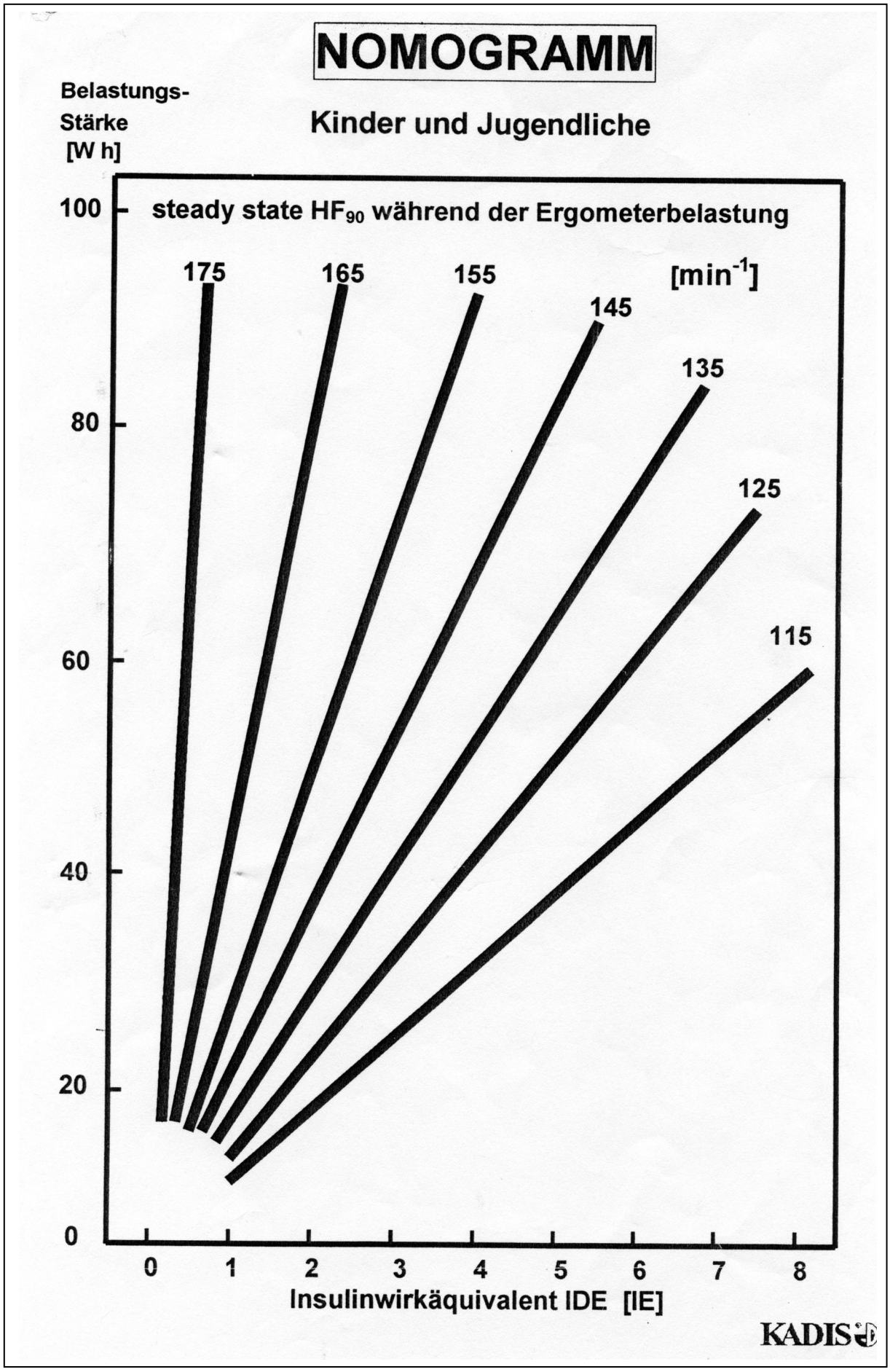
Bolus:

BZ < 120 mg/dl	- 40%
BZ < 180 mg/dl	- 30%
BZ > 180 mg/dl	- 10% oder keine Reduktion

