universität wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Status an wasserlöslichen Vitaminen ($B_1$, $B_2$ und $B_6$) burgenländischer SeniorInnen

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)


| | |
|---|---|
| Verfasserin: | Andrea Kickinger |
| Matrikel-Nummer: | 0102958 |
| Studienrichtung: | Ernährungswissenschaften |
| Betreuer: | o. Univ.-Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa |


Wien, im November 2008

## Danksagung

An erster Stelle bedanke ich mich bei Herrn o. Univ.-Prof. Dr. I. Elmadfa für die Bereitstellung des Themas und der Möglichkeit die Arbeit im Labor am Institut für Ernährungswissenschaften durchzuführen.

Des Weiteren möchte ich mich ganz herzlich für die großzügige Hilfsbereitschaft und fachliche Unterstützung bei allen MitarbeiterInnen des Institutes bedanken. Allen voran bei Frau Dr$^{in}$ Elisabeth Fabian für ihren unermüdlichen Einsatz in der Organisation, Durchführung und Betreuung dieser Studie. Außerdem möchte ich mich bei Herrn Gheorghe Mare für die technische Hilfe bei der Durchführung der Analysen bedanken.

Auch danke ich allen Diplomandinnen, mit denen ich gemeinsam im Labor arbeiten durfte, für das angenehme Arbeitsklima und die vielen positiven Worte und Gesten. Ganz besonderer Dank gebührt meiner Kollegin Michaela Bogner für die gute Zusammenarbeit, sowie für ihre Hilfsbereitschaft und Unterstützung.

Ein Danke an alle Personen, die an dieser Studie teilgenommen haben.

Großer Dank gilt auch meiner Familie, die mir durch ihre finanzielle Unterstützung dieses Studium möglich machte, sowie all meinen FreundInnen, meiner Schwester und meinem Freund, die mir unterstützend zur Seite standen und mir die Zeit neben meinem Studium versüßten.

# INHALTSVERZEICHNIS

**Abbildungsverzeichnis ..... VI**

**Tabellenverzeichnis ..... VIII**

**Abkürzungsverzeichnis ..... IX**

**1 Einleitung und Fragestellung ..... 1**

**2 Literaturüberblick ..... 2**

**2.1 Demographie ..... 2**

2.1.1 Österreichische Bevölkerung ..... 2
2.1.2 Burgenländische Bevölkerung ..... 3
2.1.3 Lebenserwartung ..... 3
2.1.4 Überalterung ..... 4
2.1.5 Wohnformen, Unterschied zwischen Stadt und Land ..... 5

**2.2 Altern ..... 6**

2.2.1 Physiologische Veränderungen ..... 6
2.2.2 Oxidativer Stress in Bezug auf das Altern ..... 8

**2.3 Gesundheit im Alter ..... 9**

2.3.1 Immunologische und gesundheitliche Veränderung im Alter ..... 9
2.3.2 Das Problem der Polymedikation ..... 10
2.3.3 Morbidität und Mortalität ..... 11

**2.4 Ernährung im Alter ..... 14**

2.4.1 Ernährungsbedingte Erkrankungen im Alter ..... 15
2.4.2 Prävention und Empfehlung ..... 17

**2.5 Vitamin $B_1$- Thiamin ..... 18**

**2.6 Vitamin $B_2$ – Riboflavin ..... 21**

**2.7 Vitamin $B_6$ – Pyridoxin ..... 22**

**3 Material und Methoden ..... 25**

**3.1 Studiendesign ..... 25**

**3.2 StudienteilnehmerInnen ..... 25**

**3.3 Probengewinnung und Probenbehandlung ..... 28**

**3.4 Erhobene Parameter und Qualitätssicherung ..... 29**

**3.5 Parameter zur Bestimmung des Vitamin $B_1$-Status ..... 31**

3.5.1 Vitamin B1 im Plasma ..... 31

3.5.1.1 Prinzip der Bestimmung ..... 31

3.5.1.2 Durchführung der Bestimmung ..... 31

3.5.1.3 Geräte und Auswertung ..... 32

3.5.1.4 Beurteilung ..... 33

3.5.2 Vitamin $B_1$ im Harn ..... 34

3.5.2.1 Prinzip der Bestimmung ..... 34

3.5.2.2 Durchführung der Bestimmung ..... 34

3.5.2.3 Geräte und Auswertung ..... 34

3.5.2.4 Beurteilung ..... 34

3.5.3 Transketolase Aktivität in den Erythrozyten ..... 35

3.5.3.1 Prinzip der Bestimmung ..... 35

3.5.3.2 Reagenzien und Lösungen ..... 35

3.5.3.3 Durchführung der Analyse ..... 36

3.5.3.4 Auswertung ..... 37

3.5.3.5 Bewertung ..... 38

**3.6 Parameter zur Bestimmung des Vitamin $B_2$-Status ..... 38**

3.6.1 Vitamin B2 im Plasma ..... 38
3.6.1.1 Prinzip der Bestimmung ..... 38
3.6.1.2 Durchführung der Bestimmung ..... 39
3.6.1.3 Geräte und Auswertung ..... 39
3.6.1.4 Beurteilung ..... 40
3.6.2 Vitamin $B_2$ im Harn ..... 41
3.6.2.1 Prinzip der Bestimmung ..... 41
3.6.2.2 Durchführung der Bestimmung ..... 41
3.6.2.3 Geräte und Auswertung ..... 41
3.6.2.4 Beurteilung ..... 42
3.6.3 Glutathion-Reduktase-Aktivität in den Erythrozyten ..... 43
3.6.3.1 Prinzip der Bestimmung ..... 43
3.6.3.2 Reagenzien und Lösungen ..... 43
3.6.3.3 Durchführung der Analyse ..... 45
3.6.3.4 Auswertung ..... 46
3.6.3.5 Bewertung ..... 46
**3.7 Parameter zur Bestimmung des Vitamin $B_6$-Status ..... 47**
3.7.1 Vitamin B6 im Plasma ..... 47
3.7.1.1 Prinzip der Bestimmung ..... 47
3.7.1.2 Durchführung der Bestimmung ..... 47
3.7.1.3 Geräte und Auswertung ..... 47
3.7.1.4 Beurteilung ..... 48
3.7.2 Vitamin $B_6$ im Harn ..... 48
3.7.2.1 Prinzip der Bestimmung ..... 48
3.7.2.2 Durchführung der Bestimmung ..... 49
3.7.2.3 Geräte und Auswertung ..... 49
3.7.2.4 Beurteilung ..... 49
3.7.3 Glutamat- Oxalacetat- Transaminase Aktivität (Eryhrozyten) ..... 50
3.7.3.1 Prinzip der Bestimmung ..... 50
3.7.3.2 Reagenzien und Lösungen ..... 50
3.7.3.3 Durchführung der Analyse ..... 52
3.7.3.4 Auswertung ..... 52

3.7.3.5 Bewertung ..... 53
**3.8 Statistische Auswertung ..... 53**

**4 Ergebnisse und Diskussion ..... 55**

**4.1 Vitamin $B_1$ ..... 55**

4.1.1 Vitamin $B_1$-Aufnahme ..... 55
4.1.2 Thiamin-Konzentration im Plasma ..... 56
4.1.3 Thiaminausscheidung im Harn ..... 59
4.1.4 Tranksketolase-Aktivität in den Erythrozyten ..... 62
4.1.5 Diskussion Vitamin $B_1$ ..... 65
4.1.6 Gesamtbetrachtung Vitamin $B_1$ ..... 66

**4.2 Vitamin $B_2$ ..... 67**

4.2.1 Vitamin $B_2$-Aufnahme ..... 68
4.2.2 Vitamin $B_2$-Konzentration im Plasma ..... 68
4.2.2.1 FAD- Konzentration im Plasma ..... 68
4.2.2.2 FMN- Konzentration im Plasma ..... 72
4.2.2.3 Riboflavin- (RF)- Konzentration im Plasma ..... 74
4.2.3 Riboflavinausscheidung im Harn ..... 76
4.2.4 Glutathion-Reduktase-Aktivität in den Erythrozyten ..... 79
4.2.5 Diskussion Vitamin $B_2$ ..... 82
4.2.6 Gesamtbetrachtung Vitamin $B_2$ ..... 84

**4.3 Vitamin $B_6$ ..... 85**

4.3.1 Vitamin $B_6$-Aufnahme ..... 86
4.3.2 Pyridoxal-5-Phosphat- (P-5-P)-Konzentration im Plasma ..... 86
4.3.3 Pyridoxinsäureausscheidung im Harn ..... 89
4.3.4 Glutamat-Oxalacetat-Transaminase-Aktivität (Erythrozyten) ..... 91
4.3.5 Diskussion Vitamin $B_6$ ..... 94
4.3.6 Gesamtbetrachtung Vitamin $B_6$ ..... 95

**5 Schlussbetrachtung ..... 97**

**6 Zusammenfassung ..... 102**

**7 Summary ..... 103**

**8 Literaturverzeichnis ..... 104**

**9 Anhang ..... 113**

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bevölkerungsentwicklung Österreichs von 1950 bis 2050.....2
Abb. 2: Altersstruktur im Burgenland und Österreich zwischen 2001 und 2011 .5
Abb. 3: Chemische Struktur von Thiamin.....18
Abb. 4: Chemische Struktur von Riboflavin.....21
Abb. 5: Chemische Struktur von Pyridoxin.....23
Abb. 6: Chromatographische Trennung von Vitmanin $B_1$ (1), im Plasma.....33
Abb. 7: Chromatographische Trennung der B-Vitamere FAD (1), FMN (2) und RF (3) einer Plasmaprobe.....40
Abb. 8: Chromatographische Trennung von freiem Riboflavin im Harn.....42
Abb. 9: Chromatographische Trennung von Vitamin $B_6$ (1) im Harn.....49
Abb. 10: Thimaminkonzentrationen im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.....57
Abb. 11: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Thiamin-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.....58
Abb. 12: Thiamin-Konzentration im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.....59
Abb. 13: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Thiaminausscheidung im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.....61
Abb. 14: TPP-Effekt (%) unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht .....63
Abb. 15: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand ETK unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht .....64
Abb. 16: FAD-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.....69
Abb. 17: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der FAD-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht .....71

Abb. 18: FMN-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 73
Abb. 19: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der FMN-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 74
Abb. 20: Riboflavin-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 75
Abb. 21: Riboflavin-Konzentration im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 77
Abb. 22: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Riboflavinausscheidung im Harn unterbBerücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 78
Abb. 23: α-EGR unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 80
Abb. 24: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand des α-EGR unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 81
Abb. 25: P-5-P-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 87
Abb. 26: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Pyridoxin-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 88
Abb. 27: Pyridoxinsäure-Konzentration im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 90
Abb. 28: α-EGOT unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 92
Abb. 29: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand des Aktivierungskoeffizienten α-EGOT unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht ..... 93

# Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Faktoren, die die Nahrungsaufnahme beeinflussen.....14
Tab. 2: Regionales Verteilungsmuster der StudienteilnehmerInnen.....26
Tab. 3: Alter und BMI der ProbandInnen unterteilt nach Geschlecht.....26
Tab. 4: Alter und BMI der ProbandInnen unterteilt nach Nord- und Südburgenland.....27
Tab. 5: Altersstruktur und BMI der StudienteilnehmerInnen.....27
Tab. 6: Variationskoeffizienten (VK) von Intra- und Inter Assay.....30
Tab. 7: Referenzwerte zur Beurteilung der Thiamin-Konzentration im Plasma.35
Tab. 8: Referenzwerte zur Beurteiling der Tansketolaseaktivität.....38
Tab. 9: Referenzwerte zur Beurteilung von Vitamin $B_2$ im Plasma.....40
Tab. 10: Referenzwerte zur Beurteilung von Vitamin $B_2$ im Harn.....42
Tab. 11: Referenzwerte zur Beurteilung der Glutathion-Reduktase-Aktivität....46
Tab. 12: Referenzwerte zur Beurteilung der Glutamat-Oxalacetat-Transaminase-Aktivität.....53
Tab. 13: Vitamin $B_1$-Statusparameter des Gesamtkollektivs unterteilt nach Geschlecht.....55
Tab. 14: Vitamin $B_2$-Statusparameter des Gesamtkollektivs unterteilt nach Geschlecht.....67
Tab. 15: Vitamin $B_6$-Statusparameter des Gesamtkollektivs unterteilt nach Geschlecht.....85

# Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| Abb. | Abbildung |
| AK | Aktivierungskoeffizient |
| Aqua dest. | demineralisiertes Wasser |
| BMI | Body Mass Index |
| bzw. | beziehungsweise |
| ca. | circa |
| d. h. | das heißt |
| EGOT | erythrozytäre Glutamat- Oxalacetat- Transaminase |
| EGR | erythrozytäre Glutathion- Reduktase |
| etc. | et cetera |
| ETK | erythrozytäre Transketolase |
| FAD | Flavinadenindinucleotid |
| FMN | Flavinmononucleotid |
| GSH | Glutathion (reduziert) |
| GSSG | Glutathion- Disulfid (oxidiert) |
| HPLC | High Pressure Liquid Chromatography |
| KHK | Koronare Herzerkrankungen |
| MDH | Malatdehydrogenase |
| MW | Mittelwert |
| NADH | Nicotinamid- Adenin- Dinucleotid (reduziert) |
| NADPH | Nicotinamid- Adenin- Dinucleotid- Phosphat (reduziert) |
| NaOH | Natriumhydroxid |
| OAA | Oxalacetat |
| P-5-P | Pyridoxal- 5- Phosphat |
| RF | Riboflavin |
| ROS | Reactive Oxygen Species (reaktive Sauerstoffspezies) |
| Tab. | Tabelle |
| ThDP | Thiamindiphosphat/ Thiaminpyrophosphat |
| TPP | Thiaminpyrophosphat |
| U/min | Umdrehungen pro Minute |

# 1 Einleitung und Fragestellung

Aufgrund vielfältiger Fortschritte in der Wissenschaft und Technik, sowie im Gesundheitssystem und der Lebensmittelversorgung kommt es zu einem stetigen Anstieg der Lebenserwartung und somit zu einer deutlichen Zunahme hoch- und höchstbetagter Menschen.

Die verschiedenen Lebensphasen eines Menschen ergeben unterschiedliche Ernährungsbedürfnisse. Mit zunehmendem Alter kann es aufgrund diverser physiologischer Veränderungen zu vermehrten Ernährungsproblemen kommen. Eine Folge davon sind häufig Unter- und Mangelernährung, die zu gesundheitlicher Beeinträchtigung führen können. Daher ist es von immenser Bedeutung, Gesundheit und Lebensqualität im Alter so lange wie möglich zu erhalten.

Der Ernährungsstatus von Personen ab dem 70. Lebensjahr wurde in Österreich bisher kaum untersucht. Bis jetzt gibt es nur einige wenige laborchemische Daten aus Wien, die aber vorwiegend von Personen stammen, die in Pensionistenwohnhäusern leben. Im Burgenland wurden bislang noch keine Daten zu dieser Personengruppe erhoben, obwohl es den höchsten Anteil (ca. 25%) an SeniorInnen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt hat. Ein zusätzlich sehr interessanter Aspekt des Burgenlandes ist der Umstand, dass der Großteil der älteren Menschen selbstständig zu Hause lebt und somit für die tägliche Ernährung noch selbst Verantwortung trägt.

Ziel der vorliegenden Studie, die vom Department für Ernährungswissenschaften, Universität Wien und der burgenländischen Landesregierung durchgeführt wurde, war es, den Ernährungsstatus von selbstständig lebenden burgenländischen SeniorInnen ab einem Alter von 70 Jahren zu erfassen. Diese Arbeit stellt nur einen Teil dieser Studie dar und widmet sich der Beurteilung des Status an den wasserlöslichen Vitaminen $B_1$, $B_2$ und $B_6$. Um einen Gesamteindruck über den Status dieser Vitamine zu erhalten, wurden die Analysen von Plasma, Harn und den entsprechenden Aktivierungskoeffizienten in den Erythrozyten durch 24h Recalls ergänzt.

# 2 Literaturüberblick

## 2.1 Demographie

### 2.1.1 Österreichische Bevölkerung

Derzeit leben in Österreich ca. 8,3 Millionen Menschen, davon sind 1,4 Millionen 65 Jahre alt oder älter [Statistik Austria, 2007b]. Prognosen gehen davon aus, dass die Bevölkerung bis 2030 auf knapp 9 Millionen und bis 2050 auf 9,5 Millionen ansteigen wird (Abb.1). Dieses Wachstum wird aber in erster Linie auf Zuwanderung beruhen, da sich Geburten- und Sterbefälle bis 2030 die Waage halten werden und danach sogar mit Geburtendefiziten zu rechnen ist [Statistik Austria, 2007c].

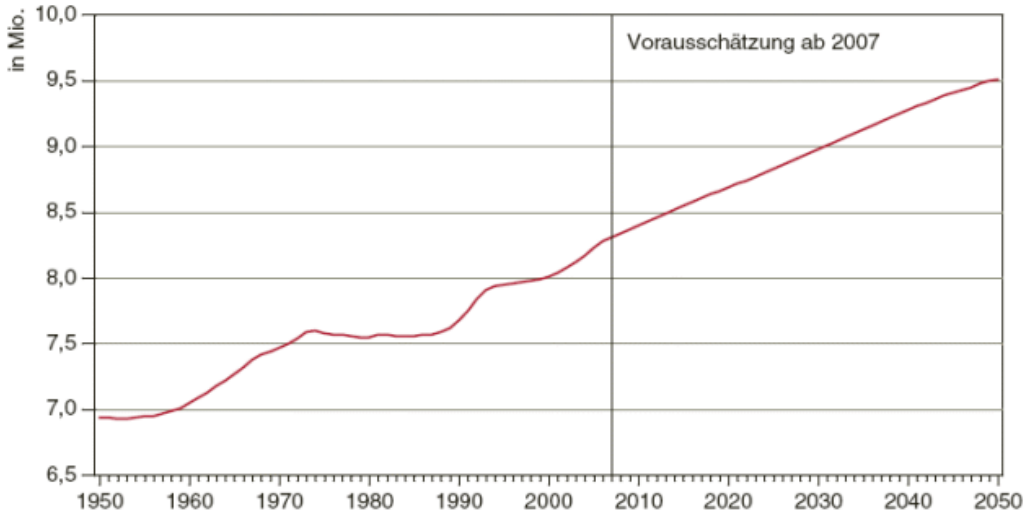



**Abb. 1: Bevölkerungsentwicklung Österreichs von 1950 bis 2050**

### 2.1.2 Burgenländische Bevölkerung

Laut der Volkszählung 2001 leben im Burgenland ca. 278.000 Menschen. Das sind 3,5% der österreichischen Gesamtbevölkerung [Statistik Austria, 2002].
Charakteristisch für das Burgenland ist ein, im Vergleich zum Bundes- bzw. EU-Durchschnitt, erhöhter Anteil älterer Menschen an der Gesamtbevölkerung. Fast ein Viertel der BurgenländerInnen ist 60 Jahre oder älter. Bis zum Jahr 2030 wird dieser Wert auf ca. 34% ansteigen und im Jahr 2050 sogar 37% erreichen [Statistik Austria, 2007e].
Der Anteil der 75 und über 75 Jährigen beträgt derzeit rund 8% und soll bis 2011 auf 10% ansteigen [Burgenländischer Gesundheitsbericht, 2002].

### 2.1.3 Lebenserwartung

Im Jahr 2007 lag die Lebenserwartung im Burgenland für Männer bei 76,2 Jahren (österreichweit 77,3 Jahre), für Frauen bei 83 Jahren (österreichweit 82,9 Jahre).

Die höhere Lebenserwartung der Frauen macht sich auch im Geschlechterverhältnis bemerkbar, ca. 62% der über 70 Jährigen sind weiblich [Statistik Austria, 2007d].
Die „Feminisierung“ im Alter, dessen Ursache nicht nur in der höheren Lebenserwartung von Frauen resultiert, sondern auch durch die Kriege im 20. Jahrhundert mitbedingt ist, hat ihren Höhepunkt bereits überschritten. Die Geschlechterproportion wird sich in Zukunft auch im Alter etwas aneinander angleichen.

Positiv an der höheren Lebenserwartung ist auch der Umstand, dass die Anzahl der Jahre in guter Gesundheit, also die frei von erheblichen körperlichen und geistigen Beeinträchtigungen sind (die zu dauernder Hilfs- und

Pflegebedürftigkeit führen würden), im steigen ist [Burgenländischer Gesundheitsbericht, 2002]. Der Prozentanteil der Lebenszeit in guter Gesundheit (Disability Free Life Expectancy) beträgt laut den eigens berechneten Daten der Statistik Austria bei Frauen 79,7% und bei Männern 81,6% [Statistik Austria, 2006].

### 2.1.4 Überalterung

Laut Prognosen auf Basis der Volkszählung 2001 wird es in Österreich in den kommenden Jahrzehnten die stärksten Zuwächse in der Altersgruppe der über 80-Jährigen geben. Bis 2030 verdoppelt sich die Anzahl von 294.000 (2001) auf 590.000. Im Jahr 2050 wird sich dieser Wert im Vergleich zu 2001 verdreifachen. Grund dafür sind neben der stetig steigenden Lebenserwartung die starken Geburtenjahrgänge um 1940 und 1960 sowie die Tatsache, dass jene Generationen nicht mehr von Kriegsverlusten betroffen sind [Statistik Austria, 2003].
Durch diese demographische Alterung verlagert sich der Bevölkerungsaufbau von der klassischen Pyramidenform hin zu einer Urnenform [Burgenländischer Gesundheitsbericht, 2002] (Abb. 2).

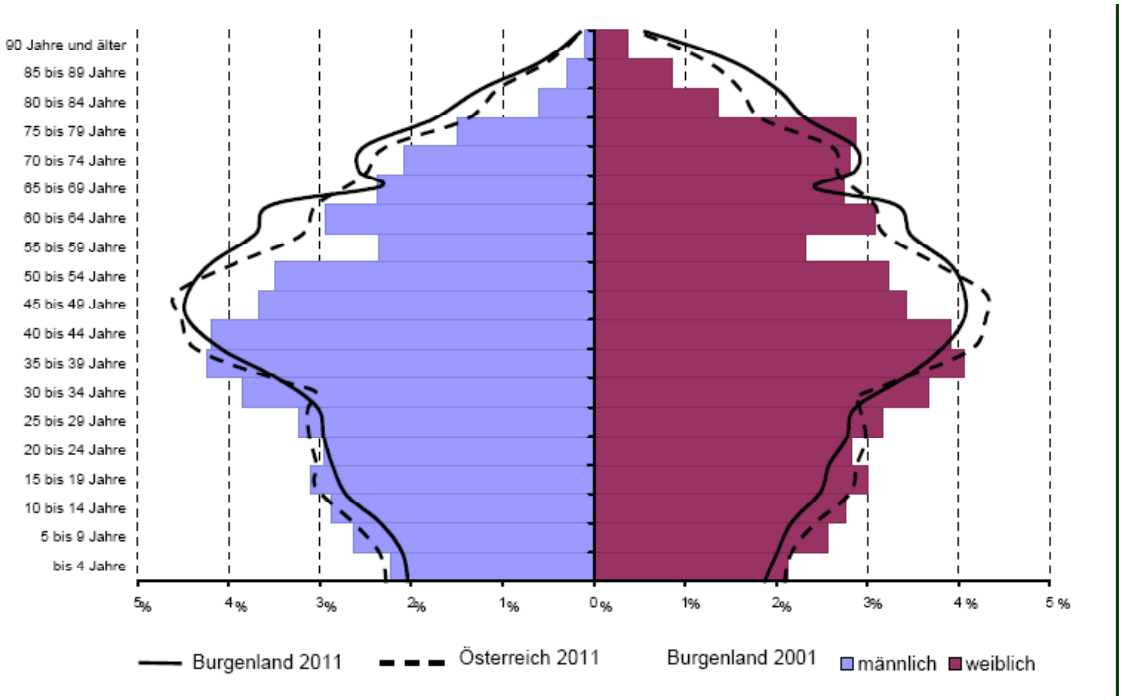



**Abb. 2: Altersstruktur im Burgenland und Österreich zwischen 2001 und 2011**

### 2.1.5 Wohnformen, Unterschied zwischen Stadt und Land

In Österreich gibt es ca. 3,5 Millionen Haushalte. Nahezu zwei Drittel der älteren Menschen in Österreich wohnen entweder mit dem eigenen Kind unter einem Dach oder zumindest in unmittelbarer Nähe. Im Burgenland liegen die Familien- bzw. Mehrgenerationenhaushalte mit 72% deutlich über dem Österreichdurchschnitt [Statistik Austria, 2007f].

Diese Haushaltsform ist in erster Linie für Kleingemeinden im ländlichen Bereich typisch, da dort das Angebot an Alten- und Pflegeheimen eher geringer ist.

Im Burgenland gab es im Jahr 2003 nur 24 Alten- und Pflegeheime mit knapp über tausend Plätzen [Nam, 2003]. Dem gegenüber stehen im Burgenland über 55.000 Menschen, die 65 Jahre oder älter sind [Statistik Austria, 2007a].

In den Städten ist das Zusammenleben mehrerer Generationen eher unüblich und die Distanz zum eigenen Nachwuchs etwas größer. Sehr viele alte Menschen, besonders Frauen, leben in so genannten „Single- Haushalten“.

Speziell ab dem 75. Lebensjahr ist die überwiegende Mehrheit der Frauen allein stehend. Bei den 75-79 Jährigen sind 60% der Frauen verwitwet, bei den 80-84 Jährigen sind es bereits 73% und bei den Hochbetagten sind es schon annähernd 80%. Im Vergleich dazu sind 75-79 jährige Männer durchschnittlich zu 15% Witwer, bei den hochbetagten Männern beträgt dieser Anteil 41% [Seniorenbericht, 2001].

## 2.2 Altern

### 2.2.1 Physiologische Veränderungen

Altern ist mit einer kontinuierlichen Abnahme physiologischer Funktionen verbunden. In welchem Ausmaß dies passiert ist allerdings individuell sehr unterschiedlich [Volkert, 1997].

Folgende physiologische Veränderungen treten mit zunehmendem Alter auf:

Im Alter sinkt der Wasseranteil im Körper von ca. 60% auf 45% ab. Das hat zur Folge, dass die renale Durchblutung sinkt und somit die glomeruläre Filtrationsrate herabgesetzt wird. Die Fähigkeit der Niere den Elektrolythaushalt zu regulieren schwindet. Dies erhöht die Gefahr einer Dehydratation, welche zusätzlich noch durch das verminderte Durstempfinden im Alter begünstigt wird.

Der Fettgehalt nimmt im alternden Körper kontinuierlich zu. Gleichzeitig kommt es zu einem Rückgang der Lean Body Mass (LBM), was zur Folge hat, dass der Grundumsatz und somit der Energiebedarf älterer Menschen sinkt [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Laut dem österreichischen Ernährungsbericht 2003 sind 25% der 65-74-Jährigen übergewichtig (BMI höher als 29), wobei die Zahl der Übergewichtigen mit weiter steigendem Alter deutlich absinkt. Bei den über 84-Jährigen sind nur mehr 11% als übergewichtig einzustufen. Gleichzeitig steigt ab diesem Alter das Risiko für Untergewicht (BMI kleiner als 24). In dieser Altergruppe ist die Prävalenz für Untergewicht ca. 3 Mal so hoch wie bei den 55-64-Jährigen. Mangelernährung und infolgedessen erhöhte Morbidität und Mortalität können die Folge sein [Elmadfa et al., 2003]. Die Beurteilung des Körpergewichts verändert sich mit zunehmendem Alter - da ein etwas höherer BMI mit einem geringeren Mortalitätsrisiko im Alter verbunden ist, gelten anders als bei jungen Erwachsenen, BMI-Werte von 24-29 $kg/m^2$ [NRC, 1989] für über 65-jährige SeniorInnen als normalgewichtig [DGE, 2000]. Ein in diesem Normalbereich liegendes Körpergewicht ist mit entsprechenden Energie- und Nährstoffreserven verbunden, welche älteren Menschen einen besseren Schutz beim Auftreten von Infektions- und anderen schweren Krankheiten (z.B. Krebserkrankungen), sowie ausreichend Reserven zur Rekonvaleszenz nach Operationen bieten [Küpper, 2003].

In einer groß angelegten Untersuchung über die Ernährungssituation älterer Menschen in 15 ost- und westeuropäischen Ländern wurden 36 Studien aus ganz Europa ausgewertet (22 aus Ost- und 14 aus Westeuropa). Dabei konnte gezeigt werden, dass es kaum einen Unterschied zwischen den „alten“ (westlichen) und „neuen“ (östlichen) Mitgliedsstaaten gibt. In der gesamten EU ist Übergewicht zu einem zentralen Problem geworden. Die „jüngeren“ Älteren sind im Durchschnitt zu ca. 25% betroffen (die durchschnittlichen BMI-Werte der gleichen Altergruppen der untersuchten Länder ähneln sich stark). Mit zunehmendem Alter sinkt europaweit das Auftreten von Übergewicht [Lesser et al., 2008]

### 2.2.2 Oxidativer Stress in Bezug auf das Altern

Die Theorie vom oxidativen Stress in Bezug auf das Altern wurde erstmals von Harman im Jahre 1956 aufgestellt. Im Körper produzierte freie Radikale reagieren mit Zellbestandteilen und rufen Veränderungen hervor, die mit dem Alter assoziiert werden [Harman, 1956].

Altern ist ein multifaktorieller Prozess, der durch einen sukzessiven Funktionsverlust des Körpers gekennzeichnet ist. Dies kann zu starken körperlichen Einschränkungen oder zum Tod führen. Alter ist unter anderem bedingt durch eine erhöhte Produktion von freien Radikalen, kombiniert mit einer verminderten antioxidativen Kapazität.
Oxidantien wie reaktive Sauerstoffspezies (ROS), haben im menschlichen Körper vielfältige, wichtige Signalfunktionen. Sie fordern Zellen zum Wachstum aber auch zur Apoptose auf. Übersteigt die Anzahl der ROS allerdings die antioxidative Kapazität der menschlichen Schutzsysteme, so kommt es zum so genannten oxidativen Stress. ROS bzw. oxidativer Stress spielen eine Schlüsselrolle beim Altern selbst, sowie bei zahlreichen pathologischen und degenerativen altersbedingten Veränderungen.
Um diese reaktiven Sauerstoffspezies kontrollieren bzw. inaktivieren zu können, bedarf es komplexer Regulationsmechanismen, die aber im Laufe des Lebens reduziert bzw. gestört werden, wodurch es zu einer Dysfunktion des Redoxsystems kommt. Die genauen Funktionsmechanismen sind bislang noch nicht vollständig geklärt [Gilca et al., 2007].

Speziell Spurenelemente wie Selen, Zink und Eisen, die Vitamine A, C, E und Omega-3-Fettsäuren spielen eine wichtige Rolle beim Schutz der Zellen vor ROS. Eine ausgewogene Ernährung kann die antioxidative Kapazität des Körpers durchaus positiv beeinflussen.
In Zusammenhang mit den antioxidativen Schutzsystemen des Körpers nehmen auch diverse B-Vitamine eine wichtige Funktion ein. Insbesondere Vitamin $B_2$, bzw. die Vitamere Flavinadenindinukleotid (FAD) und

Flavinadeninmononukleotid (FMN) spielen als $H^+$-Überträger/Donator bei sämtlichen antioxidativ wirkenden enzymatischen Schutzsystemen eine bedeutende Rolle [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

## 2.3 Gesundheit im Alter

### 2.3.1 Immunologische und gesundheitliche Veränderung im Alter

Mit steigendem Alter kommt es verstärkt zu gesundheitlichen Störungen, wodurch sich gleichzeitig das Krankheitsrisiko erhöht. Ein wichtiger Faktor ist dabei die Veränderung der Funktionsfähigkeit des Immunsystems, welche im Alter deutlich nachlässt [Elmadfa und Meyer, 2008]. Das geschieht deshalb, weil sich die Produktion von blutbildenden Substanzen im Knochenmark verringert. Es kommt zu einer Abnahme des Lymphgewebes und zu einer Verkleinerung des Thymus, was eine verminderte Produktion von T-Zellen zur Folge hat. Die B-Zellen dagegen reduzieren ihre Antikörper-Produktion [Gruver et al., 2007].

Neben diesen Veränderungen sind es besonders chronische Krankheiten, wie Herz-/Kreislauf Erkrankungen, Diabetes mellitus, Demenz etc., welche bei älteren Menschen häufig auftreten. Dadurch erhöht sich die Medikamenteneinnahme bei SeniorInnen beträchtlich. Der Konsum von Medikamenten gegen erhöhten Blutdruck liegt sowohl bei Männern als auch bei Frauen mit 23,6% an erster Stelle [Seniorenbericht, 2001].

### 2.3.2 Das Problem der Polymedikation

Akute und chronische Krankheiten bedingen eine multiple Medikamenteneinnahme. Das kann verschiedene Folgen auf den Ernährungsstatus haben. Durch verringerten Appetit oder krankheitsbedingte Behinderungen können Ernährungsverhalten und Nahrungsaufnahme beeinträchtigt sein, außerdem können Krankheiten und Medikamente die Nährstoffverwertung (Resorption, Stoffwechsel und Ausscheidung) stören und den Bedarf an Energie und Nährstoffen erhöhen [Volkert, 1997].

