

Ber. nat.-med. Verein Innsbruck	Band 87	S. 7 - 13	Innsbruck, Okt. 2000
---------------------------------	---------	-----------	----------------------

## Warum geben wir Öl auf den Salat ? \*)

von

Dagmar MAYR, Martin GRAUS, Thomas KARL, Alfons JORDAN,  
Peter PRAZELLER & Werner LINDINGER \*\*)

### Why Do We Add Oil to the Salad?

**Synopsis:** Wounding of plants, such as cutting grass, attack of leaves by insects, bacteria and fungi, but also chewing salad leads to aerobic enzymatic production of "wound compounds", such as leaf aldehydes and leaf alcohols which have an unpleasant smell and taste. Covering salad leaves with oil leads in part to anaerobic conditions thus reducing the production of "wound compounds" during eating salad as it is demonstrated by on-line measurements of VOC concentrations in nose-space air.

#### 1. Einleitung:

Versierte Hausfrauen und Köche geben seit Jahrhunderten und wahrscheinlich noch viel länger kurz vor dem Servieren etwas Öl auf den Salat und wenden ihn solange, bis alle Blätter von einem dünnen Film überzogen sind. Gemeinsam mit der Zugabe von Salz und Essig und weiteren Gewürzen trägt dies zur Geschmacksverbesserung des Salates bei. Erst durch neueste wissenschaftliche Untersuchungen aber verstehen wir den Einfluss der Ölzugabe zur Verbesserung der Bekömmlichkeit des Salates und es ist Gegenstand dieser Arbeit, selbiges aufzuzeigen.

Der Schlüssel dazu ist das Verständnis der Vorgänge, die sich nach einer „Blattverwundung“ abspielen. Wenn Insekten, Pilze oder Bakterien Blätter attackieren, reagieren diese durch rasche Produktion und Emission von sogenannten „Blattverwundungskomponenten“, auch „Blattaldehyde“ und „Blattalkohole“ genannt, die durch ihren unangenehmen Geruch und Geschmack die Eindringlinge von ihrem weiteren Vorgehen abhalten oder zumindest ihr Vordringen verlangsamen. Selbstverständlich führen auch rein mechanische

---

\*) Diese Arbeit ist Herrn Winfried Hermann, einem großen Meister der Kochkunst, gewidmet.

\*\*) Anschrift der Verfasser: D. Mayr, M. Graus, Dipl.Ing. T. Karl, Dr. A. Jordan, Mag. P. Prazeller und Univ.-Prof. Dr. W. Lindinger, Institut für Ionenphysik der Universität Innsbruck, Technikerstraße 25, A-6020 Innsbruck, Österreich.

Verwundungen, wie das Zerreißen oder das Zerkauen von Blättern zur Produktion von Blattverwundungskomponenten. Diese Komponenten werden unter aeroben Bedingungen durch Reaktionen zwischen Lipoxygenase (LOX) Enzymen (die sich in den Zellwänden befinden) und der aus den Blättern bei Verwundung freigesetzten Linolsäure erzeugt. Linolsäure und LOX führen zur Bildung von 13-Hydroperoxylinolsäure (13-HPLA) (HATANAKA 1993). 13-HPLA kann auf zwei Wegen das Auftreten von volatilen Produkten bewirken: Durch eine C6-C12-Spaltung, welche zur Bildung von 3(Z)-Hexenal, seinem Isomer 2(E)-Hexenal und deren Hexenol-Derivate führt; und ebenso eine C5-C13-Spaltung, wodurch ein Pentene-Radikal gebildet wird, welches in weiteren Reaktionen eine Bildung von Pentenol, Pentenal, 1-Penten-3-one und Penten-Dimeren bewirkt (HATANAKA 1993, GARDNER 1991, FALL et al. 1999). Weiters führen Blattverwundungsreaktionen unter Beteiligung von Linolsäure zur Produktion von volatilen Komponenten, die von n-Hexenal oder einem Pentan-Radikal abgeleitet sind. Diese Prozesse sind sehr generell und laufen nach Verwundungen von jeder Art Grünpflanzen ab, also auch bei Salat.

