

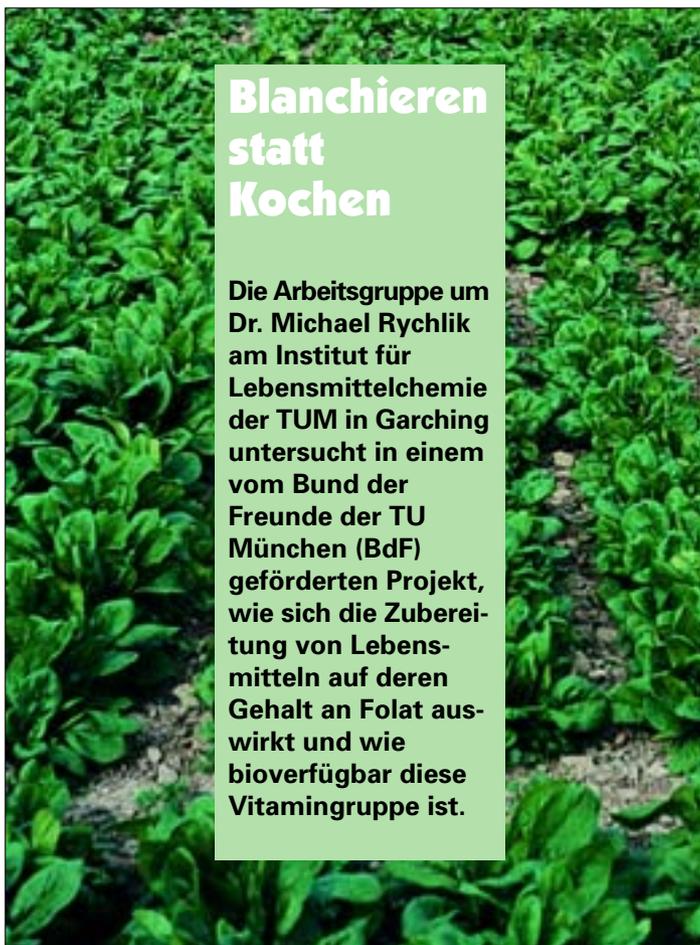
naus beweist der hohe Anteil verhaltensgestörter Tiere die unzureichende Tiergerechtigkeit der Anbindehaltung. Die Arbeit weist somit nach, dass diese nach wie vor anzutreffende Art der Haltung die Pferde in deren angeborenen Verhaltensweisen erheblich einschränkt und daher nicht als tiergerecht bezeichnet werden kann.

Außerdem zeigt die Studie, dass auch die Leitlinien zur Pferdehaltung, die das BMVEL herausgegeben hat, in zentralen Punkten unzureichend sind. Da auch deren Überarbeitung die Situation wegen des hohen Aufwands der notwendigen Kontrollen durch Amtstierärzte nur bedingt verbessern würde, setzen sich die TUM-Wissenschaftler für ein bundesweites absolutes Verbot der dauerhaften Anbindehaltung ein. Vom Amtstierarzt zu genehmigende Ausnahmen, etwa für Militär- und Polizeipferde mit täglich mehrstündigem Arbeitseinsatz, wären möglich.

*Margit H. Zeitler-Feicht,  
Stephanie Buschmann*

P.S.: Schöner Erfolg für Stephanie Buschmann: Ihre Arbeit hat dazu geführt, dass in Schleswig-Holstein und Thüringen die dauerhafte Anbindehaltung von Pferden mittlerweile verboten ist. Weitere Verbotsanträge werden zur Zeit geprüft.

## Bioverfügbarkeit von Folsäure in Lebensmitteln



### Blanchieren statt Kochen

**Die Arbeitsgruppe um Dr. Michael Rychlik am Institut für Lebensmittelchemie der TUM in Garching untersucht in einem vom Bund der Freunde der TU München (BdF) geförderten Projekt, wie sich die Zubereitung von Lebensmitteln auf deren Gehalt an Folat auswirkt und wie bioverfügbar diese Vitamingruppe ist.**