Verschiedene Studien zeigten, dass Patienten, die älter als 65 Jahre sind, im Durchschnitt 2 bis 6 verschriebene und 1 bis 3,4 nicht rezeptpflichtige Medikamente konsumieren [Routledge et al., 2003].

Polymedikation tritt verstärkt bei Älteren auf, da in dieser Gruppe das Erkrankungsrisiko erheblich steigt. Zu den am häufigsten verschriebenen Medikamenten zählen jene, die das Herz-Kreislaufsystem beeinflussen (Beta-Blocker, Statine, Medikamente mit anti-Thrombose Wirkung).
Polymedikation ist nicht nur eine Folge von Polymorbidität im Alter, sondern auch auf die ständigen Verbesserungen in der Pharmatherapie zurückzuführen.
Mit der Zahl der Medikamente steigt aber gleichzeitig das Risiko für Nebenwirkungen, da es im Körper auch zu einer Interaktion der unterschiedlichen Substanzen kommen kann [Wawruch et al., 2008].

Medikamente können Störungen des Appetits, des Geschmacks- und Geruchssinns hervorrufen, sowie Übelkeit und Erbrechen hervorrufen. Bestimmte Medikamente, wie Anti- Parkinson- Mittel, führen zu Mundtrockenheit und erschweren so das Kauen und Schlucken beim Essen. Sedativa begünstigen eine latente Unterernährung, da die Patienten oft zu müde zum Essen sind. Diuretika fördern eine übermäßige renale Exkretion von Vitaminen und Mineralstoffen.

Negative Auswirkungen sind besonders bei SeniorInnen mit marginaler Ernährung zu erwarten, die bereits ein erhöhtes Nährstoffdefizitrisiko haben [Volkert, 1997].

Zusätzlich erhöhen körperliche Veränderungen, bedingt durch das Alter, die Gefahr von Nebenwirkungen bei Medikamenteneinnahme. Dazu zählen eine reduzierte Nierenfunktion, eine durch reduzierte Leberfunktion verringerte Stoffwechselrate, Veränderung der Körperzusammensetzung sowie allgemein eine verminderte Adaptionsfähigkeit. Auch die Anwesenheit von Nahrung beeinflusst die Medikamentenwirkung im Körper [Rashmi, 2004]. Grapefruitsaft beispielsweise interagiert stark mit verschiedenen Medikamenten. Er erhöht die Bioverfügbarkeit und Pharmakokinetik (dazu zählen Aufnahme, Verteilung, Um- und Abbau sowie Ausscheidung) diverser medikamentöser Substanzen, wodurch es vermehrt zum Auftreten von Nebenwirkungen kommen kann [Dahan und Altman, 2004].

Insbesondere bei folgenden Vitaminen und Mineralstoffen sind bei Langzeiteinnahme von gebräuchlichen Medikamenten Nährstoffdefizite zu erwarten: Folsäure, Vitamin $B_6$, $B_{12}$, C, D, K, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Zink [Volkert, 1997].

### 2.3.3 Morbidität und Mortalität

Ernährungsassoziierte Erkrankungen wie Herz-/Kreislauferkrankungen, einige Krebserkrankungen, Diabetes, oder chronische Erkrankungen des Verdauungssystems, sind wesentliche Ursachen für Morbidität und Mortalität in allen westlichen Industrienationen [Elmadfa et al., 2003].

Hinsichtlich der Lebens- und Ernährungssituation von SeniorInnen kann von einer Dreiteilung dieser Personengruppe ausgegangen werden [Küpper, 2003]:

**1. rüstigen und jüngeren SeniorInnen**

- dazu zählt die Gruppe der 60-75-Jährigen
- körperlich und geistig leistungsfähig
- Selbstversorger
- sie leben meist als Ehepaare zusammen
- gute finanzielle Absicherung

Die Gesundheitsprobleme dieser Altersgruppe sind vorwiegend Erkrankungen des Bewegungsapparates, Bluthochdruck, Diabetes oder Hypercholesterinämie, die auf Ernährungsfehler (wie z.B. eine zu hohe Fett- und Cholesterinaufnahme, zu wenig Ballaststoffe usw.) zurückzuführen sind.

**2. betagte und hochbetagte SeniorInnen:**

- dazu zählen die über 75-Jährigen
- eingeschränkte körperliche und kognitive Leistungsfähigkeit, bis hin zur Demenz
- abnehmende Selbstständigkeit
- die Zahl der Singles nimmt deutlich zu
- finanzielle Einschränkungen (hohe Betreuungskosten, Wegfall eines Einkommens durch Verlust des Lebenspartners)

Charakteristisch ist hier eine Veränderung der Ernährungssituation. Durch eine abnehmende Nahrungszufuhr steigt das Risiko für Unterernährung, Nährstoffdefizite (siehe Kapitel 2.4.) und Multimorbidität.

**3. geriatrische Patienten**

Hier kommt es zu einer Häufung von Erkrankungen (z.B. Demenz, Herzinsuffizienz) und zu chronischen Schmerzen (z.B. Bildung von Arthrosen). Aufgrund starker Fehlernährung können Mangelzustände und Untergewicht bis hin zur Kachexie auftreten, wodurch das Mortalitätsrisiko drastisch erhöht wird. Diese Personen sind auf eine intensive Betreuung angewiesen.

Ältere Personen sollten ihr Gewicht regelmäßig selber kontrollieren oder vom Arzt kontrollieren lassen. Eine unfreiwillige Gewichtsabnahme kann ein Indiz für eine zu geringe Nahrungszufuhr und damit verbundenen Nährstoffdefiziten, oder eine ernstzunehmende Krankheit sein [Bates et al., 2001].
Problematisch ist, dass sich Malnutrition häufig in unspezifischen Symptomen wie schleichender Verschlechterung des Allgemeinzustandes, Müdigkeit, Schwäche, Unlust, Apathie und Gewichtsabnahme äußert und daher mit Altersschwäche verwechselt wird [Leitzmann et al., 2003].

Haupttodesursache der älteren Bevölkerung in Österreich sind Herz-/Kreislauferkrankungen (ca. 51%). Dazu zählen Herzerkrankungen (Angina pectoris, Herzrhythmusstörungen, Herzinsuffizienz, Herzinfarkt) sowie Hirngefäßerkrankungen (Schlaganfall). Besonders gefährdet sind Frauen ab dem 65. Lebensjahr und Männer ab dem 45. Lebensjahr. Über 70% der Todesfälle treten bei Frauen im Alter ab 80 Jahren auf. Bei Männern hingegen treten ca. 25% der Todesfälle bereits im Alter zwischen 40-70 Jahren auf. Österreichweit betrachtet ist das Risiko an kardiovaskulären Erkrankungen zu sterben im Osten, besonders in Wien und im Burgenland, am größten [Elmadfa et al., 2003].
Eine mögliche Erklärung für das gehäufte Auftreten von Todesfällen durch Herz-/Kreislauferkrankungen im Alter ist, dass bei multimorbiden Personen (Personen, die an mehreren Krankheiten zugleich leiden) hohen Alters oder unklarer Todesursache häufig Herz-/Kreislauferkrankungen als Ursache dokumentiert wird.
Rund ein Viertel der SeniorInnen sterben aufgrund von Krebserkrankungen [Monitoring 2006 zum Gesundheitsbericht Österreich, 2004].

## 2.4 Ernährung im Alter

Altersabhängige physiologische Veränderungen haben nicht nur einen Einfluss auf die Gesundheit, sondern auch auf den Nährstoffbedarf und die Auswahl der Lebensmittel [Elmadfa und Meyer, 2008].

Körperliche Veränderungen, Lebensstil sowie soziale und ökonomische Faktoren beeinflussen die Nahrungsaufnahme älterer Menschen beträchtlich (Tab.1) [Volkert, 2005]. Weiters wird vermutet, dass die Motivation zu essen im Alter vorwiegend von externen Faktoren und weniger von Hunger- und Sättigungsgefühlen abhängt. Daher können schon kleine Ereignisse, wie Krankheit, Ortswechsel, Verlust eines nahe stehenden Menschen, etc. die Nahrungsversorgung drastisch beeinflussen und zu einer möglichen Unterversorgung führen. In Bezug auf die Nahrungsaufnahme ist es daher für ältere und hochbetagte Menschen sehr wichtig, dass ihr gewohntes Umfeld erhalten bleibt [Schlettwein-Gsell et al., 1999].

**Tab. 1: Faktoren, die die Nahrungsaufnahme beeinflussen**

| | |
|---|---|
| Körperliche Einschränkung | Kau- und Schluckbeschwerden<br>Probleme das Essen zu schneiden<br>Verringerte Mobilität |
| Geistige Einschränkungen | Vergesslichkeit<br>Verwirrung<br>Demenz |
| Psychische Faktoren | Depressionen |
| Soziale Situation | Einsamkeit |
| Ökonomische Faktoren | Armut |
| Gesundheitsprobleme | Gastro- intestinale Erkrankungen<br>Chronische Schmerzen<br>Medikamentenkonsum |

Die Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr älterer Menschen basieren auf den im Vergleich zu den Erwachsenen altersbedingten körperlichen Veränderungen. Ältere Menschen haben einen niedrigeren Bedarf an Nahrungsenergie (siehe Kapitel 2.2.1), jener an essentiellen Nährstoffen bleibt hingegen gleich bzw. kann sogar durch ein vermehrtes Auftreten von Krankheiten und Absorptionsstörungen erhöht sein. Der Verzehr von Lebensmitteln mit besonders hoher Nährstoffdichte ist daher unumgänglich für eine bedarfsgerechte Ernährung im Alter [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Im Österreichischen Ernährungsbericht 2003 wurden bei Frauen ab 65 Jahren die Versorgung mit folgenden Nährstoffen als grenzwertig eingestuft: Vitamin $B_1$, $B_2$, C, E und Magnesium. Bei Männern ab 85 Jahren war besonders die Zink-Aufnahme unzureichend. Generell ist bei den über 65 Jährigen die Versorgung mit Calcium, Vitamin D, Folsäure und Jod verbesserungswürdig [Elmafa et al., 2003]. Ältere Menschen, die noch in Privathaushalten leben, sind allerdings vergleichsweise besser mit Nährstoffen versorgt, als SeniorInnen in Pensionistenwohnhäusern [Fritz und Elmadfa, 2008].

### 2.4.1 Ernährungsbedingte Erkrankungen im Alter

Die Folgen einer vorangegangen Fehlernährung zeigen sich häufig erst Jahre bis Jahrzehnte später. Insbesondere ernährungsbedingte chronische Erkrankungen treten daher vermehrt im Alter auf [Volkert, 1997].

**Atherosklerose**

Mehr als 80 % der atherosklerotischen Erkrankungen werden ab dem 65. Lebensjahr diagnostiziert. Bei dieser Erkrankung kommt es v.a. durch ROS oxidierte und an den Gefäßwänden abgelagerte Lipoproteine zu gefährlichen Gefäßverengungen, die letztlich zu Gefäßverschlüssen und somit zum Tode führen können [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Dabei kann die Ernährungsweise einen wichtigen Einfluss auf die Pathogenese dieser Erkrakung haben. Präventiv bzw. günstig auf den Krankheitsverlauf wirken sich v.a. eine geringe Aufnahme von Fett, Kochsalz, Alkohol, sowie eine hohe Aufnahme an Ballaststoffen, sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (z.B. Phytosterine, Phenole, Isoflavonoide) und Antioxidantien (Vitamin E, C) aus [Elmadfa et al., 2003]. Laut den europäischen Ernährungsgesellschaften wird zur Senkung des Risikos ein regelmäßiger und ausreichender Verzehr von Obst und Gemüse empfohlen [D-A-CH, 2000].

**Hypertonie**

Ist eine typische Folge von Atherosklerose. Hypertonie führt aufgrund der permanenten Überanspruchung der Koronargefäße überwiegend zu sogenannten koronaren Herzerkrankungen [Elmadfa und Leitzmann, 2004].
Bluthochdruck ist weltweit für 50% der Todesfälle durch Schlaganfall und für 25% der Todesfälle durch koronare Herzkrankheiten (KHK) verantwortlich. In Österreich leiden ca. 20,7% der Menschen über 65 Jahre an Hypertonie [Dorner und Rieder, 2004].

**Diabetes mellitus Typ II**

Diabetes zählt zu den weltweit am häufigsten auftretenden nicht übertragbaren, endokrinen Erkrankungen und ist Folge einer Insulinresistenz. Die Krankheit geht oft mit Übergewicht einher und ist eng mit Hypertonie, und Hypertriglyceridämie verknüpft. Aufgrund von Folgeschäden wie Nierenversagen, erhöhtes Infektrisiko, Beingeschwüren und Herz-/Kreislauferkrankungen wird Diabetes mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko in Verbindung gebracht. Die zunehmende Überalterung, sowie der vorherrschende ungesunde Lebensstil (Überernährung, Bewegungsmangel) führen zu einem starken stetigen Anstieg dieser Erkrankung [Elmadfa et al., 2003].

**Osteoporose**

Betroffen von alterbedingten Veränderungsprozessen ist auch der Knochenstoffwechsel. Übermäßiger Knochenabbau kann zu Osteoporose und damit zu einem erhöhten Frakturrisiko führen, was besonders für Frauen im zunehmenden Alter ein wachsendes Problem darstellt [Cranney et al., 2002]. Für ältere Personen ist die ausreichende Zufuhr der knochenbildenden Substanzen Calcium und Vitamin D von besonderer Bedeutung. Risikofaktoren bei der Entstehung der Krankheit sind neben einer zu geringen Aufnahme von Calcium und Vitamin D wenig körperliche Aktivität, hoher Alkoholkonsum, Unterernährung oder geringe Sonnenlichtexposition [Elmadfa et al., 2003].

**Hyperhomocysteinämie**

Homocystein entsteht als Zwischenprodukt beim Abbau der schwefelhaltigen Aminosäure Methionin. Erhöhte Homocystein-Konzentrationen im Blut sind ein Risikofaktor für Herz-/Kreislauferkrankungen. Als Grund für den Anstieg im Alter ist eine eingeschränkte Nierenfunktion, ein Mangel an den Vitaminen $B_6$, $B_{12}$ und Folsäure, verschiedene Erkrankungen (z.B. Hypothyreose) sowie eine verstärkte Verabreichung von Medikamenten zu nennen. Auch Lebensstilfaktoren wie Rauchen und Alkoholkonsum tragen zu einer Erhöhung des Homocysteinspiegels bei [Elmadfa et al., 2003].

### 2.4.2 Prävention und Empfehlung

Empfehlungen, um das Krankheitsrisiko im Alter möglichst zu minimieren, basieren auf den Daten der HALE Studie (Healthy Ageing: a Longitudinal study in Europe population). Für dieses Projekt wurde das Datenmaterial von 3 vorangegangenen Studien, bei denen insgesamt 13 europäische Länder beteiligt waren, ausgewertet.

Die Empfehlungen lauten [Bogers et al., 2005]:

- Ein stabiles Körpergewicht aufrechterhalten

- Auf einen geringen systolischen Blutdruck (< 140 mmHg) und niedrigen Cholesterinspiegel (< 5 mmol/L) achten
- Bevorzugung einer mediterranen Ernährungsweise, die reich an Gemüse, Obst, Hülsenfrüchten und Fisch ist.
- Mindestens 30 Minuten körperliche Aktivität pro Tag
- Nicht rauchen
- Alkohol in moderaten Mengen

## 2.5 Vitamin $B_1$- Thiamin

Thiamin ist eine heterozyklische Verbindung. Die molekulare Struktur besteht aus einem Pyrimidin- und Thiazolring, die über eine Methylenbrücke miteinander verbunden sind (Abb. 3) [Ebermann und Elmadfa, 2008].
Aufgrund des quartären Stickstoffs des Thiazols weisen wasserlösliche Thiaminverbindungen ihre größte Stabilität im sauren Bereich auf. Im basischen pH- Bereich verändert sich die Struktur am Thiazolring und es entsteht die Thiolform des Thiamins. Diese Struktur lässt sich mit Oxidationsmitteln sehr leicht zum Thiochrom oxidieren, welches eine intensive Fluoreszenz aufweist. Diese Eigenschaft macht man sich bei der Bestimmung von Thiamin aus biologischem Material zunutze [Bitsch, 1997].

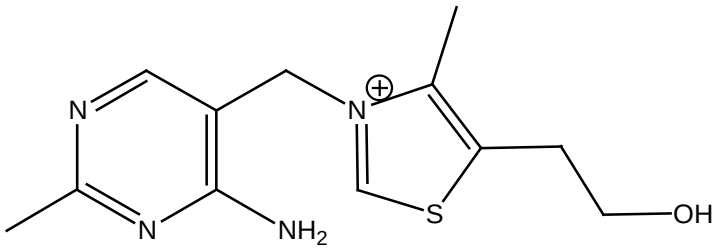



**Abb. 3: Chemische Struktur von Thiamin**

Unter dem Begriff Vitamin $B_1$ werden verschiedene Verbindungen mit Thiaminwirkung zusammengefasst. In der Natur kommen hauptsächlich Thiaminphosphate vor. Bei Thiamin ist die Strukturspezifität besonders stark ausgeprägt, d. h. schon kleinste Veränderungen im Molekülaufbau oder der Substituenten führen zu einem Funktionsverlust [Friedrich, 1987].

Gute pflanzliche Thiaminlieferanten sind alle Getreidearten (speziell die Randschichten sind reich an Thiamin), Hülsenfrüchte und Kartoffeln. Bei tierischen Lebensmitteln ist das Vitamin besonders in Innereien und Muskelfleisch zu finden. Schweinefleisch sticht als bester Lieferant hervor. Auch einige Fischsorten wie Scholle oder Aal enthalten nennenswerte Mengen an Vitamin $B_1$.
Da Thiamin gut wasserlöslich, thermolabil und oxidationsempfindlich ist, kommt es bei der Zubereitung zu durchschnittlichen Verlusten von 30 % [D-A-CH, 2000].

In der Darmmukosa wird das wasserlösliche Vitamin über einen aktiven, carrier-vermittelten Transport absorbiert. Freies Thiamin wird unter ATP- Verbrauch in Thiaminpyrophosphat umgewandelt und an Albumin gebunden zu den Zielzellen transportiert [Friedrich, 1987].
Die Speicherkapazität im Organismus ist mit ca. 25-30 mg (vorwiegend in Herz, Leber, Niere, Gehirn und Skelettmuskulatur) begrenzt und befindet sich zu ca. 40% in der Muskulatur. Wegen der geringen Speicherkapazität muss auf eine regelmäßige Zufuhr von Vitamin $B_1$ geachtet werden. Überschüssiges Thiamin wird mit dem Harn ausgeschieden [Bitsch, 1997].

Die Bedeutung von Thiamin als essentieller Nährstoff wurde als erstes innerhalb der Gruppe der wasserlöslichen Vitamine erkannt. Thiamin wirkt vorwiegend in der Form von Thiaminpyrophosphat (TPP) und ist als Coenzym bei vielen Reaktionen im Energiestoffwechsel beteiligt. Es spielt eine wichtige Rolle im Kohlenhydratstoffwechsel (mit Hilfe der Thiamin-abhängigen Pyruvatdehydrogenase wird Pyruvat, das Endprodukt der Glycolyse, in den

Citratzyklus eingeschleust) und im Nervengewebe. Ein wichtiges Thiamin-abhängiges Enzym ist die Transketolase, welche im Zytosol, sowie den festen Blutbestandteilen zu finden ist und eine bedeutende Rolle im Pentosephosphatzyklus spielt. Da die Transketolase sehr sensibel auf einen Thiaminmangel reagiert, ist sie ein guter Parameter zur Statusbestimmung [Elmadfa und Leitzmann 2004].

Der Bedarf an Vitamin $B_1$ ist nicht konstant und muss in Abhängigkeit zum Energieumsatz gesehen werden (ca. 0,5 mg Thiamin pro 1000 kcal pro Tag). Da im Alter der Energiebedarf sinkt, liegen die Empfehlungen für ältere Menschen etwas niedriger als für junge Erwachsene. Die empfohlene Zufuhr beträgt laut der D-A-CH– Referenzwerte für weibliche und männliche Personen ab 65 Jahren 1 mg Thiamin pro Tag [D-A-CH, 2000].

Ein Thiaminmangel verursacht in erster Linie Störungen im Kohlenhydratstoffwechsel. Bekanntestes Krankheitsbild ist die Beri-Beri, welche durch neurologische Ausfälle (Krämpfe, Lähmungen, Angstzustände), Ödeme, Herzmuskelschwäche und Skelettmuskelschwund gekennzeichnet ist [D-A-CH, 2000]. Die klassische Beri-Beri beschränkt sich zwar nur auf Entwicklungsländer, dennoch gibt es Gruppen, die besonders gefährdet sind einen Vitamin $B_1$-Mangel zu erleiden. Dazu zählen vorwiegend Alkoholkranke, da Stoffwechsel und Absorption des Thiamins stark gestört sind. Auch SeniorInnen haben ein erhöhtes Risiko für einen Vitamin $B_1$ Mangel. Dabei spielt eine einseitige Nahrungszufuhr aufgrund von Kau- und Schluckbeschwerden, schlecht sitzende Zahnprothesen, Probleme mit dem Einkaufen oder der Lebensmittelzubereitung, sowie Unverträglichkeiten oder Erkrankungen des Magen- Darm-Traktes, eine wesentliche Rolle. [Bitsch, 1997].
Bei einem Vitamin $B_1$ Mangel wird zusätzlich die Bildung von γ-Aminobuttersäure angeregt, was eine negative Auswirkung auf den Appetit hat [Combs 2008].

## 2.6 Vitamin $B_2$ – Riboflavin

Riboflavin besteht aus einem trizyklischen, stickstoffhaltigen Ringsystem (Isoalloxazin) mit einem Ribitylrest als Seitenkette (Abb. 4). Diese kann mit Phosphorsäure verestert werden. Riboflavin ist eine Komponente der prosthetischen Gruppe von verschiedenen Flavoenzymen wie z.B. die Glutathion-Reduktase [Bitsch, 1997].

Nahrungsriboflavin liegt hauptsächlich in Form der Coenzyme Flavinmononucleotid (FMN) und Flavinadenindinucleotid (FAD) vor. Wesentliche Nahrungsquellen sind Milch, Käse, Fleisch (besonders Leber und Niere), Eier, Getreideerzeugnisse und verschiedene Seefische. Riboflavin ist relativ hitzestabil, jedoch sehr empfindlich gegenüber Licht. Während der Lagerung und Verarbeitung kommt es zu Verlusten von bis zu 20% [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Die Absorption von Vitamin $B_2$ erfolgt über einen aktiven, Na-abhängigen Transport. Im Blut wird das Vitamin durch Bindung an Albumine oder Globuline befördert [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

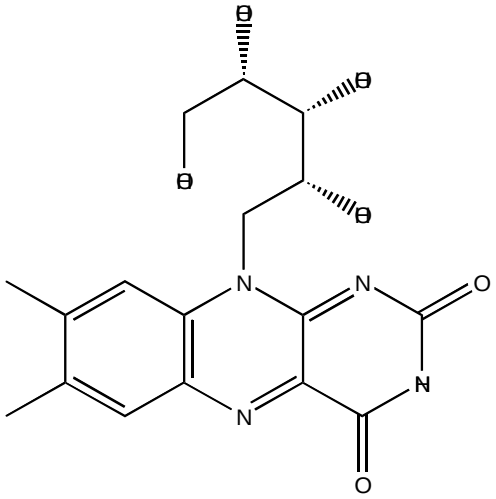



**Abb. 4: Chemische Struktur von Riboflavin**

Ebenso wie Vitamin $B_1$ besitzt es eine hohe Strukturspezifität, d.h. schon geringe Änderungen am Molekül führen zum Wirkungsverlust bzw. zur Bildung von Antivitaminen.

Riboflavin ist an zahlreichen Redoxreaktionen und an der Energieproduktion in der Atmungskette beteiligt. Als Bestandteil des Enzyms Gutathion-Reduktase spielt das Vitamin auch eine zentrale Rolle im oxidativen Stoffwechsel [D-A-CH, 2000].

Der Vitamin $B_2$-Bedarf beträgt 0,6 mg/1000 kcal. Bei einem verringerten Energiebedarf, wie das z.B. im Alter der Fall ist, sollte die Zufuhr aber die empfohlene Menge von 1,2 mg/Tag nicht unterschreiten [D-A-CH, 2000].

Ein Mangel, der in Industrieländern nur selten auftritt, führt zu entzündlichen Hautveränderungen, Wachstumshemmung und Anämien. Er beruht hauptsächlich auf unzureichender Aufnahme, Alkoholabusus und Krankheiten bzw. kann in Populationen, die keine Milchprodukte oder Fleisch verzehren, auftreten [Powers, 2003].

## 2.7 Vitamin $B_6$ – Pyridoxin

Vitamin $B_6$ ist eine Sammelbezeichnung für alle Vitamin-wirksamen 3-Hydroxy-2-methylpyridine. Die alkoholische Form wird als Pyridoxin (PN) (Abb.5), das Aldehyd als Pyridoxal (PL) und das Amin als Pyridoxamin (PM) bezeichnet. Sie unterscheiden sich nur durch die Restgruppe am C4. Diese ist verantwortlich für die Coenzymfunktion des Moleküls. Die drei chemischen Formen sind ineinander überführbar, können an der C5-Position phosphoryliert werden und besitzen somit dieselbe biologische Aktivität [Elmadfa und Leitzmann, 2004]. Hauptabbauprodukt ist die Pyridoxinsäure, die keine bekannte Stoffwechselfunktion hat und mit dem Urin ausgeschieden wird.

Das Vitamin kommt fast ubiquitär vor. Sehr gute Quellen sind Leber, Hühner- und Schweinefleisch, Fisch, verschiedene Gemüse, Kartoffeln, Vollkornprodukte, Hefen, Nüsse und Bananen. Der Zubereitungsverlust beträgt ca. 20%.

Vitamin $B_6$ wird durch passive Diffusion im gesamten Dünndarm resorbiert. Der Transport im Blut erfolgt gebunden an Albumin bzw. in den Erythrozyten gebunden an Hämoglobin. Der Großteil des Körperbestandes (80-90%) an Vitamin $B_6$ befindet sich in der Muskulatur [Zempleni, 1997].

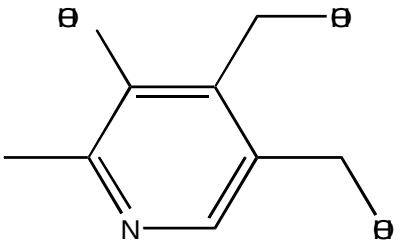



**Abb. 5: Chemische Struktur von Pyridoxin**

Vitamin $B_6$ ist im menschlichen Organismus an zahlreichen Stoffwechselfunktionen und diversen biochemischen Mechanismen wie Transaminierungen, Decarboxylierungen und Desaminierungen beteiligt. Diese Reaktionen finden fast alle im Aminosäurestoffwechsel statt [Ebermann und Elmadfa, 2008]. Neben der Bedeutung für den Proteinstoffwechsel übt Vitamin $B_6$ auch einen entscheidenden Einfluss auf die Immunantwort aus [Elmadfa und Leitzmann, 2004].

Der Bedarf an Vitamin $B_6$ ist abhängig von der Proteinzufuhr. Empfohlen werden 0,02 mg Vitamin $B_6$ pro g Protein. Bei Personen, die 65 Jahre oder älter sind, wird Frauen eine Zufuhr von 1,2 mg/Tag und Männern von 1,4 mg/Tag nahegelegt [D-A-CH, 2000].

Bei älteren Personen, die Medikamente gegen Hypertonie oder Parkinson nehmen, kann der Status an Vitamin $B_6$ beeinträchtigt sein. Auch bei Patienten,

die an chronischer Niereninsuffizienz leiden, ist der Bedarf erhöht [Friedrich, 1987].

Ein Vitamin $B_6$-Mangel geht häufig mit einem Mangel an anderen wasserlöslichen Vitaminen einher und äußert sich daher in wenig charakteristischen Symptomen. Er beginnt zumeist mit Entzündungen der Schleimhäute im Bereich des Kopfes (Cheilosis, Glossitis) und kann in weiterer Folge zu Appetitverlust, Durchfall und Erbrechen sowie Dermatitis, Anämien, Krampfzuständen und einer Degeneration der peripheren Nerven führen [Biesalski und Grimm, 2002].
Außerdem können bei einem Mangel an Vitamin $B_6$ verstärkt Depressionen auftreten. Grund dafür ist, dass Vitamin $B_6$ bei insuffizienter Versorgung nicht ausreichend für Neurotransmitter-produzierende Enzymsysteme zur Verfügung steht und dadurch auch der Tryptophanstoffwechsel bzw. die Serotoninproduktion gestört ist [Zempleni, 1997].

# 3 Material und Methoden

## 3.1 Studiendesign

Bei der Studie über den „Ernährungsstatus burgenländischer SeniorInnen“ handelt es sich um eine Zusammenarbeit der Burgenländischen Landesregierung mit dem Department für Ernährungswissenschaften der Universität Wien.
Aus allen Regionen des Burgenlandes wurden Probanden, die älter als 70 Jahre waren und sich selbstständig versorgten, miteinbezogen. An den laborchemischen Untersuchungen beteiligten sich einige SeniorInnen, die zuvor schon an der Ernährungserhebung teilgenommen hatten, die Rekrutierung der restlichen ProbandInnen erfolgte auf der Seniorenmesse in Eisenstadt, über verschiedenste Seniorengruppen sowie durch persönliche Kontakte.

Insgesamt 102 ProbandInnen erklärten sich zu Blutabnahmen bereit. Diese erfolgten von Mai bis Juni 2007 in den Bezirkshauptmannschaften von Jennersdorf, Güssing, Oberwart, Oberpullendorf, Mattersburg, Eisenstadt, Neusiedl und in Lockenhaus. Sie wurden von den jeweiligen AmtsärztInnen durchgeführt. Neben den Blut- wurden auch Spontanharnproben gesammelt, sowie Alter, Größe, Gewicht, Medikation, Supplementation, Beschwerden in Bezug auf die Nahrungsaufnahme und ein 24h-Recall erhoben.

## 3.2 StudienteilnehmerInnen

An der Studie nahmen insgesamt 102 ProbandInnen teil, wobei geringfügig mehr Frauen (n=57) als Männer (n=45) inkludiert waren. Dies entspricht auch ungefähr der statistischen Geschlechterverteilung in dieser Altergruppe.

Die ProbandInnen waren dem Alter entsprechend in guter körperlicher und geistiger Verfassung. Da es Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie war, nahmen nur sich selbständig versorgende SeniorInnen an der Statuserhebung teil.

52% der StudienteilnehmerInnen waren im Nordburgenland (Bezirke: Neusiedl am See, Eisenstadt, Mattersburg und Oberpullendorf) wohnhaft. 48% lebten im Südburgenland (Bezirke: Oberwart, Güssing und Jennersdorf) (Tab. 2).

**Tab. 2: Regionales Verteilungsmuster der StudienteilnehmerInnen**

| | Gesamtes Burgenland (n) | Nordburgenland (n) | Südburgenland (n) |
|---|---|---|---|
| Frauen | 57 | 28 | 29 |
| Männer | 45 | 25 | 20 |
| Gesamt | 102 | 53 | 49 |

Im Durchschnitt waren die StudienteilnehmerInnen 76 ± 4 Jahre alt. Unterteilt nach Geschlecht gab es bei Männern (75 ± 4 Jahre) und Frauen (76 ± 4 Jahre) lediglich einen geringfügigen Unterschied.

Der BMI betrug im Durchschnitt 28,0 ± 4,0 kg/m$^2$. Zwischen Frauen (27,8 ± 4,1 kg/m$^2$) und Männern (28,3 ± 4,0 kg/m$^2$) gab es keinen signifikanten Unterschied (Tab. 3).

**Tab. 3: Alter und BMI der ProbandInnen unterteilt nach Geschlecht**

| | Alter in Jahren (MW ± sd) | BMI in kg/m$^2$ (MW ± sd) | Anzahl (n) | Anteil (%) |
|---|---|---|---|---|
| Frauen | 76 ± 4 | 27,8 ± 4,1 | 57 | 55,9 |
| Männer | 75 ± 4 | 28,3 ± 4,0 | 45 | 44,1 |
| Gesamt | 76 ± 4 | 28.0 ± 4,0 | 102 | 100 |

Die TeilnehmerInnen aus dem Nordburgenland waren im Durchschnitt 75 ± 4 Jahre alt, diejenigen aus dem Südburgenland 76 ± 4 Jahre. Auch hier gab es keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zum Gesamtkollektiv.
Was den BMI betrifft, so konnte auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen dem Nord- (27,4 ± 3,6 kg/m$^2$) und dem Südburgenland (28,7 ± 4,4 kg/m$^2$) festgestellt werden (Tab. 4).