Unter anaeroben Bedingungen erfolgen diese Reaktionen zur Bildung von Blattverwundungskomponenten nicht, daher werden sie deutlich reduziert, wenn ein Ölfilm über den Blättern den Zutritt von Sauerstoff zum Blattgewebe behindert. Im Folgenden berichten wir über Messungen der Konzentrationen von Hexenal (als Vertreter von Verwundungskomponenten) in der Nasen-Atemluft von Testpersonen während des Essens von Salatblättern mit und ohne Zugabe von Öl.

## 2. Experimentelles:

Die Messungen erfolgten mittels Protonen-Transfer-Reaktions-Massenspektrometrie (PTR-MS), welche on-line Messungen von volatilen organischen Komponenten (VOCs) gestattet (HANSEL et al. 1995, LINDINGER et al. 1998). Diese Methode wurde am Institut für Ionenphysik der Universität Innsbruck entwickelt und bereits erfolgreich dazu eingesetzt, um biogene und anthropogene Komponenten in der Troposphäre zu untersuchen. Während Testflügen über dem tropischen Regenwald in Südamerika erfolgte die Aufnahme von Höhenprofilen von VOCs bis hinauf in Höhen von 12 km, wobei starke Dichtegradienten bei kurzlebigen Substanzen, wie Isopren und seinen Abbauprodukten festgestellt wurden (WARNEKE et al. in preparation). Auch Quellen von troposphärischen VOCs, wie die Biomasseverbrennung bei Waldbränden und bei Bränden von Savannengras (HOLZINGER et al. 1999), sowie das Freisetzen von VOCs aus zerfallender Biomaterie (WARNEKE et al. 1999), aber auch die enzymatische VOC-Bildung nach Blattverwundungen, wie sie oben bereits erwähnt wurde, die aber auch stattfindet, wenn Blätter oder Gras trocknen (Geruch von frischem Heu) bzw. auch wenn Blätter gefrieren (auch in diesen Fällen tritt Blattverwundung auf, weil die Zellstrukturen zerstört werden und somit die in den Zellwänden befindlichen Enzyme mit der in der jeweiligen Zelle befindlichen Linolsäure in Berührung kommen und damit die oben erwähnten Reaktionsketten auslösen) war bereits Gegenstand ausführlicher Untersuchungen mittels PTR-MS (FALL et al. 1999). Auch in dieser Zeitschrift erfolgten bereits Berichte über den Einsatz von PTR-MS, sowohl im Umweltbereich aber auch in medizinisch relevanten Untersuchungen, wie etwa bei der Quantifizierung des Passivrauchens (PRAZELLER et al. 1999).

Die Methode ist somit hinlänglich bekannt, daher wird diesbezüglich auf Übersichtsarbeiten verwiesen, in denen sie ausführlich beschrieben ist (LINDINGER et al. 1998).

Hier sollen nur einige Details erwähnt werden, die für die Untersuchungen der Nasen-Atemluft

von Interesse sind. Wenn wir feste Speisen zu uns nehmen, halten wir während des Kauens den Mund geschlossen, aber der Atemvorgang wird unvermindert fortgesetzt. Dabei ist der Mundraum mit dem Nasen-Lufttröhrenbereich verbunden, sodass bei jedem Kauakt Luft aus dem Mundraum und damit VOCs, die aus den dort befindlichen Speisen emittiert werden, der Atemluft, sowohl beim Einatmen, wie auch beim Ausatmen beigemischt werden. Um diese, beim natürlichen Essvorgang durch die Nase ausströmende Atemluft zu untersuchen, wurde ein Doppelglasrohr angefertigt, das zwanglos in die beiden Nasenflügel einer Testperson passte. Nach einer Länge von ca. 3 cm wurden die Glasrohre in eines zusammengeführt welches nach weiteren 3 cm endete. Von dort aus wurde die Atemluft über einen Teflonschlauch weitergeführt und schließlich in die Umluft entlassen. Über ein in den Teflonschlauch eingebautes T-Stück wurde Luft kontinuierlich in das PTR-MS-System mit einer Strömungsrate von ca.  $18 \text{ STP cm}^3\text{min}^{-1}$  eingesaugt, wo on-line die Messung der VOC-Konzentrationen erfolgte. Pro Minute erfolgen durchschnittlich sechs Atemzüge, die sich in den Minima und Maxima der gemessenen VOC-Konzentrationen widerspiegeln. Bei idealen Messbedingungen sollten die gemessenen VOC-Konzentrationen während des Einatmens auf nahezu null gehen, da hierbei Raumluft durch den Teflonschlauch und somit auch über das T-Stück in das PTR-MS-System strömt. Dies geschah bei den gegenständlichen Messungen nicht zur Gänze, weil die Toträume zwischen T-Stück und PTR-MS-System so groß waren, dass es in diesen Räumen noch jeweils zur Mischung von Einatmungs- und Ausatemungsluft kam. Dennoch sind bei den gemessenen, zeitabhängigen Konzentrationen der VOCs die einzelnen Atemzüge klar erkennbar.