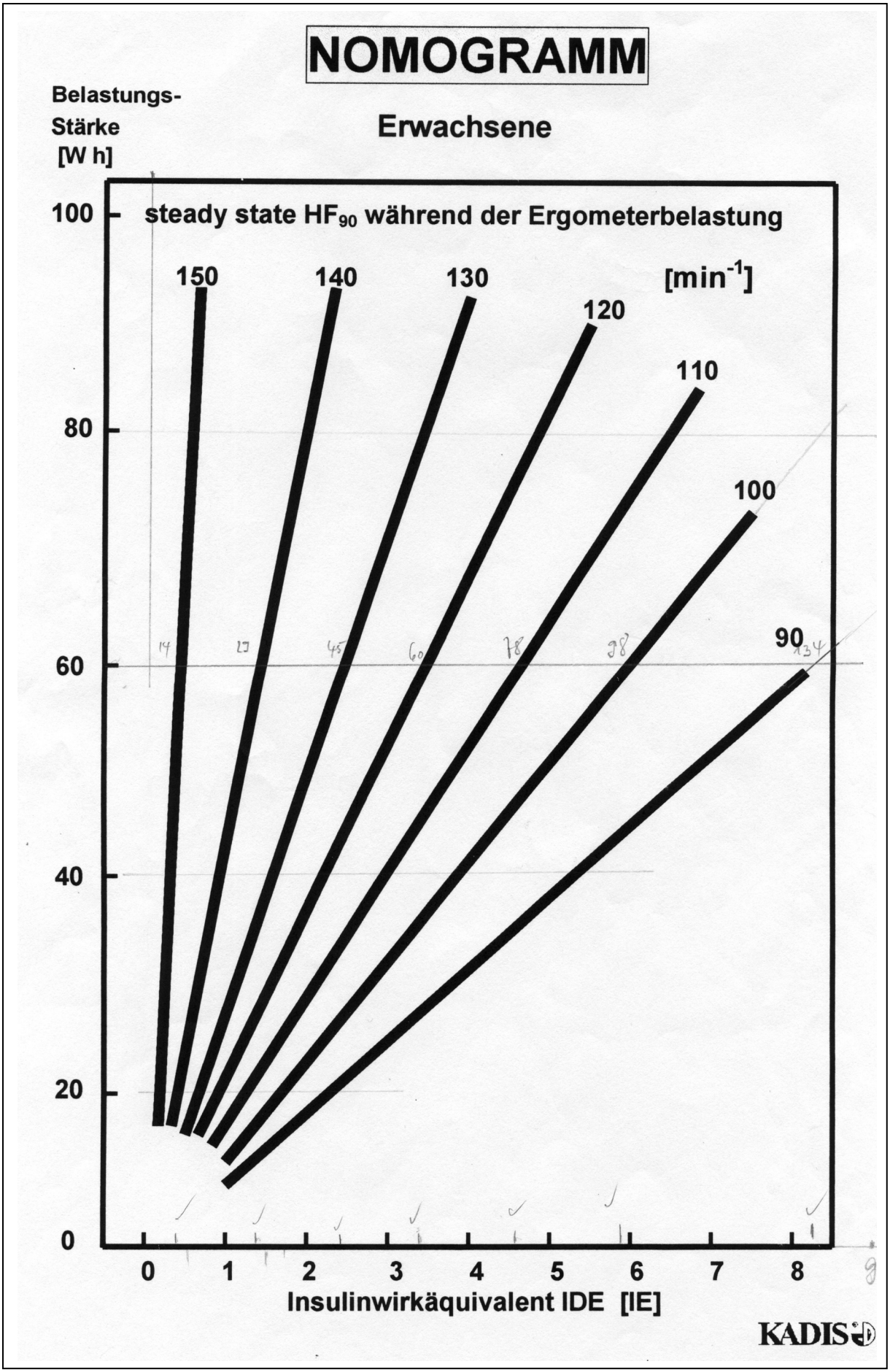
Basalrate:

- 50%	für 3-4 Stunden bei Humalog ab 8:30 Uhr bei Insuman Infusat ab 7:00 Uhr

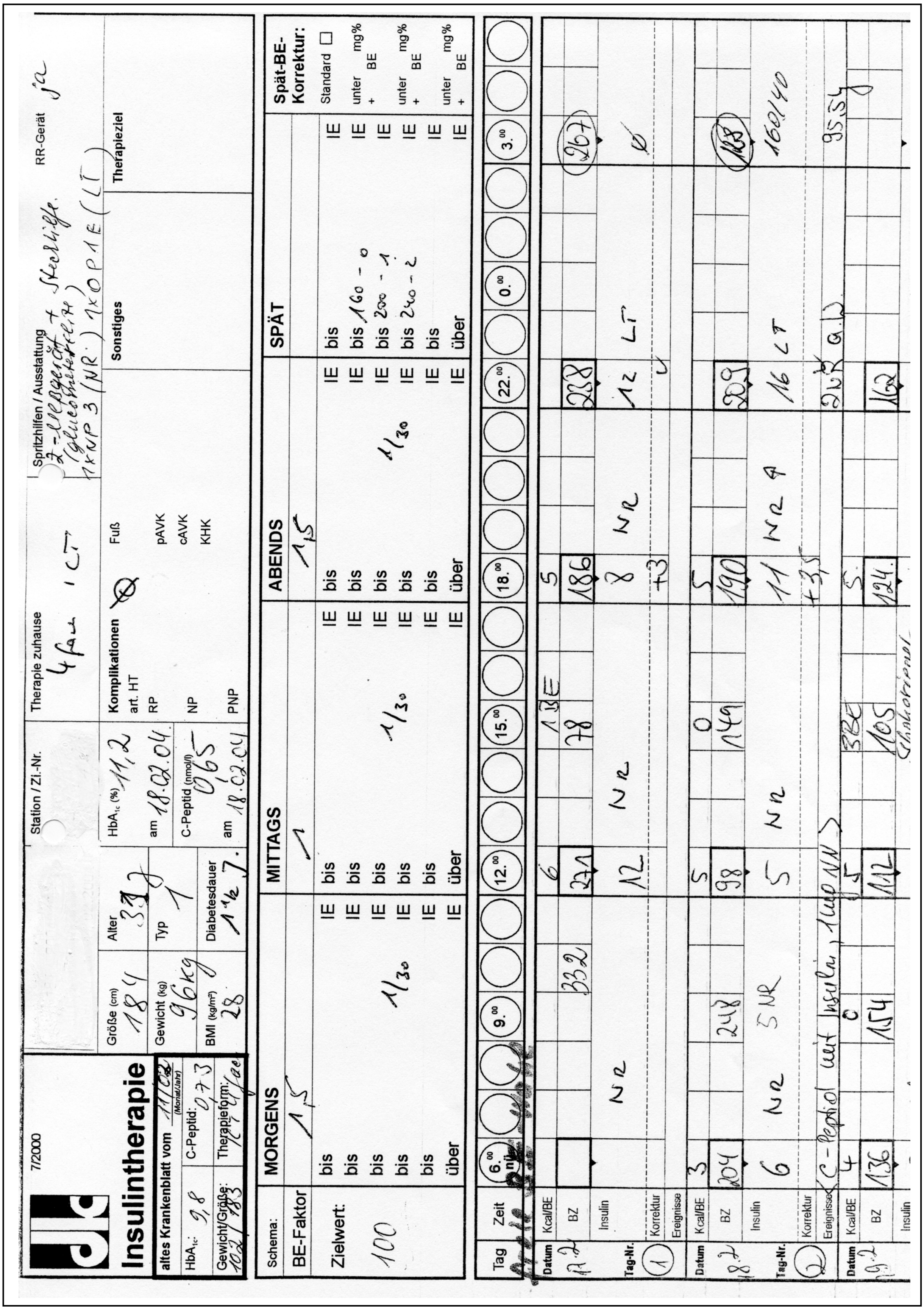
IDE Nomogramm für Kinder



IDE Nomogramm für Erwachsene



Patientenprotokoll zur Insulintherapie



dk 7/2000

Insulintherapie

altes Krankenblatt vom 11/02 (Monat/Jahr)
HbA1c: 9,8 | C-Peptid: 0,73
Gewicht/Größe: 102/183 | Therapieform: ICT 4fach

Größe (cm): 184 | Alter: 33 J
Gewicht (kg): 96 kg | Typ: 1
BMI (kg/m²): 28 | Diabetesdauer: 1½ J.

Station / Zi.-Nr.
HbA1c (%): 11,2 am 18.02.04
C-Peptid (nmol/l): 0,65 am 18.02.04

Therapie zuhause: 4fach ICT
Komplikationen: Ø
art. HT, RP, NP, PNP
Fuß: pAVK, cAVK, KHK

Spritzhilfen / Ausstattung: 2-Messgerät + Stechhilfe (Glucometerreihe) 1×NP 3 (NR) 1×OP 1E (LT)
RR-Gerät: ja
Sonstiges
Therapieziel

Schema:	MORGENS		MITTAGS		ABENDS		SPÄT		Spät-BE-Korrektur:
BE-Faktor	1,5		1		1,5				
Zielwert:	bis	IE	bis	IE	bis	IE	bis	IE	Standard ☐
100	bis	IE	bis	IE	bis	IE	bis 160 – 0	IE	unter mg% + BE
	bis	IE	bis	IE	bis	IE	bis 200 – 1	IE	
	bis 1/30	IE	bis 1/30	IE	bis 1/30	IE	bis 240 – 2	IE	unter mg% + BE
	bis	IE	bis	IE	bis	IE	bis	IE	
	über	IE	über	IE	über	IE	über	IE	unter mg% + BE

