

Energiebilanz

Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn

CH-9100 Herisau
 drje49@gmail.com
 www.ever.ch

1

Energie: Definitionen und Einheiten

Untertitel

- » Frühere Masseinheit: Kalorie (cal)
 - 1 Kalorie = Wärmemenge, die nötig ist, um die Temperatur von 1 g Wasser bei Normaldruck von 14.5°C auf 15.5°C zu erhöhen
- » Heutige Masseinheit: Joule (J)
 - 1 Joule = die Arbeit, die verrichtet wird, wenn die Kraft 1 Newton [N] um 1 Meter [m] bewegt wird (SI-Einheit)

1 kcal = 4,184 kJ
 1 kJ = 0,239 kcal
 1 MJ = 1000 kJ
 1 MJ = 239 kcal

2

Definition: Brennwerte

Brennwerte

» Physikalischer Brennwert

Der physikalische Brennwert gibt die Wärmemenge an, die bei der vollständigen Verbrennung einer Substanz zu CO₂, H₂O und Stickoxiden im Bombenkalorimeter frei wird

» Physiologischer Brennwert

Der physiologische Brennwert bezieht sich auf den Energiegewinn aus der Oxidation der zugeführten Nahrung im Intermediär Stoffwechsel des Körpers und wird mit Hilfe der direkten oder indirekten Kalorimetrie bestimmt.

3

Energiegehalt einzelner Substrat

Energiegehalt

Substrat	Verbrennungswärme ¹ [kcal/g]	Verdaubare Energie [kcal/g]	Metabolisierbare Energie ² [kcal/g] ([kJ/g])
Kohlenhydrate	4,10	4,0	4,0 (17)
Fette	9,45	9,0	9,0 (38)
Eiweiss	5,65	5,2	4,0 (17)
Alkohol	7,10	7,1	7,0 (29)

1: Durch Bombenkalorimeter bestimmt (vollständige Oxidation); sogenannte Bruttoenergie

2: Für den Praxisalltag empfohlene Durchschnittswerte

4

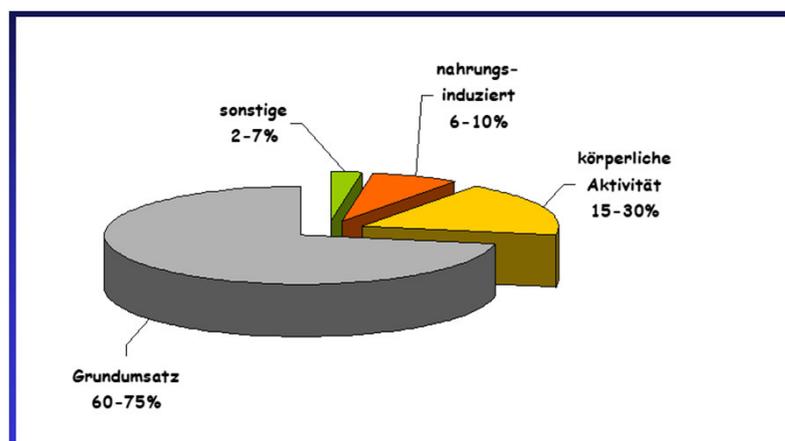
Komponenten des Energieumsatzes

Der über einen bestimmten Zeitraum ablaufende Total- oder Gesamtenergieumsatz setzt sich aus unterschiedlichen energieumsetzenden Prozessen zusammen:

- » Grundumsatz oder Ruheenergieumsatz
- » Physikalische Aktivität
- » Thermoregulation
- » Energie, die durch extern oder intern induzierten Schmerz verursacht wird
- » Nahrungsinduzierte Thermogenese

5

Anteil Komponenten am Energieverbrauch



6

Energie: Umsatzgrößen

Der Gesamtenergiebedarf (GEB) setzt sich zusammen aus:



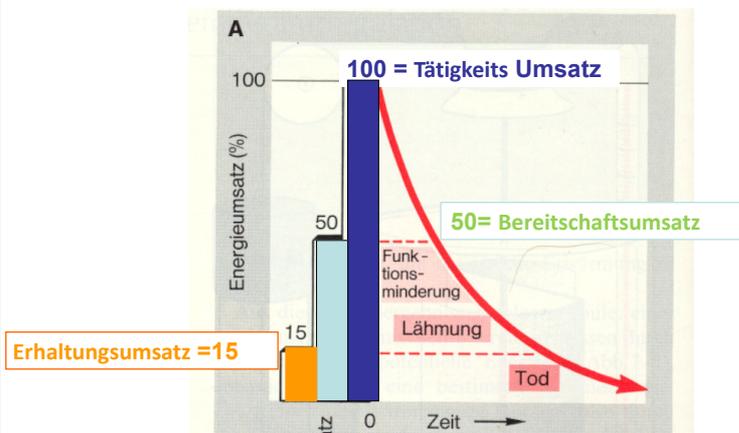
Wie berechne ich den Grundumsatz?

Wie berechne ich den zusätzlichen Energieumsatz?

7

Energieumsatz der lebenden Zelle

Funktionseinschränkungen von Körperzellen bei Sauerstoff- oder Nahrungsmangel



Bemerkung: Es gibt jedoch auch andauernd aktive Zellen, z.B. Herzmuskel, Atemmuskulatur. Ebenso sind Gehirn, Leber und Nieren auch bei Körperruhe tätig. Daher ist der Energieumsatz eines ruhenden Organismus nicht gleich der Summe der Bereitschaftsumsätze aller Zellen

Quelle: nach / Birbaumer-Schmidt 91 :Biologische Psychologie, Abb.7-2A, p.112 /:

8

Definition Grundumsatz - GU

Der Grundumsatz umfasst die gesamte Energie, die für die Aufrechterhaltung der normalen Körperzusammensetzung und Funktionen erforderlich ist:

- » Arbeit, die durch die Herz- und Atemmuskulatur, die Darmmotilität und den Grundtonus der Muskulatur geleistet wird
- » Funktionen der permanenten Zellerneuerung wie Neusynthese von Zellstrukturen, Proteinen etc.
- » Transportprozesse über die Zellmembranen
- » Aufrechterhaltung der Membranpotentiale

9

Messung des Grundumsatzes

Grundumsatz = Ruheumsatz unter definierten Randbedingungen:

- » 1. Am frühen Morgen nach ausreichender Nachtruhe
- » 2. Liegend, ohne körperliche Bewegung, aber wach
- » 3. Nüchtern, mindestens 12 h nach der letzten Nahrungsaufnahme
- » 4. Frei von Schmerzen oder psychischer Belastung
- » 5. Bei indifferenten Körpertemperatur, ohne zu frieren oder zu schwitzen

10

Einflussfaktoren auf den GU sevisana

Der Grundumsatz ist abhängig von:

- » Alter
- » Geschlecht: Frau 6.300 kJ/Tag = 100%
Mann 7.300 kJ/Tag = 116%
- » Körperoberfläche (Grösse, Gewicht)
- » Körpermasse
- » Hormone: Schilddrüsenhormon, Adrenalin, u.a.
- » Klima
- » Höhenlage

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 11

11

Weitere Einflüsse auf den GU sevisana

Einflüsse

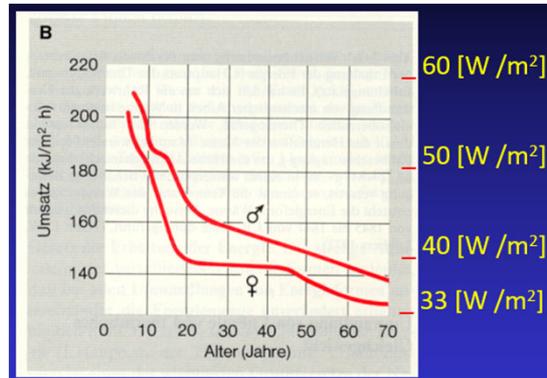
- » Tageszyklische Schwankungen
(Anstieg am Vormittag, Abfall während der Nacht)
- » Körperliche oder geistige Tätigkeit
- » Verdauungstätigkeit und anschliessende Stoffwechselprozesse
Kalte Umgebung führt zu Muskelzittern
- » In zu warmer Umgebung benötigt die aktive Wärmeabfuhr zusätzliche Energie infolge Schwitzen und vermehrter Kreislaufleistung durch vermehrte Hautdurchblutung
- » Fieber führt infolge von Stoffwechselsteigerung zu einer Energie-Umsatzsteigerung von 14% pro K Temperaturanstieg