### 3. Ergebnisse:

#### Vergleich zwischen inneren und äußeren Salatblättern:

Eine erste Serie von Messungen erfolgte, um die Konzentrationen von Hexenalen als Vertreter der "Verwundungskomponenten" in der Atemluft beim Verzehr von inneren und äußeren Endivien-Salatblättern zu vergleichen. Sowohl bei dieser Messserie, wie auch bei allen weiteren im Rahmen dieser Arbeit, wurde die Konzentration von Azeton jeweils mitgemessen, da Azeton einen Vertreter der endogenen Komponenten darstellt und daher in der Atemluft auch ohne Verzehr von Salat vorhanden ist. Die Resultate in Abb. 1 zeigen sehr niedrige Konzentrationen sowohl bei Azeton wie auch bei den Hexenalen, solange Raumluft in das PTR-MS-System gelangt. Sobald Atemluft in das System gesaugt wird (0.7 bis 1.6 min), zeigt Azeton Werte bis ca. 600 ppbv bei jeder Ausatmung, was mit den üblichen Azetonkonzentrationen im Atem von gesunden Menschen übereinstimmt, die typisch im Bereich von 0.5 bis 1.5 ppmv liegen. Die Hexenale steigen ein wenig an, da die Testperson noch Spuren von diesen Komponenten aus vorher durchgeführten Experimenten im Körper besitzt. Im Zeitintervall 1.6 min bis 3.4 min verzehrt die Testperson ein gelbliches, helles Blatt aus dem Innenbereich einer Salatpflanze, was zu einem, wenn auch geringen Anstieg der Hexenale führt. Zum Zeitpunkt 3.4 min ist das Blatt verzehrt und die Hexenal-Konzentrationen sinken wieder. Bei 3.9 min beginnt der Verzehr eines grünen, äußeren Blattes, worauf ein viel stärkerer Anstieg der Hexenale als zuvor erfolgt. Der Verzehr dieses Blattes ist bei 7.0 min beendet.

Diese Daten zeigen zweierlei: Es ist hinlänglich bekannt, dass innere, gelbliche Blätter von Salat besser munden als grüne, äußere, was mit der hier gemachten Beobachtung kompatibel ist, dass innere Blätter wesentlich weniger Verwundungs-

