

# Persönliche PDF-Datei für

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

**Verlag und Copyright:**

Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstraße 14  
70469 Stuttgart  
ISSN

Nachdruck nur  
mit Genehmigung  
des Verlags



# Kontinuierliches Glukosemonitoring nach Verzehr alltäglicher Lebensmittel und ihre Wirkung auf den postprandialen Glukose- und Insulinspiegel

## Continuous Glucose Monitoring Following Consumption of Everyday Foods and their Effect on Postprandial Glucose and Insulin Levels

### Autoren

Martin Röhlings, Kerstin Kempf, Stephan Martin

### Institut

Westdeutsches Diabetes- und Gesundheitszentrum (WDGZ), Verbund Katholischer Kliniken Düsseldorf (VKKD), Heinrich-Heine-Universität, Medizinische Fakultät

### Schlüsselwörter

Insulin, kontinuierliches Glukosemonitoring, Lebensmittel, Übergewicht, Kohlenhydrate

### Keywords

insulin, continuous glucose monitoring, food, obesity, carbohydrates

### Bibliografie

Aktuel Ernährungsmed 2021; 46: 307–311

DOI 10.1055/a-1502-6044

ISSN 0341-0501

© 2021. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Dr. Martin Röhlings, Dusseldorf Catholic Hospital Group, West-German, Center of Diabetes and Health; Heinrich Heine University Düsseldorf, Faculty of Medicine, Hohensandweg 37, 40591 Düsseldorf, Deutschland  
martin.roehling@vkkd-kliniken.de

### ZUSAMMENFASSUNG

**Einleitung** Mit der Low-Insulin-Methode konnten wir kürzlich ein neuartiges Gewichtsabnahmeprogramm etablieren, das einen Gewichtsverlust im Mittel um 10 kg nach einem Jahr ermöglichte. In der gegenwärtigen Untersuchung haben wir alltägliche Lebensmittel auf deren Glukose- sowie Insulinauswirkung unter „real-life“-Bedingungen getestet. Das kontinuierliche Glukosemonitoring diente dabei als Motivationstool für die Teilnehmer. Die genutzten Produkte wurden so gewählt, dass sie zu einer Insulinsekretion führen, die bekanntlich die Lipolyse blockiert.

**Methoden** Unterschiedliche Produkte des Alltags (Getränke, Brote und Müsli, Süßigkeiten) wurden von gesunden

Personen ( $n = 12$ ; BMI = 20,5–32,0 kg/m<sup>2</sup>; Alter = 18–60 Jahre) nüchtern morgens konsumiert. Glukosespiegel wurden mittels Flash-Glukose-Systeme gemessen. Zusätzlich wurde aus venösem Blut der Insulinspiegel bestimmt. Zur statistischen Bewertung des Einflusses der Testprodukte auf die Glukose- sowie Insulinspiegel wurde die incremental-area-under-the-curve (iAUC) nach 120 min berechnet.

**Ergebnisse** Die Getränke Apfelsaft und Limonade zeigten im Vergleich keinen statistischen Unterschied in ihrer postprandialen Glukosewirkung (iAUC<sub>Glukose</sub>: rd. 1000 mg \* 15 min/ dl) nach 120 min. Bei den Broten und Müsli hatte insbesondere das spezielle Eiweißbrot keinen relevanten Einfluss auf den Glukosespiegel. Bei den Süßigkeiten zeigten die Bioriegel einen signifikant niedrigeren postprandialen Glukoseanstieg im Vergleich zum handelsüblichen Schokoriegel ( $P < 0,01$ ). Die postprandialen iAUC-Werte von Insulin- und Glukose korrelierten signifikant positiv ( $r = 0,354$ ;  $P = 0,016$ ).

**Diskussion** Alltägliche Lebensmittel zeigten einen sehr unterschiedlichen Einfluss auf den Glukose- und Insulinspiegel. Die Praktikabilität der kontinuierlichen Glukosemessung deutet auf ein mögliches Motivationstool für Patienten zur Reduktion von Insulinspiegeln hin.