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 12

12

Grundumsatz Mann - Frau

Spezifischer Grundumsatz, bezogen auf 1 m² Körperoberfläche, in [W/m²], als Funktion des Lebensalters bei Männern und Frauen



Bemerkung: Man beachte den ausgeprägten Rückgang des Grundumsatzes nach Abschluss des Wachstums. Dem sollte durch Änderung der Essgewohnheiten Rechnung getragen werden.

Quelle: nach / Birbaumer-Schmidt 91 :Biologische Psychologie, Abb.7-2B, p.112 /

13

Umsatzanteil Organe am Grundumsatz

Die einzelnen Organe haben unterschiedlichen Anteil am Grundenergieumsatz, für welchen der Sauerstoffverbrauch ein Mass darstellt

	Anteil am Grundenergieumsatz [%]	O ₂ -Verbrauch [mol/d]
Leber	25	4
Gehirn	25	4
Muskeln	18	2,8
Nieren	10	1,6
Herz	6	1
Übrige Organe	16	2,6

14

Einfluss von Psyche und Schmerz

- » Neben der körperlichen Aktivität führt auch Aufregung, psychische Belastung oder Schmerz zu einer Steigerung des Energieumsatzes
- » Für diese Komponenten des Gesamtenergieumsatzes wurde bisher kein eigener Begriff geprägt
- » In der Literatur liegen bislang jedoch wenig Daten vor, aus denen sich die Größenordnung der Steigerung abschätzen liesse



15

Thermoregulation

- » In thermoneutraler Umgebung (29-32°C) muss keine zusätzliche Energie für die Thermoregulation aufgebracht werden
- » Muskelzittern führt zu einer deutlichen Steigerung des Energieumsatzes und damit auch zur Wärmeproduktion
- » Säuglinge können im Gegensatz zum Erwachsenen zusätzlich durch adrenerge Stimulation des braunen Fettgewebes Wärme direkt ohne motorische Aktivität erzeugen
- » Das braune Fettgewebe ist in der Lage durch die mitochondriale Oxidation von Fettsäuren Wärme zu produzieren. Daher ist es bei Säuglingen und winterschlafenden Säugetieren stärker entwickelt



16

Postprandiale Thermogenese

- » Die Zufuhr von Energieträgern führt zu einer Steigerung des Energieumsatzes (Digestion, Absorption, Umwandlung und Speicherung → Energieverbrauch)
- » 8-15% des täglichen Energieumsatzes
Dies entspricht 2-5% der mit Fett, 4-7% der mit Kohlenhydraten und 18-25% der mit Kohlenhydraten und 18-25% der mit Protein aufgenommenen Energiemenge
- » Die postprandiale Thermogenese hält nach proteinreichen Mahlzeiten etwa doppelt so wie nach kohlenhydrat- und fettreichen Mahlzeiten gleichen Energiegehaltes

17

Andere thermogenetische Mechanismen

- » Unwillkürliche kurzzeitige Muskelaktivitäten (nonexercise activity thermogenesis, NEAT):
z.B. unruhig sein (zappeln), erhöhter Muskeltonus, Körperhaltung
- » Coffein, Polyphenole, Paprika (Capsaicin),
- » Rauchen
- » Schilddrüsenhormone
- » Sympathomimetika (z.B. Ephedrin), Antiadipositas (z.B. Sibutramin)

18

1. Aus Tabelle

m = männlich; w = weiblich

Alter	Körpergewicht (kg)		Grundumsatz [kcal/Tag]		Grundumsatz [MJ/Tag]	
	m	w	m	w	m	w
15 bis unter 19 Jahre	67	58	1820	1460	7,6	6,1
19 bis unter 25 Jahre	74	60	1820	1390	7,6	5,8
25 bis unter 51 Jahre	74	59	1740	1340	7,3	5,6
51 bis unter 65 Jahre	72	57	1580	1270	6,6	5,3
65 Jahre und älter	68	55	1410	1170	5,9	4,9