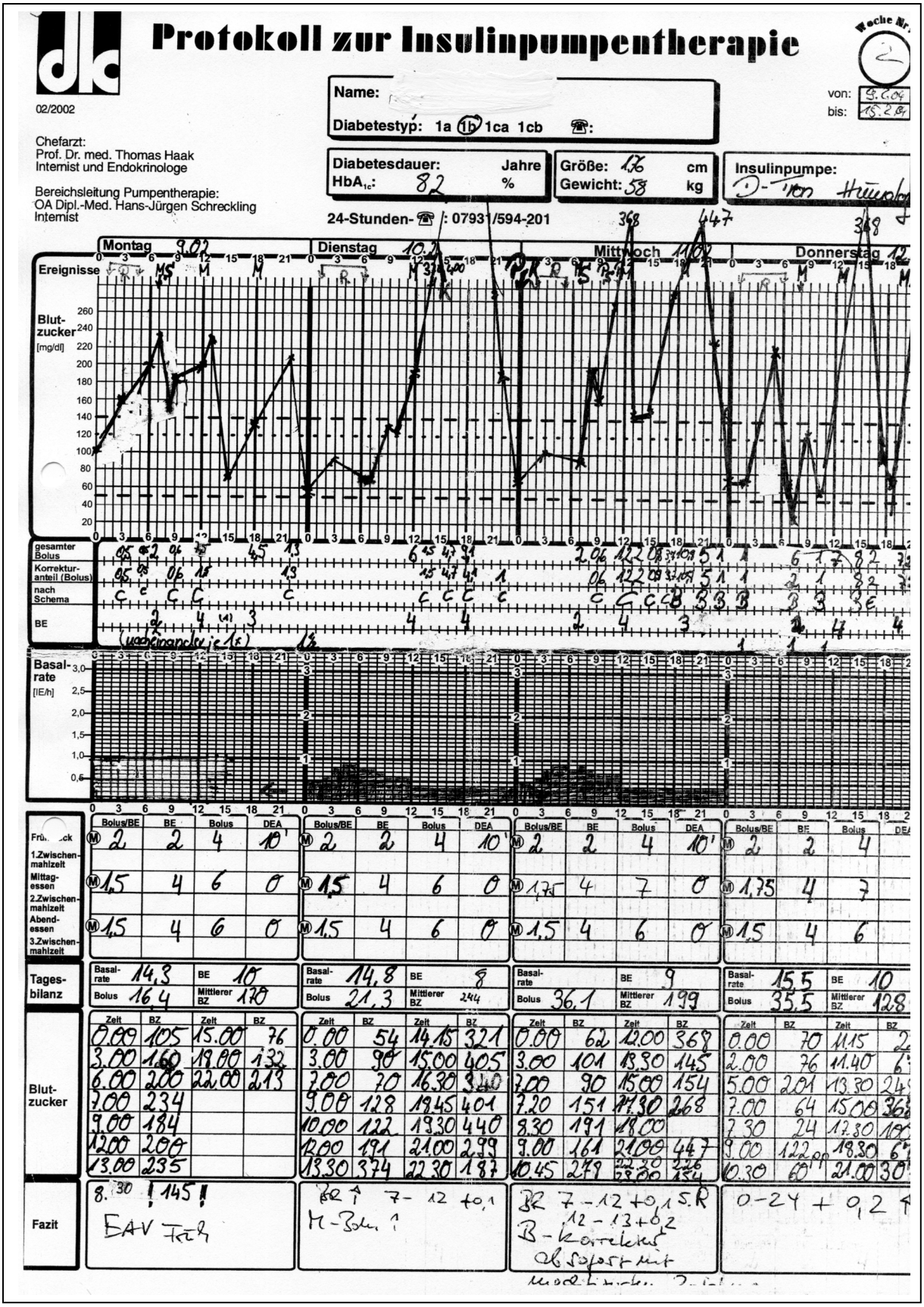
Tag | Zeit | 6.00 nü | 9.00 | 12.00 | 15.00 | 18.00 | 22.00 | 0.00 | 3.00

Datum / Tag-Nr.		6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	22.00	3.00
17.2 (1)	Kcal/BE			6	1 BE	5		
	BZ		332	271	78	186	238	267
	Insulin	NR		12 NR		8 NR	12 LT	Ø
	Korrektur					+3	✓	
	Ereignisse							
18.2 (2)	Kcal/BE	3		5	0	5		
	BZ	204	248	98	149	190	209	128
	Insulin	6 NR	5 NR	5 NR		11 NR 4	16 LT	160/40
	Korrektur					+3,5		
	Ereignisse	<C-Peptid mit Insulin, 1 Kap NN>					2 NR a.D.	95,5 kg
19.2	Kcal/BE	4	0	5	3 BE	5		
	BZ	136	154	112	105	124.	162	
	Insulin				Schokoriegel			

Datum / Tag-Nr.		Morgens		Mittags		Abends		Nacht	
20.2 / (4)	Kcal/BE	5		5		4			
	BZ	119	166	142	Pal oda	153		170	(88)
	Insulin	8 NR		6 NR		8 NR		20 LT 4	ø
	Korrektur / Ereignisse	+0,5		+1		+2		1 NiL	
21.2 / (5)	Kcal/BE				14⁰⁰	6		1	
	BZ	105	115	102	82	94		76	
	Insulin	< NR		0 NR		9 NR		20 LT	
	Korrektur	BRT?						0 NR	
	Ereignisse	**Blutdruckmesskurs Ja / Nein**							
22.2 / (6)	Kcal/BE	4		5		4		1 Schoko BE Pal	
	BZ	107	142	115	/	128		85	
	Insulin	6 NR ✓		5 NR ✓		6 NR		20 LT	
	Korrektur / Ereignisse				müßt auswärts				
23.2 / (7)	Kcal/BE	~~4~~ 9	1 1	3	2BE 2 Schoko	5			
	BZ	108	101 72	84	83 124	105		153	
	Insulin	6 NR	Walking	2 NR Ergo	2 NR PT	7 NR		20 LT	
	Korrektur / Ereignisse								98,4 kg
24.2 / (8)	Kcal/BE	4		5	2BE	4	19⁰⁰ 18⁴⁰	1 Schoko BE	
	BZ	102	149	88	127	145	176 93	87	
	Insulin	6 NR		3 NR -30% weg. Sport		4 NR -50%	20⁴⁰ 74	20 LT	
	Korrektur / Ereignisse			-1,5			(81)		