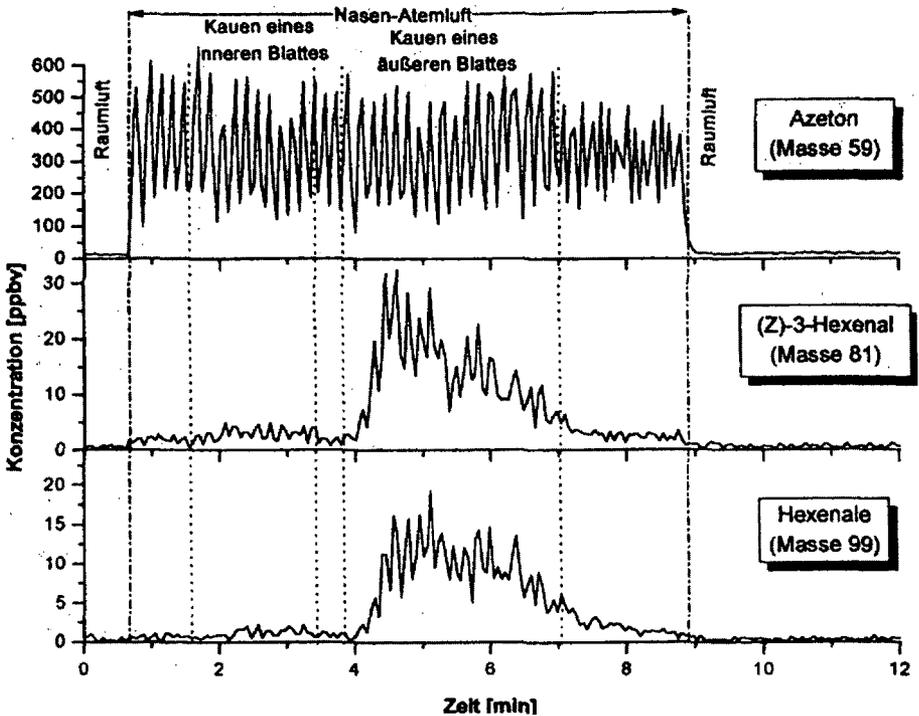


Abb. 1: Konzentration von VOCs in der Nasen-Atemluft während des Kauens von inneren und äußeren Endivienblättern.

komponenten emittieren als äußere. Weiters zeigen diese Daten, dass es äußerst wichtig ist, möglichst identische Blätter zu verwenden, wenn es gilt, Unterschiede in der Atemluftkonzentration von Verwundungskomponenten zwischen dem Verzehr von geölten und nicht geölten Blättern zu untersuchen.

#### Vergleich zwischen Salatblättern mit und ohne Öl:

Eine weitere Messserie erfolgte, während dieselbe Testperson ein grünes, äußeres Endivienblatt (*Cichorium endivia* L. Asteraceae) mit und ohne Sonnenblumenkeimöl verzehrte. Hierzu wurde ein mittelgroßes, sehr symmetrisch gewachsenes Blatt ausgewählt und dieses längs der Mitte geteilt. Die eine Hälfte wurde mit einem Film von Sonnenblumenkeimöl überzogen, während die andere im Rohzustand verblieb und sodann erfolgte der Verzehr der beiden Blathälften im Abstand von wenigen Minuten. Wie die Ergebnisse in Abb. 2 zeigen, ist die Konzentration der Hexenale beim Verzehr der unbehandelten Hälfte etwa doppelt so hoch wie bei der mit Öl überzogenen Hälfte. Daraus ist zu schließen, dass der Ölfilm zumindest teilweise während des Kauens den Zutritt von Sauerstoff zum Gewebe des Blattes unterbindet, wodurch die aerobe, enzymatische Bildung von Blattverwundungskomponenten deutlich reduziert wird. Ein zusätzlicher