Quelle: DGE 2000, S. 25

19

2. Normogramm

GU = ca. 40 kcal pro m² Körperoberfläche und Stunde
 Die Körperoberfläche lässt sich aus Körpergrösse und -gewicht berechnen bzw. sehr einfach anhand eines Normogrammes ablesen)

3. Einfache Formel

Frau: $700 + 7 \times \text{kg Körpergewicht}$
 Mann: $900 + 10 \times \text{kg Körpergewicht}$

20

Berechnung des Grundumsatzes 

4. Genauere Formel

» Frau: 10-18 Jahre: $\text{kg} \times 0,056 + 2,898$
 19-30 Jahre: $\text{kg} \times 0,062 + 2,036$
 31-60 Jahre: $\text{kg} \times 0,034 + 3,538$
 über 60 Jahre: $\text{kg} \times 0,038 + 2,755$

» Mann: 10-18 Jahre: $\text{kg} \times 0,074 + 2,75$
 19-30 Jahre: $\text{kg} \times 0,063 + 2,896$
 31-60 Jahre: $\text{kg} \times 0,048 + 3,653$
 über 60 Jahre: $\text{kg} \times 0,049 + 2,459$

Werte in MJ/d (x 239 => kcal/d)

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 21

21

Berechnung des Grundumsatzes 

5. Formel nach Harris-Benedict (Werte wahrscheinlich zu hoch!)

» Eine der bekanntesten Formeln zur Berechnung des Grundumsatzes ist die Harris-Benedict-Formel (Ergebnis kcal bzw. kJ):

Männer: $\text{GU} = 66 + (13.7 \times \text{Gewicht in kg}) + (5 \times \text{Grösse in cm}) - (6.8 \times \text{Alter in Jahren})$
 Frauen: $\text{GU} = 655 + (9.6 \times \text{Gewicht in kg}) + (1.8 \times \text{Grösse in cm}) - (4.7 \times \text{Alter in Jahren})$

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 22

22

6. GU = 1 kcal/Stunde pro kg Körper-Magergewicht

- » Mittels einer Körperfettmessung kann das Körperfettgewicht (%) und auch das Körper-Magergewicht berechnet werden. Anhand des ermittelten Körper-Magergewichts kann der Energie-Grundumsatz berechnet werden
- » Beispiel: Ein Mensch mit 55 kg Körper-Magergewicht benötigt:
 $55 \times 1 \text{ kcal} \times 24 \text{ Stunden} = 55 \times 24 = 1320 \text{ kcal Grundumsatz}$

23

Schätzung des Energiebedarfs im Alltag bei

- » leichter körperlicher Aktivität und Normalgewicht
Normalgewicht=Körpergröße [cm] - 100:
Übergewichtige rechnen vom Normalgewicht aus!

Männer: Energiebedarf [kcal/d] = Körpergewicht [kg] x 35 kcal
Frauen: Energiebedarf [kcal/d] = Körpergewicht [kg] x 30 kcal
- » Modern: Leistungsumsatz, Freizeitumsatz und Arbeitsumsatz ersetzt durch: PAL-Wert

24

Physical Activity Level - PAL sevisana

PAL

- » Der Gesamtenergieumsatz wird als Vielfaches vom Grundumsatz gesehen
- » Das Vielfache wird als PAL-Wert bezeichnet.
- » Je nach Arbeitsgruppe wird ein PAL zwischen 1.4 – 2.4 angenommen
- » Beispiel: Eine Büroangestellte, die hauptsächlich sitzende Tätigkeit ausübt, hat einen PAL-Wert von 1.4.