BZSK	HZ	Datum	SPRITZEN	HZ	Datum	SPRITZEN	HZ	Datum	SPRITZSTELLEN	HZ	Datum	E V A bei Entl.	REZEPTE
☐ selbst mit ______			☐ Einmalspritze			☐ Sozialstation			☐ Bauch				
☐ Sozialstation (______ täglich)			☐ mischen			☐ Angehörige			☐ Arm				
☐ Angehörige			☐ Pen ______			☐ Tabellen ☐ BE-Faktor			☐ Oberschenkel				

Patientenprotokoll zur Insulinpumpentherapie



Protokoll zur Insulinpumpentherapie

02/2002

Chefarzt:
Prof. Dr. med. Thomas Haak
Internist und Endokrinologe

Bereichsleitung Pumpentherapie:
OA Dipl.-Med. Hans-Jürgen Schreckling
Internist

Woche Nr. 2
von: 9.2.04
bis: 15.2.04

Name:

Diabetestyp: 1a 1b 1ca 1cb ☎:

Diabetesdauer: Jahre
HbA_{1c}: 8,2 %

Größe: 176 cm
Gewicht: 58 kg

Insulinpumpe: D-Tron Hümalog

24-Stunden-☎ /: 07931/594-201

Montag 9.02 | Dienstag 10.2 | Mittwoch 11.02 | Donnerstag 12.

Ereignisse

Blutzucker [mg/dl]

gesamter Bolus
Korrekturanteil (Bolus)
nach Schema
BE

Basalrate [IE/h]

	Bolus/BE	BE	Bolus	DEA
Frühstück	M 2	2	4	10
1.Zwischenmahlzeit				
Mittagessen	M 1,5	4	6	0
2.Zwischenmahlzeit				
Abendessen	M 1,5	4	6	0
3.Zwischenmahlzeit				

Tagesbilanz	Basalrate	BE	Bolus	Mittlerer BZ
Montag	14,3	10	16,4	170
Dienstag	14,8	8	21,3	244
Mittwoch		9	36,1	199
Donnerstag	15,5	10	35,5	128

Blutzucker	Montag Zeit	BZ	Zeit	BZ	Dienstag Zeit	BZ	Zeit	BZ	Mittwoch Zeit	BZ	Zeit	BZ	Donnerstag Zeit	BZ	Zeit	BZ
	0.00	105	15.00	76	0.00	54	14.15	321	0.00	62	12.00	368	0.00	70	11.15	2
	3.00	160	19.00	132	3.00	90	15.00	405	3.00	101	13.30	145	2.00	76	11.40	6
	6.00	200	22.00	213	7.00	70	16.30	340	7.00	90	15.00	154	5.00	201	13.30	24
	7.00	234			9.00	128	19.45	401	7.20	151	17.30	268	7.00	64	15.00	36
	9.00	184			10.00	122	19.30	440	8.30	191	18.00		7.30	24	17.30	10
	12.00	200			12.00	191	21.00	299	9.00	161	21.00	447	9.00	122	18.30	6
	13.00	235			13.30	374	22.30	187	10.45	279	22.30	226	10.30	60	21.00	30
											5.00	154				

Fazit

8.30 ! 145 !
EAV Tech

BR ↑ 7-12 +0,1
M-Bolus ↑

BR 7-12 +0,1 S.R
12-13 +0,2
B-korrektur
ab sofort mit

0-24 + 0,2

Essplan kcal

◯+◯+◯+◯+◯+◯ = BE

Insulinempfindlichkeit zur C-Korrektur:

	von	bis	BZ-Veränderung [mg/dl]
morgens	12		40
mittags	18		30
abends	3		20

Therapieziel

- ☐ Euglykämie
- ☐ Hyporeduktion
- ☐ Schwangerschaft

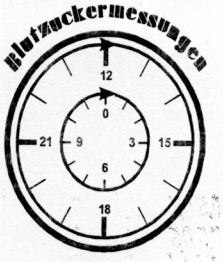
Zielwerte: 120

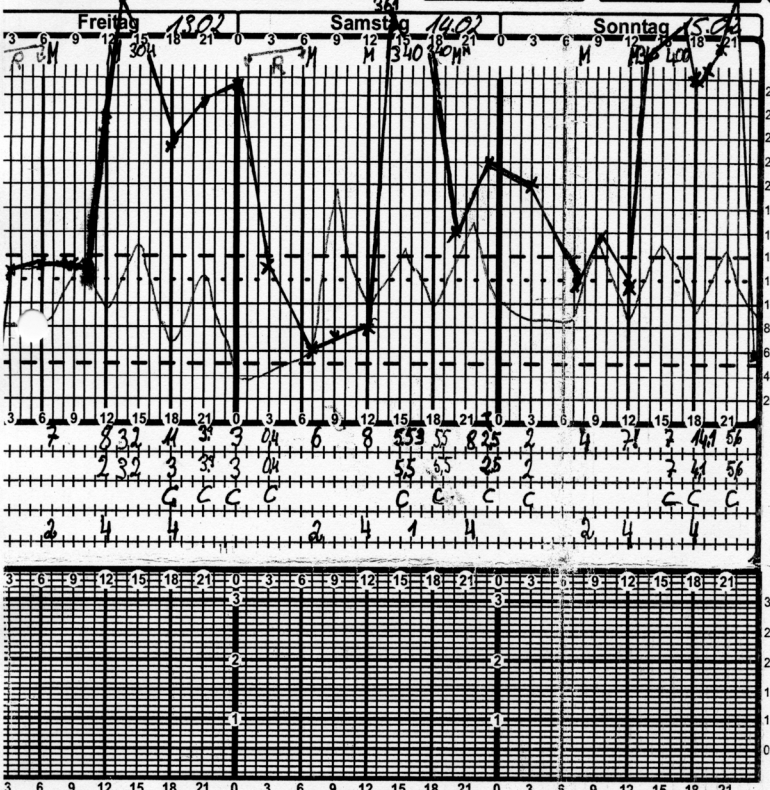
Legende

K	Katheterwechsel
A	Ampullenwechsel
M	Mahlzeit
S	Sport
R	Ruhen, Schlafen
	Besonderes
	Anfang
	Ende

Falten

Blutzuckermessungen





Bolus	BE	Bolus	DEA
2	2	4	
75	4	7	
5	4	6	

Bolus/BE	BE	Bolus	DEA
M 2	2	4	
M 2	4	8	
M 2	4	8	

Bolus/BE	BE	Bolus	DEA
M 2	2	4	10
M 2	4	8	15
M 2,5	4	10	15

Basal-rate 20,2	BE
Bolus 37,9	Mittlerer BZ 187

Basal-rate 20,2	BE
Bolus 41,9	Mittlerer BZ

Basal-rate 22,2	BE
Bolus	Mittlerer BZ

Zeit	BZ	Zeit	BZ
00	137	15.00	304
00	24	18.00	237
00	190	21.00	279
00	136		
00	131		
30	118		
00	375		

Zeit	BZ	Zeit	BZ
0.00	263	15.00	340
3.00	136	20.00	160
7.00	60	22.00	177
9.00	78	23.00	220
12.00	80		
14.00	361		
15.00	340		

Zeit	BZ	Zeit	BZ
0.00		18.00	287
3.00	200	19.45	308
7.30	119	21.00	347
9.30	159	0.00	46
12.00	118		
13.30	345		
15.30	400		

MAHLZEITEN

BR 5-12 +0,1
12-16 +0,2
16-0 +0,1

Bolus M ↑ 3,0 ≙ 12
A Bolus ↑ 2,5
BR 16-0 +0,1

Montag Kommentar →

Dienstag Kommentar →

Mittwoch Kommentar →

Donnerstag Kommentar →

Freitag Kommentar →

Samstag Kommentar →

Sonntag Kommentar →

8-12 +0,1
10-18 +0,1 Abelt3

Basalrate

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
0-1	0,5	0,5		0,7		0,7	
1-2	0,5	0,5		0,7		0,7	
2-3	0,6	0,6		0,8		0,8	
3-4	0,8	0,8		1,0		1,0	
4-5	0,9	0,9		1,1		1,1	
5-6	0,9	0,9		1,1		1,1	
6-7	0,8	0,8		1,0		1,0	
7-8	0,8	0,9	1,0	1,2		1,2	
8-9	0,7	0,8	0,9	1,1		1,0	
9-10	0,6	0,7	0,8	1,0		1,1	
10-11	0,6	0,7	0,8	1,0		1,1	
11-12	0,6	0,7	0,8	1,0		1,1	
12-13	0,4	0,4	0,6	0,8		1,0	
13-14	0,4	0,4		0,6		0,8	
14-15	0,4	0,4		0,6		0,8	
15-16	0,4	0,4		0,6		0,8	
16-17	0,4	0,4		0,6		0,7	0,8
17-18	0,4	0,4		0,5		0,6	0,7
18-19	0,6	0,6		0,8		0,9	1,0
19-20	0,6	0,6		0,8		0,9	1,0
20-21	0,6	0,6		0,8		0,9	1,0
21-22	0,6	0,6		0,8		0,9	1,0
22-23	0,6	0,6		0,8		0,9	1,0
23-0	0,6	0,6		0,8		0,9	1,0
ges.:	14,3	14,9	15,5	20,2		22,2	23