### ABSTRACT

**Introduction** With the low-insulin method, we have recently established a novel weight loss program that enables a weight loss of 10 kg after one year. In the current study, we have tested everyday foods for their glucose and insulin effects under “real-life” conditions. Continuous glucose monitoring served as a motivational tool for the participants. The products used were selected to induce insulin secretion, which is known to block lipolysis.

**Methods** Different everyday foods (beverages, breads and cereal, sweets) were consumed by healthy subjects ( $n = 12$ ; BMI = 20.5–32.0 kg/m<sup>2</sup>; age = 18–60 years) in the morning. Glucose levels were determined by flash glucose systems. In addition, insulin levels were determined from venous blood. For statistical evaluation of the influence of the test products on glucose as well as insulin levels, the incremental-area-under-the-curve (iAUC) was determined after 120 min.

**Results** Among the beverages, apple juice and lemonade were not different (iAUC<sub>glucose</sub>: approx. 1000 mg\*15 min/dl) after 120 min regarding their postprandial glucose change. Among the breads and cereal, particularly the special protein bread had no relevant effect on glucose levels. For sweets, the organic bars showed a significantly lower postprandial glucose increase compared to the commercial

candy bar ( $p < 0.01$ ). The postprandial iAUC values of insulin and glucose correlated significantly positively ( $r = 0.354$ ,  $P = 0.016$ ).

**Conclusions** Everyday foods showed a very different influence on glucose and insulin levels. The practicality of continuous glucose measurement suggests a potential motivational tool for patients to reduce insulin levels.

## Einleitung

In einer kürzlich veröffentlichten Lebensstil-Interventionsstudie zur Gewichtsabnahme bei übergewichtigen Personen mittleren Alters konnte gezeigt werden, dass durch Maßnahmen zur Lebensstiländerung, die auf niedrige Insulinspiegel abzielen, signifikant, klinisch relevant und langfristig das Gewicht im Mittel um 10 kg reduziert werden konnte [1]. Die hierbei evaluierte Low-Insulin-Methode basiert auf der Hypothese, dass ein ungesunder Lebensstil durch kontinuierlich hohe Insulinspiegel zu Übergewicht und Adipositas führt [2, 3].

Insulin wird durch die Betazellen der Pankreas, infolge der Einnahme von Kohlenhydraten (z. B. in Form von Kartoffeln, Reis, Nudeln und allen Formen von Brot) und der Aufspaltung dieser im Darm zu Glukose, produziert. In weiterer Folge blockt Insulin die Lipolyse und je höher die Insulinspiegel sind, umso schwieriger ist es Gewicht zu verlieren und je übergewichtiger Personen sind, umso höher sind die Insulinspiegel [2].

In der gegenwärtigen Untersuchung wurde in einem „real-life“-Untersuchungssetting der physiologische Effekt der Aufnahme alltäglicher Lebensmittel auf den postprandialen Glukose- und Insulinspiegel bei gesunden Personen analysiert. Das dabei verwendete kontinuierliche Glukosemonitoring unterstützte durch seine praktikable Handhabung den „real-world“-Ansatz. Die Genauigkeit dieser Messmethode wurde zuvor in einer anderen Studie unter Laborbedingungen im Vergleich zum Goldstandard, der venösen Insulin- und Blutglukosebestimmung, evaluiert [4].

## Methoden

### Studienpopulation

Gesunde Studienteilnehmer ( $n = 12$  Probanden) wurden für die einzelnen Lebensmitteltestungen rekrutiert (Einschlusskriterium:  $\geq 18$  Jahre; Ausschlusskriterien: akute Erkrankungen, chronische Erkrankungen [z. B. Diabetes], Raucherentwöhnung in den letzten 3 Monaten, chronische Medikation zur Gewichtsabnahme). Die Studie wurde am Westdeutschen Diabetes- und Gesundheitszentrum (WDGZ) in Düsseldorf, Deutschland, in Einklang mit den ethischen Standards, die in der Erklärung von Helsinki von 1964 und seine späteren Änderungen festgelegt wurden, durchgeführt. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein, Düsseldorf abgesegnet. Alle Teilnehmer gaben ihr schriftliches Einverständnis vor ihrer Aufnahme in die Studie.