**Tab. 4: Alter und BMI der ProbandInnen unterteilt nach Nord- und Südburgenland**

| | Alter in Jahren (MW ± sd) | BMI in kg/m$^2$ (MW ± sd) | Anzahl (n) | Anteil (%) |
|---|---|---|---|---|
| Nordburgenland | 75 ± 4 | 27,4 ± 3,6 | 53 | 52 |
| Südburgenland | 76 ± 4 | 28,7 ± 4,4 | 49 | 48 |
| Gesamt | 76 ± 4 | 28,0 ± 4,0 | 102 | 100 |

Die teilnehmenden SeniorInnen wurden aufgrund ihres Alters in 3 Gruppen geteilt (Tab. 5).

**Tab. 5: Altersstruktur und BMI der StudienteilnehmerInnen**

| Alter | Frauen (n) | Männer (n) | Gesamt n (%) | BMI in kg/m$^2$ (MW ± sd) |
|---|---|---|---|---|
| 70-74 Jahre* | 24 | 24 | 48 (47,1%) | 28,9 ± 4,1 |
| 75-79 Jahre | 22 | 13 | 35 (34,3%) | 27,6 ± 3,7 |
| ≥80 Jahre | 11 | 8 | 19 (18,6%) | 26,7 ± 4,2 |
| Gesamt | 57 | 45 | 102 (100%) | 28,0 ± 4,0 |

* 70-74 Jährige: BMI > über 80 Jährige: $p<0,05$

Anhand der Bewertung nach dem BMI (siehe Kapitel 2.2.1) im untersuchten Gesamtkollektiv lagen 44,6% der SeniorInnen im Normalbereich. 16,8% der ProbandInnen wurden als untergewichtig und 38,6% als übergewichtig

klassifiziert. Ein Vergleich der Geschlechter zeigte nur geringe, nicht signifikante Unterschiede in der Häufigkeit des Auftretens von Untergewicht (Männer: 13,3%, Frauen: 19,6%) und Übergewicht (Männer: 37,8%, Frauen: 39,3%).

Der durchschnittliche BMI betrug 28,0 ± 4,0 kg/m$^2$. Zwischen den Geschlechtern sowie zwischen dem Nord- und dem Südburgenland konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Männer: 28,3 ± 4,0 kg/m$^2$, Frauen: 27,8 ± 4,1 kg/m$^2$; Nord: 27,4 ± 3,6 kg/m$^2$, Süd: 28,7 ± 4,4 kg/m$^2$).
Nur die Gesamtgruppe der 70-74-Jährigen wies mit 28,9 ± 4,1 kg/m$^2$ einen signifikant ($p<0,05$) höheren BMI-Wert auf als die Gruppe der ≥80-Jährigen (26,7 ± 4,2 kg/m$^2$).

## 3.3 Probengewinnung und Probenbehandlung

Für die laborchemischen Bestimmungen wurde den teilnehmenden Personen Venenblut im Nüchternzustand entnommen und Spontanharnproben gesammelt.
Das Probenmaterial wurde sofort nach den Entnahmen in einem Kühlbehälter nach Wien in das Institut für Ernährungswissenschaften transportiert. Die Analysen von Vitamin C und Kreatinin erfolgten noch am selben Tag.

**Vollblut**
Vollblut wurde zur Analyse des Blutbildes direkt den Blutabnahmeröhrchen entnommen.

**Plasma**
Da für die Bestimmung von Vitamin C plättchenreiches Plasma notwendig ist, wurden die Proben zuerst 10 Minuten lang bei 1000 U/min zentrifugiert und die benötigte Menge für die Bestimmung abgenommen. Danach wurde das

restliche Plasma für 15 Minuten bei 3000 U/min zentrifugiert. Das plättchenarme Plasma konnte anschließend in beschriftete Plastikcups pipettiert, mit Stickstoff begast und bei -80 Grad in speziellen Tiefkühlschränken tiefgefroren werden.

**Erythrozyten**

Die zurückbleibenden Erythrozyten wurden 3 x mit einem isotonischen Phosphatpuffer im Verhältnis 1:1 gewaschen. Danach wurden die Erythrozyten mit isotonischem Phosphatpuffer bzw. mit physiologischer NaCl (0,9%) versetzt, ebenfalls in Plastikcups abpipettiert, mit Stickstoff begast und bei -80 Grad tiefgefroren.

Zusammensetzung Phosphatpuffer (pH= ,4):

1,42 g $Na_2HPO_4$

7,27 g NaCl

0,19 g $Na_2$-EDTA

**Harn**

Im Harn wurde zuerst die Kreatininkonzentration bestimmt. Der Rest wurde wie das Plasma und die Erythrozyten für alle weiteren Bestimmungen in Cups portioniert, mit Stickstoff begast und eingefroren.

## 3.4 Erhobene Parameter und Qualitätssicherung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Plasmakonzentrationen der B-Vitamine $B_1$, $B_2$ und $B_6$, sowie deren Ausscheidung im Harn mittels HPLC bestimmt. Zusätzlich wurden die Aktivierungskoeffizienten von Vitamin $B_1$ (Transketolase), Vitamin $B_2$ (Glutathionreduktase) und Viamin $B_6$ (Glutamat-Oxalat-Tramsaminase) in den Erythrozyten gemessen.

Zur Qualitätssicherung wurden Mehrfachbestimmungen an immer derselben Probe durchgeführt (Intra Assay) und während jeder Analyse der Inter Assay ermittelt, um die Genauigkeit der Methode zu überprüfen (Tab. 6).

**Tab. 6: Variationskoeffizienten (VK) von Intra- und Inter Assay**

| Parameter | Methode | Intra-Assay VK (%) | Inter-Assay VK (%) |
|---|---|---|---|
| Vitamin $B_1$ | • Bestimmung von Thiamin im Plasma mittels HPLC | 3,0 | 3,7 |
| | • Thiaminausscheidung im Harn mittels HPLC | 2,9 | 3,8 |
| | • Photometrische Bestimmung der Transketolase in den Erythrozyten | 3,2 | 3,7 |
| Vitamin $B_2$ | • Bestimmung von Flavinadenin (FAD), | 2,9 | 3,8 |
| | • Flavinmononukleotid (FMN) und | 3,0 | 3,9 |
| | • Riboflavin (RF) im Plasma mittels HPLC | 2,8 | 3,8 |
| | • Riboflavinausscheidung im Harn mittels HPLC | 2,8 | 3,6 |
| | • Photometrische Bestimmung der Glutathionreduktase in den Erythrozyten | 2,1 | 2,4 |
| Vitamin $B_6$ | • Bestimmung von Pyridoxal-5-Phosphat im Plasma mittels HPLC | 1,8 | 2,2 |
| | • Pyridoxinsäureausscheidung im Harn mittels HPLC | 1,5 | 1,8 |
| | • Photometrische Bestimmung der Glutamat-Oxalat Transaminase in den Erythrozyten | 3,2 | 3,9 |

## 3.5 Parameter zur Bestimmung des Vitamin $B_1$-Status

### 3.5.1 Vitamin B1 im Plasma

#### 3.5.1.1 Prinzip der Bestimmung

Die Thiamin-Phosphat-Konzentration im Plasma wurde mittels Reversed Phase-HPLC und anschließender fluorimetrischer Detektion nach der Methode von Talwar bestimmt [Talwar et al., 2000]. Die Analyse wurde mit dem ClinRep® HPLC-Komplettkit der Firma RECIPE CHEMICALS + INSTRUMENTS GmbH, München durchgeführt.

#### 3.5.1.2 Durchführung der Bestimmung

Zuerst wurde eine definierte Probenmenge in einem Probenvorbereitungsgefäß mit einem Fällungsreagenz versetzt. Nach kurzem Mischen wurde die Probe zentrifugiert um höhermolekulare Bestandteile abzutrennen.
Nach der Zentrifugation wurde ein Aliquot des Überstandes abgenommen und in einem nachfolgenden Oxidationsschritt das Thiamin-Phosphat in Thiochrom umgewandelt. Dieses konnte nach chromatographischer Auftrennung als blauviolett fluoreszierende Verbindung detektiert werden (Abb. 6).

Die Proben wurden im letzten Schritt durch Ansäuern stabilisiert und in die HPLC- Anlage injiziert.
Um die Fluoreszenz-Ausbeute zu erhöhen wurde die mobile Phase hinter der analytischen Säule durch ein T-Verbindungsstück mit einem alkalischen Reagenz gemischt. Durch diese Signalverstärkung konnte eine verbesserte Detektionsempfindlichkeit erreicht werden.

Alle Arbeitsschritte erfolgten unter lichtgedämpften Bedingungen.

### 3.5.1.3 Geräte und Auswertung

| **Geräte und HPLC-Bedingungen bei der Vitamin $B_1$-Bestimmung** | |
|---|---|
| Säule | Merck LiChroCART® 125-4<br>HPLC- Cartridge<br>Cat 1.50943<br>LiChrosphor® 100<br>RP-18 (5µm)<br>Lot. L 54065717<br>No. 529966 |
| HPLC- Pumpe | Merck Hitachi LaChrom Pump L-7100 |
| Schlauchpumpe | Econo Pumpe, Model EP-1 |
| Integrator: | Merck Hitachi Integrator D- 7500 |
| <u>Flußrate:</u><br>Pumpe für mobile Phase<br>Pumpe für alkalisches Reagenz | <br>1 ml/min<br>0,1 ml/min |
| Injektionsvolumen | 50 µl |
| Säulentemperatur | 35°C |
| <u>Detektor:</u><br>Excitations-/ Emissionswellenlänge | <br>376/ 435 nm |
| Retentionszeit | 5 min |

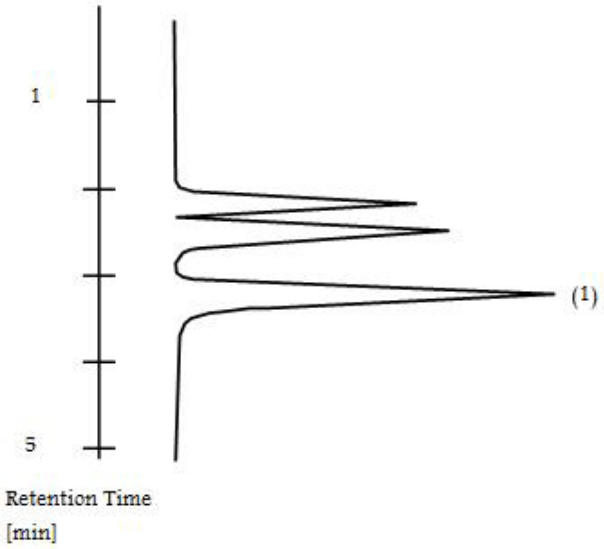



**Abb. 6: Chromatographische Trennung von Vitmanin $B_1$ (1), im Plasma**

Die untere Nachweisgrenze der Methode für TPP beträgt 0,5 µg/ml.
Die Probenkonzentration wurde über eine Thiaminstandardgerade mittels linearer Regression ausgewertet. Diese Gerade wurde über externe Standards einer Verdünnungsreihe anhand der Peak-Flächen erstellt. Um eine möglichst zuverlässige Auswertung zu garantieren, entsprach die Behandlung der Standards jener der Proben.

### 3.5.1.4 Beurteilung

Zur Beurteilung der Thiaminkonzentration im Plasma wurden die Referenzwerte von Weber und Kewitz herangezogen [Weber und Kewitz, 1985]. Demnach wurden Werte im Bereich von 6,6-43 nmol/l einem guten Status an Vitamin $B_1$ zugeordnet.

## 3.5.2 Vitamin $B_1$ im Harn

### 3.5.2.1 Prinzip der Bestimmung

Freies Thiamin konnte im Harm mittels Reversed Phase-HPLC und anschließender fluorimetrischer Detektion nach der Methode von Talwar bestimmt werden [Talwar et al., 2000]. Die Analyse wurde mit dem ClinRep® HPLC-Komplettkit der Firma RECIPE CHEMICALS + INSTRUMENTS GmbH, München, durchgeführt.

### 3.5.2.2 Durchführung der Bestimmung

Die Durchführung der Bestimmung erfolgte analog der Vitamin $B_1$-Analyse im Plasma (siehe Kapitel 3.5.1.2.).

### 3.5.2.3 Geräte und Auswertung

Die zur Vitamin $B_1$-Bestimmung im Harn verwendeten Geräte sowie die Auswertung der Resultate entsprachen denen der Plasmaanalysen (siehe Kapitel 3.5.1.3.). Die untere Nachweisgrenze der Methode für die Gesamtthiaminausscheidung liegt bei 0,2 µg/ml.

### 3.5.2.4 Beurteilung

Als Referenzwerte zur Beurteilung der Thiaminausscheidung im Harn wurde die Klassifikation nach Sauberlich herangezogen [Sauberlich, 1999]. (Tab. 7).

**Tab. 7: Referenzwerte zur Beurteilung der Thiamin-Konzentration im Plasma**

| Klassifikation | nmol Thiamin/ mmol Kreatinin |
|---|---|
| Normal (akzeptabel) | > 22 |
| Low (marginal) | 9,1 – 22 |
| Deficient (hohes Risiko) | < 9,1 |

### 3.5.3 Transketolase Aktivität in den Erythrozyten

#### 3.5.3.1 Prinzip der Bestimmung

Die Transketolase spielt als Enzym eine wichtige Rolle im Pentosephosphat-Zyklus. Sie dient dazu Hexosen und Pentosen zwecks Gewinnung von Pentosephosphat und NADPH ineinander umzuwandeln. Thiaminpyrophosphat (TPP) ist ein wichtiger Cofaktor der Transketolase.

Da die Tranketolase sehr sensibel auf einen Thiaminmangel reagiert, ist sie ein verlässlicher Parameter für die Bestimmung des Thiaminstatus.

#### 3.5.3.2 Reagenzien und Lösungen

Saponinlösung (0,025%)

25 mg Saponin (Firma Riedel de Haën Nr.16109) in 100 ml aqua dest. auflösen (Lösung im Kühlschrank aufbewahren und alle 2-3 Tage frisch herstellen).

Pufferlösung (pH 7,4)

3,58 g $K_2HPO_4$ x $3H_2O$ (Firma Fluka Nr.60349)

9,26 g KCL (Firma Riedel de Haën Nr.31248)

0,28 g NaCL (Firma Fluka Nr.71381)

0,296 g $MgSO_4$ x 7 $H_2O$ (Firma Riedel de Haën Nr.13142)

Alle Reagenzien werden jeweils in einer kleinen Menge Wasser (dest.) aufgelöst und dann gemeinsam auf 1000 ml aufgefüllt.
pH- Wert einstellen: 200 ml Puffer gibt man in ein Becherglas und titriert mit 0.1 N HCL auf pH 7,4 (gekühlt aufbewahren!).

Cocarboxylase (Thiamindiphosphat-chloride)
19,15 mg ThDP (Firma Sigma Nr. C8754) in 10 ml Puffer (pH 7,4) auflösen. Zu je 1 ml in Cups abpipettieren und bei -20°C einfrieren (mit dieser Menge können ca. 200 Analysen durchgeführt werden).

Ribose-5-Phosphatdinatriumsalz
100 mg Ribose-5-Phosphatdinatriumsalz (Firma Sigma Nr. R77501G) in 15 ml Puffer (pH 7,4) auflösen. Ebenfalls in Cups abfüllen und bei -20°C einfrieren (mit dieser Menge können ca. 30 Analysen durchgeführt werden).

TCA (15 % w/v)
15 g TCA (Firma Riedel de Haën Nr.33731) werden in 100 ml aqua dest. aufgelöst (im Kühlschrank aufbewahren).

$H_2SO_4$ (95-97 % p.a.)
21 ml $H_2O$ und 79 ml $H_2SO_4$ (Firma Fluka Nr.84720) werden vorsichtig (!) gemischt (kühl stellen).

### 3.5.3.3 Durchführung der Analyse

Für die Bestimmung der Transketolase werden gewaschene, mit physiologischer NaCl (0,9%)-Lösung versetzte Erythrozyten verwendet.
200 µl der Erythrozytensuspension werden mit 600 µl Saponinlösung versetzt, gut geschüttelt und für mindestens 15 Minuten im Dunkeln stehen gelassen, damit die Hämolyse der Erythrozyten stattfinden kann.

Pro Probe wurden 2 Analysenröhrchen vorbereitet und folgendes Pipettierschema eingehalten:

| Pipettierschema für die Bestimmung von Transketolse | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Probe** | **Hämo-lysat µl** | **Puffer µl** | **ThDP µl** | **Inkubation bei 37°C (Min)** | **R-5-P µl** | **Inkubation bei 37°C (Min)** | **TCA µl** |
| 1 | 2000 | 50 | - | 15 | 250 | 20 | 250 |
| 2 | 2000 | - | 50 | 15 | 250 | 20 | 250 |

Nach 15 Minuten Inkubation bei 37°C im Wasserbad wurden beide Röhrchen mit 250 µl Ribose-5-Phosphat versetzt und anschließend wieder für exakt 20 Minuten (Stoppuhr erforderlich!) in das Wasserbad gegeben. Die ablaufende Enzymreaktion wurde durch Zugabe von 250 µl TCA gestoppt.
Nach der Zentrifugation für 3 Minuten bei 3000 U/min wurden 200 µl des Überstandes in Glasröhrchen abpipettiert, mit 1 ml eisgekühlter $H_2SO_4$ versetzt, geschüttelt und 3 Minuten im Wasserbad auf 100°C erhitzt.
Die ablaufende Farbreaktion wurde durch 2-minütiges Verweilen im Eisbad gestoppt. Nach mind. 20 Minuten (Stabilisierung des Farbkomplexes), konnte die Farbintensität am Eppendorf-Photometer bei λ= 366 nm und λ= 405 nm gemessen werden.

### 3.5.3.4 Auswertung

Der Aktivierungskoeffizient der Transketolase (ETK) berechnet sich folgendermaßen:

$$\alpha\text{-ETK} = \Delta E_{ETK+} / \Delta E_{ETK-}$$

$\Delta E_{ETK} = E_{405} - E_{366}$

$\Delta E_{ETK+}$ = $\Delta$E mit ThDP

$\Delta E_{ETK-}$ = $\Delta$E ohne ThDP

Der TPP- Effekt berechnet sich aus:

$$TPP\ (\%) = (\alpha\text{-ETK} - 1) \times 100$$

#### 3.5.3.5 Bewertung

Die Analysenergebnisse wurden anhand der Klassifikation nach Sauberlich beurteilt [Sauberlich, 1999]. (Tab.8).

**Tab. 8: Referenzwerte zur Beurteiling der Tansketolaseaktivität**

| **Klassifikation** | **TPP Effekt** |
|---|---|
| Normal (akzeptabel) | 0 – 15 % |
| Low (marginal) | 16 – 24 % |
| Deficient (hohes Risiko) | > 25 % |

## 3.6 Parameter zur Bestimmung des Vitamin $B_2$-Status

### 3.6.1 Vitamin B2 im Plasma

#### 3.6.1.1 Prinzip der Bestimmung

Die Messung der $B_2$-Vitamere Flavin-Adenin-Dinucleotid (FAD), Flavin-Mononucleotid (FMN) und freies Riboflavin (RF) wurde fluorimetrisch nach der Methode von Capo-Chichi durchgeführt [CAPO-CHICHI et al., 2000].

### 3.6.1.2 Durchführung der Bestimmung

Im ersten Schritt der Bestimmung wurden die Plasmaproben mit TCA gefällt um eine Abtrennung höhermolekularer Substanzen zu bewirken. Anschließend wurden die Proben zentrifugiert und der Überstand in die HPLC injiziert. Nach entsprechender Auftrennung erfolgte die Detektion des Riboflavins mittels Fluoreszenzdetektor (Abb. 7).

### 3.6.1.3 Geräte und Auswertung

| **Geräte und HPLC-Bedingungen bei der Vitamin $B_2$-Bestimmung** | |
|---|---|
| Säule | Merck Reversed Phase LiChroCART® 250-4<br>Cat 1.51388<br>Nucleosil® 100-5-C18<br>Lot. 2018<br>No. 054668 |
| HPLC- Pumpe | Merck Hitachi LaChrom Pump L-7100 |
| Integrator: | Merck Hitachi Integrator D- 7500 |
| Flussrate:<br>Pumpe für mobile Phase | <br>0,8 ml/min |
| Injektionsvolumen | 50 µl |
| Säulentemperatur | 35°C |
| Detektor:<br>Excitations-/ Emissionswellenlänge | <br>445/ 530 nm |
| Retentionszeit | 7 min |

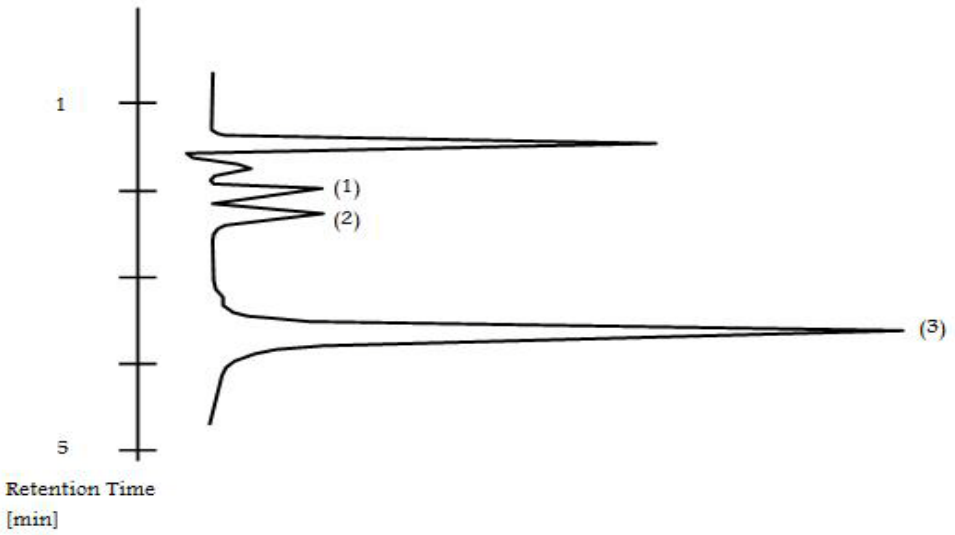



**Abb. 7: Chromatographische Trennung der B-Vitamere FAD (1), FMN (2) und RF (3) einer Plasmaprobe**

Die Nachweisgrenze der Methode wird mit 0,1 ng $B_2$/ml angegeben [Bitsch, 1997]. Die Probenkonzentration von FAD, FMN und RF wurden jeweils über eine Standardgerade mittels linearer Regression ausgewertet. Diese Gerade wurde über externe Standards einer Verdünnungsreihe anhand der Peak-Flächen erstellt. Um eine möglichst zuverlässige Auswertung zu garantieren, entsprach die Behandlung der Standards jener der Proben.

### 3.6.1.4 Beurteilung

Die Ergebnisse wurden anhand der Referenzwerte von Hustad beurteilt [Hustad et al., 1999]. (Tab. 9)

**Tab. 9: Referenzwerte zur Beurteilung von Vitamin $B_2$ im Plasma**

| **Vitamin $B_2$** | **Referenzbereich** |
|---|---|
| FAD | 44,5 – 78,1 nmol/l |
| FMN | 3,5 – 13,3 nmol/l |
| Freies Riboflavin | 2,7 – 42,5 nmol/l |

## 3.6.2 Vitamin $B_2$ im Harn

### 3.6.2.1 Prinzip der Bestimmung

Die fluorimetrische Messung der Ausscheidung von freiem Riboflavin erfolgte nach der HPLC- Methode von Capo-Chichi [Capo-Chichi et al., 2000].

### 3.6.2.2 Durchführung der Bestimmung

Die Durchführung der Bestimmung erfolgte analog der Vitamin $B_2$-Analyse im Plasma (siehe Kapitel 3.6.1.2.; siehe Abb. 8)

### 3.6.2.3 Geräte und Auswertung

Die zur Vitamin $B_2$-Bestimmung im Harn verwendeten Geräte sowie die Auswertung der Resultate entsprachen denen der Plasmaanalysen (siehe Kapitel 3.6.1.3.).

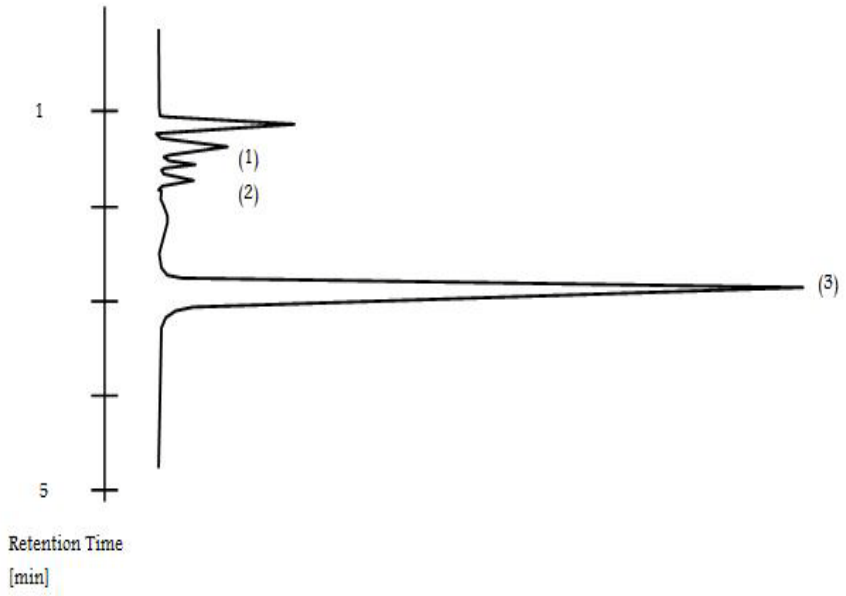



**Abb. 8: Chromatographische Trennung von freiem Riboflavin im Harn**

### 3.6.2.4 Beurteilung

Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte anhand der Referenzwerte von Sauberlich [Sauberlich, 1999]. (Tab.10)

**Tab. 10: Referenzwerte zur Beurteilung von Vitamin $B_2$ im Harn**

| **Klassifikation** | **nmol Riboflavin/ mmol Kreatinin** |
|---|---|
| Normal (akzeptabel) | > 24 |
| Low (marginal) | 8 – 24 |
| Deficient (hohes Risiko) | < 8 |

## 3.6.3 Glutathion-Reduktase-Aktivität in den Erythrozyten

### 3.6.3.1 Prinzip der Bestimmung

Riboflavin (Vitamin $B_2$) ist Teil des Coenzyms Flavin- Adenin- Dinucleotid (FAD). Die Glutathion-Reduktase ist ein Flavoenzym mit FAD als prosthetischer Gruppe, das an Redoxreaktionen beteiligt ist. Sie katalysiert in den Erythrozyten die Regenerationsreaktion des oxidierten Glutathions.

$$NADPH + H^+ + GSSG \rightarrow NADP^+ + 2\ GSH$$

Da bei dieser Reduktion $NADPH_2$ verbraucht wird, kann dessen Abnahme während der Reaktion photometrisch gemessen werden.
Bei Riboflavinmangel stimuliert die Zugabe von FAD die enzymatische Aktivität der Glutathion-Reduktase, d. h. je größer die prozentuale Stimulierung durch additives FAD ist, umso größer ist der Mangel an Vitamin $B_2$.

### 3.6.3.2 Reagenzien und Lösungen

<u>Kaliumphosphatpuffer 0,1 M (pH 7,4)</u>

Bestehend aus zwei 0,1 M Kaliumphosphatlösungen

A: 3,4025 g Kaliumphosphat primär ($KH_2PO_4$) (Firma Riedel de Haën Nr.04245) in aqua dest. lösen und auf 250 ml auffüllen.

B: 22,80 g Kaliumphosphat sekundär ($K_2HPO_4$ x $3H_2O$) (Firma Riedel de Haën Nr.04248) in aqua dest. lösen und auf 100 ml auffüllen.

Vor dem Mischen müssen die Lösungen auf Zimmertemperatur gebracht werden. Ca. 100 ml Lösung B werden in ein Becherglas gegeben und mit

Lösung A auf einen pH von 7,4 eingestellt (der Puffer ist gekühlt ca. 14 Tage haltbar).

EDTA- Lösung

3.0 g Triplex (Ethylendiamintetraessigsäure- Dinatriumsalz- Dihydrat) (Firma Riedel de Haën Nr.27285) werden in 100 ml aqua dest. gelöst (diese Lösung ist im Kühlschrank ca. 2 Wochen haltbar).

Natriumhydrogencarbonat 1%

10 g $NaHCO_3$ (Firma Fluka Nr.71628) werden in aqua dest. gelöst und auf 1000 ml aufgefüllt (ist gekühlt mindestens 1 Jahr haltbar).

Saponinlösung

300 mg Saponin (Firma Riedel de Haën Nr.16109) in isotonischer Kochsalzlösung (0,85%) lösen und auf 100 ml auffüllen (gekühlt 2 Tage haltbar).

$NADPH_2$- Lösung (2,89 mmol/l)

24,1 mg $NADPH_2$ (Firma Biochemika Nr.93220) werden in 10 ml Natriumhydrogencabonatlösung (1%) gelöst, gut gemischt und auf Eis gestellt (muss täglich frisch hergestellt werden).

FAD- Lösung (100 mol/l)

1 mg FAD (Firma Sigma Nr.F6625) wird eingewogen, in 12 ml aqua dest. gelöst und dunkel und kühl gestellt (gehört täglich frisch zubereitet).

GSSG- Lösung (49 mmol/l)

300,2 mg Glutathion (oxidiert) (Firma Sigma Nr.G4626) wird eingewogen und in 10 ml Natronlauge (2 g/l) (Firma Riedel de Haën Nr.06203) gelöst. Gut mischen und in ein Eisbad stellen (täglich frisch ansetzen).

Von unseren Proben wurden jeweils 100 µl gepackte Erythrozyten mit 450 µl Kochsalzlösung versetzt und in Plastikcups bei -80°C eingefroren (die Haltbarkeit beträgt mindestens 1 Jahr).

#### 3.6.3.3 Durchführung der Analyse

Zur Bestimmung der EGR wird eine Erythrozytensuspension in physiologischer NaCl (0,9%) verwendet. Diese wird nach dem Auftauen mit 50 µl Saponin versetzt, gut geschüttelt und 20 min im Dunkeln stehen gelassen. Dieser Vorgang dient der Hämolyse der Erythrozyten.

Die Proben wurden 1:24 verdünnt und bis zur Messung bei Dunkelheit im Eisbad aufbewahrt.
Pro Probe wurden 2 Analysenröhrchen vorbereitet (eines für die Zugabe von FAD, das andere wurde stattdessen mit der gleichen Menge Wasser versetzt).

Folgendes Pipettierschema wurde angewendet:

**Pipettierschema für die Glutathion-Reduktase**

| Probe | Puffer µl | EDTA µl | Hämolysat µl | GSSG µl | FAD µl | Aqua dest. µl |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mit FAD | 2000 | 50 | 100 | 100 | 100 | -- |
| Ohne FAD | 2000 | 50 | 100 | 100 | -- | 100 |

Nach Zugabe aller Reagenzien wurden die Röhrchen am Vortex gut geschüttelt und 15 min bei 37°C im Wasserbad vorinkubiert. Anschließend wurden beide Eprouvetten jeweils mit 100 µl $NADPH_2$- Lösung versetzt (Start der Reaktion), gut geschüttelt und gemessen.

Die Messung erfolgte am Eppendorf-Photometer bei λ=334 nm nach 2 min Vorreaktion. Die Messzeit betrug 5 min während des linearen Verlaufs der Reaktion.

#### 3.6.3.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgte mittels PC im online Betrieb (Eppen. Bas. Obj. - Software)

Der Aktivierungskoeffizient (AK) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$AK = \Delta E \text{ mit FAD} / \Delta E \text{ ohne FAD} = \alpha\text{-EGR}$$

#### 3.6.3.5 Bewertung

Zur Beurteilung des Versorgungsstandes wurden die Referenzwerte nach Sauberlich herangezogen [Sauberlich, 1999]. (Tab. 11)

**Tab. 11: Referenzwerte zur Beurteilung der Glutathion-Reduktase-Aktivität**

| **Klassifikation** | **α-EGR** |
|---|---|
| Normal (akzeptabel) | < 1,20 |
| Low (marginal) | 1,20- 1,40 |
| Deficient (hohes Risiko) | > 1,40 |

# 3.7 Parameter zur Bestimmung des Vitamin $B_6$-Status

## 3.7.1 Vitamin B6 im Plasma

### 3.7.1.1 Prinzip der Bestimmung

Die Bestimmung von Pyridoxal-5-Phosphat (P-5-P) im Plasma erfolgte mittels Reversed Phase-HPLC und anschließender fluorimetrischer Detektion mit einem Testkitt der Firma IMMUNDIAGNOSTIK AG.