**Spinat ist ein guter Lieferant für die Vitamine der Folsäuregruppe.**

Foto: Lehrstuhl für Gemüsebau

Die Vitamine der Folsäuregruppe erfüllen wichtige Funktionen vor allem im Stoffwechsel der Nucleinsäuren und sind somit für sich teilende Zellen lebensnotwendig. Da unser Organismus Folsäure und ihre Derivate nicht selbst herstellen kann, müssen wir diese mit der Nahrung aufnehmen. Untersuchungen haben aber ergeben, dass die deutsche Bevölkerung durchschnittlich nur die Hälfte der täglich erforderlichen Menge an Folsäure zu sich nimmt. Dies gibt Anlass zu Besorgnis, ist ein Folatmangel doch mit einem gehäuften Auftreten ei-

ner besonderen Art von Missbildungen bei Neugeborenen verbunden, den Neuralrohrdefekten. Daneben mehrten sich Anzeichen, die eine ungenügende Folatzufuhr mit der Anfälligkeit für Herz-Kreislaufkrankungen, Dickdarmkrebs und der Alzheimerschen Erkrankung in Verbindung bringen. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist Frauen in gebärfähigem Alter zu raten, täglich 400 Mikrogramm ( $\mu\text{g}$ ) Folsäure über Nahrungsergänzungsmittel zu sich zu nehmen.

Allerdings sind die Kenntnisse darüber, wieviel Folsäure

wir über unsere Lebensmittel tatsächlich aufnehmen, keineswegs gesichert; denn die verfügbaren Analysemethoden sind unzulänglich. Die große Anzahl - es gibt rund 20 verschiedene Folsäurederivate, die »Vitamine«, das Vorkommen in Spurenkonzentrationen und die geringe chemische Stabilität erschweren die Bestimmung dieser Vitamine. Die bislang eingesetzten mikrobiologischen und flüssigkeitschromatographischen Verfahren sind zu unspezifisch und liefern nur wenig verlässliche Daten zu Folaten in Lebensmitteln. Dieses Problems hat sich die Forschungsgruppe um Michael Rychlik angenommen und eine Analysemethode mit bisher unerreichter Spezifität bei gleichzeitig hervorragender Empfindlichkeit entwickelt. In so genannten Stabil-Isotopen-Verdünnungsanalysen (SIVA) dienen solche mit stabilen Isotopen markierte Analoge der Vitamine als interne Standards, die Verluste der natürlich enthaltenen Vitamine besonders gut kompensieren können. Nach einer Trennung der Vitamine durch Hochdruckflüssigkeits-Chromatographie erfolgt die spezifische Detektion mittels Tandem-Massenspektroskopie.

Mit dieser Methode konnten die Wissenschaftler eine Reihe der in Lebensmitteltabellen aufgeführten Folatwerte bestätigen; einige Daten mussten jedoch korrigiert werden. Ungeklärt ist aber noch, wieviel Folsäure bei der Verarbeitung und Zubereitung von Lebensmitteln verloren geht. Daher soll in dem vom BdF geförderten Vorhaben der Folsäuregehalt von frischem und zubereitetem Gemüse

untersucht werden. Erste Studien zeigten, dass Spinat bei zehnminütigem Kochen 65 Prozent des Folsäureans Kochwasser abgibt; damit stehen noch 35 Prozent für die Ernährung zur Verfügung. Dreiminütiges Blanchieren erhält das Vitamin dagegen zu 72 Prozent, weshalb man diese Zubereitungsart vorziehen sollte. Bei der Gefrierlagerung des blanchierten Gemüses wird nur wenig Folsäure abgebaut: Nach zwei-monatiger Lagerdauer bei -18°C war keine Abnahme festzustellen.

Neben diesen Versuchen führen die TUM-Wissenschaftler gemeinsam mit Forschern der Universitäten Gießen und Jena zurzeit eine Pilotstudie zur Bioverfügbarkeit der Folsäure durch. Darunter ist derjenige Anteil eines Nährstoffs zu verstehen, der nach Verzehr eines Lebensmittels und Absorption im Magen-Darmtrakt für den Organismus verfügbar ist. Nur dieser Anteil entscheidet, ob genügend Folsäure zugeführt wird oder sich ein Mangel ausbildet. Dafür wurde zunächst die bisher nur für Lebensmittel eingesetzte SIVA für die Messung biologischer Proben wie Blutplasma angepasst.