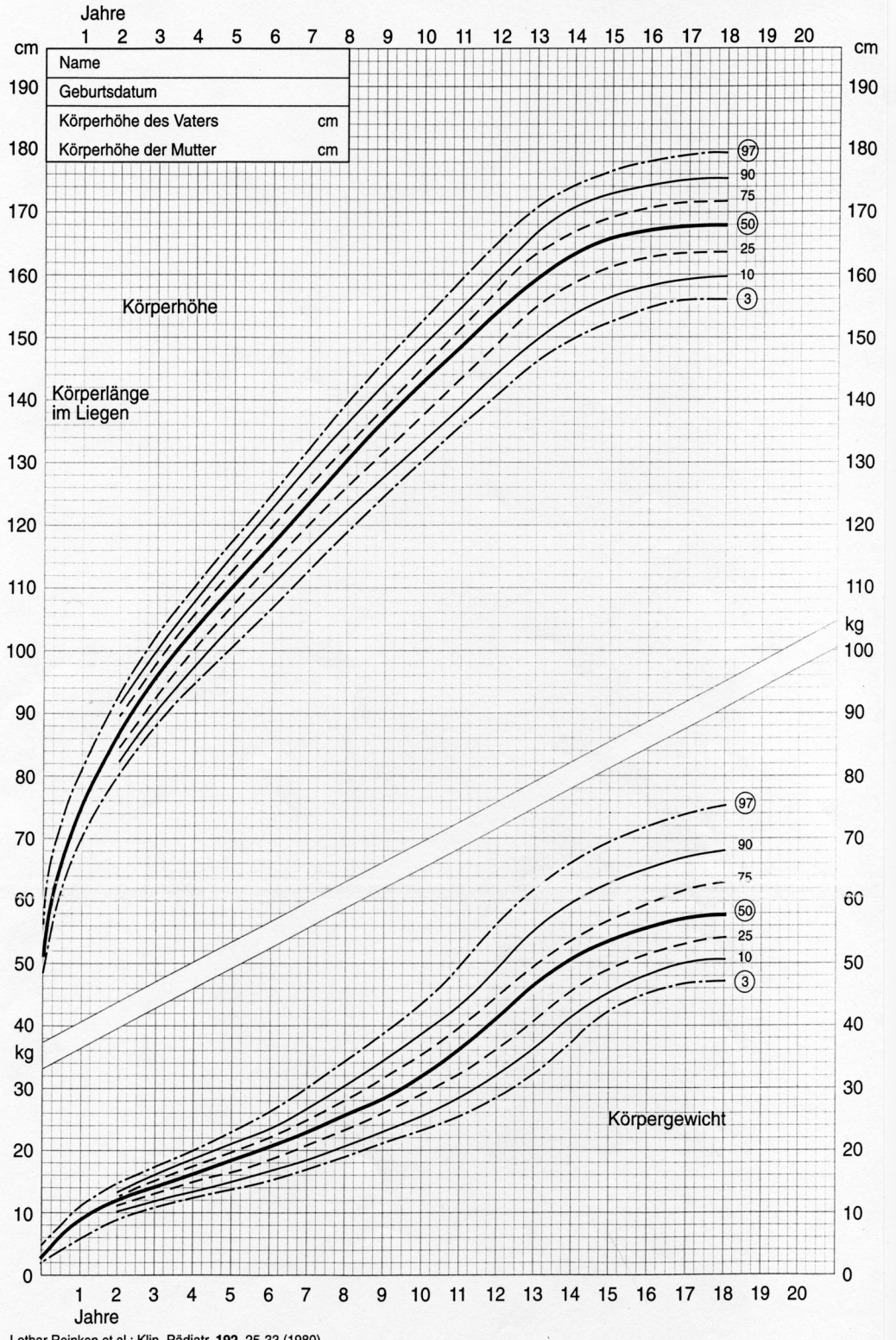
Falten

Kommentare

Name

Woche von bis

Wachstums- und Gewichtskurven in Perzentilen (Mädchen 0 - 18 Jahre)