### 3.7.1.2 Durchführung der Bestimmung

Zuerst fand eine Fällung der Probe statt, um höhermolekulare Bestandteile abzutrennen. Nach dem Zentrifugieren der Probe wurde der Überstand abgenommen und ein Derivatisierungsreagenz dazugegeben, wodurch Vitamin $B_6$ zu einem fluoreszierenden Produkt umgesetzt wurde. Dieses konnte nach Auftrennung mittels HPLC mit einem Fluoreszenzdetektor nachgewiesen werden (Abb. 9).

### 3.7.1.3 Geräte und Auswertung

| **Geräte und HPLC-Bedingungen bei der Vitamin $B_6$-Bestimmung** | |
|---|---|
| Säule | Merck LiChroCART® 125-4<br>Cat 1.50943<br>LiChrosphor® 100<br>RP-18 (5µm)<br>Lot. L 54065717<br>No. 529966 |

| | |
|---|---|
| HPLC- Pumpe | Merck Hitachi LaChrom Pump L-7100 |
| Integrator: | Merck Hitachi Integrator D- 7500 |
| Flussrate:<br>Pumpe für mobile Phase | <br>1ml/min |
| Injektionsvolumen | 50 µl |
| Säulentemperatur | 30°C |
| Detektor:<br>Excitations-/ Emissionswellenlänge | <br>320/ 415 nm |
| Retentionszeit | 10 min |

Die untere Nachweisgrenze der Methode lag bei 0,2 ng/ml.
Die Probenkonzentration von Vitamin $B_6$ wurde über eine Standardgerade mittels linearer Regression ausgewertet. Diese Gerade wurde über externe Standards einer Verdünnungsreihe anhand der Peak-Flächen erstellt. Die Behandlung der Standards entsprach jener der Proben, um eine möglichst zuverlässige Auswertung zu garantieren.

#### 3.7.1.4 Beurteilung

Der Referenzbereich für Pyridoxal-5-Phosphat im Plasma liegt zwischen 20-134 nmol/l [Edwards et al., 1989].

### 3.7.2 Vitamin $B_6$ im Harn

#### 3.7.2.1 Prinzip der Bestimmung

Die Bestimmung von Pyridoxinsäure im Harn erfolgte mit einer Reversed Phase-HPLC und anschließender fluorimetrischer Detektion. Die Analyse wurde mit einem Testkit der Firma IMMUNDIAGNOSTIK AG durchgeführt.

### 3.7.2.2 Durchführung der Bestimmung

Die Durchführung der Bestimmung erfolgte analog der Vitamin $B_6$-Analyse im Plasma (siehe Kapitel 3.7.1.2.).

### 3.7.2.3 Geräte und Auswertung

Die zur Vitamin $B_6$-Bestimmung im Harn verwendeten Geräte sowie die Auswertung der Resultate entsprachen denen der Plasmaanalysen (siehe Kapitel 3.7.1.3.).

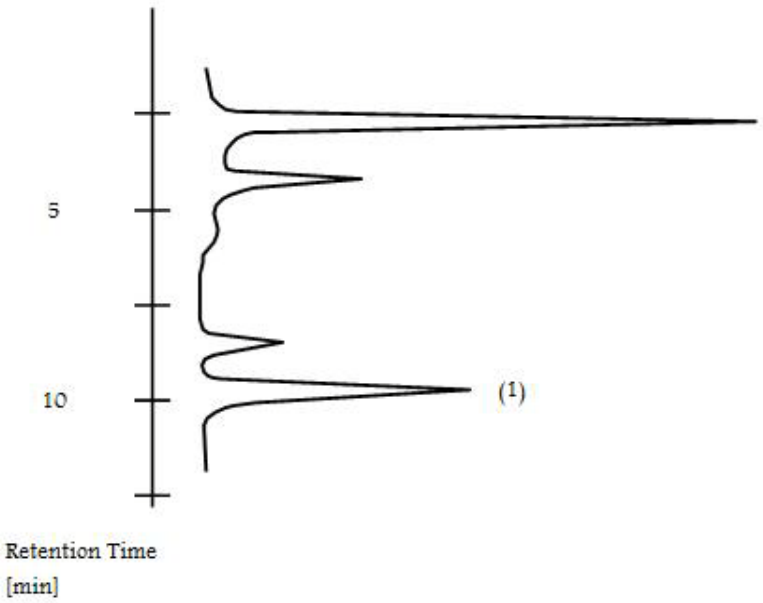



**Abb. 9: Chromatographische Trennung von Vitamin $B_6$ (1) im Harn**

### 3.7.2.4 Beurteilung

Zur Beurteilung der Pyridoxinsäureausscheidung dienten die Referenzwerte von Chrisley mit einem Referenzbereich von 110-2500 nmol/mmol Kreatinin

[Chrisley et al., 1991] und von Sauberlich welcher mit einem Wert von >5 µmol/Tag einen guten Status definiert [Sauberlich, 1999].

### 3.7.3 Glutamat- Oxalacetat- Transaminase Aktivität (Eryhrozyten)

#### 3.7.3.1 Prinzip der Bestimmung

Die Glutamat-Oxalacetat-Transaminase katalysiert die Transaminierungs-reaktion von α-Ketoglutarat und L-Aspartat zu Oxalacetat und L-Glutamat:

$$\text{L-Asp} + \text{2-Oxoglutarat} \xrightarrow{\text{GOT}} \text{OAA} + \text{L-Glutamat}$$

Mit Hilfe von $NADH_2$ und dem Enzym Malatdehydrogenase wird das entstehende Oxalacetat zu L-Malat und NAD umgesetzt.

$$\text{OAA} + \text{NADH}+\text{H}^+ \xrightarrow{\text{MDH}} \text{Malat} + \text{NAD}^+$$

Die $NADH_2$-Abnahme kann photometrisch gemessen werden. Eine Darstellung des Vitamin $B_6$- Status ergibt sich aus dem Aktivitätsunterschied der Probe mit und ohne Zugabe von Pyridoxal-5-Phosphat (P-5-P).

#### 3.7.3.2 Reagenzien und Lösungen

<u>Triäthanolamin-Asparagin-Puffer</u>

A: Asparaginsäure (0,5 M)

33,25 g Asparaginsäure (Firma Fluka Nr.11189) in ca. 70 ml aqua dest. lösen und unter Rühren 60 ml 4 N NaOH dazugeben (bei Bedarf auf 50°C erhitzen). Mit 1 N NaOH unter Rühren auf pH 7,5 einstellen und mit aqua dest. auf 500 ml aufüllen.

B: Triäthanolaminhydrochlorid (0,1 M)

9,3 g Triäthanolaminhydrochlorid (Firma Böhringer Mannheim Nr.127426) in aqua dest. lösen und 1 g $Na_2$EDTA (Firma Riedel de Haën Nr.27285) zugeben. Mit 1 N NaOH unter Rühren auf pH 7,5 einstellen und mit aqua dest. auf 500 ml auffüllen.

Die Herstellung der benötigten Menge an Puffer erfolgt durch Mischen der beiden Reagenzien im Verhältnis 1:1 (im Kühlschrank ca. 14 Tage haltbar).

Oxoglutarsäure (0,2 M)

5,84 g Oxoglutarsäure (Firma Merck Nr.5194) in aqua dest. lösen, mit 1 N NaOH auf pH 6,8 titrieren und auf 200 ml auffüllen (gekühlt ca. 14 Tage haltbar).

Malat-Dehydrogenase-Suspension (MDH)

MDH (Firma Roche Nr.11516032) mit Puffer im Verhältnis 1:100 mischen: z.B. 10 µl MDH + 990 µl Puffer (täglich frisch herstellen).

$NADH_2$ (0,01 M)

7 mg $NADH_2$ (Firma Roche Nr.12910238) in 1 ml Puffer lösen (täglich frisch herstellen).

Pyridoxal-5-Phosphat (0,01 M)

2 mg P-5-P (Firma Sigma Nr. P9255) in 1 ml Puffer lösen (täglich frisch herstellen).

Saponinlösung

300 mg Saponin (Firma Riedel de Haën Nr.16109) in 100 ml isotonischer Kochsalzlösung (0,85 %) lösen (gekühlt 2-3 Tage haltbar).

### 3.7.3.3 Durchführung der Analyse

Nach der Hämolyse der Erythrozytensuspension in physiologischer NaCl (0,9%) durch Zugabe der Saponinlösung wurden die Probe verdünnt (200 µl Hämolysat + 500 µl aqua dest.).
Pro Probe wurden 2 Analysenröhrchen vorbereitet und folgendes Pipettierschema angewendet:

**Pipettierschema für die Glutamat-Oxalacetat-Transaminase**

| Probe | Puffer µl | Hämolysat µl | MDH µl | NADH µl | P-5-P µl | Aqua dest. µl |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mit P-5-P | 2000 | 100 | 50 | 50 | 20 | -- |
| Ohne P-5-P | 2000 | 100 | 50 | 50 | -- | 20 |

Anschließend wurden die Röhrchen gut geschüttelt und für 15 Minuten bei 37°C ins Wasserbad gestellt. Danach wurden die Proben mit 200 µl Oxoglutarat versetzt, wieder gut geschüttelt und gemessen.
Die Messung erfolgte nach 3 Minuten Vorreaktion bei λ=334 nm am Eppendorf Photometer gegen eine Mischung aus Hämolysat und aqua dest. Gemessen wurde 5 Minuten während des linearen Verlaufs der Reaktion.

### 3.7.3.4 Auswertung

Die Auswertung erfolgte mittels PC im online Betrieb (Eppen. Bas. Obj. - Software)
Der Aktivierungskoeffizient (AK) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$AK = \Delta E \text{ mit P-5-P} / \Delta E \text{ ohne P-5-P} = \alpha\text{-EGOT}$$

#### 3.7.3.5 Bewertung

Zur Beurteilung des Versorgungsstandes wurden die Referenzwerte nach Sauberlich herangezogen [Sauberlich, 1999]. (Tab. 12)

**Tab. 12: Referenzwerte zur Beurteilung der Glutamat-Oxalacetat-Transaminase-Aktivität**

| **Klassifikation** | **α-EGOT** |
|---|---|
| Normal (akzeptabel) | < 1,75 |
| Low (marginal) | 1,75- 1,80 |
| Deficient (hohes Risiko) | > 1,85 |

## 3.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Analysenergebnisse erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS 15.0 für Windows.
Um die einzelnen Parameter auf Normalverteilung und Varianzhomogenität zu überprüfen, wurde zuerst der Kolmogorov-Smirnoff-Test angewandt.

Bei normalverteilten Daten erfolgte der Mittelwertvergleich mit dem t-Test für unabhängige Stichproben. Für nicht normalverteilte Datensätze wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Die signifikanten Mittelwertunterschiede wurden in 3 verschiedene Niveaus unterteilt:

* $p < 0.05$ ……signifikant
** $p < 0.01$ ……hoch signifikant
*** $p < 0.001$ ….höchst signifikant

Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parametern wurden bei Normalverteilung mittels Korrelationsanalyse nach Pearson bestimmt. Wenn keine Normalverteilung vorlag, wurde nach Spearman ausgewertet.

Geprüft wurden:

- Das Gesamtkollektiv
- Unterschied zwischen den Geschlechtern
- Regionale Unterschiede (Nord- und Südburgenland)
- Unterschiede zwischen 3 Altersgruppen (70-74 Jahre, 75-79 Jahre und ≥80 Jahre)

Die Mittelwerte des Gesamtkollektivs, sowie die der einzelnen Gruppen sind in den Tabellen I bis VII im Anhang zu finden.

# 4 Ergebnisse und Diskussion

## 4.1 Vitamin $B_1$

Mittelwerte (MW), Standardabweichung (sd), Minimum- und Maximalwerte der einzelnen Bestimmungen von Vitamin $B_1$ sind in der nachstehenden Tabelle angegeben (Tab. 13).

**Tab. 13: Vitamin $B_1$-Statusparameter des Gesamtkollektivs unterteilt nach Geschlecht**

| Parameter | | MW ± sd | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| Vitamin $B_1$ im Plasma [nmol/l] | weiblich** | 14,48 ± 6,94 | 5,90 | 39,88 |
| | männlich | 10,86 ± 4,43 | 5,40 | 26,42 |
| | gesamt | 12,92 ± 6,23 | 5,40 | 39,88 |
| Vitamin $B_1$ im Harn [nmol/mmol Kreatinin] | weiblich | 71,43 ± 64,88 | 16,06 | 410,90 |
| | männlich | 38,89 ± 19,38 | 13,49 | 99,99 |
| | gesamt | 56,70 ± 52,08 | 13,49 | 410,90 |
| ETK [TPP-Effekt(%)] | weiblich | 14,84 ± 6,94 | 2,25 | 35,71 |
| | männlich | 16,22 ± 8,48 | 3,80 | 36,56 |
| | gesamt | 15,44 ± 7,59 | 2,25 | 36,56 |

** Vitamin $B_1$ im Plasma: Frauen > Männer: $p<0,01$

ETK= erythrozytäre Transketolase

### 4.1.1 Vitamin $B_1$-Aufnahme

Die Vitamin $B_1$- Aufnahme wurde anhand eines 24h-Recalls ermittelt und betrug durchschnittlich 0,8 ± 0,37 mg/d. Dieser Wert liegt knapp unterhalb des empfohlenen DACH-Referenzwertes von 1 mg/d [D-A-CH, 2000].

Die Frauen des untersuchten Gesamtkollektivs nahmen durchschnittlich 0,75 ± 0,37 mg/d, die Männer 0,85 ± 0,37 mg/d auf. Ein signifikanter Unterschied war nicht festzustellen.
Im Nordburgenland lag die Vitamin $B_1$-Aufnahme bei 0,76 ± 0,31 mg/d, im Süden bei 0,83 ± 0,43 mg/d - es zeigte sich keine signifikante Differenz.
Auch die einzelnen Altergruppen unterschieden sich im Hinblick auf die Vitamin $B_1$-Aufnahme kaum voneinander. Diese betrug bei den 70-74-Jährigen 0,81 ± 0,38 mg/d, bei den 75-79-Jährigen 0,82 ± 0,39 d/mg und bei den ≥80-Jährigen 0,74 ± 0,33 mg/d.

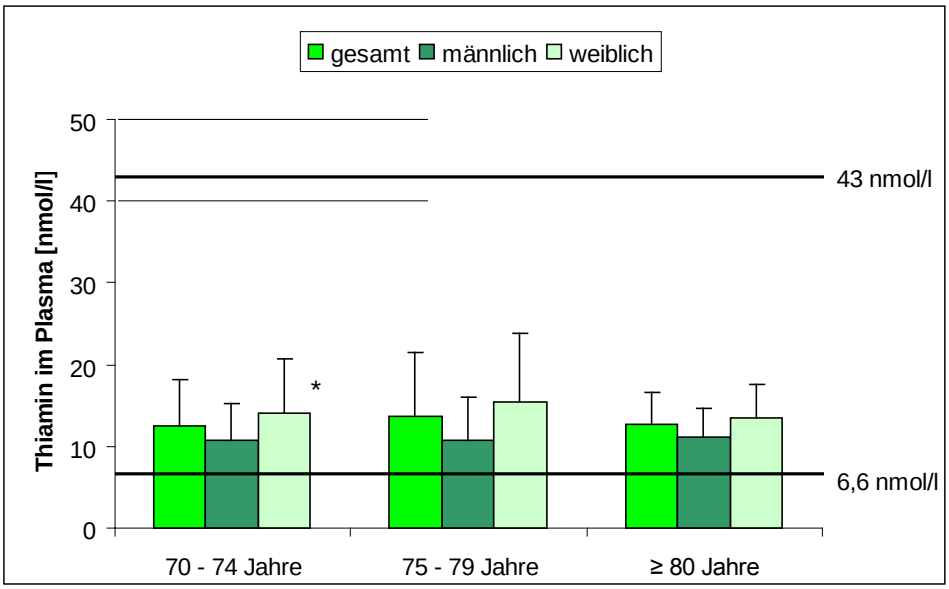
### 4.1.2 Thiamin-Konzentration im Plasma

Die durchschnittliche Thiamin-Plasamkonzentration der SeniorInnen des Gesamtkollektivs lag mit 12,92 ± 6,23 nmol/l durchaus im Referenzbereich von 6,6-43 nmol/l [Weber und Kewitz, 1985], wobei Schwankungen von 5,40 nmol/l bis 39,88 nmol/l erfasst werden konnten.

Im Gesamtkollektiv zeigte sich, dass burgenländische Frauen mit 14,48 ± 6,94 nmol/l signifikant ($p<0,01$) bessere Werte als burgenländische Männer (10,86 ± 4,43 nmol/l) aufwiesen.

Die StudienteilnehmerInnen wurden in 3 Altergruppen unterteilt: 70-74 Jahre (12,46 ± 5,78 nmol/l), 75-79 Jahre (13,74 ± 7,72 nmol/l) und ≥80 Jahre (12,61 ± 3,99 nmol/l). Zwischen den einzelnen Gruppen wurde gesamt betrachtet aber kein signifikanter Unterschied des Thiaminplasmalevels festgestellt (Abb. 10).

Einzig in der Gruppe der 70-74-Jährigen konnte bei den Frauen (14,14 ± 6,15 nmol/l) ein signifikant besserer Vitamin $B_1$-Wert ($p<0,05$) eruiert werden als bei den Männern (11,29 ± 5,13). In den anderen beiden Altersgruppen (gesamt) wurden keine signifikanten Differenzen zwischen den Geschlechtern erfasst.




* 70-74-jährige Frauen > 70-74-jährige Männer: p<0,05

**Abb. 10: Thimaminkonzentrationen im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Die Auswertung der Daten nach regionalen Aspekten ließ keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Nord- und dem Südburgenland erkennen. Die Konzentration an Vitamin $B_1$ des Gesamtkollektivs betrug im Norden 13,89 ± 6,84 nmol/l, im Süden 11,8 ± 5,36 nmol/l.

Ein Vergleich der Geschlechter im Nord- und im Südburgenland zeigte, dass sowohl im Nord- als auch im Südburgenland die Vitamin $B_1$-Plasmakonzentration der Frauen (N: 15,84 ± 7,60 nmol/l, S: 13,19 ± 6,08 nmol/l) signifikant ($p<0,05$) höher lag als die der Männer (Nord: 11,64 ± 5,12 nmol/l, Süd: 9,87 ± 3,23 nmol/l).

Zwischen den Altergruppen des Nordburgenlandes sowie des Südburgenlandes waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar (Nord: 70-74 Jahre: 12,54 ± 5,67 nmol/l, 75-79 Jahre: 15,66 ± 8,75 nmol/l, ≥80 Jahre: 13,65 ± 3,03 nmol/l; Süd: 70-74 Jahre: 12,38 ± 6,02 nmol/l, 75-79 Jahre: 10,99 ± 5,06 nmol/l, ≥80 Jahre: 11,95 ± 4,51 nmol/l).

Eine signifikante Differenz zwischen den Geschlechtern innerhalb der einzelnen Altergruppen war sowohl im Nord- als auch im Südburgenland nicht zu erkennen.

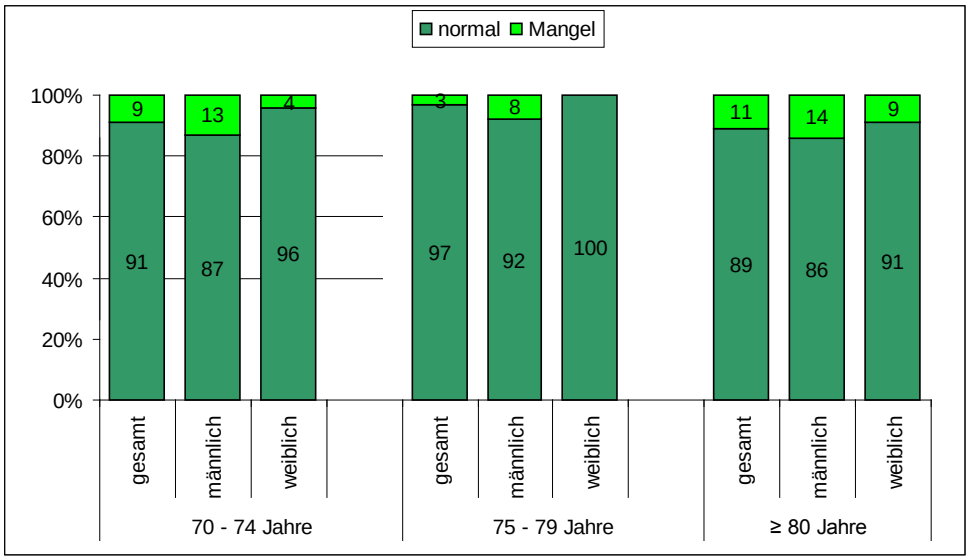



**Abb. 11: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Thiamin-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

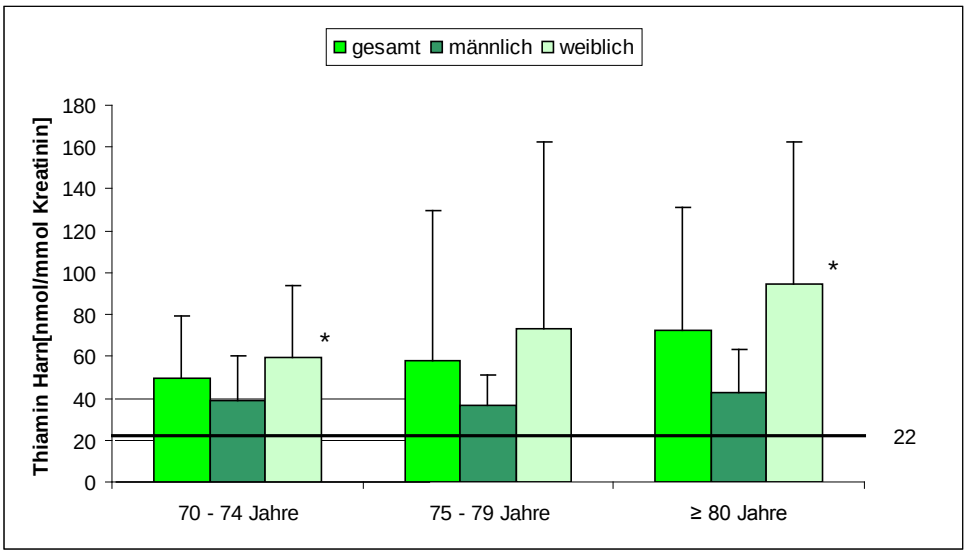
Die Beurteilung der Thiaminkonzentration im Plasma nach Weber und Kewitz [1985] zeigte bei 93% der burgenländischen SeniorInnen einen zufrieden stellenden und bei 7% einen unzureichenden Versorgungszustand, wobei die Frauen des Gesamtkollektivs mit 97% einen besseren Status aufwiesen als die männlichen Teilnehmer (88%).

Eine genauere Analyse zeigte, dass in jeder Altersgruppe die Frauen mit einem etwas höheren Prozentsatz als die Männer im Normalbereich lagen (Abb. 11). Bei den 70-74-Jährigen waren 87% der Männer und 96% der Frauen über dem Referenzwert von >6,6 nmol/l. Bei den 75-79-Jährigen waren es 92% der Männer und 100% der Frauen und bei den ≥80-Jährigen befanden sich 86% der Männer und 91% der Frauen im Normalbereich.

### 4.1.3 Thiaminausscheidung im Harn

Der Referenzbereich für die Thiaminausscheidung liegt laut Sauberlich [1999] bei >22 nmol/mmol Kreatinin. Die Durchschnittskonzentration an Vitamin $B_1$ im Harn der burgenländischen SeniorInnen lag mit 56,70 ± 52,08 nmol/mmol Kreatinin darüber und bewegte sich zwischen minimal 13,49 und maximal 410,90 nmol/mmol Kreatinin.
Unter Berücksichtigung des Geschlechts zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$). Die Frauen hatten im Durchschnitt mit 71,41 ± 64,88 nmol/mmol Kreatinin höhere Werte als die Männer (38,89 ± 19,38 nmol/mmol Kreatinin).

Unter Berücksichtigung der einzelnen Altersgruppen (gesamt) konnten keine signifikanten Unterschiede (70-74 Jahre: 49,30 ± 30,05 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 58,28 ± 71,65 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 72,75 ± 58,48 nmol/mmol Kreatinin) festgestellt werden (Abb. 12).




* 70-74-Jährige: Frauen > Männer: $p<0,05$

* ≥80-Jährige: Frauen > Männer: $p<0,05$

**Abb. 12: Thiamin-Konzentration im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.**

Eine Differenzierung der Altersgruppen nach Geschlecht ließ zwischen den Frauen (59,55 ± 34,24 nmol/mmol Kreatinin) und Männern (39,05 ± 21,30 nnmol/mmol Kreatinin) der Alterskategorie der 70-74-Jährigen einen signifikanten Unterschied ($p<0,05$) der Thiaminausscheidung erkennen.
Innerhalb der 75-79-Jährigen war der Unterschied zwischen Frauen (72,98 ± 89,67 nmol/mmol Kreatinin) und Männern (36,23 ± 14,97 nmol/mmol Kreatinin) nicht signifikant ausgeprägt.
Bei den ≥80-Jährigen zeigte sich ebenfalls eine signifikante ($p<0,05$) Differenz zwischen den weiblichen (94,82 ± 67,66 nmol/mmol Kreatinin) und männlichen (42,41 ± 20,94 nmol/mmol Kreatinin) Studienteilnehmern.

Anhand der Beurteilung nach Regionen konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) festgestellt werden (Nord: 52,71 ± 62,42 nmol/l, Süd: 61,05 ± 37,71 nmol/l).

Im Südburgenland (gesamt) gab es einen hoch signifikanten Unterschied ($p<0,01$) zwischen Frauen (73,52 ± 41,93 nmol/mmol Kreatinin) und Männern (43,34 ± 21,21 nmol/mmol Kreatinin). Auch in der Altergruppe der 70-74-Jährigen aus dem Südburgenland war ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) zwischen Frauen (73,90 ± 36,07 nmol/mmol Kreatinin) und Männern (40,37 ± 25,54 nmol/mmol Kreatinin) vorhanden.
Bei Männern im Alter von 75-79 Jahren zeigte sich eine signifikante Differenz zwischen den Regionen ($p<0,05$). Die männlichen Probanden aus dem Nordburgenland hatten niedrigere Konzentrationen (27,45 ± 4,34 nmol/mmol Kreatinin) als die Männer aus dem Süden (45,00 ± 17,00 nmol/mmol Kreatinin).

Innerhalb der Gruppe der 70-74-Jährigen konnte ein Unterschied zwischen dem Nord- und dem Südburgenland festgestellt werden ($p<0,05$). Im Norden wiesen die ProbandInnen etwas geringere Konzentrationen (40,08 ± 20,59 nmol/mmol Kreatinin) als im Süden (59,32 ± 35,57 nmol/mmol Kreatinin) auf.

Ebenfalls in der Gruppe der 70-74-Jährigen gab es diesbezüglich einen signifikanten Unterschied bei den Frauen ($p<0,05$). Hier lagen die Werte der Norddbugenländerinnen (42,58 ± 23,48 nmol/mmol Kreatinin) unter denen der Südburgenländerinnen (73,90 ± 36,07 nmol/mmol Kreatinin).

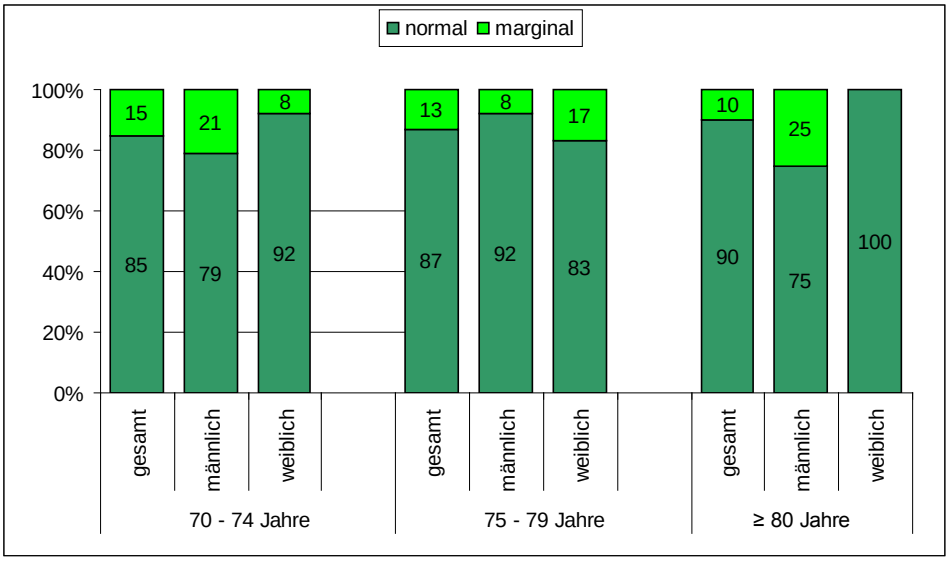



**Abb. 13: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Thiaminausscheidung im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht.**

Aufgrund der Messung der Thiaminausscheidung im Harn konnte bei 87% der BurgenländerInnen eine optimale Versorgung und bei 13% ein Mangel an Vitamin $B_1$ festgestellt werden. Insgesamt wiesen die Frauen mit 91% einen besseren Vitaminstatus als die Männer auf (82%).

In Abb. 13 ist die Versorgungslage, aufgeschlüsselt nach Altersgruppe und Geschlecht, dargestellt - in der Gruppe der 70-74-Jährigen waren 79% der Männer und 92% der Frauen zufriedenstellend versorgt.
Bei den 75-79-Jährigen hingegen konnten 92% der Männer und nur 83% der Frauen in den optimalen Versorgungsbereich eingestuft werden.
Die ≥80-Jährigen wiesen ein etwas anderes Verhältnis zwischen den Geschlechtern auf - hier lagen die männlichen Probanden zu 75% im Referenzbereich, bei den Frauen waren es 100%.

### 4.1.4 Transketolase-Aktivität in den Erythrozyten

Der Normalbereich für den TPP-Effekt liegt bei einem Wert von 0 bis 15%; bei 16 bis 24% liegt eine marginale Versorgung und bei >25% ein Mangel vor [Sauberlich, 1999]. Die teilnehmenden SeniorInnen zeigten einen Durchschnittswert von 15,44 ± 7,59%, wobei sich die Schwankungsbreite von einem Minimalwert von 2,25% bis zu einem Maximalwert von 36,56% erstreckte.
Eine Betrachtung der Resultate in Hinblick auf das Geschlecht ließ erkennen, dass die Frauen (14,84 ± 6,84%) des Gesamtkollektivs einen geringfügig, jedoch nicht signifikant besseren TPP-Effekt aufwiesen als die Männer (16,22 ± 8,84%).

Bei einem Vergleich der drei Altersgruppen der gesamten StudienteilnehmerInnen zeigten sich zwischen den 70-74-Jährigen (16,45 ± 7,67%), deren TPP-Effekt leicht über dem Normalbereich lag, den 75-79 Jährigen (15,09 ± 8,08%) und den ≥80-Jährigen (13,55 ± 6,31%) keine signifikanten Differenzen. Innerhalb der einzelnen Altersgruppen konnten keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Geschlechtern erfasst werden (70-74-Jährige: Männer: 16,60 ± 8,93%; Frauen:16,29 ± 6,35%, 75-79-Jährige: Männer: 18,43 ± 8,41%, Frauen: 13,26 ± 7,47%; ≥80-Jährige: Männer: 11,78 ± 6,10%, Frauen: 14,48 ± 6,43%) (Abb. 14).

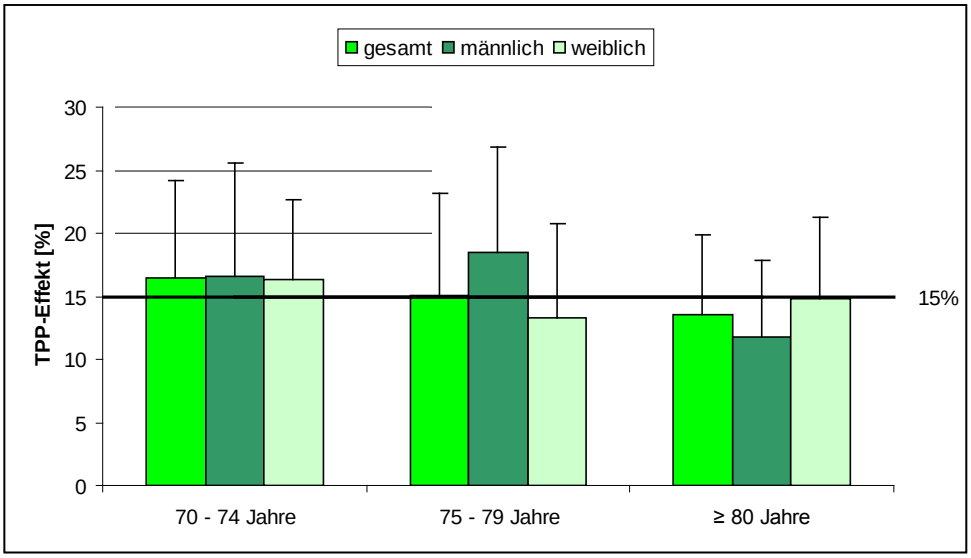



**Abb. 14: TPP-Effekt (%) unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Ein regionaler Unterschied wurde im Zuge dieser Untersuchung nicht festgestellt - die Werte des Nordburgenlandes (15,60 ± 7,30%) glichen stark denen des Südburgenlandes (15,26 ± 7,96%). Zwischen den Geschlechtern war in den jeweiligen Regionen ebenfalls kein signifikanter Unterschied zu eruieren (Nord: m: 16,91 ± 8,10%; w: 14,44 ± 6,43%; Süd: m: 15,32 ± 9,10%, w: 15,23 ± 7,30%)

Beim Vergleich der einzelnen Altergruppen des Nordburgenlandes mit denen des Südburgenlandes zeigten sich relativ ähnliche Werte (Nord: 70-74 Jahre: 17,19 ± 7,14%, 75-79 Jahre: 14,22 ± 8,00%, ≥80 Jahre: 14,13 ± 5,54%; Süd: 70-74 Jahre: 15,64 ± 8,29%, 75-79 Jahre: 16,33 ± 8,34%, ≥ 80 Jahre: 13,13 ± 7,06%).