### Studiendesign

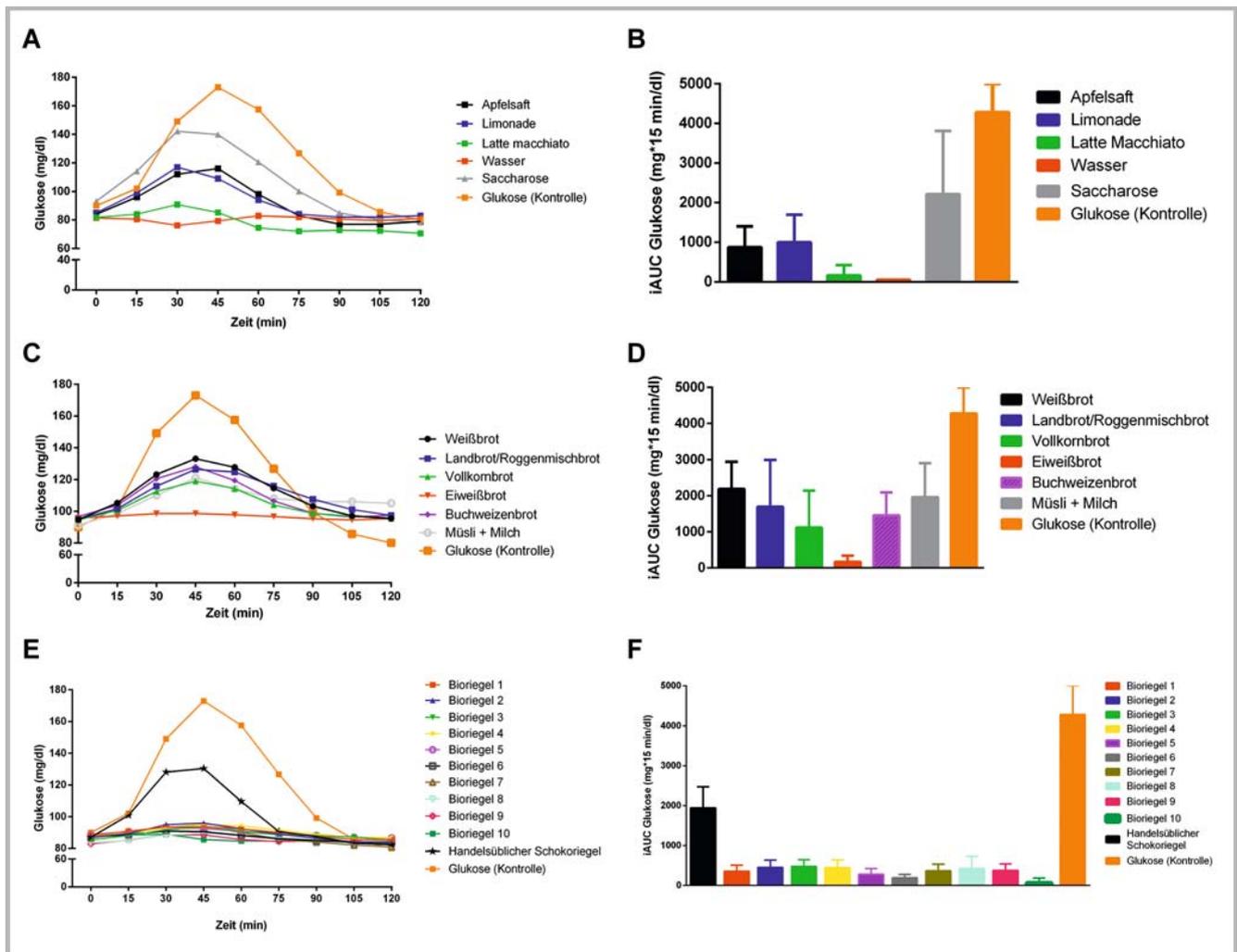
In der gegenwärtigen Untersuchung wurden unterschiedliche Produktgruppen (1. Getränke, 2. Brote und Müsli sowie 3. Süßigkeiten) und deren Einfluss auf den Glukose- und Insulinspiegel untersucht. Die Glukoseveränderungen wurden per Flash-Glukose-Monitoring (FreeStyle Libre 1, Abbott Diabetes Care, Alameda, CA, USA) im Verlauf über 120 min bestimmt. Die postprandialen Insulinspiegel wurden nach venöser Blutabnahme im Verlauf über 120 min ermittelt. Eine übereinstimmende bzw. vergleichbare Messgenauigkeit von venöser und interstitieller Glukosebestimmung wurde bereits im Vorfeld evaluiert [4]. Die Untersuchungen wurden bei den Teilnehmern im WDGZ morgens nüchtern, nach einer 10-stündigen Abstinenz, durchgeführt.