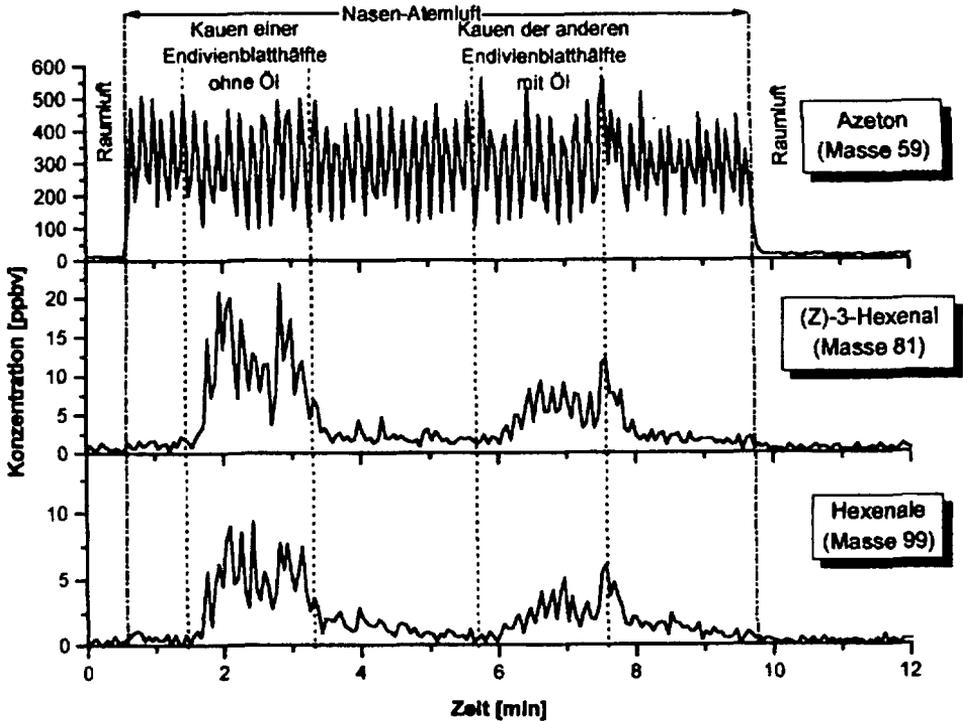


Abb. 2: Konzentration von VOCs in der Nasen-Atemluft während des Kauens eines äußeren Endivienblattes ohne Öl bzw. bedeckt mit Öl.

Effekt, der die Emission von Verwundungskomponenten vermindern könnte, ist die bessere Löslichkeit von VOCs in Öl gegenüber der in Wasser, da Henry-Konstanten für Öl generell deutlich größer sind als die für Wasser. Beides führt zu besserem Geschmack der mit Öl überzogenen Blätter gegenüber dem unbehandelten Salat.

#### 4. Reproduzierbarkeit der Resultate:

Zur Demonstration der Reproduzierbarkeit der Resultate wurden sechs Proben von „Rucola“-Salat (*Eruca sativa* MILL., Brassicaceae) (2.7 g pro Probe, das sind je nach Größe 5 bis 7 Blätter) vorbereitet, die paarweise möglichst identisch waren. Der eine Teil eines jeweiligen Paares wurde mit Sonnenblumenkeimöl behandelt, der zweite nicht. Eine andere Testperson als bei den vorhergehenden Experimenten verzehrte nun zuerst die nicht behandelten Blätter mit Zeitabständen von einigen Minuten und sodann die mit Öl behandelten Blätter in der entsprechenden Reihenfolge. Wie die Ergebnisse in Abb. 3 zeigen, sind die Konzentrationen der Hexenale in der Atemluft bei den jeweiligen nicht behandelten Blättern doppelt bis dreimal so hoch wie bei den mit Öl überzogenen Blättern. In allen Fällen gaben die Testpersonen an, dass die mit Öl behandelten Blätter einen besseren Geschmack aufwiesen als die unbehandelten.

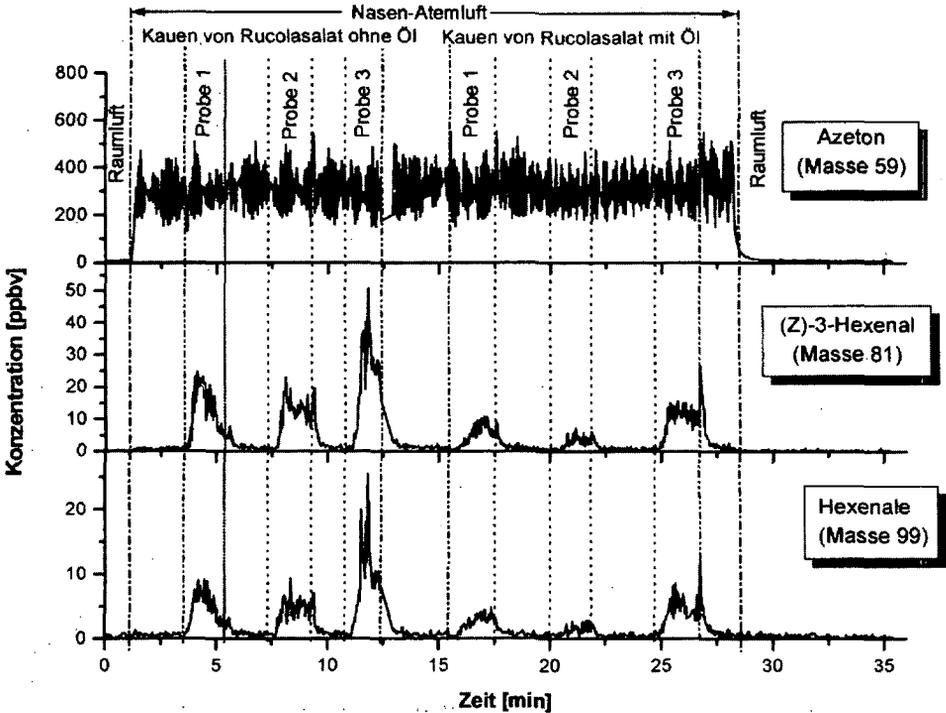


Abb. 3: Demonstration der Reproduzierbarkeit der Resultate, die in Abb. 2 gezeigt werden.