Im Norden konnte innerhalb der Altersgruppen in Bezug auf das Geschlecht kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (70-74 Jahre: m: 17,54 ± 8,70%; w: 16,75 ± 4,86%; 75-79 Jahre: m: 18,29 ± 8,21%; w: 12,48 ± 7,53%; ≥80 Jahre: m: 13,49 ± 6,70%, w: 15,19 ± 3,85%). Dies trifft auch für den Süden zu (70-74 Jahre: m: 15,29 ± 9,56%; w: 15,91 ± 7,56%; 75-79 Jahre: m: 18,57 ± 9,38%; w: 14,64 ± 7,66%, ≥80 Jahre: m: 8,92 ± 4,55%, w: 14,71 ± 7,40%).

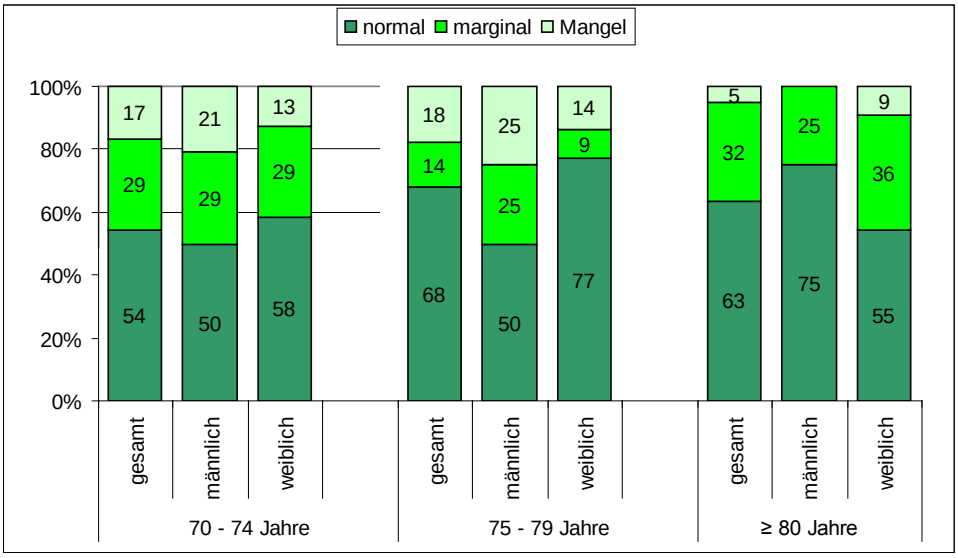



**Abb. 15: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand ETK unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Laut den Ergebnissen der ETK-Untersuchung waren 60% aller ProbandInnen zufriedenstellend, 25% marginal und 15% mangelhaft mit Vitamin $B_1$ versorgt. Eine Gesamtbetrachtung der Geschlechter zeigte, dass die Männer zu 55% im Normalbereich, zu 27% im marginalen und zu 18% im Mangelbereich lagen. Bei den Frauen wiesen 65% eine sehr gute Versorgung, 23% eine marginale und 12% einen Mangel auf.

Die männlichen Teilnehmer der 70-74-Jährigen lagen zu 50% im optimalen Bereich, 29% waren marginal und 21% mangelhaft versorgt. Die gleichaltrigen Frauen hatten etwas bessere Werte. Hier lagen 58% im Normal-, 29% im Marginal- und 13% im Mangelbereich.

Die Werte der 75-79-jährigen Männer waren denen der jüngeren Geschlechtsgenossen sehr ähnlich. Ebenfalls 50% hatten einen sehr guten Vitamin $B_1$ Status, 25% einen marginalen und die restlichen 25% einen mangelhaften Status. Frauen aus der gleichen Altergruppe lagen zu 77% im optimalen Bereich, 9% marginal versorgt und 14% wiesen einen Mangel auf.

Bei den ≥80-Jährigen hatten 75% der Männer einen zufriedenstellenden und 25% einen marginalen Status. Ein Mangel wurde in dieser Gruppe nicht

festgestellt. Die Frauen lagen mit nur 55% im optimalen Bereich, 36% waren marginal und 9% mangelhaft versorgt (Abb. 15).

### 4.1.5 Diskussion Vitamin $B_1$

Die Daten des europäischen Ernährungs- und Gesundheitsberichts zeigten bei österreichischen Männern zwischen 75-84 Jahren eine durchschnittliche Aufnahme von 1,2 ± 0,4 mg Thiamin/d, ab 85 Jahren waren es 1,0 ± 0,4 mg/d. Bei den 75-84-jährigen Frauen aus Österreich lag die mittlere Thiaminaufnahme bei 1,0 ± 0,4 mg/d, bei den >84-Jährigen bei 0,9 ± 0,4 mg/d [Fabian und Elmadfa, 2008], womit die Aufnahmedaten, die im Zuge dieser Studie erfassten wurden, insbesondere innerhalb der ersten Altersgruppe vergleichsweise niedriger waren.

In einer Studie aus Deutschland, in der Frauen im Alter von 60-70 Jahren untersucht wurden, lag die Aufnahme an Vitamin $B_1$ bei 30% unter dem empfohlenen Referenzwert von 1,1 mg/d. Bei der Analyse des Langzeitparameters α-ETK wurde bei 37% der ProbandInnen ein inadäquater Status festgestellt [Wolters et al., 2003].
Eine in Indonesien, durchgeführte Studie an 204 Personen im Alter von 60-75 Jahren, zeigte, dass 75% eine Thiaminzufuhr unter der empfohlenen Aufnahme hatten. Bei 37% der StudienteilnehmerInnen wurde auch ein tatsächlich mangelhafter Status festgestellt (TPP-Effekt > 25%) [Juguan et al., 1999].
1213 ältere Männer und 1166 ältere Frauen aus Taiwan (65-90 Jahre) wurden im Rahmen einer nationalen Studie über den Ernährungs- und Gesundheitszustandes untersucht. Anhand der Messung der α-ETK Aktivität wurde der Status an Vitamin $B_1$ bei 17% der Männer und 14% der Frauen als mangelhaft, sowie 15% der Männer und 12% der Frauen als marginal versorgt klassifiziert [Yang et al., 2005].

Diese Studienergebnisse sind jenen der vorliegenden Untersuchung der durchaus ähnlich. Hierbei zeigten 82% der Probanden eine Thiaminaufnahme von unter 1 mg/d, 40% wiesen laut α-ETK tatsächlich eine nicht zufriedenstellende Versorgung mit Vitamin $B_1$ auf. Die bestehenden Diskrepanzen zwischen den mittels 24-h Recalls erfassten Daten und den laborchemischen Statusparametern könnten mitunter auf die limitierte Aussagekraft der Recalls (liefern nur einen kleinen Ausschnitt der Nährstoffaufnahme, begrenzt auf einen Tag) bzw. die gehäufte Zufuhr von Vitaminsupplementen zurückzuführen sein.

Neben einer unzureichenden Aufnahme können auch Faktoren, wie z.B. wenig körperliche Aktivität und chronische Medikation einen erheblichen Einfluss auf den Vitamin $B_1$ Status haben. Bei Personen, die unter diuretischer Behandlung stehen, ist das Mangelrisiko erhöht. Auch SeniorInnen, die alleine leben sind aufgrund einer generell verminderten Nährstoffzufuhr eher von einem Mangel betroffen [Chernoff, 2004].

### 4.1.6 Gesamtbetrachtung Vitamin $B_1$

Die Vitamin $B_1$- Aufnahme lag im Mittel im Gesamtkollektiv unterhalb des empfohlenen D-A-CH-Referenzwertes. Nur insgesamt 18% der Probanden kamen auf die Empfehlung von 1 mg/d [D-A-CH, 2000].
Beurteilt anhand der Thiamin-Plasmakonzentration, zeigte sich bei 93% aller StudienteilnehmerInnen ein zufrieden stellender und bei 7% ein unzureichender Vitamin $B_1$-Versorgungszustand. Zwischen den Geschlechtern konnte ein Unterschied festgestellt werden, wobei die Frauen insgesamt, sowie in den einzelnen Altersgruppen signifikant höhere Werte aufwiesen als die Männer.
Basierend auf der Untersuchung der Thiaminausscheidung im Harn wurde bei 87% der burgenländischen SeniorInnen ein zufriedenstellender und bei 13% ein mangelhafter Versorgungszustand eruiert.

Zwischen den Ergebnissen der Thiamin-Konzentration im Plasma und der Vitamin $B_1$-Ausscheidung im Harn gab es eine signifikante Korrelation (r=0,000).
Beim Langzeitparameter α-ETK lagen 60% der gesamten ProbandInnen im optimalen Bereich. 25% davon waren marginal versorgt und 15% wiesen einen Mangel auf.

Die im Rahmen der vorliegenden Studie ermittelten Daten wiesen im Plasma zwar auf einen akzeptablen Versorgungszustand des Kollektivs hin, die mittel- und langfristigen Parameter ließen jedoch einen generell verbesserungswürdigen Vitamin $B_1$-Status erkennen.

## 4.2 Vitamin $B_2$

In der nachstehenden Tabelle sind Mittelwerte (MW), Standardabweichung (sd), Minimum- und Maximalwerte der einzelnen Bestimmungen von Vitamin $B_2$ zu finden (Tab. 14).

**Tab. 14: Vitamin $B_2$-Statusparameter des Gesamtkollektivs unterteilt nach Geschlecht**

| Parameter | | MW ± sd | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| FAD Plasma [nmol/l] | weiblich | 38,69 ± 7,47 | 25,29 | 55,22 |
| | männlich | 38,20 ± 8,03 | 24,43 | 59,06 |
| | gesamt | 38,47 ± 7,69 | 24,43 | 59.06 |
| FMN Plasma [nmol/l] | weiblich | 13,18 ± 6,13 | 4,28 | 37,36 |
| | männlich | 13,92 ± 13,59 | 2,50 | 79,16 |
| | gesamt | 13,51 ± 10,10 | 2,50 | 79,16 |
| RF Plasma [nmol/l] | weiblich | 7,71 ± 3,17 | 2,82 | 15,41 |
| | männlich | 7,34 ± 6,24 | 3,04 | 44,47 |
| | gesamt | 7,55 ± 4,76 | 2,82 | 44,47 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| RF Harn [nmol/mmol Kreatinin] | weiblich* | 164,53 ± 127,78 | 7,38 | 724,81 |
| | männlich | 111,94 ± 92,15 | 4,61 | 338,97 |
| | gesamt | 140,63 ± 115,48 | 4,61 | 724,81 |
| α-EGR | weiblich* | 1,23 ± 0,11 | 1,00 | 1,54 |
| | männlich | 1,28 ± 0,12 | 1,06 | 1,55 |
| | gesamt | 1,26 ± 0,11 | 1,00 | 1,55 |

* RF Harn: Frauen > Männer: $p<0,05$

* α-EGR: Frauen > Männer: $p<0,05$

FAD= Flavinadenindinucleotid; FMN= Flavinmononucleotid; RF= Riboflavin; EGR= erythrozytäre Glutathion-Reduktase

### 4.2.1 Vitamin $B_2$-Aufnahme

Die Auswertung der 24h-Recalls zeigte eine durchschnittliche Vitamin $B_2$-Aufnahme des Gesamtkollektivs von 1,01 ± 0,35 mg/d, womit diese knapp unter der empfohlenen Zufuhr von 1,2 mg/d [D-A-CH, 2000] lag.

Die mittlere Vitamin $B_2$-Aufnahme war bei Frauen (1,02 ± 0,35 mg/d) und Männern (1,00 ± 0,36 mg/d), sowie im Gesamtkollektiv des Nord- (0,99 ± 0,37 mg/d) und Südburgenlandes (1,04 ± 0,33 mg/d) annähernd gleich.

In den einzelnen Altersgruppen (70-74 Jahre: 1,01 ± 0,24 mg/d, 75-79 Jahre: 0,96 ± 0,40 mg/d, ≥80 Jahre: 1,10 ± 0,31 mg/d) des Gesamtkollektivs rangierte die mittlere Aufnahme an Vitamin $B_2$ auf ähnlichem Niveau, sodass keine nennenswerten Differenzen erfasst werden konnten.

### 4.2.2 Vitamin $B_2$-Konzentration im Plasma

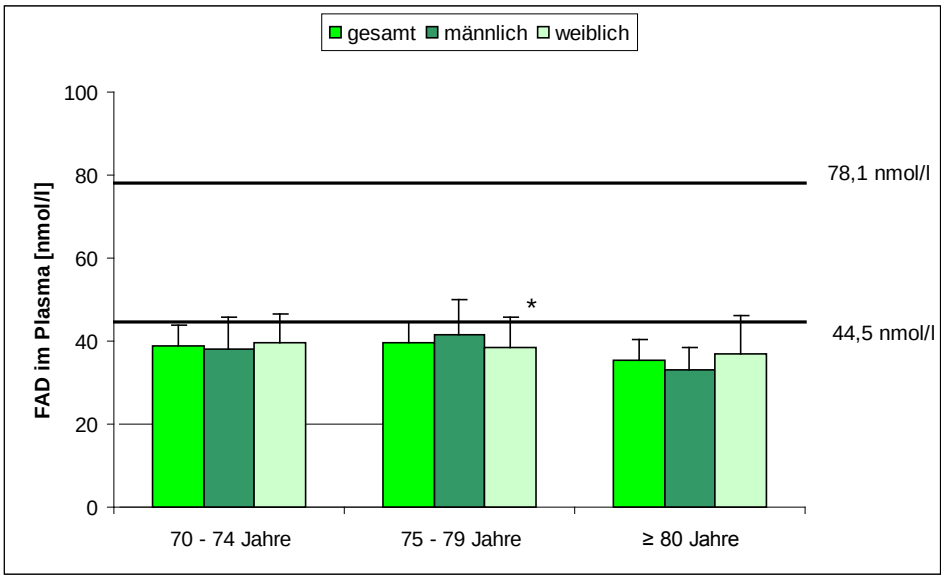
#### 4.2.2.1 FAD- Konzentration im Plasma

Die FAD-Konzentration im Plasma lag bei allen burgenländischen SeniorInnen mit einem Mittelwert von 38,47 ± 7,69 nmol/l knapp unterhalb des

Referenzbereichs von 44,5 bis 78,1 nmol/l [Hustad et al, 1999]. Die Streuung der Einzelwerte reichte von 24,43 nmol/l bis 59,06 nmol/l.

Ein Vergleich aller männlichen (38,28 ± 8,03 nmol/l) und weiblichen (38,69 ± 7,47 nmol/l) Probanden zeigte keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Geschlechtern.

Zwischen den Altersgruppen (gesamt) (70-74-Jährige: 38,92 ± 7,35 nmol/l; 75-79-Jährige: 39,63 ± 7,77 nmol/l; ≥80-Jährige: 35,36 ± 7,93 nmol/l) sowie den männlichen und weiblichen Studienteilnehmern der einzelnen Altersklassen konnten keine signifikanten Unterschiede eruiert werden (70-74-Jährige: m: 38,12 ± 7,81 nmol/l; w: 39,73 ± 6,93 nmol/l; 75-79-Jährige: m: 41,55 ± 8,49 nmol/l; w: 38,39 ± 7,22 nmol/l; ≥80-Jährige: m: 33,03 ± 5,40 nmol/l, w: 37,07 ± 9,23 nmol/l) (Abb. 16).
Lediglich bei den Männern wiesen die 75-79-Jährigen (41,55 ± 8,49 nmol/l) eine signifikant ($p<0,05$) höhere Plasma-FAD-Konzentration als die ≥80-Jährigen (33,03 ± 5,40 nmol/l) auf (Abb.16).




* Männer: 75.59-Jährige > über 80-Jährige: $p<0,05$

**Abb. 16: FAD-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Regional betrachtet lag die FAD-Konzentration im Nordburgenland (gesamt) (37,59 ± 7,87 nmol/l) leicht, jedoch nicht signifikant, unterhalb jener im Südburgenland (39,47 ± 7,43 nmol/l).
Weder im Nord- noch im Südburgenland zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern (Nord: m: 38,12 ± 9,47 nmol/l; w: 37,10 ± 6,19 nmol/l; Süd: m: 38,30 ± 5,86 nmol/l, w: 40,29 ± 8,37 nmol/l).
Zwischen den Geschlechtern (gesamt) (Nord: m: 39,47 ± 7,43 nmol/l, w: 37,59 ± 7,87 nmol/l;) sowie den einzelnen Altersgruppen (gesamt) konnten keine nennenswerten regionalen Differenzen erfasst werden (Nord: 70-74 Jahre: 38,72 ± 7,56 nmol/l, 75-79 Jahre: 38,58 ± 8,19 nmol/l; ≥80 Jahre: 31,72 ± 5,94 nmol/l; Süd: 70-74 Jahre: 39,15 ± 7,27 nmol/l, 75-59 Jahre: 41,25 ± 7,08 nmol/l, ≥80 Jahre: 38,01 ± 8,39 nmol/l).

Im Nordburgenland konnte ein signifikanter ($p<0,05$) Unterschied zwischen der Altersgruppe der 70-74-Jährigen (38,72 ± 7,56 nmol/l) bzw. 75-79-Jährigen (38,58 ± 8,19 nmol/l) und jener der ≥80-Jährigen (31,72 ± 5,94 nmol/l) eruiert werden.
Bei den nordburgenländischen Frauen wiesen die ≥80-Jährigen (28,72 ± 1,88 nmol/l) verglichen mit den 70-74-Jährigen (38,49 ± 4,73 nmol/l) bzw. 75-79-Jährigen (37,90 ± 6,49 nmol/l) einen hoch signifikant ($p<0,01$) bzw. signifikant ($p<0,05$) niedrigeren Plasma-FAD-Level auf.

Im Südburgenland zeigte sich eine Differenz zwischen Frauen (40,21 ± 8,92 nmol/l) und Männern (32,14 ± 1,44 nmol/l) in der Gruppe der ≥80-Jährigen. Die weiblichen Studienteilnehmerinnen hatten signifikant ($p<0,05$) höhere FAD-Konzentrationen als die männlichen.
Bei den Männern des Südburgenlandes war ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) zwischen der Altersklasse der 70-74-Jährigen (36,93 ± 5,12 nmol/l) und jenen der 75-79-Jährigen (42,71 ± 4,80 nmol/l) festzustellen. Einen höchst signifikanten Unterschied ($p<0,01$) gab es zwischen den 75-79-Jährigen (42,71 ± 4,80 nmol/l) und den ≥80-Jährigen (32,14 ± 1,44 nmol/l).

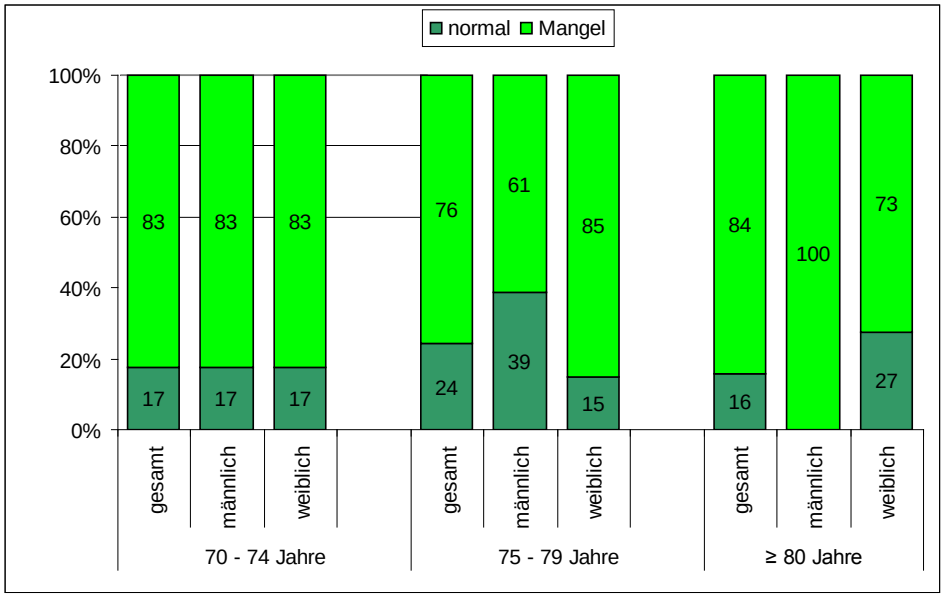



**Abb. 17: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der FAD-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Bei der Beurteilung des Vitamin $B_2$-Status anhand der Plasma-FAD-Konzentration konnte festgestellt werden, dass 81% der burgenländischen SeniorInnen einen nicht adäquaten und nur 19% einen optimalen Versorgungszustand aufwiesen. Diese Verteilung konnte auch bei den Frauen des Gesamtkollektivs festgestellt werden. Bei den Männern (gesamt) zeigten 80% einen nicht optimalen und 20% einen zufriedenstellenden Versorgungszustand.

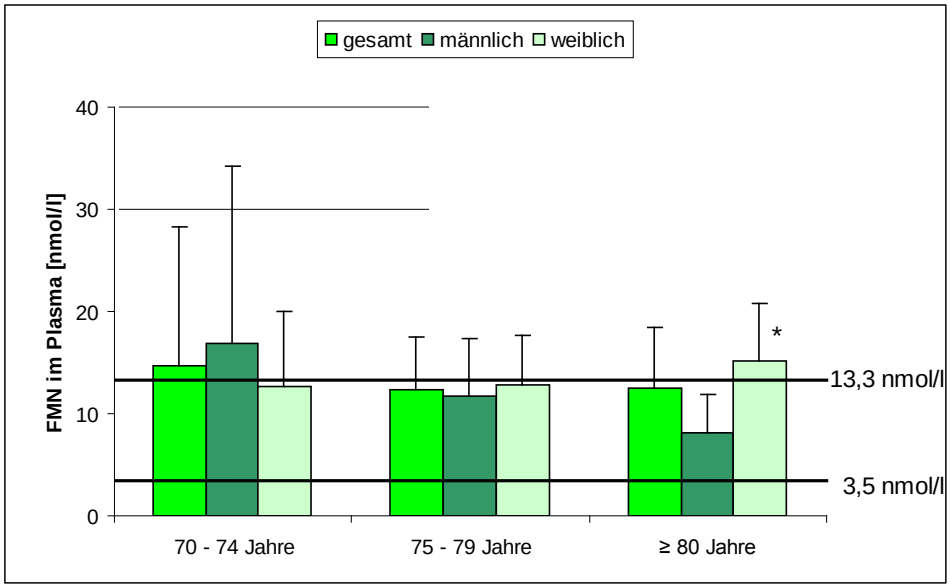
Abb. 17 stellt eine genaue Betrachtung des Versorgungszustandes dar. Bei den 70-74-Jährigen lagen sowohl die Männern, als auch die Frauen zu 83% im nicht adäquaten Referenzbereich.
Die 75-79-Jährigen waren zu 76% nicht zufriedenstellend versorgt, mit 39% lagen mehr Männer als Frauen (15%) dieser Altersgruppe im entsprechenden Referenzbereich und waren somit ausreichend versorgt.
Bei den ≥80-Jährigen wiesen 16% der Probanden einen guten Status auf; 100% der Männer und 73% der Frauen zeigten einen nicht adäquaten Versorgungszustand.

#### 4.2.2.2 FMN- Konzentration im Plasma

Die mittlere FMN-Plasmskonzentration des gesamten Kollektivs betrug 13,51 ± 10,10 nmol/l und lag somit knapp oberhalb des Referenzbereichs von 3,50 bis 13,30 nmol/l [Hustad et al., 1999]. Die Schwankungsbreite der ermittelten Werte reichte von 2,50 nmol/l bis 79,16 nmol/l.

Eine Betrachtung der Geschlechter des Gesamtkollektivs ließ ähnliche Plasma-FMN-Konzentrationen bei Frauen (13,18 ± 6,13 nmol/l) und Männern (13,92 ± 13,59nmol/l) erkennen.

In den verschiedenen Altersgruppen (gesamt) bewegten sich die analysierten Werte (70-74-Jährige: 14,76 ± 13,49 nmol/l; 75-79-Jährige: 12,35 ± 5,13 nmol/l; ≥80-Jährige: 12,44 ± 5,97 nmol/l) auf ähnlichem Niveau.
In Hinblick auf das Geschlecht konnten innerhalb der Altersklassen der 70-74-Jährigen (Frauen: 12,68 ± 7,34 nmol/l; Männer: 16,81 ± 17,43 nmol/l) und der 75-79-Jährigen (Frauen: 12,77 ± 4,87 nmol/l; Männer: 11,67 ± 5,66 nmol/l) keine nennenswerten Differenzen eruiert werden. In der Gruppe der ≥80-Jährigen (gesamt) hatten die Frauen (15,13 ± 5,66 nmol/l) signifikant höhere ($p<0,05$) FMN-Plasmakonzentrationen als die Männer (8,20 ± 3,65 nmol/l) (Abb. 18).




* ≥ 80 Jährige: Frauen > Männer: p<0,05

**Abb. 18: FMN-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Ein regionaler Vergleich zeigte, dass die mittlere FMN-Plasmakomzentration des Gesamtkollektivs im Norden (15,10 ± 12,77 nmol/l) signifikant (p<0,05) höher als im Süden (10,88 ± 5,01 nmol/l) war.

In der Gruppe der 70-74-Jährigen (gesamt) konnte ebenfalls ein signifikanter (p<0,05) Unterschied zwischen dem Nord- (18,76 ± 17,60 nmol/l) und dem Südburgenland (10,59 ± 4,62 nmol/l) eruiert werden.

Zwischen den Geschlechtern zeigte sich in Hinblick auf die regionale Auswertung lediglich in der Gruppe der ≥80-Jährigen eine signifikante Differenz (p<0,01). Der Wert der weiblichen Studienteilnehmerinnen aus dem Norden lag mit 18,12 ± 2,84 nmol/l hoch signifikant (p<0,01) über jenem der männlichen Probanden (9,85 ± 2,64 nmol/l).

Innerhalb der einzelnen Altersgruppen des Nord- oder Südburgenlandes konnte in Hinblick auf die Geschlechter kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

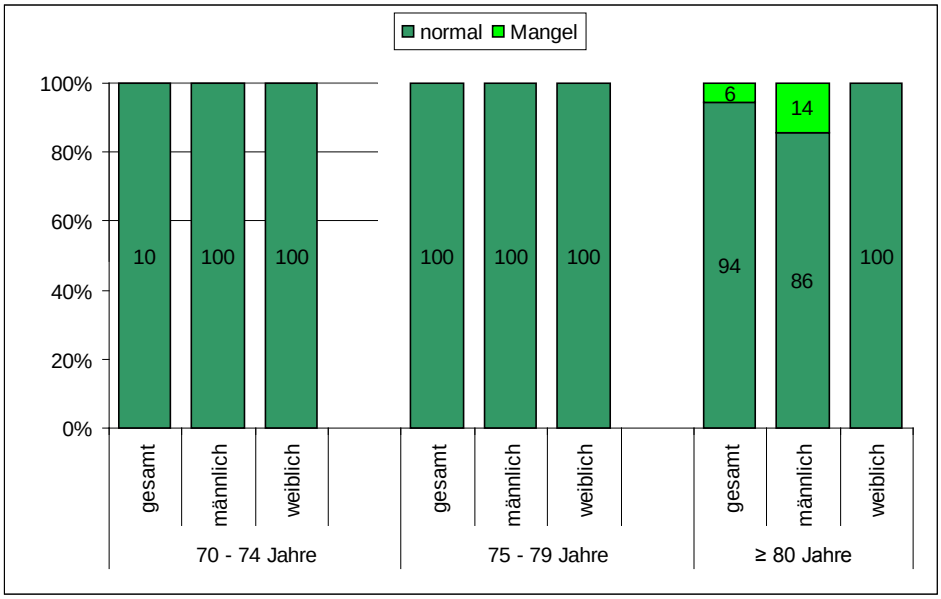



**Abb. 19: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der FMN-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Die Beurteilung des Vitamin $B_2$-Status anhand der FMN-Konzentration im Plasma zeigte, dass nur 1% aller ProbandInnen eine inadäquate Versorgung aufwies. 99% der untersuchten Probanden konnten als normal versorgt eingestuft werden. Bei den Männern waren es gesamt betrachtet 98% und bei den Frauen 100%.

Sowohl in der Gruppe der 70-74-Jährigen als auch der 75-59-Jährigen lagen die ProbandInnen zu 100% im Referenzbereich (Abb. 19).
Bei den ≥80-Jährigen wiesen 14% der Männer eine Plasma-FMN-Konzentration außerhalb des Referenzbereiches auf.

#### 4.2.2.3 Riboflavin- (RF)- Konzentration im Plasma

Mit einem durchschnittlichen Plasmawert von 8,07 nmol RF/l lagen alle ProbandInnen im Referenzbereich von 2,7-42,5 nmol/l [Hustad et al., 1999]. Die niedrigste Konzentration an RF betrug 2,82 nmol/l, die höchste 44,47 nmol/l.

Geschlechtsspezifisch betrachtet gab es keine signifikanten Unterschiede im untersuchten Gesamtkollektiv. Die mittleren RF-Plasmawerte waren bei Frauen (7,71 ± 3,17 nmol/l) und Männern (7,34 ± 6,24 nmol/l) ähnlich.

Die Auswertung nach Altersgruppen (gesamt) ließ ebenfalls keine signifikanten Differenzen bei den 70-74-Jährigen (8,07 ± 6,21 nmol/l), 75-79-Jährigen (7,11 ± 2,90 nmol/l) und ≥80-Jährigen (7,07 ± 3,21 nmol/l) sowie zwischen den Geschlechtern der einzelnen Altersklassen erkennen (70-74 Jahre: m: 8,61 ± 8,20 nmol/l, w: 7,51 ± 3,12 nmol/l; 75-59 Jahre: m: 5,10 ± 1,85 nmol/l, w: 7,77 ± 3,23 nmol/l; ≥80 Jahre: m: 5,73 ± 2,47 nmol/l, w: 8,04 ± 3,43 nmol/l) (Abb. 20).

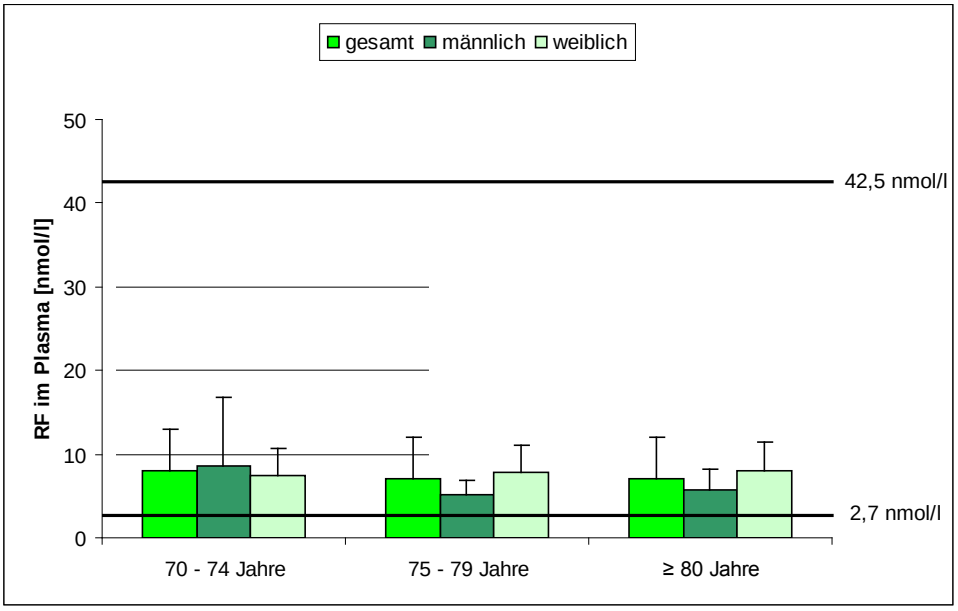



**Abb. 20: Riboflavin-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Nach Regionen unterteilt, konnte in Bezug auf die Riboflavin-Plasmakonzentrationen kein nennenswerter Unterschied zwischen den StudienteilnehmerInnen aus dem Nord- (7,66 ± 5,88 nmol/l) und Südburgenland (7,43 ± 3,24 nmol/l) festgestellt werden.