Berechnung des Gesamtenergiebedarfs (GEB): $GEB = GU * PAL$

d:

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 25

25

Physical Activity Level - PAL sevisana

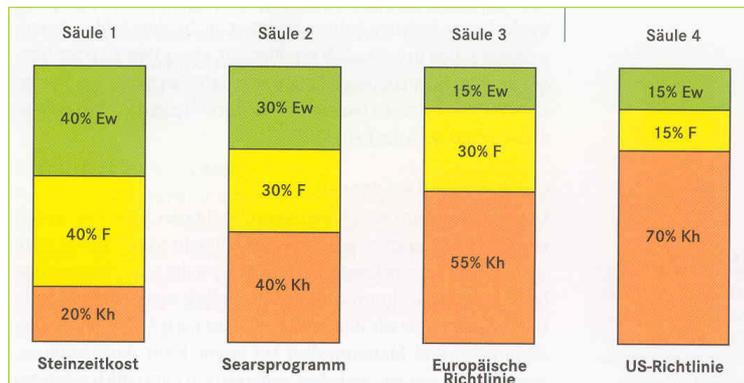
Arbeitsschwere	PAL	Beispiele
Ausschliesslich sitzende oder liegende Lebensweise	1,2	Alte, gebrechliche Menschen
Ausschliesslich sitzende Tätigkeit mit wenig oder keiner anstrengenden Freizeitaktivität	1,4-1,5	Büroangestellte, Feinmechaniker
Sitzende Tätigkeit, zeitweilig auch zusätzlicher Energieaufwand für gehende und stehende Tätigkeiten	1,6-1,7	Studierende, Fließbandarbeiter, Laboranten
Überwiegend gehende und stehende Arbeit	1,8-1,9	Hausfrauen, Kellner, Verkäufer, Handwerker
Körperliche anstrengende berufliche Arbeit	2,0-2,4	Bau-, Wald-, Bergarbeiter, Landwirte

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 26

26

Mengenverteilung der Makronährstoffe

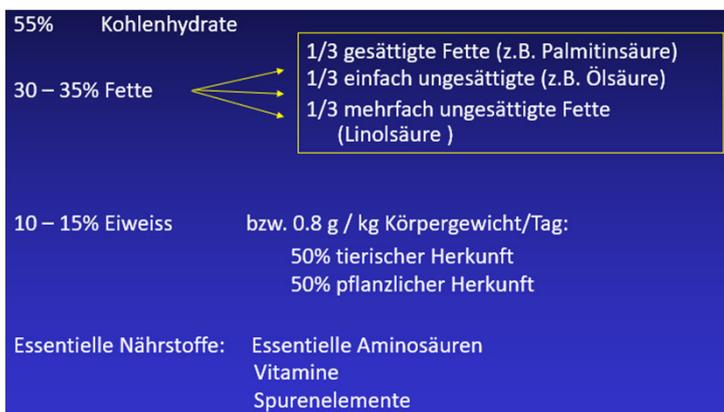
Mengenverteilung



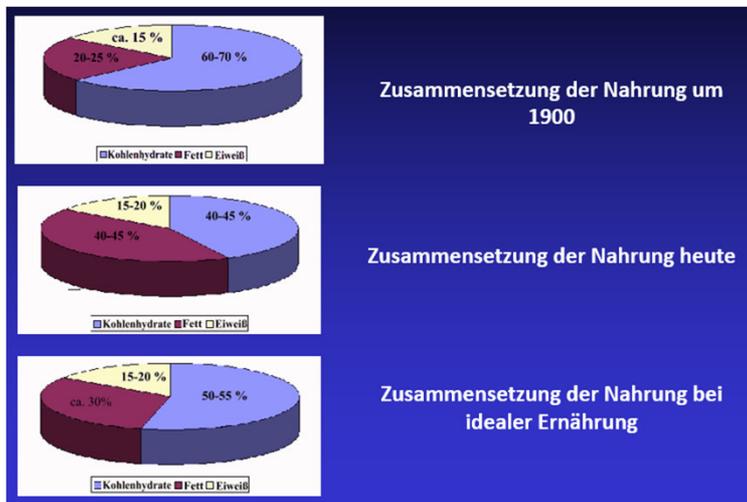
27

Energiequellen: Empfohlene Anteile

Anteile



28



29

Den täglichen Energiebedarf deckt der Organismus aus Verbrennung von Fetten und Kohlenhydraten, im Bedarfsfall auch aus Eiweiss

- » 1 g Eiweiss liefert 4 kcal
- » 1 g Kohlenhydrate liefert 4 kcal
- » 1 g Fett liefert 9 kcal
- » 1 g Alkohol liefert 7 kcal („leere Kalorien“)
- » 1 g Wasser liefert 0 kcal

30



Fette: Tagesbedarf

Empfohlene tägliche Fettzufuhr: ca. 1.0 – 1.2 g/kg KG (72g max.)