## 5. Zusammenfassung:

Wir konnten zeigen, dass beim Verzehr von mit Sonnenblumenkeimöl überzogenen Salatblättern deutlich geringere Konzentrationen von Hexenalen, einer repräsentativen Gruppe von „Blattverwundungskomponenten“, die unangenehm schmecken und riechen, in der Atemluft nachgewiesen werden, als beim Verzehr von unbehandelten, sonst aber möglichst identischen Salatblättern. Weiters zeigen die hier durchgeführten Untersuchungen geringere Konzentrationen beim Verzehr von gelblichen, hellen Blättern aus dem Inneren einer Salatpflanze als bei äußeren, grünen Blättern. Diese Beobachtungen sind in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Wissen, dass der innere Teil einer Salatpflanze bekömmlicher schmeckt als der äußere und dass die Zugabe von Öl zum Salat den Geschmack verbessert.

Dank: Diese Arbeit wurde vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unter Projekt 14130 unterstützt.

## 7. Literatur:

FALL, R., T. KARL, A. HANSEL, A. JORDAN & W. LINDINGER (1999): Volatile organic compounds emitted after leaf wounding: On-line analysis by proton-reaction mass spectrometry. – J.

- J. Geophys. Res. **104**: 15.963 - 15.974.
- GARDNER, H.W. (1991): Recent Investigations into the Lipoxygenase Pathway of Plants. – *Biochim. Biophys. Acta* **1084**: 221 - 239.
- HANSEL, A., A. JORDAN, R. HOLZINGER, P. PRAZELLER, W. VOGEL & W. LINDINGER (1995): Proton transfer mass spectrometry: on-line trace gas analysis at ppb level. – *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes* **149/150**: 609 - 619.
- HATANAKA, A. (1993): The Biogenesis of Green Odor by Green Leaves. – *Phytochem.* **34**: 1201 - 1218.
- HOLZINGER, R., C. WARNEKE, A. HANSEL, A. JORDAN, W. LINDINGER, D. SCHARFFE, G. SCHADE & P.J. CRUTZEN (1999): Biomass Burning as a Source of Formaldehyde, Acetaldehyde, Methanol, Acetone, Acetonitrile and Hydrogen Cyanide.
- LINDINGER, W., A. HANSEL & A. JORDAN (1998): On-line monitoring of volatile organic compounds at pptv levels by means of Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry (PTR-MS) Medical applications, food control and environmental research. – *Int. J. Mass Spectrom. Ion Processes* **173**: 191 - 241.
- PRAZELLER, P., T. KARL, A. JORDAN, A. HANSEL & W. LINDINGER (1999): Acetonitril als Biomarker zur Quantifizierung des Passivrauchens. – *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck* **86**: 13 - 19.
- WARNEKE, C., T. KARL, H. JUDMAIER, A. HANSEL, A. JORDAN & W. LINDINGER (1999): Acetone, methanol, and other partially oxidized volatile organic emissions from dead plant matter by abiological processes: Significance for atmospheric HOx chemistry. – *Global Biochemical Cycles* **13**: 9 - 17.
- WARNEKE, C., R. HOLZINGER, A. JORDAN, A. HANSEL, W. LINDINGER, U. PÖSCHL, J. WILLIAMS & P.J. CRUTZEN (0000): Isoprene and its oxidation products methyl vinyl ketone, methacrolein, and isoprene peroxides measured over a tropical rain forest measured online during the LBA-CLAIRE campaign in Surinam in press (2000).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck](#)

Jahr/Year: 2000

Band/Volume: [87](#)

Autor(en)/Author(s): Lindinger Werner, Jordan Alfons, Prazeller Peter, Karl Thomas, Mayr Dagmar, Graus Martin

Artikel/Article: [Warum geben wir Öl auf den Salat? 7-13](#)