Im Nordburgenland wurde sowohl im Gesamtkollektiv (m: 6,23 ± 2,32 nmol/l; w: 8,26 ± 3,55 nmol/l) als auch in der Gruppe der 75-79-Jährigen (m: 5,28 ±1,77 nmol/l; w: 7,93 ± 2,96 nmol/l) eine signifikante ($p<0,05$) Differenz zwischen den Geschlechtern eruiert.
Zusätzlich zeigte sich auch im Südburgenland innerhalb der Altersgruppe der 70-74-Jährigen ein signifikanter Unterschied ($p<0,05$) zwischen den Geschlechtern (m: 6,23 ± 2,32 nmol/l; w: 8,26 ± 3,55 nmol/l).

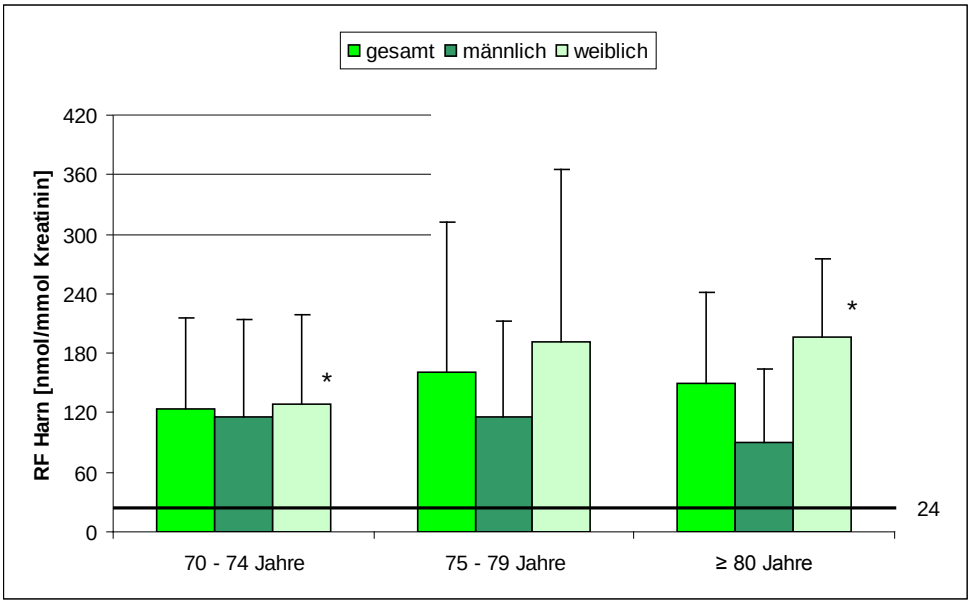
Die Untersuchung des Riboflavingehaltes im Plasma ergab bei allen ProbandInnen eine Konzentration im unteren Normalbereich.

### 4.2.3 Riboflavinausscheidung im Harn

Die Riboflavinausscheidung im Harn des Gesamtkollektivs betrug im Mittel 140,63 ± 115,48 nmol/mmol Kreatinin. Der Richtwert für eine adäquate Zufuhr liegt bei >24 nmol/mmol Kreatinin [Sauberlich, 1999]. Die Streuung der Werte war sehr groß, die Konzentrationen bewegten sich zwischen 4,61 nmol/mmol Kreatinin und 724,81 nmol/mmol Kreatinin.

Zwischen den Geschlechtern des gesamten Kollektivs (m: 111,94 ± 92,5 nmol/mmol Kreatinin; w: 164,53 ± 127,78 nmol/mmol Kreatinin) konnte ein signifikanter ($p<0,05$) Unterschied der RF-Ausscheidung festgestellt werden.

Ein Vergleich der drei Altersgruppen ließ keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen (gesamt) (70-74 Jahre: 123,11 ± 92,59 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 161,50 ± 151,08 nmol/mmol Kreatinin, ≥80: 149,07 ± 91,77 nmol/mmol Kreatinin) erkennen (Abb. 21).




* ≥80-Jährige: Frauen > Männer: p<0,05

* Frauen: ≥80-Jährige > 70-74-Jährige: p<0,05

**Abb. 21: Riboflavin-Konzentration im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

In der Gruppe der ≥80-Jährigen gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern (p<0,05). Die gemessenen Konzentrationen waren bei den Frauen (195,94 ± 78,48 nmol/mmol Kreatinin) mehr als doppelt so hoch als bei den Männern (90,48 ± 73,98 nmol/mmol Kreatinin).
Zwischen den Geschlechtern der anderen beiden Altersklassen war keine signifikante Differenz auszumachen (70-74 Jahre: m: 116,10 ± 97,20 nmol/mmol Kreatinin, w: 129,23 ± 89,39 nmol/mmol Kreatinin; 75-79 Jahre: m: 115,82 ± 97,25 nmol/mmol Kreatinin, w: 191,18 ± 173,53 nmol/mmol Kreatinin).

Bei den Frauen gab es zwischen den 70-74-Jährigen und den ≥80-Jährigen einen signifikanten Unterschied (p<0,05). Hier hatten die jüngeren SeniorInnen (129,23 ± 89,39 nmol/mmol Kreatinin) geringere Werte als die ≥80-Jährigen (195,94 ± 78,48).

Die Auswertung der Daten nach regionalen Aspekten zeigte, dass die RF-Ausscheidung der NordburgenländerInnen (156,03 ± 134,04 nmol/mmol

Kreatinin) etwas, jedoch nicht signifikant höher als die der EinwohnerInnen des Südens (123,58 ± 89,02 nmol/mmol Kreatinin) war.
Innerhalb der Altersklasse der 75-79-Jährigen wiesen die SeniorInnen aus dem Norden (203,81 ± 175,48 nmol/mmol Kreatinin) signifikant höhere ($p<0,05$) Riboflavinkonzentrationen im Harn auf, als die ProbandInnen aus dem Süden (104,07 ± 85,90 nmol/mmol Kreatinin).

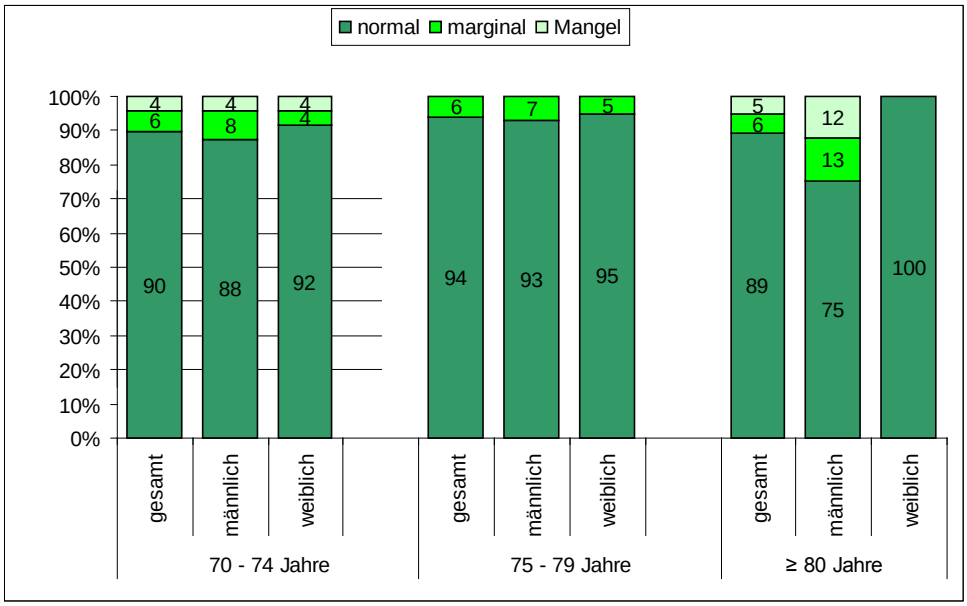



**Abb. 22: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Riboflavinausscheidung im Harn unterbBerücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Die Ergebnisse der Riboflavinausscheidung im Harn zeigten, dass 91% der burgenländischen SeniorInnen sehr gut mit Vitamin $B_2$ versorgt waren. 6% wiesen eine marginale Versorgung und 3% einen Mangel auf. Bei den Männern waren insgesamt 87% im Normalbereich, 9% waren marginal und 4% mangelhaft versorgt. Die Frauen lagen zu 94% im optimalen Bereich, 4% waren marginal versorgt und nur 2% wiesen einen Mangel auf.
Eine spezifischere Betrachtung der Ergebnisse (Abb. 22) konnte feststellen, dass in der Gruppe der 70-74-Jährigen 88% der Männer einen normalen, 8% einen marginalen und 4% einen mangelhaften Status hatten. Die gleichaltrigen

Frauen lagen zu 92% im optimalen Bereich, jeweils 4% waren marginal bzw. mangelhaft versorgt.
Bei den 75-79-Jährigen wurde bei keinem der beiden Geschlechter ein Mangel eruiert. 93% der Männer und 95% der Frauen lagen im optimalen Referenzbereich. 7% der Männer und 5% der Frauen wiesen einen marginalen Versorgungszustand auf.
Die ≥80-jährigen Männer lagen zu 75% im normalen, zu 13% im marginalen und zu 12% im mangelhaften Bereich. Frauen dieser Altersgruppe waren zur Gänze zufriedenstellend versorgt.

### 4.2.4 Glutathion-Reduktase-Aktivität in den Erythrozyten

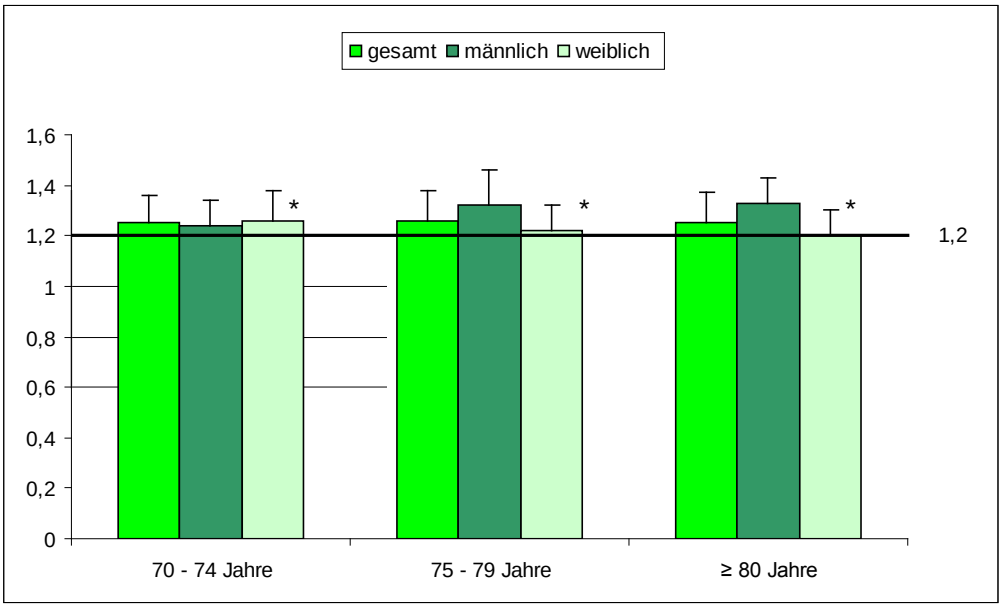
Der durchschnittliche Aktivierungskoeffizient der erythrozytären Glutathionreduktase (α-EGR) lag im untersuchten Gesamtkollektiv bei 1,26 ± 0,11, wobei die Werte zwischen 1,00 und 1,55 schwankten.
Bei einer adäquaten Versorgung an Vitamin $B_2$ liegen die Werte von α-EGR unter 1,20, bei einer marginalen Versorgung zwischen 1,20–1,40 und bei einem Mangel >1,40 [Sauberlich, 1999], womit der α-EGR-Mittelwert der burgenländischen SeniorInnen in den Referenzbereich für eine marginale Vitamin $B_2$-Versorgung eingestuft werden musste.

Im Gesamtkollektiv zeigte sich bei den burgenländischen Frauen (1,23 ± 0,11) ein signifikant ($p<0,05$) besserer α-EGR als bei den Männern (1,28 ± 0,12).

Eine Differenzierung des α-EGR nach Altersgruppen ließ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gesamtgruppen (70-74-Jährige: 1,25 ± 0,11; 75-79-Jährige: 1,26 ± 0,12; ≥80-Jährige: 1,25 ± 0,12) erkennen (Abb. 23).
In der Altersgruppe der 75-79-Jährigen (m: 1,32 ± 0,14; w: 1,22 ± 0,10) und der SeniorInnen ≥80 Jahre (m: 1,33 ± 0,10; w: 1,20 ± 0,10) wurde jeweils ein

signifikanter (p<0,05) Unterschied zwischen den Geschlechtern ermittelt, wobei in beiden Gruppen die Frauen die besseren Werte aufwiesen.

Innerhalb der Gruppe der männlichen Studienteilnehmer konnte ein signifikanter (p<0,05) Unterschied zwischen den 70-74-Jährigen (1,24 ± 0,10) und bei den ≥80-Jährigen (1,33 ± 0,10) eruiert werden.




* 75-79-Jährige: Frauen < Männer: p<0,05

* ≥80-Jährige: Frauen < Männer: p<0,05

* Männer: 70-74-Jährige < über 80-Jährige: p<0,05

**Abb. 23: α-EGR unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Regional betrachtet wiesen die SeniorInnen (gesamt) aus dem Nordburgenland (1,24 ± 0,12) günstigere Werte als die SüdburgenländerInnen (1,27 ± 0,11) auf, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Zwischen den Geschlechtern (gesamt) sowie den einzelnen Altersgruppen konnten keine signifikanten regionalen Differenzen erfasst werden. Lediglich in der Altergruppe der 70-74-Jährigen unterschieden sich die Männer des Nordburgenlandes (1,20 ± 0,09) signifikant (p<0,05) von denen des Südburgenlandes (1,30 ± 0,08).

Im Südburgenland unterschieden sich die Geschlechter des Gesamtkollektivs (m: 1,33 ± 0,11; w: 1,24 ± 0,10) hoch signifikant ($p<0,01$) voneinander.
Bei nordburgenländischen Männern konnte eine signifikante Differenz ($p<0,05$) zwischen der Altersgruppe der 70-74-Jährigen (1,20 ± 0,09) und der 75-79-Jährigen (1,29 ± 0,12) festgestellt werden.

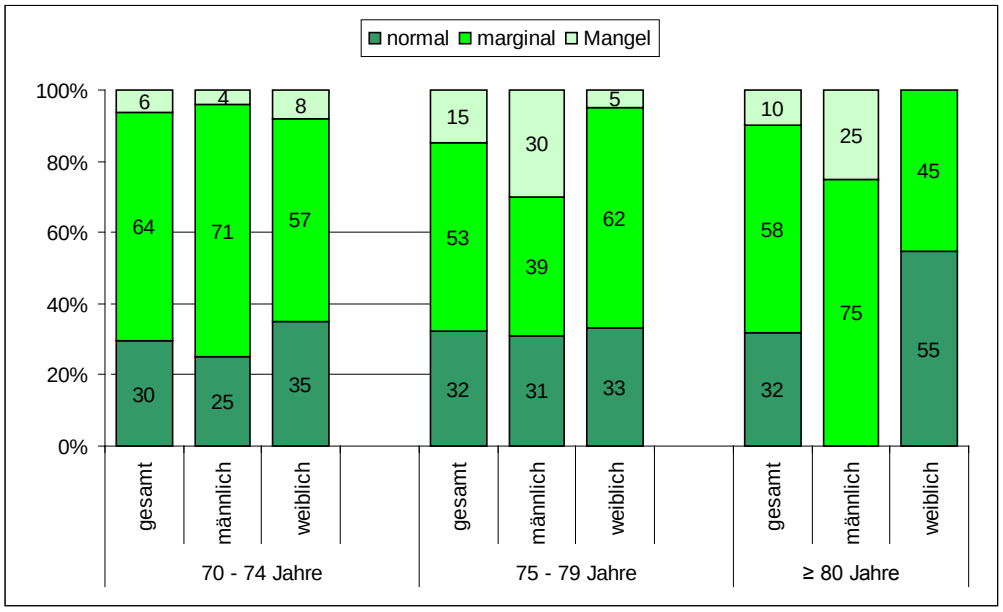



**Abb. 24: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand des α-EGR unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Anhand des Aktivierungskoeffizienten α-EGR wurde der Versorgungszustand von 31% des gesamten Kollektivs als optimal, von 59% als marginal und von 10% aller SeniorInnen als mangelhaft eingestuft. Insgesamt 22% aller Männer lagen im Normalbereich, 62% waren marginal und 16% mangelhaft versorgt. Bei den Frauen hatten insgesamt 38% einen sehr guten Status, 56% lagen im marginalen Bereich und 6% waren unzureichend versorgt.
In der Gruppe der 70-74-Jährigen wiesen 25% der Männer einen normalen, 71% einen marginalen und 4% einen mangelhaften α-EGR auf. 35% der Frauen dieser Gruppe waren normal, 57% marginal und 8% mangelhaft versorgt (Abb. 24).

In der Gruppe der 75-79-Jährigen zeigten 31% der Männer einen zufriedenstellenden, 39% einen marginalen Status und 30% einen Mangel. 33% der Frauen dieser Altersklasse hatten einen α-EGR im optimalen, 62% im marginalen und 5% im unzureichend versorgten Referenzbereich.
Die ≥80-jährigen Männer waren zu 75% marginal versorgt und 25% wiesen einen Mangel auf. Bei den gleichaltrigen Frauen lagen 55% im optimalen und 45% im marginalen Versorgungsbereich.

### 4.2.5 Diskussion Vitamin $B_2$

Die verschiedenen $B_2$-Vitamere im Plasma unterliegen vielschichtigen Regulationsmechanismen und unterschiedlichsten Einflüssen. Im Gegensatz zu FAD reagiert Riboflavin im Plasma sofort auf eine kürzlich erfolgte Vitaminaufnahme [Hustad et al., 1999]. Weiters kann auch die Einnahme von Supplementen und diversen Medikamenten den Status beträchtlich beeinflussen.

Die Analyse des Aktivierungskoeffizienten (α-EGR) ist eine indirekte Messung von FAD in den Erythrozyten. Im Falle einer Störung des Flavinmetabolismus (z.B. Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase Mangel oder ß-Thalassämie) kann es dabei zu irreführenden Ergebnissen kommen. Deshalb ist es sinnvoll sämtliche Statuskomponenten des Vitamins zu bestimmen [Hustad et al., 1999].

In einer Studie mit irischen SeniorInnen (n=124), deren Durchschnittsalter 69 Jahre war, wurden die verschiedensten Vitamin $B_2$-Parameter gemessen (FAD, FMN und RF im Plasma und in den Erythrozyten, sowie EGR). Ziel der Studie war es, herauszufinden, welcher dieser Parameter am genauesten den Vitamin $B_2$-Status beschreibt.
Die gemessen Werte der SeniorInnen lagen weitestgehend in den Referenzbereichen. Den Personen, die einen α-EGR-Wert >1,20 hatten (n=46),

wurde über 12 Wochen hinweg ein Vitamin $B_2$-Supplement (1,6 mg/d) oder ein Placebo verabreicht (randomisierte Doppelblindstudie). In der nachfolgenden Untersuchung konnte im Vergleich zur Placebogruppe in der Supplementgruppe bei allen Parametern, bis auf FAD im Plasma, eine Verbesserung der Werte beobachtet werden [Hustad et al., 2002].
In einer anderen Studie, die in Nordirland durchgeführt wurde, konnte gezeigt werden, dass Riboflavinsupplementation nicht nur einen Einfluss auf den Vitamin $B_2$-Status hat, sondern auch die Pyroxal-5-Phosphat-Plasmakonzentration, also den Vitamin $B_6$-Status verbessern kann [Madigan et al., 1998].

Aus dem europäischen Ernährungs- und Gesundheitsbericht von 2004 geht hervor, dass die durchschnittliche Riboflavinaufnahme österreichischer Männer im Alter von 75-84 Jahren 1,4 ± 0,3 mg/d, und von >84-Jährigen 1,3 ± 0,5 mg/d betrug. Die Frauen der Altersgruppe von 75-84 Jahren lagen bei 1,4 ± 0,5 mg/d, jene >84 Jahre nahmen durchschnittlich 1,3 ± 0,6 mg/d auf [Fabian und Elmadfa, 2008]. In der vorliegenden Studie wurden die empfohlenen Zufuhrmengen bei beiden Geschlechtern knapp nicht erreicht.

Bei Frauen aus Deutschland im Alter von 60-70 Jahren lag die Aufnahme an Vitamin $B_2$ im Mittel um 2,3% unter der wünschenswerten Zufuhr von 1,1mg/d. Gemessen am α-EGR konnte bei ca. 6% der StudienteilnehmerInnen ein Mangel festgestellt werden [Wolters et al., 2003].

Eine englische Studie untersuchte den Nährstoffstatus von SeniorInnen in Norwich im Alter von 74-90 Jahren. Die Ergebnisse des α-EGR zeigten bei 39% der Männer und bei 32% der Frauen einen Mangel (>1,4) [Wright et al., 1995], was deutlich über dem Anteil der mangelhaft Versorgten (10%) der vorliegenden Studie lag.

In der nationalen britischen Studie über SeniorInnen, die älter als 65 Jahre waren, wurde bei 41% der selbständig lebenden TeilnehmerInnen ein inadäquater α-EGR-Status festgestellt [Bates et al., 1999b].
In der nationalen Studie aus Taiwan wurde bei der Messung der α-EGR Aktivität bei 7% der männlichen und 4% der weiblichen ProbandInnen ein Mangel eruiert. 26% der Männer und 20% der Frauen galten als marginal versorgt [Yang et al., 2005].
Beide Studien ließen einen, im Vergleich zum burgenländischen Kollektiv, besseren Vitamin $B_2$-Versorgungszustand der ProbandInnen erkennen.

### 4.2.6 Gesamtbetrachtung Vitamin $B_2$

Die Aufnahmemenge an Vitamin $B_2$ befand sich im Durchschnitt bei allen teilnehmenden SeniorInnen geringfügig unterhalb des empfohlenen D-A-CH-Referenzwertes (72% des Studienkollektivs erfüllte die Aufnahmeempfehlung nicht).

Die Untersuchung von Vitamin $B_2$ im Plasma umfasste die 3 Parameter FAD, FMN und RF. Der Vitamin $B_2$-Status wurde außerdem durch die Analyse der Ausscheidung von RF im Harn und der Erfassung der Aktivierungskoeffizienten α-EGR komplettiert.

Die FAD-Konzentration (die Hauptform von Vitamin $B_2$ im Plasma) lag bei einem Großteil der ProbandInnen unter dem angegebenen Referenzbereich, womit 81% der burgenländischen SeniorInnen einen nicht adäquaten und nur 19% einen optimalen Versorgungszustand aufwiesen.
Dennoch zeigten die StudienteilnehmerInnen einen weitgehend optimalen Versorgungszustand mit FMN und RF.

Gemessen an der Riboflavinausscheidung im Harn, konnten 91% der burgenländischen SeniorInnen als zufriedenstellend, 6% als marginal und 3% als inadäquat Vitamin $B_2$ versorgt eingestuft werden.
Die Bewertung des Vitamin $B_2$-Status anhand des α-EGR ließ bei 31% des gesamten Kollektivs einen optimalen, bei 59% einen marginalen und bei 10% einen mangelhaften Versorgungszustand erkennen.

Die Ergebnisse der Untersuchung der FAD-Konzentration im Plasma, der RF-Ausscheidung im Harn und der Erfassung des α-EGR zeigten teils inhomogene Resultate. In Summe betrachtet, weisen jedoch sowohl die Aufnahmedaten als auch die Plasma-FAD-Konzentrationen und der α-EGR auf einen generell verbesserungswürdigen Vitamin $B_2$-Status der burgenländischen SeniorInnen hin.

## 4.3 Vitamin $B_6$

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die erfassten Vitamin $B_6$-Statusparameter des Gesamtkollektivs. Für die untersuchten Parameter sind Mittelwerte (MW), Standardabweichung (sd), sowie Minimal- und Maximalwerte, unterteilt nach Geschlecht, aufgelistet.

**Tab. 15: Vitamin $B_6$-Statusparameter des Gesamtkollektivs unterteilt nach Geschlecht**

| | | MW ± sd | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| $B_6$ Plasma [nmol/l] | weiblich | 49,90 ± 32,24 | 13,83 | 189,67 |
| | männlich | 49,06 ± 36,15 | 8,68 | 174,76 |
| | gesamt | 49,52 ± 33,87 | 8,68 | 189,67 |
| $B_6$ Harn [nmol/mmol Kreatinin] | weiblich* | 828,28 ± 609,77 | 295,52 | 3506,90 |
| | männlich | 723,18 ± 765,45 | 160,51 | 5251,45 |
| | gesamt | 780,61 ± 683,09 | 160,51 | 5251,45 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | weiblich | 1,77 ± 0,25 | 1,05 | 2,30 |
| EGOT | männlich | 1,70 ± 0,26 | 1,04 | 2,23 |
| | gesamt | 1,74 ± 0,26 | 1,04 | 2,30 |

* $B_6$ Harn: Frauen > Männer: $p<0,05$

EGOT= erythrozytäre Glutamat-Oxalacetat-Transaminase

### 4.3.1 Vitamin $B_6$-Aufnahme

Die Vitamin $B_6$-Aufnahme wurde mit Hilfe eines 24h-Recalls ermittelt und betrug im Durchschnitt bei den untersuchten SeniorInnen 1,06 ± 0,48 mg/d. Burgenländische Frauen nahmen mit 1,04 ± 0,43 mg/d fast genauso viel Vitamin $B_6$ auf wie die Männer (1,09 ± 0,54 mg/d). Somit bewegte sich die mittlere Vitamin $B_6$-Aufnahme der Probanden unter den DACH-Empfehlungen von 1,2 mg/d für Frauen und 1,4 mg/d für Männer [D-A-CH, 2000].

Die durchschnittliche Vitamin $B_6$-Aufnahme des Gesamtkollektivs betrug im Norden 1,11 ± 0,54 mg/d und im Süden 1,00 ± 0,40 mg/d, wobei sich die Werte nicht signifikant voneinander unterschieden.

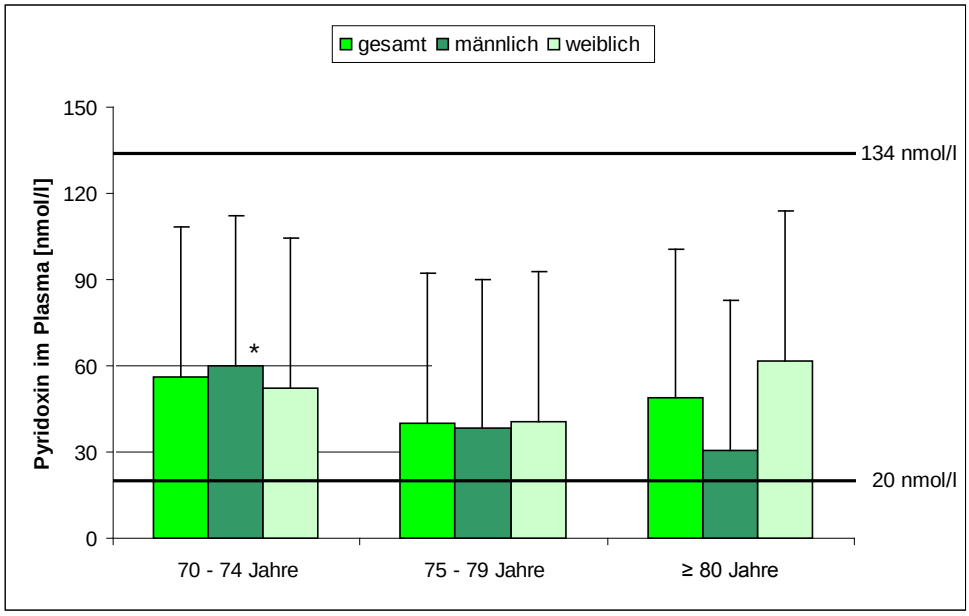
Bei den 70-74-Jährigen betrug die Vitamin $B_6$-Zufuhr durchschnittlich 1,06 ± 0,44 mg/d, bei den 75-79-Jährigen 1,12 ± 0,57 mg/d und bei den ≥80-Jährigen 0,96 ± 0,40 mg/d. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Altersgruppen waren allerdings nicht signifikant.

### 4.3.2 Pyridoxal-5-Phosphat- (P-5-P)-Konzentration im Plasma

Die durchschnittliche Konzentration an P-5-P im Plasma betrug burgenlandweit 49,52 ± 33,87 nmol/l und lag somit für alle Studienteilnehmer im Referenzbereich von 20-134 nmol/l [Edwards et al., 1989]. Die Konzentrationen bewegten sich insgesamt zwischen 8,68 nmol/l und 189,67 nmol/l.

Bei Betrachtung der Geschlechter zeigte sich im Gesamtkollektiv kein Unterschied zwischen den Männern (49,06 ± 36,15 nmol/l) und Frauen (49,90 ± 32,24 nmol/).

Ein Vergleich der Altergruppen des Gesamtkollektivs ließ einen signifikanten ($p<0,05$) Unterschied zwischen den 70-74-Jährigen (56,34 ± 39,15 nmol/) und den 75-79-Jährigen (40,02 ± 20,41 nmol/l), jedoch keine signifikanten Differenzen in Bezug auf die Gruppe der ≥80-Jährigen (48,67 ± 35,59 nmol/l) erkennen. Zwischen den Geschlechtern der einzelnen Altersgruppen konnten ebenfalls keine nennenswerten Unterschiede eruiert werden (70-74 Jahre: m: 60,27 ± 42,93 nmol/l, w: 52,24 ± 35,26 nmol/l; 75-79 Jahre: m: 38,10 ± 21,00 nmol/l, w: 40,66 ± 20,56 nmol/l; ≥ 80 Jahre: m: 30,61 ± 16,84 nmol/l, w: 61,81 ± 40,39 nmol/l) (Abb. 25).




* 70-74 Jahre > 75-79 Jahre: $p<0,05$

**Abb. 25: P-5-P-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Die regionale Auswertung der Daten (gesamt) brachte keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Nordburgenland (50,74 ± 36,46 nmol/l) und dem

Südburgenland (48,20 ± 31,16 nmol/l) sowie den männlichen (Nord: 52,86 ± 39,37 nmol/l, Süd: 44,06 ± 31,76 nmol/l) und weiblichen (Nord: 48,70 ± 34,10 nmol/l, Süd: 51,01 ± 31,01 nmol/l) StudienteilnehmerInnen der Regionen zutage.

Eine genaue Analyse der Altersgruppen in Bezug auf die Regionen (Nord: 70-74 Jahre: 61,12 ± 46,77 nmol/l, 75-59 Jahre: 43,15 ± 22,59 nmol/l, ≥ 80 Jahre: 37,63 ± 16,60 nmol/l, Süd: 70-74 Jahre: 51,35 ± 29,44 nmol/l, 75-59 Jahre: 35,44 ± 16,49 nmol/l, ≥ 80 Jahre: 56,70 ± 43,81 nmol/l), sowie der Geschlechter in den Altersgruppen, zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede (Nord: m: 70-74 Jahre: 64,96 ± 46,16 nmol/l, 75-59 Jahre: 43,48 ± 26,29 nmol/l, ≥ 80 Jahre: 30,24 ± 15,15 nmol/l, w: 70-74 Jahre: 55,74 ± 49,57 nmol/l, 75-59 Jahre: 43,01 ± 21,85 nmol/l, ≥ 80 Jahre: 49,94 ± 11,91 nmol/l; Süd: m: 70-74 Jahre: 53,70 ± 39,39 nmol/l, 75-59 Jahre: 34,43 ± 15,18 nmol/l, ≥ 80 Jahre: 31,22 ± 23,08 nmol/l, w: 70-74 Jahre: 49,54 ± 20,43 nmol/l, 75-59 Jahre: 36,30 ± 18,70 nmol/l, ≥ 80 Jahre: 66,26 ± 46,97 nmol/l)

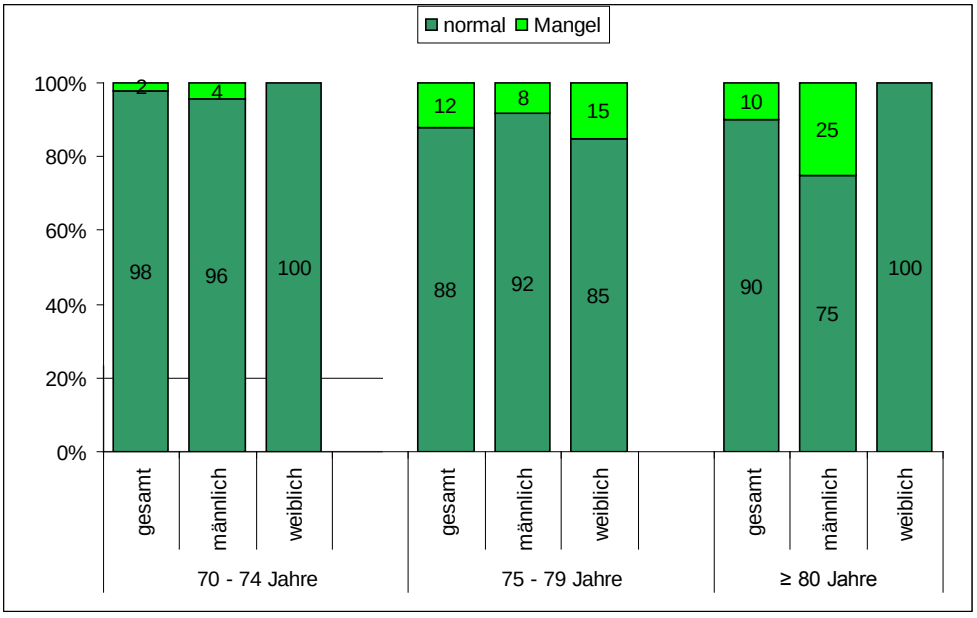



**Abb. 26: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand der Pyridoxin-Konzentration im Plasma unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Die Beurteilung des Vitamin $B_6$-Status anhand der P-5-P-Konzentration im Plasma ergab bei 93% der untersuchten ProbandInnen einen zufriedenstellenden, bei 7% einen mangelhaften Versorgungszustand, wobei die Männer in Summe zu 92% und die Frauen zu 94% im optimalen Referenzbereich lagen.