### Lebensmittel

In der vorliegenden „real life“-Studie wurden (1) Getränke, (2) Brote und Müsli sowie (3) Süßigkeiten des Alltags mit typischer Portionsgröße (lt. Herstellerangabe) durch die Teilnehmer konsumiert. Zu den untersuchten (1) Getränken gehörten: 200 ml Mineralwasser (Mineralwasser spritzig, Christinen), 200 ml Latte macchiato (Tizio), 200 ml Apfelsaft (Milder Apfelsaft, Rewe), 200 ml Limonade (Fanta, Coca-Cola-Company), 200 ml Saccharosegetränk (mit 50 g Haushaltszucker) sowie ein 200 ml Glukosedrink (Referenzprodukt) (Accu-Chek Dextrose O.G.-T. Saft, Roche Diabetes Care). In der Kategorie (2) Brote und Müsli wurden 100 g Müsli (Frühstücksmüsli, Seitenbacher) in 500 ml Milch (Haltbare Milch 1,5%, Weihenstephan) sowie je 50 g von Weiß-, Vollkorn-, Eiweiß-, Roggenmisch- und Buchweizenbrot (alle 5 Brote wurden in der Bäckerei Hinkel, Düsseldorf, Deutschland, produziert) untersucht. Bei den (3) Süßigkeiten wurde ein handelsüblicher Schokoriegel (40 g Mars, Mars Inc.) sowie unterschiedliche 40 g Bioriegel (the nu company GmbH) getestet.

### Statistik und Berechnung der inkrementellen Fläche unter der Kurve (iAUC)

Die hier präsentierten Daten werden als Mittelwerte (MW) in Kombination mit der Standardabweichung (SD) dargestellt. Die inkrementellen Flächen unter der Kurve (iAUC) der postprandialen Glukose- sowie Insulinverläufe wurden geometrisch als Summe der Flächen der Dreiecke und Trapeze über 120 min berechnet, wobei die Fläche unterhalb des anfänglichen Nüchternglukosespiegels nicht berücksichtigt wurde [5]. Unterschiede in der iAUC zwischen den Produkten wurde mit dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test analysiert. Alle statistischen



► **Abb. 1** Postprandiale Glukoseveränderungen nach 120 min bei Getränken (**A, B**) (**C, D**) Broten und Müsli sowie (**E, F**) Süßigkeiten. Bioriegel der Fima the nu company GmbH (1: Roasted Hazelnut, 2: Almond Sea Salt, 3: Crunchy Nougat, 4: Noisette, 5: Brownie, 6: Hazelnut Vanilla, 7: Crispy Flakes, 8: Bar Vanilla, 9: Salted Peanut, 10: Espresso), Handelsüblicher Schokoriegel (Mars-Riegel, Mars Inc.)

Tests waren 2-seitig und das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt. Alle Analysen wurden mit SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) und GraphPad Prism 6.04 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) durchgeführt.