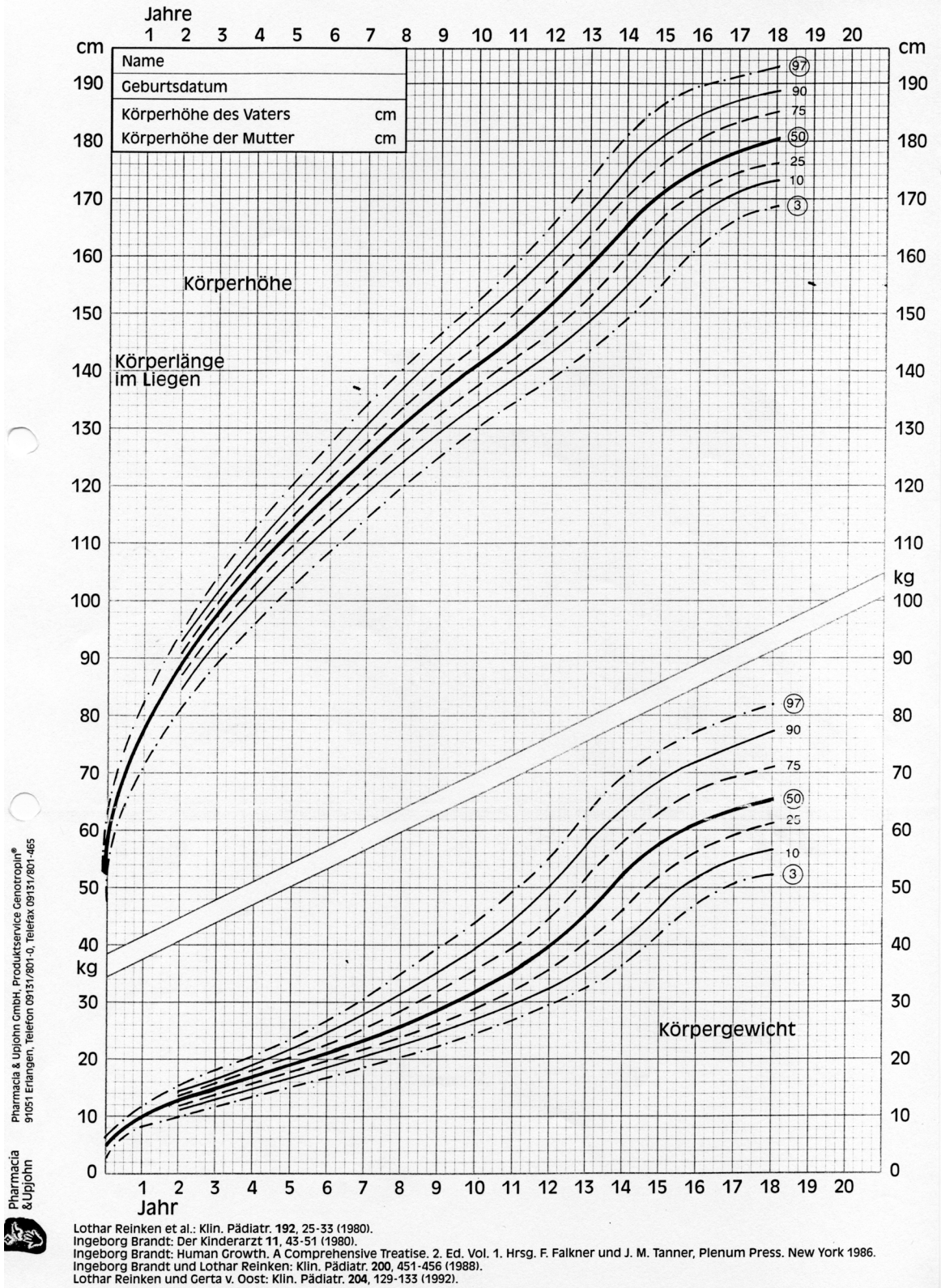


Pharmacia & Upjohn GmbH, Endokrinologie und Stoffwechsel
91051 Erlangen, Telefon 09131/62-0, Telefax 09131/62-1465

Pharmacia & Upjohn

Lothar Reinken et al.: Klin. Pädiatr. **192,** 25-33 (1980).
Ingeborg Brandt: Der Kinderarzt **11,** 43-51 (1980).
Ingeborg Brandt: Human Growth. A Comprehensive Treatise. 2. Ed. Vol. 1. Hrsg. F. Falkner und J. M. Tanner, Plenum Press. New York 1986.
Ingeborg Brandt und Lothar Reinken: Klin. Pädiatr. **200,** 451-456 (1988).
Lothar Reinken und Gerta v. Oost: Klin. Pädiatr. **204,** 129-133 (1992).

Wachstums- und Gewichtskurven in Perzentilen (Jungen 0 - 18 Jahre)



Pharmacia & Upjohn GmbH, Produktservice Genotropin®
91051 Erlangen, Telefon 09131/801-0, Telefax 09131/801-465
Pharmacia &Upjohn

Lothar Reinken et al.: Klin. Pädiatr. **192**, 25-33 (1980).
Ingeborg Brandt: Der Kinderarzt **11**, 43-51 (1980).
Ingeborg Brandt: Human Growth. A Comprehensive Treatise. 2. Ed. Vol. 1. Hrsg. F. Falkner und J. M. Tanner, Plenum Press. New York 1986.
Ingeborg Brandt und Lothar Reinken: Klin. Pädiatr. **200**, 451-456 (1988).
Lothar Reinken und Gerta v. Oost: Klin. Pädiatr. **204**, 129-133 (1992).

Abgegebene Erklärungen

Erklärung
gemäß § 8 Abs. 1 Buchst. b) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig angefertigt, nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Zitate gekennzeichnet habe.

Datum und Unterschrift

Erklärung
gemäß § 8 Abs. 1 Buchst. c) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation in dieser oder einer anderen Form nicht anderweitig als Prüfungsarbeit verwendet oder einer anderen Fakultät als Dissertation vorgelegt habe.

Datum und Unterschrift