Unterteilt nach Altersklassen, wurde in der Gruppe der männlichen 70-74-Jährigen sowohl bei den männlichen als auch den weiblichen StudienteilnehmernInnen eine sehr gute Vitamin $B_6$-Versorgung festgestellt (Abb. 26).
In der Gruppe der 75-79-Jährigen hatten 92% der Männer bzw. 85% der Frauen einen zufriedenstellenden Status.
Mit 25% konnte der größte Anteil der inadäquat versorgten Personen bei den ≥80- Jährigen eruiert werden.

### 4.3.3 Pyridoxinsäureausscheidung im Harn

Beim Gesamtkollektiv betrug die Pyridoxinausscheidung im Harn im Mittel 780,61 ± 683,09 nmol/mmol Kreatinin. Die Schwankungsbreite war sehr groß, die Konzentrationen bewegten sich zwischen minimal 160,51 nmol/mmol Kreatinin und 5251,45 nmol/mmol Kreatinin. Der Referenzbereich für eine angemessene Versorgung wird mit 110-2500 nmol/mmol Kreatinin angegeben [Chrisley et al., 1991].

Die durchschnittliche Pyridoxinausscheidung der burgenländischen Frauen des Gesamtkollektivs (828,28 ± 609,77 nmol/mmol Kreatinin) unterschied sich signifikant ($p<0,05$) von jener der Männer (723,18 ± 765,45 nmol/mmol Kreatinin).

Eine Differenzierung der Resultate nach Altersgruppen ließ keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gesamtgruppen der 70-74-Jährigen (726,79 ± 731,16 nmol/mmol Kreatinin), 75-79-Jährigen (815,51 ± 629,76 nmol/mmol Kreatinin) und ≥80-Jährigen (861,47 ± 661,12 nmol/mmol Kreatinin) erkennen. Innerhalb der einzelnen Altersgruppen zeigten sich ebenfalls keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Geschlechtern (Männer: 70-74 Jahre: 832,26 ± 1012,16 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 593,12 ± 216,49 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 591,04 ± 263,89 nmol/mmol Kreatinin, Frauen: 70-74 Jahre: 621,31 ± 211,54 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 963,77 ± 766,84 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 1058,14 ± 798,08 nmol/mmol Kreatinin) (Abb.27).

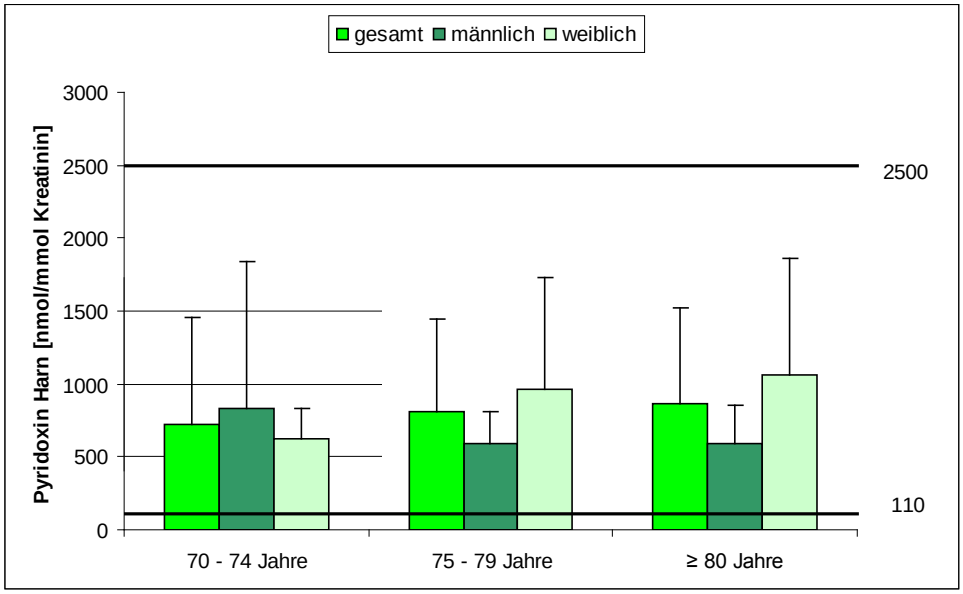



**Abb. 27: Pyridoxinsäure-Konzentration im Harn unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

In Bezug auf das Gesamtkollektiv konnte kein signifikanter regionaler Unterschied bei der Pyridoxinsäureausscheidung erfasst werden (Nord: 743,56 ± 537,06 nmol/mmol Kreatinin, Süd: 821,68 ± 819,56 nmol/mmol Kreatinin).
Auch bei näherer Betrachtung der Altergruppen und der Geschlechter, wurde kein nennenswerter Unterschied zwischen den Regionen ausgemacht (Nord: Männer: 70-74 Jahre: 702,56 ± 440,96 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre:

620,12 ± 242,31 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 646,07 ± 321,30 nmol/mmol Kreatinin, Frauen: 70-74 Jahre: 588,53 ± 261,13 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 1035,75 ± 905,75 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 743,96 ± 121,77 nmol/mmol Kreatinin; Süd: Männer: 70-74 Jahre: 1013,84 ± 1508,13 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 566,13 ± 206,50 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 499,31 ± 130,69 nmol/mmol Kreatinin, Frauen: 70-74 Jahre: 649,05 ± 164,65 nmol/mmol Kreatinin, 75-79 Jahre: 819,83 ± 396,50 nmol/mmol Kreatinin, ≥80 Jahre: 1175,96 ± 920,59 nmol/mmol Kreatinin)

Basierend auf der Messung der Pyridoxinsäureausscheidung im Harn konnte, bezogen auf dem Referenzbereich von Chrisley et al. [1991], der Versorgungszustand aller ProbandInnen als zufriedenstellend bewertet werden.

### 4.3.4 Glutamat-Oxalacetat-Transaminase-Aktivität (Erythrozyten)

Der Aktivierungskoeffizient der erythrozytären Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (α-EGOT) betrug bei den untersuchten SeniorInnen im Mittel 1,74 ± 0,26.
Bei einer guten Vitamin $B_6$-Versorgung liegen die Werte unter 1,75, bei einem marginalen Versorgungszustand zwischen 1,75-1,80 und bei einem Mangel bei >1,80 [Sauberlich, 1999]. Somit lag der Durchschnittswert der α-EGOT im unteren Bereich des entsprechenden Referenzbereiches.

Eine Differenzierung des Gesamtkollektivs nach dem Geschlecht zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den untersuchten Männern (1,70 ± 0,26) und Frauen (1,77 ± 0,25).

Ein Vergleich der Altergruppen (gesamt) ließ keinen signifikanten Unterschied (70-74 Jahre: 1,78 ± 0,24, 75-79 Jahre: 1,69 ± 0,30, ≥80 Jahre: 1,74 ± 0,22) zwischen den Gruppen sowie innerhalb der Gruppen zwischen den

Geschlechtern erkennen (Männer: 70-74 Jahre: 1,71 ± 0,25, 75-79 Jahre: 1,67 ± 0,29, ≥80 Jahre: 1,73 ± 0,27, Frauen: 70-74 Jahre: 1,84 ± 0,20, 75-79 Jahre: 1,70 ± 0,31, ≥80 Jahre: 1,75 ± 0,19) (Abb. 28).

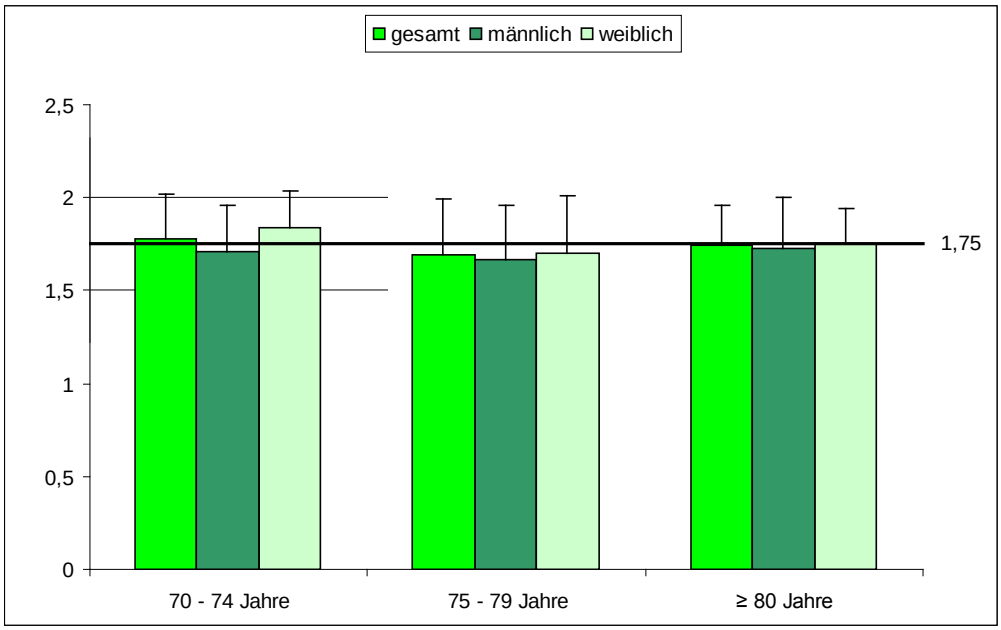



**Abb. 28: α-EGOT unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Die Auswertung des α-EGOT nach geografischer Region zeigte einen höchst signifikanten ($p<0,01$) Unterschied zwischen dem Gesamtkollektiv des Nord- (1,80 ± 0,26) und Südburgenlandes (1,67 ± 0,24).

Ein Vergleich zwischen den Geschlechtern und den einzelnen Altersgruppen (Nord: Männer: 70-74 Jahre: 1,77 ± 0,25, 75-79 Jahre: 1,82 ± 0,20, ≥80 Jahre: 1,71 ± 0,26, Frauen: 70-74 Jahre: 1,94 ± 0,23, 75-79 Jahre: 1,75 ± 0,31, ≥80 Jahre: 1,86 ± 0,23; Süd: Männer: 70-74 Jahre: 1,64 ± 0,25, 75-79 Jahre: 1,55 ± 0,30, ≥80 Jahre: 1,75 ± 0,35, Frauen: 70-74 Jahre: 1,76 ± 0,14, 75-79 Jahre: 1,61 ± 0,29, ≥80 Jahre: 1,70 ± 0,17) brachte allerdings lediglich in der Gruppe der 70-74-jährigen Frauen eine signifikante ($p<0,05$) regionale Differenz (N: 1,94 ± 0,23; S: 1,77 ± 0,25) zutage.

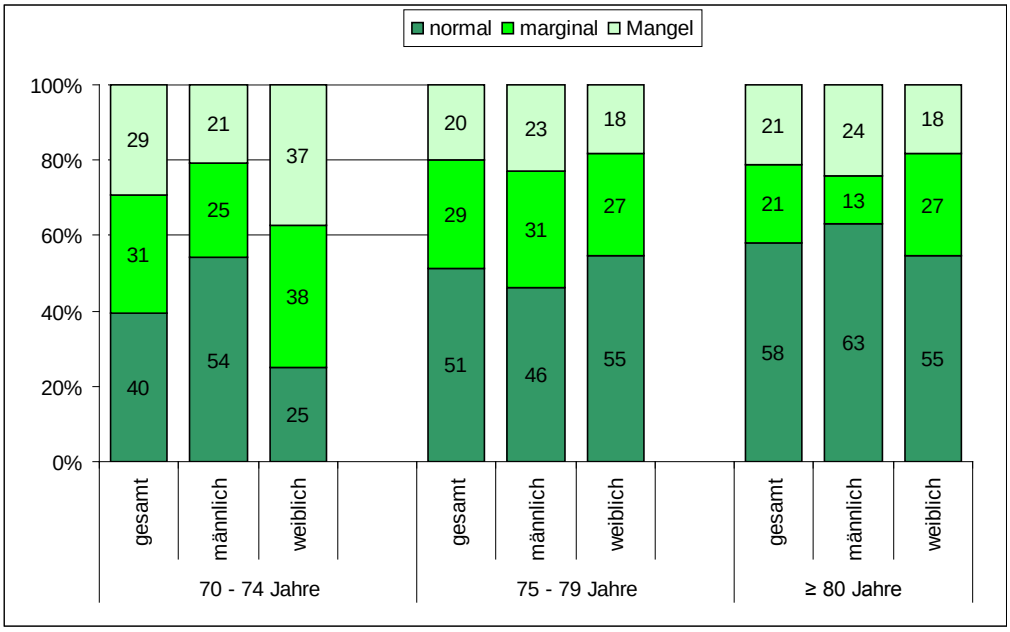



**Abb. 29: Versorgungszustand der burgenländischen Bevölkerung anhand des Aktivierungskoeffizienten α-EGOT unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht**

Anhand der Beurteilung nach α-EGOT konnte der Versorgungszustand bei 47% der burgenländischen SeniorInnen als zufriedenstellend bei 29% als marginal und bei 24% als mangelhaft eingestuft werden. 53% der Männer (gesamt) waren normal, 25% marginal, 22% mangelhaft, bei den Frauen (gesamt) waren 42% normal, 32% marginal, 26% mangelhaft versorgt.

In der „jüngsten“ Gruppe (70-74-Jährige) wiesen 54% der Männer einen α-EGOT-Wert im Referenzbereich, 25% im marginalen und 21% im mangelhaften Bereich auf. 25% der 70-74-jährigen Frauen hatten einen zufriedenstellenden Status, bei 38% war er marginal und bei 37% mangelhaft.
(Abb. 29).
Innerhalb der Gruppe der 75-79-Jährigen waren 46% der Männer optimal versorgt, 31% marginal und 23% mangelhaft. Die gleichaltrigen Frauen wiesen zu 55% einen sehr guten, zu 27% einen marginalen und zu 28% einen mangelhaften Status auf.
Die ≥80-jährigen Männer lagen zu 63% im Normal-, zu 13% im Marginal- und zu 24% im Mangelbereich. Bei den Frauen der gleichen Altersklasse waren

55% normal versorgt, 27% wiesen einen marginalen und 18% einen mangelhaften Vitamin $B_6$-Status auf.

### 4.3.5 Diskussion Vitamin $B_6$

Im Vergleich zu anderen Studien lag die durchschnittliche Vitamin $B_6$-Aufnahme des untersuchten Kollektivs unter entsprechenden Vergleichsdaten. So betrug beispielsweise laut dem europäischen Ernährungs- und Gesundheitsbericht die mittlere Aufnahme an Vitamin $B_6$ in Österreich bei 75-84-jährigen Männern 1,5 ± 0,5 mg/d und bei den >84-Jährigen 1,1 ± 0,4 mg/d. Die 75-84-jährigen Frauen nahmen vergleichsweise 1,3 ± 0,5 mg/d, die >84-Jährigen 1,2 ± 0,5 mg/d auf [Fabian und Elmadfa, 2008], womit das gesamte Kollektiv (im Gegensatz zur vorliegenden Studie) eine ausreichende Vitamin $B_6$-Zufuhr hatte.

Bei einer deutschen Studie über 60-70-jährige Frauen lag die Aufnahme an Vitamin $B_6$ bei 17% unterhalb des verwendeten Referenzwertes (1,5 mg/d). Die Auswertung des Aktivierungskoeffizienten zeigte bei 37% der Untersuchten einen Mangel auf [Wolters et al., 2003].
Die Resultate der Nährstoffaufnahme und des α-EGOT der vorliegenden Studie lagen zwar in einem ähnlichen Bereich wie jene der Untersuchung von Wolters et al. [2003], dennoch konnte der Vitamin $B_6$-Versorgungszustand des burgenländischen Kollektivs als günstiger eingestuft werden.

P-5-P ist die Hauptform von Vitamin $B_6$ im Plasma. Der Nachweis via HPLC ist ein sehr gängiges Instrument zur Statusbestimmung. Bei der Untersuchung von britischen SeniorInnen ≥65 Jahren, wurde basierend auf der Plasmakonzentration des P-5-Ps bei ca. 16% ein biochemischer Mangel festgestellt [Bates et al., 1999c]. Im Vergleich zu diesen Studienergebnissen wiesen die burgenländischen SeniorInnen in Abhängigkeit von der jeweiligen Altersgruppe einen geringfügig besseren Vitamin $B_6$-Level auf.

In einer englischen Studie über den Nährstoffstatus älterer Menschen wurde in der Gruppe der 74-90-Jährigen bei 25% der Männer und bei 28% der Frauen ein Vitamin $B_6$-Mangel festgestellt. Bei den etwas jüngeren Älteren (68-73 Jahre) konnten vergleichsweise höhere Defizite ausgemacht werden. 50% der Männer und 60% der Frauen waren in dieser Altergruppe mangelhaft versorgt (<34,4 nmol/l im Plasma) [Wright et al., 1995]. Ein Unterschied zwischen den einzelnen Altersgruppen der burgenländischen SeniorInnen konnte in der vorliegenden Studie allerdings nicht festgestellt werden.
Auch in der Seneca-Studie, in der 546 Personen zwischen 74-76 Jahren untersucht wurden, wurde bei 22% der Probanden ein zu geringer Plasmalevel (<20 nmol/l) an Vitamin $B_6$ eruiert [Van der Wielen et al., 1996].

Im Alter sinkt die P-5-P-Konzentration im Plasma ab, deshalb kann es häufiger zu einem Mangel kommen als bei jüngeren Erwachsenen. Allgemeine Symptome sind insbesondere Schwächegefühl und Schlaflosigkeit. Da Vitamin $B_6$ eine wichtige Funktion im Aminosäurestoffwechsel inne hat, kann es auch zu einer Muskelatrophie kommen, die die Mobilität im Alter weiter einschränkt [Combs, 2008].
Weiters ist zu berücksichtigen, dass ein Vitamin $B_6$ Mangel in Kombination mit einem Mangel an Folsäure und Vitamin $B_{12}$ und $B_2$ eine Erhöhung der Homocysteinkonzentration, welche ein Risikofaktor für die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen und Atherosklerose ist, zur Folge hat [Stern et al., 2004; Chen et al., 2005].

### 4.3.6 Gesamtbetrachtung Vitamin $B_6$

Die durchschnittliche Vitamin $B_6$-Aufnahme aller StudienteilnehmerInnen (1,06 ± 0,48 mg/d), sowie differenziert nach Männern (79%) und Frauen (67%) lag geringfügig unterhalb der Empfehlungen.

Die Analyse des P-5-Ps im Plasma zeigte bei 93% der ProbandInnen eine gute und bei 7% eine inadäquate Versorgungslage.
Die Ergebnisse der Pyridoxinsäureausscheidung im Harn wiesen zwar auf einen angemessenen Versorgungszustand des gesamten Kollektivs hin, anhand der Untersuchung des α-EGOT konnte der Status an Vitamin $B_6$ jedoch nur bei 47% der ProbandInnen als zufriedenstellend eingestuft werden. 29% der ProbandInnen waren marginal und 24% sogar mangelhaft versorgt.

Obwohl die Plasmalevel und die Ausscheidung an Vitamin $B_6$ auf einen weitgehend akzeptablen Versorgungszustand des Kollektivs hinwiesen, konnte anhand des α-EGOT (entsprechend den niedrigen Aufnahmedaten) dennoch bei 43% der StudienteilnehmerInnen ein nicht zufriedenstellender bzw. verbesserungswürdiger Status eruiert werden.

# 5 Schlussbetrachtung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit dem Status an wasserlöslichen Vitaminen ($B_1$, $B_2$ und $B_6$) von burgenländischen SeniorInnen. Um einen Einblick in die Ernährungssituation dieser Personengruppe zu bekommen, wurde die Nährstoffaufnahme mittels 24h-Recall erfasst, sowie laborchemische Untersuchungen im Plasma, Harn und den Erythrozyten durchgeführt. Das Kollektiv bestand ausschließlich aus zu Hause lebenden, sich selbstständig versorgenden Personen, die 70 Jahre und älter waren.

Bei älteren Personen bis 65 Jahren ist die Prävalenz für Übergewicht stark im Ansteigen. Danach ist es jedoch so, dass mit zunehmendem Alter auch das Körpergewicht abnimmt [Bates et al., 2001]. Dies konnte auch in der Untersuchung von SeniorInnen verschiedener Altersstufen im Rahmen des österreichischen Ernährungsberichtes gezeigt werden [Elmadfa et al., 2003].
Die vorliegende Studie bestätigte diese Ergebnisse ebenfalls - im Alter von 70-74 Jahren war der durchschnittliche BMI (28,9 ± 4,1kg/$m^2$) signifikant höher ($p<0,05$) als bei den ≥80-Jährigen (26,7 ± 4,2kg/$m^2$). Dieses Phänomen lässt sich dadurch erklären, dass durch alters- und krankheitsbedingte Veränderungen (z.B. Kau- und Schluckbeschwerden, mangelndes Hungergefühl, gastrointestinale Beschwerden etc.), sowie eine vermehrt Einnahme von verschiedenen Medikamenten in vielen Fällen zu einer geringeren Nahrungszufuhr beitragen [Volkert, 1997].

Bei den burgenländischen SeniorInnen lagen die durchschnittlichen Aufnahmen an Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ (gesamt: $B_1$: 0,8 ± 0,37 mg/d, $B_2$: 1,01 ± 0,35 mg/d, $B_6$: 1,06 ± 0,48 mg/d), die mittels 24h-Recall erhoben wurden, stets unterhalb der Empfehlungen der DACH-Referenzwerte [D-A-CH, 2000]. Lediglich 18% der TeilnehmerInnen wiesen demnach eine optimale Zufuhr an Vitamin $B_1$, 28% an, Vitamin $B_2$ und 21% der Männer, sowie 33% der Frauen an Vitamin $B_6$ auf.

Basierend auf diesen Resultaten könnte eine mögliche Erklärung für die niedrige Zufuhr der drei B-Vitamine v.a. die generell (im Vergleich zu den Empfehlungen) geringe Aufnahme an Energie sein.
Hierbei ist jedoch zu beachten, dass Daten aus 24h-Recalls lediglich einen Hinweis auf die aufgenommenen Nährstoffmengen an einem einzigen Tag liefern. Dennoch zeigten die erhobenen Aufnahmedaten eine tendenziell verbesserungswürdige Situation bezüglich des Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$-Versorgungszustandes der untersuchten SeniorInnen auf, welche durch die laborchemischen Analysen bestätigt wurden.

Interessant ist die Tatsache, dass bei fast allen untersuchten Statusparametern der drei verschiedenen B-Vitamine die Frauen stets besser versorgt waren als die Männer. In vielen Fällen gab es sogar signifikante Unterschiede. Möglicherweise liegt dies daran, dass Frauen generell ernährungsbewusster und sensibler für das Thema Ernährung sind. Ein möglicher Grund dafür kann auch sein, dass Frauen bei gesundheitlichen Problemen eher bereit sind einen Arzt zu konsultieren und daher öfter Nahrungsergänzungsmittel verschrieben bekommen bzw. von sich aus, aus einem gesteigerten Gesundheitsbewusstsein heraus, supplementieren.
In einer Studie aus Deutschland über die Energie- und Nährstoffaufnahme der älteren Generation wurden diese in “junge Alte” (65-74 Jahre), “alte Alte” (75-84 Jahre) und “sehr alte Alte” (85+ Jahre) unterteilt und miteinander verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass keine dieser 3 Gruppen ein spezielles Risiko für einen Nährstoffmangel hatte. Jedoch wurde in allen Altersklassen ein Unterschied zwischen den Geschlechtern festgestellt. Die Männer hatten eine höhere Energieaufnahme, während die Frauen eine höhere Nährstoffdichte aufwiesen. Das rührt daher, dass Frauen generell auf eine bessere Lebensmittelauswahl achten als Männer [Volkert et al., 2004].
Eine Studie über Geschlechterdifferenzen in der Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme von Personen ab 65 Jahren konnte bei Frauen eine deutliche Präferenz für Joghurt, Milch, Butter, Kuchen, Äpfeln, Birnen und

Bananen feststellen. Männer griffen bevorzugt zu Fleisch- und Fleischprodukten, Eiern und Zucker [Bates et al., 1999c].

Trotz der unzureichenden Vitamin $B_1$-Aufnahme des untersuchten Kollektivs wurde bei der Analyse der Thiaminkonzentration im Plasma sowie bei der Untersuchung der Thiaminausscheidung im Harn bei einem Großteil der burgenländischen SeniorInnen ein optimaler Versorgungszustand festgestellt. Rund ein Zehntel befand sich in einem Mangelzustand. Auffällig war, dass die Frauen, sowohl in den einzelnen Altersgruppen, als auch regional betrachtet, bessere, teilweise sogar signifikant bessere Werte als die Männer aufwiesen. Bei der Analyse des Langzeitparameters α-ETK in den Erythrozyten betrug der Prozentsatz der Mangelversorgten 15%, ein Viertel der ProbandInnen war marginal versorgt.
Somit wurde der Status an Vitamin $B_1$ als durchaus verbesserungswürdig eingestuft.
Thiamin ist hauptsächlich in Getreideprodukten, Hülsenfrüchten und Fleisch enthalten. Ältere Menschen meiden vielfach, bedingt durch Kau- und Schluckbeschwerden oder Probleme mit den Zähnen bzw. Zahnprothesen, genau diese Lebensmittel, wodurch es zu einer ungenügenden Aufnahme und letztlich leichter zu einem Mangel kommen kann. Wie der Zustand der Zähne von alten Menschen die Nahrungsauswahl und somit auch den Ernährungszustand beeinflusst, wurde anhand der Daten von britischen SeniorInnen, die 65 Jahre oder älter waren, untersucht. Hier wurde z.B. bei zahnlosen Personen eine signifikant geringere Aufnahmen an Nicht-Stärke-Polysacchariden (dazu zählen Cellulose, Pektine, Hydrocolloide) und Milchzucker festgestellt [Wagner et al., 2003].
Daher ist es wichtig solche Problematiken zu erkennen und entsprechende Maßnahmen, wie regelmäßige Zahnkontrollen, eine adäquate Speisenzubereitung oder eine gezielte Supplementation, etc. zu setzen.

Die durchschnittliche Vitamin $B_2$-Aufnahme des untersuchten Kollektivs musste, ebenso wie die Plasmakonzentration an FAD (wo bei zwei Drittel der

ProbandInnen ein Mangel diagnostiziert wurde) als inadäquat bewertet werden. Der Plasmalevel an FMN und RF konnte nahezu bei allen StudienteilnehmerInnen als zufriedenstellend beurteilt werden. Die Analyse im Harn ergab bei 3% und die Auswertung der α-EGR bei 10% der gesamten BurgenländerInnen einen unzureichenden Status.
Die teils variierenden Plasmakonzentrationen der einzelnen $B_2$-Vitamere könnten mitunter auf die Einnahme von Supplementen bzw. spezifische Medikamente zurückzuführen sein. Generell musste die Vitamin $B_2$-Versorgung der burgenländischen SeniorInnen als durchaus verbesserungswürdig eingestuft werden.

Die mittlere Aufnahme an Vitamin $B_6$ lag, wie bei den anderen beiden B-Vitaminen, unterhalb des D-A-CH-Referenzwertes. Obwohl die P-5-P-Konzentration im Plasma sowie die Pyridoxinsäureausscheidung im Harn im gesamten Kollektiv als durchaus zufrieden stellend bewertet werden konnte, zeigte die Messung des Aktivierungskoeffizienten α-EGOT, dass nur knapp die Hälfte der burgenländischen SeniorInnen langfristig betrachtet einen adäquaten Versorgungszustand aufwiesen, weshalb der Status an Vitamin $B_6$ als verbesserungswürdig bewertet werden musste.
Neben einer, im Alter generell verminderten Nährstoffaufnahme [Combs, 2008], kann bei älteren Personen, die Medikamente gegen Hypertonie oder Parkinson nehmen, der Status an Vitamin $B_6$ zusätzlich massiv beeinträchtigt sein. Auch bei Patienten, die an chronischer Niereninsuffizienz leiden, ist der Bedarf erhöht [Friedrich, 1987].

Nennenswerte regionale Unterschiede zwischen dem Nord- und dem Südburgenland konnten in der vorliegenden Studie bei keinem der untersuchten Parameter ausgemacht werden. Auch zwischen den Altergruppen gab es keine besonderen Auffälligkeiten.

Ältere Menschen sind meist sehr stark in traditionellen Ernährungsgewohnheiten verhaftet und kaum bereit diese festgefahrenen

Ernährungsweisen zu ändern. Gewohnheiten, vor allem in Bezug auf Ernährung (wie z.B. fixe Essenszeiten, bestimmte Gerichte und Lebensmittel oder auch Wirtshausbesuche), sind für ältere Menschen ein Garant für Sicherheit und Konstanz im Leben. Nachdem vielen SeniorInnen der Sinn einer Ernährungsumstellung nicht immer verständlich ist, oder sie der Meinung sind, dass diese im Alter keinen Nutzen mehr hat, ist es eine besondere Herausforderung, Maßnahmen in Bezug auf eine verbesserte Nährstoff- bzw. Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$-Zufuhr, innerhalb dieser Personengruppen umzusetzen.

# 6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Ermittlung des Status der wasserlöslichen Vitamine $B_1$, $B_2$ und $B_6$ von burgenländischen SeniorInnen, die über 70 Jahre alt waren, noch selbstständig daheim lebten und sich versorgten. Das Kollektiv umfasste insgesamt 102 Personen. Mittels 24h-Recall wurde die Nährstoffaufnahme erhoben und der genaue Status durch laborchemische Untersuchungen in Plasma, Harn und Erythrozyten erfasst.

Die ermittelten Nährstoffaufnahmen lagen bei allen drei Vitaminen in der gesamten Population jeweils unter dem Referenzwert.

Die Messung von Thiamin (Vitamin $B_1$) im Plasma ergab bei 7% eine mangelhafte Versorgung, bei der Messung im Harn waren es 13% und bei der Analyse des Aktivierungskoeffizienten der Transketolase (α-ETK) wurde bei 40% eine inadäquate (marginale und mangelhafte) Versorgung festgestellt.

Bei Vitamin $B_2$ zeigte die Plasmakonzentrationen an FAD einen unzureichenden, jene an FMN und RF sowie die RF-Ausscheidung im Harn einen zufriedenstellenden Level. Die Bestimmung des Glutathionreduktase-Aktivierungskoeffizienten, α-EGR, ließ jedoch bei 69% der Probanden einen inadäquaten (marginalen und mangelhaften) Status erkennen.

Die Plasmakonzentration an Vitamin $B_6$ (P-5-P) sowie die Pyridoxinsäureausscheidung im Harn konnten bei einem Großteil der ProbandInnen als zufriedenstellend eingestuft werden. Der Langzeitstatusparameter (der Aktivierungskoeffizient der Glutamat-Oxalacetat-Transaminase, α-EGOT) zeigte allerdings bei 53% der StudienteilnehmerInnen einen inadäquaten (marginal und mangelhaft) Vitamin $B_6$-Versorgungszustand.

Ein Vergleich der verschiedenen Altergruppen (70-74 Jahre, 75-79 Jahre, ≥80 Jahre), sowie des Nord- und Südburgenlandes, ließ bei allen drei Vitaminen keine nennenswerten Unterschiede erkennen.

Die untersuchten Frauen wiesen bei sämtlichen Statusparametern zwar einen (teils signifikant) besseren Versorgungszustand auf als die Männer, dennoch musste der Status an Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ bei dem gesamten untersuchten Kollektiv als generell verbesserungswürdig eingestuft werden.

# 7 Summary

The aim of the present study was to assess the nutritional status of the water-soluble vitamins $B_1$, $B_2$ and $B_6$ of the elderly population from Burgenland. Due to study criteria the subjects were 70 years old and above, free-living and able to care for themselves. Overall 102 people participated in the study.