## Ergebnisse

Bei der Veränderung des Glukosespiegels infolge der Aufnahme unterschiedlicher Produkte zeigten sich deutliche Unterschiede sowohl in den zeitlichen Verläufen als auch in den summativen postprandialen Flächen (► **Abb. 1**). Im Vergleich zu Wasser führten alle anderen konsumierten Getränke zu einem Anstieg im postprandialen Glukosespiegel ( $P < 0,01$ ;  $n = 12$ ) (► **Abb. 1A–B**). Zwischen Apfelsaft und Limonade ergab sich kein Unterschied im postprandialen Glukoseverhalten. Saccharose- und Glukosegetränke zeigten eine deutlich stärkere Auswirkung auf den postprandialen Glukoseverlauf.

Bei der Kategorie Broten und Müsli (► **Abb. 1C–D**) stellte sich insbesondere beim speziellen Eiweißbrot ein statistisch signifi-

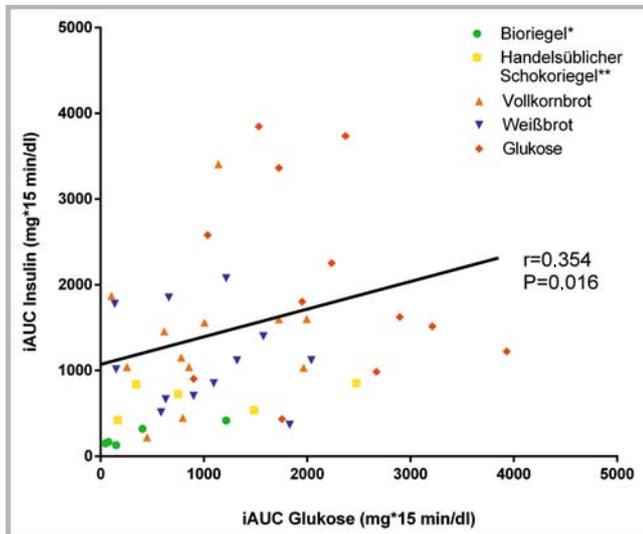
kant niedriger postprandialer Glukoseanstieg im Vergleich zu allen anderen Brotsorten dar ( $P < 0,001$ ;  $n = 12$ ). Innerhalb der anderen Brotsorten deutete sich kein Unterschied an.

Bei den Süßigkeiten zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied in der postprandialen Fläche nach 120 min zwischen allen Bioriegeln und dem handelsüblichen Schokoriegel ( $P < 0,001$ ;  $n = 12$ ) (► **Abb. 1E–F**).

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen postprandialem Glukose- und Insulinspiegel ergab sich eine signifikant positive Korrelation ( $r = 0,354$ ;  $P = 0,016$ ) zwischen beiden Parametern (► **Abb. 2**).

## Diskussion

Die gegenwärtige Untersuchung konnte deutlich zeigen, dass alltägliche Lebensmittel, auch vermeintlich als gesund deklarierte, wie z. B. ein Apfelsaft oder Vollkornbrot, zu Erhöhungen des Glukosespiegels führen können. Das kontinuierliche Gluko-



► **Abb. 2** Korrelation zwischen postprandialer Insulinsekretion und postprandialem Glukoseverlauf. \*getestete Sorte: n = 5 Roasted Hazelnut (the nu company GmbH); \*\*getesteter handelsüblicher Schokoriegel: n = 5 Mars-Schokoriegel (Mars Inc.).

semonitoring stellte sich dabei als praktikables Messsystem für die Bestimmung der Glukosespiegel im Alltag heraus.

Bei der Kategorie der Getränke resultierte, außer bei der Aufnahme von Wasser, der Konsum der anderen Testprodukte in einer Erhöhung der postprandialen Glukosespiegel. Auch der Apfelsaft erhöhte vergleichbar der Limonade den Glukosespiegel. Trotz weiterer Evidenz aus der Wissenschaft [6] besteht nach wie vor kein Bewusstsein für die postprandialen Veränderungen durch den Konsum von Apfelsaft.