- » davon 1/3 mehrfach ungesättigte Fettsäuren (24g)
1/3 einfach ungesättigte Fettsäuren (24g)
1/3 gesättigte Fettsäuren (24g)
- » Die durchschnittliche Fettzufuhr liegt bei uns jedoch bei ca. 130 g/Tag
- » „versteckte Fette“: Wurst, Fleisch, Käse, Milch und Milchprodukte,
Nüsse, Süssigkeiten, Chips
- » EFA insgesamt: 3.5% = 9.4g

Omega-6-FS : Omega-3-FS

- » (Linol-, Arachidonsäure) : (EPA, DHA, alpha-Linolensäure)
5 : 1
8g : 1.3g

:

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 31

31



Kohlenhydrate: Tagesbedarf

Empfohlene tägliche Kohlenhydratzufuhr: ca. 4.0 – 5.0 g/kg KG

- » Alle Zuckerarten, Stärke
- » In erster Linie energiespendende Nährstoffe
- » Das Gehirn verstoffwechselt ausschliesslich Glucose

:

© Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn | www.ever.ch | drje49@gmail.com | CH-9100 Herisau Folie 32

32

Proteine: Tagesbedarf

Empfohlene tägliche Kohlenhydratzufuhr: ca. 0.8 g/kg KG (3.5<)

- » Durch Messung der Stickstoffausscheidung im Harn kann durch Multiplikation mit 6.25 (Kjeldahl-Faktor) die abgebaute Proteinmenge ermittelt werden.
- » Steigerung des Energieumsatzes nach Nahrungsaufnahme, besonders bei Proteinen (30%)
- » N-Ausscheidung:

Hunger-Minimum	5g N (32 g Protein)
Absolutes Minimum	2.5g N (15 g Protein)
Bilanz-Minimum	15 g N (80 g Protein)

33

Ausführliche Informationen zu vielen Themen sevisana

www.ever.ch → Medizinwissen



EVER – DR. MED. ET DR. SCIENT. MED. JÜRIG EICHORN | MANNHOVEN – THERMOKARPHIE DER WERLICHEN BRUT | MENNERBERECH | MEDIZINWISSEN

ERDENWISSEN + MEINE PHILOSOPHIE | BESTELLUNG | KONTAKT | UNTERNEHMEN | IMPRESSUM

Ever – Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn

Anders handeln geht nicht ohne auch anders zu denken: <https://www.manchoshotel.com/ub/online-messung-lost/ever/drje/>

„Im Wein liegt Wahrheit“ hört man sagen,
Da sollte man wegen Verleumdung klagen:
Wein ist bekömmlich und erbaulich –
Die Wahrheit ist meist unverdaulich“

Liselotte von der Pfalz (1652-1722) –
Elisabeth Charlotte, Herzogin von Orléans – Schwägerin von Ludwig XIV

Liselotte vertrat mit Wort und Tat ihren Standpunkt und ihren Specksalat und bewies mit Souveränität:
Man ist eine Dame auch ohne Diät.

34

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn

CH-9100 Herisau
drje49@gmail.com
www.ever.ch

Autor

Dr. med. et Dr. scient. med. Jürg Eichhorn
Allgemeine Innere Medizin FMH
Praxis für Allgemeine und Komplementärmedizin

"Im Lindenhof"
Bahnhofstr. 23, CH-9100 Herisau
drje49@gmail.com
www.ever.ch

Traditionelle Chinesische Medizin ASA
Sportmedizin SGSM
Traditionelle Chinesische Medizin ASA
Sportmedizin SGSM
Neuraltherapie SANTH & SRN
Manuelle Medizin SAMM
Ernährungsheilkunde SSAAMP
Orthomolekularmedizin SSAAMP
FXM. Mayr-Arzt (Diplom)
applied kinesiology ICAK-D & ICAK-A
CAS-Genomisch-klinische Medizin
Wissenschaftliches Doktoratsstudium, Dr. scient. med. (UFL)