The nutritional intake of the subjects was assessed using 24h recalls, the biochemical status was determined by analyses performed in plasma, urine and erythrocytes.

On average, the intake data of all three vitamins were lower than the recommended levels.

According to the measurement of thiamine (vitamin $B_1$) in plasma and urine 7% and 13%, respectively of the subjects had a status which was not satisfactory. Regarding to the activation coefficient of transketolase (α-ETK) 40% had an inadequate (marginal and deficient) vitamin $B_1$ status.

The analyses of $B_2$ vitamers in plasma and urine showed that except of FAD, all parameters (FMN, RF in plasma and urine) ranged within the normal reference values. However the activation coefficient of glutathione reductase (α-EGR) indicated that 69% of the elderly were provided inadequately (marginal and deficient) with vitamin $B_2$.

The plasma concentration of vitamin $B_6$ (P-5-P) and the urinary excretion of pyridoxic acid corresponded to the reference value in almost all study participants, however, the transaminase activation coefficient (α-EGOT) indicated that 53% of the subjects had an inadequate (marginal and deficient) vitamin $B_6$ status.

The comparison of different age groups (70-74 years, 75-79 years, ≥80 years) and the north and south of Burgenland showed no remarkable differences.

Finally, it had to be noted that the participating women had a better (partly significant) vitamins $B_1$, $B_2$ and $B_6$ supply than men. Nevertheless, this study indicated that the status of vitamins $B_1$, $B_2$ and $B_6$ in elderly people of Burgenland should be improved.

# 8 Literaturverzeichnis

BATES C.J., BENTON D., BIESALSKI H.K., STAEHELIN H.B., VAN STAVEREN J., STEHLE P., SUTER P.M., WOLFRAM G. Ernährung und Altern. Aktuelle Ernährungsmedizin 2001. 26: 285-302

BATES C.J., PENTIEVA K.D., MATTHEWS N., MACDONALD A. A simple, sensitive and reproducible assay for pyridoxal-5-phosphat and 4-pyridoxic acid in human plasma. Clinica Chimica. 1999. 280: 101-111(1999a)

BATES C.J., PRENTICE A., COLE T.J., VAN DER POLS J.C., DOYLE W., FINCH S., SMITHERS G., CLARKE P.C. Micronutrients: highlights and research challenges from 1994-5 National Survey of people aged 65 years and over. British Journal of Nutrition, 1999, 82: 7-15 (1999b)

BATES C.J., PRENTICE A., FINCH S. Gender differences in food and nutrient intakes and status indices from the national diet and nutrition survey of people aged 65 years and over. European Journal of Clinical Nutrition 1999. 53: 694-699 (1999c)

BIESALSKI H.K., GRIMM P. Taschenatlas der Ernährung. 2. Auflage. Thieme Verlag, Stuttgart 2002. 160-166, 180-182

BITSCH R. Vitamine- Physiologie, Pathophysiologie, Therapie. (Biesalski H.K., Schrezenmeir J., Weber P., Weiss H., Hrsg.). Thieme Verlag, Stuttgart 1997. 67-84

BOGERS R.P., TIJHUIS M.A.R., VAN GELDER B.M., KROMHOUT D. Final report of the HALE (Healthy Ageing: a Longitudinal study in Europe) Project. National Institute for Public Health and the Environment (RVIM), Netherlands, Report 2005.

BURGENLÄNDISCHER GESUNDHEITSBERICHT 2002: Gesundheitszustand und Gesundheitsverhalten der Burgenländischen Bevölkerung. (Hrsg.: Amt der burgenländischen Landesregierung, Abteilung 6 – Hauptreferat Gesundheit, Familie und Sport)

CAPO-CHICHI C. D., GUÉANT J. L., FEILLET F., NAMOUR F., VIDAILHET M. Analysis of riboflavin and riboflavin cofactor levels in plasma by high performance liquid chromatography. Journal of Chromatography B, 2000. 739, 219-224

CHEN K.J., PAN W.H., YANG F.L., WEI I.L., SHAW N.S., LIN B.F. Association of B vitamins status and homocysteine levels in elderly Taiwanese. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 2005. 14(3): 250-255

CHERNOFF R. Geriatric nutrition. The health professionals's handbook. Vitamin metabolism and requirements in the elderly. Chapter 4 (SUTER P., M.). 3rd edition. Verlag Jones and Bartlett, 2004. 46-48

CHRISLEY B.M., MC NAIR H.M., DRISKELL J.A. Separation and quantification of the $B_6$ vitamers in plasma and 4-pyridoxin acid in urine of adolescent girls by reversed phase high performance liquid chromatography. Journal of Chromatography 1991. 563: 369-378

COMBS G.F. The vitamins- fundamental aspects in nutrition and health. 3rd edition, Verlag Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo 2008. 265-280

CRANNEY A., TUGWELL P., ZYTARUK N., ROBINSON V., WEAVER B., SHEA B., WELLS G., ADACHI J., WALDEGGER L., GYUATT G. Meta-

Analysis of Calcitonin fort the treatment of postmenopausal osteoporosis. Endocrine reviews 2002. 23: 540-551

DAHAN A., ALTMAN H. Review: Food- drug interaction: grapefruit juice augments drug bioavailability – mechanism, extent and relevance. European Journal of Clinical Nutrition 2004. 58: 1-9

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG, ÖSTERREICHISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG, SCHWEIZERISCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSFORSCHUNG, SCHWEIZERISCHE VEREINIGUNG FÜR ERNÄHRUNG. DACH- Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau/Braus Verlag, 1. Auflage, Frankfurt am Main, 2000.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (DGE). Ernährungsbericht 2000. Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., Frankfurt am Main, 2000. S.160

DORNER T., RIEDER A. Epidemiologische Daten zur Hypertonie. Journal für Hypertonie 2004. 8: 4-9

EBERMANN R., ELMADFA I. Lehrbuch Lebensmittelchemie und Ernährung. Verlag Springer, Wien, New York 2008. 157-159, 163-168

EDWARDS P., LIU P. K. S., ROSE G. A. A simple liquid- chromatographic method for measuring Vitamin B6 compounds in plasma. Clinical Chemistry 1989. 35(2) 241-245

ELMADFA I., FREISLING H., KÖNIG J., BLACHFELNER J., CVITKOVICH-STEINER H., GENSER D., GROSSGUT R., HASSAN-HAUSER C., KICHLER R., KUNZE M., MAJCHRZAK D., MANAFI M., RUST P., SCHINDLER K., VOJIR F., WALLNER S:; ZILBERSZAC A. Österreichischer Ernährungsbericht 2003 (Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien, Hrsg.). Im

Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit und Frauen, Sektion IV. 1. Auflage, Wien, 2003.

ELMADFA I., LEITZMANN C. Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer, 4. Auflage, Stuttgart 2004. 348-358, 366-374, 496-500

ELMADFA I., MEYER A. L. Body Composition, changing physiological functions and nutrient requirements of the elderly. Annals of Nutrition and Metabolism 2008. 52(1): 2-5

FABIAN E., ELMADFA I. Nutritional situation of the elderly in the European Union: data of the European Nutrition and Health Report (2004). Annals of Nutrition and Metabolism 2008. 52(1): 57-61

FRIEDRICH W. Handbuch der Vitamine, Verlag Urban und Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore 1987. 219-261, 349-398

FRITZ K., ELMADFA I. Quality of nutrition with different degrees of dependency: elderly living in private homes. Annals of Nutrition and Metabolism 2008. 52: 47-50

GILCA M., STOIAN I., ATANASIU V., VIRGOLICI B. The oxidative hypothesis of senescence. Journal of Postgraduate Medicine 2007. 53: 207-213

GRUVER A.L., HUDSON L.L., SEMPOWSKI G.D. Immunosenescence of ageing. Journal of Pathology 2007. 211: 144-156

HARMAN D. Aging: A theory based on free radical and radiation chemistry. Journal of Gerontology 1956. 11: 298-300

HUSTAD S., MC KINLEY M.C., MC NULTY H., SCHNEEDE J., STRAIN J.J., SCOTT J.M., UELAND P.M. Riboflavin, Flavin Mononucleotide and Flavin

Adenine Dinucleotide in human plasma and erythrocytes at baseline and after low-dose Riboflavin supplementation. Clinical Chemistry 2002. 48(9): 1571-1577

HUSTAD S., UELAND P. M., SCHNEEDE J. Quantification of Riboflavin, Flavin Mononucleotide and Flavin Adenine Dinucleotide in human plasma by capillary electrophoresis and laser- induced fluorescence detection. Clinical Chemistry 1999. 45(6) 862-868

IMMUNDIAGNOSTIK AG. Arbeitsanleitung zur Bestimmung von Vitamin $B_6$ in Plasma, Serum und EDTA- Vollblut, 2006.

JUGUAN J.A., LUKITO W., SCHULTINK W. Thiamine deficiency is prevalent in a selected group of urban Indonesian elderly people. The Journal of Nutrition 1999. 129: 366-371

KUEPPER C. Ernährung älterer Menschen. Umschau Zeitschriftenverlag, Frankfurt am Main, 2003.

LEITZMANN C., MUELLER C., MICHEL P., BREHME U., HAHN A., LAUBE H. Ernährung in Prävention und Therapie. Hippokrates Verlag, Stuttgart, 2003.

LESSER S., PAULY L., VOLKERT D., STEHLE P. Nutritional Situation of the elderly in Eastern/Baltic and Central/Western Europe- The Ageing Nurtrition Project. Annals of Nutrition and Metabolism 2008. 52 (Suppl. 1): 62-71

MADIGAN S.M., TRACEY F., MC NULTY H., EATON-EVANS J., COULTER J., MC CARTNEY H., STRAIN J.J. Riboflavin and vitamin B6 intakes and status and biochemical response to Riboflvin supplementation in free-living elderly people. American Journal of Clinical Nutrition 1998. 68: 389-395

MONITORING 2006 ZUM GESUNDHEITSBERICHT ÖSTERREICH 2004: Verfasst von der Gesundheit Österreich GmbH – Geschäftsbereich ÖBIG (österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen).

NAM H. J. Alten- und Pflegeheime in Österreich: Trägerstruktur, Angebotsstruktur und Beschäftigung. Erste Ergebnisse aus dem Projekt „Beschäftigung im österreichischen Nonprofit Sektor“. Abteilung für Sozialpolitik, Wien 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL der USA (NRC). Diet and Health. Implications for reducing chronic disease risk. National Academy Press, Washington DC, 1989.

POWERS H.J. Riboflavin ($B_2$) and health. American Journal of Clinical Nutrition 2003. 77(6); 1352-1360

RASHMI R. S. Drug development and use in the elderly: search for the right dose and dosing regimen. British Journal of Clinical Pharmacology 2004. 452-469

ROUTLEDGE P. A., O’MAHONY M. S., WOODHOUSE K.W. Adverse drug reactions in elderly patients. British Journal of Clinical Pharmacology 2003. 57(2): 121-126

SAUBERLICH H. E. Assessment of Nutritional Status. CRC Press, Boca, Raton, London, New York, Washington DC, 1999.

SCHLETTWEIN-GSELL D., DECARLI B., AMORIM CRUZ J.A., HALLER J., DE GROOT C.P.G.M., VAN STAVEREN W.A. Nährstoffaufnahme bei gesunden Betagten aufgrund von Resultaten der SENECA Studie „Nutrition and the elderly in Europe“. Zeitung für Gerontologie und Geriatrie 1999. 32(1)

SENIORENBERICHT: Bericht zur Lebenssituation älterer Menschen. Bundesministerium für soziale Sicherheit und Generationen Österreichs, Hrsg., 2001

STATISTIK AUSTRIA: Bevölkerung Burgenland zu Jahresbeginn seit 1981 nach Altersgruppen sowie demographische Abhängigkeitsquoten. Verlag Österreich, Wien, 2007 (2007a)

STATISTIK AUSTRIA: Bevölkerung Österreich zu Jahresbeginn seit 1981 nach Altersgruppen sowie demographische Abhängigkeitsquoten. Verlag Österreich, Wien, 2007 (2007b)

STATISTIK AUSTRIA: Bevölkerungsprognose 2007, Verlag Österreich, Wien, 2007 (2007c)

STATISTIK AUSTRIA: Lebenserwartung 2007. Verlag Österreich, Wien, 2007 (2007d)

STATISTIK AUSTRIA: Prozentanteil der Lebenszeit in guter Gesundheit nach Alter und Geschlecht. Verlag Österreich, Wien, 2006

STATISTIK AUSTRIA: Volkszählung 2001 – Hauptergebnisse I – Österreich. Verlag Österreich, Wien 2002

STATISTIK AUSTRIA: Vorausberechnete Bevölkerungsstruktur für das Burgenland 2006-2075 laut Hauptszenario. Verlag Österreich, Wien, 2007 (zit. 2007e)

STATISTIK AUSTRIA: Wohnen, Ergebnisse der Wohnungserhebung im Mikrozensus, Jahresdurchschnitt 2006. Herausgegeben von Statistik Austria, Verlag Österreich, Wien, 2007 (zit. 2007f)

STERN F., BERNER Y.N., POLYAK Z., KOMARNITSKY M., SELA B.A., HOPP M., DROR Y. Homocystein effect in protein degradation rates. Clinical Biochemistry 2004. 37: 1002-1009

TALWAR D., DAVIDSON H., COONEY J., O'REILLY D. Vitamin $B_1$ status assessed by direct measurement of thiamine pyrophosphate in erythrocytes or whole blood by HPLC: Comparison with erythrocyte transketolase activation assay. Clinical chemistry 2000. 26(5): 704-710

VAN DER WIELEN R.P., LOWIK M.R., HALLER J. VAN DER BERG H., FERRY M., VAN STAVEREN W.A. Vitamin B6 malnutrition among elderly Europeans: the SENECA study. Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences 1996. 51(6): 417-424

VOLKERT D.: Ernährung im Alter, Verlag Quelle & Meyer, Wiesbaden, 1997

VOLKERT D. Nutrition and lifestyle of the elderly in Europe. Journal of Public Health 2005. 13: 56-61

VOLKERT D., KREUEL K., HESEKER H., STEHLE P. Energy and nutrient intake of young-old, old-old and very-old elderly in Germany. European Journal of Clinical Nurition 2004. 58: 1190-1200

WAGNER M., STEELE J.G., SHEIHAM A., WALLS A.W.G. The relationship between dental status, food selection, nutrient intake, nutritional status and body mass index in older people. Cademos de Saùde Pùblica 2003. 19(3): 809-816

WAWRUCH M., ZIKAVSKA M., WSOLOVA L., KUZELOVA M., TISONOVA J., GAJDOSIK J., URBANEK K., KRISTOVA V. Polypharmacy in elderly hospitalised patients in Slovakia. Pharmacy World and Science 2008, 30: 235-242.

WEBER W., KEWITZ H. Determination of Thiamine in human plasma and its pharmacokinetics. European Journal of Clinical Pharmacology 1985. 28: 213-219

WOLTERS M., HERMANN S., HAHN A. B vitamin status and concentration of homocystein and methylmalonic acid in elderly german women. American Journal of Clinical Nutrition 2003. 78: 765-72

WRIGHT A.J.A., SOUTHON S., BAILEY A.L., FINGLAS P.M. Nutrient intake and biochemical status of non-institutionalized eldery subjects in Norwich:comparison with younger adults ans asolescents from the same general community. British Journal of Nutrition 1995. 74: 453-475

YANG F.L., LIAO P.C., CHEN Y.Y., WANG, J.L., SHAW N.S. Prevalence of thiamin and riboflavin deficiency among the elderly in Taiwan. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition 2005. 14(3): 238-243

ZEMPLENI J. Vitamin $B_6$ (Pyridoxin) Vitamine- Physiologie, Pathophysiologie, Therapie. (Biesalski H.K., Schrezenmeir J., Weber P., Weiss H., Hrsg.). Thieme Verlag, Stuttgart 1997, 85-93

# 9 Anhang

**Tabelle I: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter im Gesamtkollektiv, sowie getrennt nach Geschlecht (MW ± sd)**

| | Gesamt<br>MW ± sd | Männlich<br>MW ± sd | Weiblich<br>MW ± sd |
|---|---|---|---|
| **Vitamin B1 Plasma [nmol/l]** | 12,92 ± 6,23 | 10,86 ± 4,43 | 14,48 ± 6,94 |
| **Vitamin B1 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 56,70 ± 52,08 | 38,89 ± 19,38 | 71,43 ± 64,88 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 15,44 ± 7,59 | 16,22 ± 8,48 | 14,84 ± 6,84 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 38,47 ± 7,69 | 38,28 ± 8,03 | 38,69 ± 7,47 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 13,51 ± 10,10 | 13,92 ± 13,59 | 13,18 ± 6,13 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 7,55 ± 4,76 | 7,34 ± 6,24 | 7,71 ± 3,17 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 140,63 ± 115,48 | 111,94 ± 92,5 | 164,53 ± 127,78 |
| **EGR** | 1,26 ± 0,11 | 1,28 ± 0,12 | 1,23 ± 0,11 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 49,52 ± 33,87 | 49,06 ± 36,15 | 49,90 ± 32,24 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 780,61 ± 683,09 | 723,18 ± 765,45 | 828,28 ± 609,77 |
| **EGOT** | 1,74 ± 0,26 | 1,70 ± 0,26 | 1,77 ± 0,25 |

**Tabelle II: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter geordnet nach Altersgruppen (MW ± sd)**

| | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** |
|---|---|---|---|
| **Vitamin $B_1$ Plasma [nmol/l]** | 12,46 ± 5,78 | 13,74 ± 7,72 | 12,61 ± 3,99 |
| **Vitamin $B_1$ Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 49,30 ± 30,05 | 58,28 ± 71,65 | 72,75 ± 58,48 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 16,45 ± 7,67 | 15,09 ± 8,08 | 13,55 ± 6,31 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 38,92 ± 7,35 | 39,63 ± 7,77 | 35,36 ± 7,93 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 14,76 ± 13,49 | 12,35 ± 5,13 | 12,44 ± 5,97 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 8,07 ± 6,21 | 7,11 ± 2,90 | 7,07 ± 3,21 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 123,11 ± 92,59 | 161,50 ± 151,08 | 149,07 ± 91,77 |
| **EGR** | 1,25 ± 0,11 | 1,26 ± 0,12 | 1,25 ± 0,12 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 56,34 ± 39,15 | 40,02 ± 20,41 | 48,67 ± 35,59 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 726,79 ± 731,16 | 815,51 ± 629,76 | 861,47 ± 661,12 |
| **EGOT** | 1,78 ± 0,24 | 1,69 ± 0,30 | 1,74 ± 0,22 |

**Tabelle III: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter getrennt nach Geschlecht und Alter (MW ± sd)**

| | Frauen | | | Männer | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** |
| **Vitamin $B_1$ Plasma [nmol/l]** | 14,15 ± 6,54 | 15,34 ± 8,47 | 13,49 ± 4,18 | 10,78 ± 4,41 | 10,80 ± 5,23 | 11,23 ± 3,51 |
| **Vitamin $B_1$ Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 59,55 ± 34,24 | 72,98 ± 89,67 | 94,82 ± 67,66 | 39,05 ± 21,30 | 36,23 ± 14,97 | 42,41 ± 20,94 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 16,29 ± 6,35 | 13,26 ± 7,47 | 14,84 ± 6,43 | 16,60 ± 8,93 | 18,43 ± 8,41 | 11,78 ± 6,10 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 39,73 ± 6,93 | 38,39 ± 7,22 | 37,07 ± 9,23 | 38,12 ± 7,81 | 41,55 ± 8,49 | 33,03 ± 5,40 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 12,68 ± 7,34 | 12,77 ± 4,87 | 15,13 ± 5,66 | 16,81 ± 17,43 | 11,67 ± 5,66 | 8,20 ± 3,65 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 7,51 ± 3,12 | 7,77 ± 3,23 | 8,04 ± 3,43 | 8,61 ± 8,20 | 5,10 ± 1,85 | 5,73 ± 2,47 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 129,23 ± 89,39 | 191,18 ± 173,53 | 195,94 ± 78,48 | 116,10 ± 97,20 | 115,82 ± 97,25 | 90,48 ± 73,98 |
| **EGR** | 1,26 ± 0,12 | 1,22 ± 0,10 | 1,20 ± 0,10 | 1,24 ± 0,10 | 1,32 ± 0,14 | 1,33 ± 0,10 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 52,24 ± 35,26 | 40,66 ± 20,56 | 61,81 ± 40,39 | 60,27 ± 42,93 | 38,10 ± 21,00 | 30,61 ± 16,84 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 621,31 ± 211,52 | 963,77 ± 766,84 | 1058,14 ± 798,08 | 832,26 ± 1012,16 | 593,12 ± 216,49 | 591,04 ± 263,89 |
| **EGOT** | 1,84 ± 0,20 | 1,70 ± 0,31 | 1,75 ± 0,19 | 1,71 ± 0,25 | 1,67 ± 0,29 | 1,73 ± 0,27 |

**Tabelle IV: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter getrennt nach Region und Geschlecht (MW ± sd)**

| | Nordburgenland | | | Südburgenland | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Gesamt MW ± sd** | **Männlich MW ± sd** | **Weiblich MW ± sd** | **Gesamt MW ± sd** | **Männlich MW ± sd** | **Weiblich MW ± sd** |
| **Vitamin $B_1$ Plasma [nmol/l]** | 13,89 ± 6,84 | 11,64 ± 5,12 | 15,84 ± 7,60 | 11,8 ± 5,36 | 9,87 ± 3,23 | 13,19 ± 6,08 |
| **Vitamin $B_1$ Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 52,71 ± 62,42 | 35,51 ± 17,55 | 68,26 ± 83,17 | 61,05 ± 37,71 | 43,34 ± 21,21 | 73,52 ± 41,93 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 15,61 ± 7,30 | 16,91 ± 8,10 | 14,44 ± 6,43 | 15,26 ± 7,96 | 15,32 ± 9,10 | 15,23 ± 7,30 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 37,59 ± 7,87 | 38,12 ± 9,47 | 37,10 ± 6,19 | 39,47 ± 7,43 | 38,30 ± 5,86 | 40,29 ± 8,37 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 15,10 ± 12,77 | 17,42 ± 16,78 | 14,62 ± 7,22 | 10,88 ± 5,01 | 9,32 ± 5,16 | 11,10 ± 4,73 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 7,66 ± 5,88 | 8,22 ± 8,08 | 7,13 ± 2,65 | 7,43 ± 3,24 | 6,23 ± 2,32 | 8,26 ± 3,55 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 156,03 ± 134,04 | 124,53 ± 97,23 | 185,20 ± 157,10 | 123,58 ± 89,02 | 96,20 ± 85,17 | 143,86 ± 87,84 |
| **EGR** | 1,24 ± 0,12 | 1,25 ± 0,11 | 1,23 ± 0,12 | 1,27 ± 0,11 | 1,33 ± 0,11 | 1,24 ± 0,10 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 50,74 ± 36,46 | 52,86 ± 39,37 | 48,70 ± 34,10 | 48,20 ± 31,16 | 44,06 ± 31,76 | 51,01 ± 31,01 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 743,56 ± 537,06 | 671,48 ± 368,94 | 812,87 ± 660,30 | 821,68 ± 819,56 | 791,22 ± 1099,81 | 843,12 ± 569,18 |
| **EGOT** | 1,80 ± 0,26 | 1,77 ± 0,24 | 1,84 ± 0,28 | 1,67 ± 0,24 | 1,62 ± 0,27 | 1,70 ± 0,20 |

**Tabelle V: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter getrennt nach Region und Alter (MW ± sd)**

| | Nordburgenland | | | Südburgenland | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 70-74 Jahre MW ± sd | 75-79 Jahre MW ± sd | ≥ 80 Jahre MW ± sd | 70-74 Jahre MW ± sd | 75-79 Jahre MW ± sd | ≥ 80 Jahre MW ± sd |
| **Vitamin $B_1$ Plasma [nmol/l]** | 12,54 ± 5,67 | 15,66 ± 8,75 | 13,65 ± 3,03 | 12,38 ± 6,02 | 10,99 ± 5,06 | 11,95 ± 4,51 |
| **Vitamin $B_1$ Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 40,08 ± 20,59 | 64,29 ± 91,86 | 66,16 ± 69,01 | 59,32 ± 35,57 | 49,26 ± 18,54 | 77,55 ± 52,56 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 17,19 ± 7,14 | 14,22 ± 8,00 | 14,13 ± 5,54 | 15,64 ± 8,29 | 16,33 ± 8,34 | 13,13 ± 7,06 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 38,72 ± 7,56 | 38,58 ± 8,19 | 31,72 ± 5,94 | 39,15 ± 7,27 | 41,25 ± 7,08 | 38,01 ± 8,39 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 18,76 ± 17,60 | 13,78 ± 5,34 | 12,95 ± 4,96 | 10,59 ± 4,62 | 10,54 ± 4,36 | 12,03 ± 6,90 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 8,80 ± 8,09 | 7,13 ± 2,89 | 5,54 ± 2,03 | 7,30 ± 3,33 | 7,08 ± 3,01 | 8,18 ± 3,52 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 129,35 ± 98,73 | 203,81 ± 175,48 | 125,95 ± 92,33 | 116,33 ± 87,11 | 104,07 ± 85,90 | 167,57 ± 91,77 |
| **EGR** | 1,23 ± 0,12 | 1,23 ± 0,12 | 1,29 ± 0,10 | 1,28 ± 0,09 | 1,30 ± 0,12 | 1,23 ± 0,13 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 61,12 ± 46,77 | 43,15 ± 22,59 | 37,63 ± 16,60 | 51,35 ± 29,44 | 35,44 ± 16,49 | 56,70 ± 43,81 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 652,39 ± 370,24 | 897,21 ± 767,30 | 682,78 ± 256,50 | 807,66 ± 989,66 | 692,98 ± 329,24 | 991,42 ± 834,60 |
| **EGOT** | 1,84 ± 0,25 | 1,77 ± 0,28 | 1,77 ± 0,24 | 1,71 ± 0,20 | 1,58 ± 0,29 | 1,71 ± 0,21 |

**Tabelle VI: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter im Nordburgenland, getrennt nach Geschlecht und Alter (MW ± sd)**

| | Frauen | | | Männer | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** |
| **Vitamin $B_1$ Plasma [nmol/l]** | 14,14 ± 6,15 | 17,11 ± 9,29 | 15,98 ± 1,51 | 11,29 ± 5,13 | 12,27 ± 6,85 | 11,90 ± 2,70 |
| **Vitamin $B_1$ Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 42,59 ± 23,48 | 82,72 ± 109,19 | 113,21 ± 101,14 | 38,10 ± 18,67 | 27,45 ± 4,34 | 37,93 ± 23,73 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 16,75 ± 4,86 | 12,48 ± 7,53 | 15,19 ± 3,85 | 17,54 ± 8,70 | 18,29 ± 8,21 | 13,49 ± 6,70 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 38,49 ± 4,73 | 37,90 ± 6,49 | 28,72 ± 1,88 | 38,88 ± 9,25 | 40,19 ± 11,88 | 33,52 ± 7,01 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 14,98 ± 9,69 | 13,54 ± 5,70 | 18,12 ± 2,84 | 21,47 ± 21,54 | 14,30 ± 4,93 | 9,85 ± 2,64 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 6,18 ± 1,77 | 7,93 ± 2,96 | 6,58 ± 3,27 | 10,70 ± 10,22 | 5,28 ± 1,77 | 4,92 ± 1,77 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 129,88 ± 104,96 | 229,45 ± 195,14 | 196,30 ± 86,81 | 128,93 ± 97,57 | 148,26 ± 118,57 | 83,73 ± 72,18 |
| **EGR** | 1,26 ± 0,15 | 1,21 ± 0,11 | 1,21 ± ,09 | 1,20 ± 0,09 | 1,29 ± 0,12 | 1,33 ± 0,08 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 55,74 ± 49,57 | 43,01 ± 21,85 | 49,94 ± 11,91 | 64,96 ± 46,16 | 43,48 ± 26,29 | 30,24 ± 15,15 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 588,53 ± 261,13 | 1035,75 ± 905,75 | 743,96 ± 121,77 | 702,56 ± 440,96 | 620,12 ± 242,31 | 646,07 ± 321,30 |
| **EGOT** | 1,94 ± 0,23 | 1,75 ± 0,31 | 1,86 ± 0,23 | 1,77 ± 0,25 | 1,82 ± 0,20 | 1,71 ± 0,26 |

**Tabelle VII: Übersicht der Vitamin $B_1$, $B_2$ und $B_6$ Statusparameter im Südburgenland, getrennt nach Geschlecht und Alter (MW ± sd)**

| | Frauen | | | Männer | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** | **70-74 Jahre MW ± sd** | **75-79 Jahre MW ± sd** | **≥ 80 Jahre MW ± sd** |
| **Vitamin $B_1$ Plasma [nmol/l]** | 14,16 ± 7,10 | 12,24 ± 6,14 | 12,56 ± 4,54 | 10,07 ± 3,29 | 9,32 ± 2,83 | 10,35 ± 4,90 |
| **Vitamin $B_1$ Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 73,90 ± 36,07 | 53,52 ± 20,58 | 87,92 ± 58,46 | 40,37 ± 25,54 | 45,00 ± 17,00 | 49,89 ± 16,57 |
| **ETK [TPP-Effekt(%)]** | 15,91 ± 7,56 | 14,64 ± 7,66 | 14,71 ± 7,40 | 15,29 ± 9,56 | 18,57 ± 9,38 | 8,92 ± 4,55 |
| **FAD Plasma [nmol/l]** | 40,68 ± 8,30 | 39,54 ± 9,29 | 40,21 ± 8,92 | 36,93 ± 5,12 | 42,71 ± 4,80 | 32,14 ± 1,44 |
| **FMN Plasma [nmol/l]** | 10,82 ± 4,50 | 11,52 ± 3,01 | 14,01 ± 6,18 | 10,29 ± 5,00 | 9,42 ± 5,57 | 4,11 ± 2,28 |
| **RF Plasma [nmol/l]** | 8,53 ± 3,58 | 7,50 ± 3,86 | 8,59 ± 3,54 | 5,72 ± 2,25 | 6,60 ± 1,81 | 7,08 ± 3,97 |
| **RF Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 128,69 ± 78,32 | 120,11 ± 100,69 | 195,78 ± 82,02 | 100,27 ± 99,30 | 88,02 ± 72,44 | 101,74 ± 91,84 |
| **EGR** | 1,27 ± 0,09 | 1,24 ± 0,06 | 1,20 ± 0,11 | 1,30 ± 0,08 | 1,35 ± 0,15 | 1,33 ± 0,14 |
| **B6 Plasma [nmol/l]** | 49,54 ± 20,43 | 36,30 ± 18,70 | 66,26 ± 46,97 | 53,70 ± 39,39 | 34,43 ± 15,18 | 31,22 ± 23,08 |
| **B6 Harn [nmol/mmol Kreatinin]** | 649,05 ± 164,65 | 819,83 ± 396,50 | 1175,96 ± 920,59 | 1013,84 ± 1508,12 | 566,13 ± 206,50 | 499,31 ± 130,69 |
| **EGOT** | 1,76 ± 0,14 | 1,61 ± 0,29 | 1,70 ± 0,17 | 1,64 ± 0,25 | 1,55 ± 0,30 | 1,75 ± 0,35 |

# LEBENSLAUF

**Persönliche Daten:**

| | |
|---|---|
| Name: | Andrea Kickinger |
| Geburtsdaten: | 02.07.1983, Wien |

**Schule und Studium:**

| | |
|---|---|
| Seit Oktober 2001: | Studium der Ernährungswissenschaften an der Uni Wien |
| Juni 2001: | erfolgreiche Ablegung der Reifeprüfung |
| 1993- 2001: | Besuch des wirtschaftskundlichen Realgymnasiums der Dominikanerinnen |

**Praktika:**

| | |
|---|---|
| August 2008 | Betreuung des Newsletterservice der Firma Viscom (lebensmittelrechtlicher Infodienst, Erstellung des Pressespiegels),Wien |
| Juni 2008 | Mitwirkung beim Wr. Mensentest der Firma ernährung $e^3$ |
| August 2007 | Qualitätslabor der Firma NÖM, Baden |
| Juli/August 2006 | Versuchsanstalt für Getreideverarbeitung, Wien |
| Anfang Februar 2005 | Institut für Mikrobiologie und Hygiene, Wien |
| Juli 2004 | Diätbüro der Krankenanstalt Rudolfstiftung, Wien |

**studienbegleitende Tätigkeiten:**

| | |
|---|---|
| Sept. 2006- Jänner 2007 | Tainerin sowie Ernährungsberatung im Quickslim Fitnessinstitut für Frauen, Wien |
| Seit Juli 2005 | gelegentliche Promotion-Tätigkeit für die Firma M&P inklusive Ernährungsberatung, Wien |
| März 2003 bis Juni 2004 | Geringfügig Angestellte in einer privaten Ankerfiliale, Wien |
| Juli 2002 | Angestellte in einer Interspar Backshop-Filiale, Wien |