In der Kategorie Brote und Müsli führten alle konsumierten Produkte, außer dem speziellen Eiweißbrot, zu einer Erhöhung der Glukosespiegel. Selbst das Vollkornbrot resultierte in vergleichbaren Erhöhungen der Glukosespiegel ähnlich der anderen Brotsorten wie Roggenmisch- oder Weißbrot. Diese Erkenntnisse wurden auch durch andere Wissenschaftler bereits entdeckt [7]. Auch wenn sich nur leichte Unterschiede in den Gruppenmittelwerten zwischen den Brotsorten in der gegenwärtigen Untersuchung andeuten, waren die individuellen Veränderungen der Teilnehmer nach Nahrungsmittelaufnahme z. T. sehr unterschiedlich. Da jedoch alle Brotsorten außer dem speziellen Eiweißbrot zu postprandialen Glukoseerhöhungen geführt haben, sollten insbesondere übergewichtige Personen diese Brotsorten eher reduziert konsumieren. So konnte in wissenschaftlichen Studien gezeigt werden, dass sich bei einem gesunden, schlanken Menschen der Anstieg des Glukosespiegels im Blut als Reaktion auf Kohlenhydrataufnahme schnell wieder normalisiert, während bei gesunden Übergewichtigen der Glukoseanstieg länger dauert und diese Auslenkung mit zunehmender Entgleisung des Stoffwechsels weiter zunimmt [8]. Bedenkt man die Nahrungsgewohnheiten der deutschen Bevölkerung in diesem Kontext, sollten weitere Anstrengungen unternommen werden, um die Konsumenten über diese Auswirkungen aufzuklären.

Der Konsum von Süßigkeiten oder Produkten mit hohem Anteil an einfachen Zuckern sollte in Anlehnung an die aktuellen ernährungswissenschaftlichen Empfehlungen auf ein Minimum reduziert werden [9]. Dennoch konnte die gegenwärtige Untersuchung zeigen, dass die speziell verwandten Bioriegel, entgegen der klassischen Wirkung von handelsüblichen Schokoriegeln, die postprandialen Glukosespiegel nicht erhöhen. Insbesondere vor diesem Hintergrund ergaben sich gute Alternativen, die mit keinen nachteiligen Effekten für den Glukosespiegel verbunden waren. Dennoch müssen weiterführende und umfassendere Untersuchungen folgen, um die in dieser Studie gezeigten Effekte zu validieren.

Neben den Glukosespiegeln wurden in dieser Untersuchung auch Insulinspiegel bei ausgewählten Produkten mitbestimmt. Das Ergebnis dieser Testung verdeutlichte eine positive Korrelation von postprandialen Glukose- und Insulinspiegeln über alle Lebensmittelkategorien hinweg. Ein wesentlicher negativer Effekt von Insulin ist, neben mehreren weiteren (z. B. atherogene Effekte) [2, 10], die Blockierung der Lipolyse und Aktivierung der Lipogenese. Daher führt eine postprandiale Insulinsekretion zu einer Blockade der Fettverbrennung und in weiterer Folge beeinträchtigt die Speicherung der Nahrungsenergie eine mögliche Gewichtsabnahme. Im Gegensatz dazu konnte eine aktuelle Studie bei übergewichtigen bis adipösen Personen mit begleitenden Komorbiditäten wie Typ-2-Diabetes zeigen, dass ein Low-Insulin-Lebensstil in einer Gewichtsabnahme von bis zu 10 kg nach einem Jahr resultieren kann [1]. Darüber hinaus verbesserten sich auch glukometabolische sowie Blutfettparameter.

Die aktuelle Untersuchung charakterisierte sich durch mehrere Stärken und Schwächen, die bei der Gesamtbeurteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Eine Limitation der gegenwärtigen Untersuchung war, dass die ausgewählten Lebensmittel nicht für ihren Kohlenhydratanteil korrigiert wurden. Insbesondere vor dem Hintergrund eines „real-world“-Ansatzes hatte die Untersuchung den Anspruch, nur handelsübliche Portionen, wie sie im Alltag auch konsumiert werden, zu untersuchen. Innerhalb der einzelnen Kategorien wurde dennoch auf eine quantitative Vergleichbarkeit der Portionsgröße geachtet. Zu den Stärken der gegenwärtigen Untersuchung gehörten der „real-world“-basierte Ansatz sowie die unkonventionelle Übertragung des kontinuierlichen Glukosemonitorings in einem neuen Untersuchungssetting. Durch Blutzuckerselbstmessung konnte bereits in früheren Studien gezeigt werden, dass sie die Therapie-Compliance für Patienten mit Diabetes deutlich erhöhen kann [11, 12]. Eine Übertragung von Flash-Glukose-Geräten auf die Nutzung für gesunde Personen führt vermutlich zu ähnlich motivierenden Effekten.

## Zusammenfassung

Das kontinuierliche Glukosemonitoring stellt ein praktikables Tool zur postprandialen Glukosebestimmung nach Nahrungsaufnahme im Alltag dar. Im gegenwärtigen Versuch zeigten sich deutliche Unterschiede in den alltäglichen Lebensmitteln in den Glukoseverläufen. Vor dem Hintergrund des Zusammenhangs zwischen Glukose-Insulin-Lipogenese ermöglichte das

kontinuierliche Glukosemonitoring eine Quantifizierung und Visualisierung der Auswirkungen des Konsums alltäglicher Lebensmittel und kann daher zur Optimierung von Ernährungsgewohnheiten sowie Motivation der Patienten zur Reduktion von Insulinspiegeln genutzt werden.

## Förderung

---

Die Studie wurde unter finanzieller Unterstützung des Fördervereins des Verbunds Katholischer Kliniken Düsseldorf durchgeführt. Weiterhin unterstützte die Bäckerei Hinkel die Untersuchung mit der kostenlosen Zurverfügungstellung der Brote. Die Firma the nu company GmbH unterstützte diese Untersuchung auch durch die kostenlose Bereitstellung ihrer Bioriegel.

## Interessenkonflikt

---

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

---

- [1] Röhling M, Martin K, Ellinger S et al. Weight Reduction by the Low-Insulin-Method-A Randomized Controlled Trial. *Nutrients* 2020; 12: 3004
- [2] Kolb H, Stumvoll M, Kramer W et al. Insulin translates unfavourable lifestyle into obesity. *BMC Med* 2018; 16: 232
- [3] Kolb H, Martin S. Environmental/lifestyle factors in the pathogenesis and prevention of type 2 diabetes. *BMC Med* 2017; 15: 131
- [4] Röhling M, Martin T, Wonnemann M et al. Determination of Postprandial Glycemic Responses by Continuous Glucose Monitoring in a Real-World Setting. *Nutrients* 2019; 11: 2305
- [5] Matthan NR, Ausman LM, Meng H et al. Estimating the reliability of glycemic index values and potential sources of methodological and biological variability. *Am J Clin Nutr* 2016; 104: 1004–1013
- [6] Laue C, Ballance S, Knutsen SH et al. Glycemic response to low sugar apple juice treated with invertase, glucose oxidase and catalase. *Eur J Clin Nutr* 2019; 73: 1382–1391
- [7] Goletzke J, Atkinson FS, Ek KL et al. Glycaemic and insulin index of four common German breads. *Eur J Clin Nutr* 2016; 70: 808–811
- [8] Pories WJ, MacDonald KG Jr, Morgan E] et al. Surgical treatment of obesity and its effect on diabetes: 10-y follow-up. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 582s–585s
- [9] de Oliveira Otto MC, Anderson CAM, Dearborn JL et al. Dietary Diversity: Implications for Obesity Prevention in Adult Populations: A Science Advisory From the American Heart Association. *Circulation* 2018; 138: e160–e168
- [10] Kolb H, Kempf K, Röhling M et al. Insulin: too much of a good thing is bad. *BMC Med* 2020; 18: 224
- [11] Kempf K, Kruse J, Martin S. ROSSO-in-praxi: a self-monitoring of blood glucose-structured 12-week lifestyle intervention significantly improves glucometabolic control of patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Technol Ther* 2010; 12: 547–553
- [12] Kempf K, Kruse J, Martin S. ROSSO-in-praxi follow-up: long-term effects of self-monitoring of blood glucose on weight, hemoglobin A1c, and quality of life in patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Technol Ther* 2012; 14: 59–64