In der Bioverfügbarkeitsstudie nimmt eine Versuchsperson im Abstand von jeweils einer Woche drei Testmahlzeiten zu sich - erstens 600 g Spinat, zweitens 600 g Apfelmus und drittens 600 g Apfelmus plus 400 µg Folsäure. Nach jeder Mahlzeit wird im Stundenabstand der Plasmafolsäurespiegel im Blut der Probandin bestimmt. Da Apfelmus sehr wenig Folsäure enthält, dienen die »Apfelmus-Werte« als Basislinie. Die Plasmakurve nach der

mit Folsäure angereicherten Apfelmusmahlzeit eignet sich dagegen als Referenz, da die Verfügbarkeit der reinen Folsäure zu 100 Prozent angenommen wird. Der Verlauf dieser Kurve wird anschließend mit derjenigen nach der Spinatmahlzeit verglichen und die jeweiligen Kurvenintegrale berechnet. Mit diesem Vorgehen lässt sich die prozentuale Bioverfügbarkeit der Folsäure im Spinat erstmals sicher bestimmen.

Diese interdisziplinäre Pilotstudie soll die erforderlichen Methoden erproben, um in breiter angelegten Untersuchungen weitere Daten zur Bioverfügbarkeit dieser wichtigen Vitamingruppe zu erhalten. So kann man besser beurteilen, in welchem Ausmaß für breitere Bevölkerungsschichten eine Folsäurezufuhr mit der Nahrung möglich ist. Sollten diese Folsäuremengen aber zu niedrig sein, sind eventuell Empfehlungen zur weitergehenden Aufnahme von Nahrungsergänzungsmitteln nötig, um Mangelerscheinungen zu verhindern.

*Michael Rychlik*

Fortschritte in der Behandlung von Tumoren

## Stereotaktische Strahlentherapie

**In der Behandlung von Hirntumoren - gut- und bösartigen Tumoren, Metastasen und Gefäßmissbildungen - hat die Medizin in den vergangenen Jahren ausgezeichnete Erfahrungen mit der stereotaktischen Strahlentherapie gemacht. Mittlerweile wird die hoch fokussierte, stereotaktisch geführte Strahlenbehandlung auch im Bereich des Körpers angewendet. Die Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radiologische Onkologie der TUM (Prof. Michael Molls) beschäftigt sich seit zwei Jahren mit dieser Methode und ihrer Weiterentwicklung.**

Ermöglicht wurde die erweiterte Anwendbarkeit der stereotaktischen Strahlenbehandlung durch rasante Entwicklungen im Bereich der Hard- und Software moderner dreidimensionaler Bestrahlungsplanungssysteme und durch den Einsatz von Atem- und neuartigen Lagerungshilfen. Das zu bestrahlende Zielgebiet lässt sich im Vergleich zur herkömmlichen, mehrwöchigen Strahlenbehandlung deutlich reduzieren. In einem ersten Schritt bestimmen die Ärzte die Ausdehnung des Tumors durch bildgebende Verfahren wie Computer- und Magnetresonanztomographie oder Ultraschall. Um die Strahlentoleranz der umliegenden Gewebe zu beurteilen, untersuchen sie deren Funktion. Die eigentliche Therapieplanung erfolgt auf der Basis computertomographischer Aufnahmen: Risikoorgane in der Nähe des Tumors konturiert man, um das Nebenwirkungsrisiko abschätzen zu können. Bei der präzisen Festlegung der Tumorregion werden die Lagerungsungenauigkeit des Patienten und atemabhängige innere Bewegungen der Organe berücksichtigt. In ein bis drei Bestrahlungssitzungen wird dann das

20- bis 30fache der herkömmlichen Tagesdosis (bis über 60 Gray, Gy) im Zentrum des Tumors appliziert.

Die bisherigen klinischen Ergebnisse belegen, dass diese Form der Behandlung mit hohen, grundsätzlich nicht ungefährlichen Einzeldosen präzise durchführbar und gut verträglich ist. Vorteil der hohen Einzeldosis: Zum einen ist sie besonders effizient bei der Vernichtung von Tumorzellen, zum anderen erlaubt sie eine relativ kurze Gesamtbehandlungszeit. Nebenwirkungen scheinen im Vergleich zur konventionellen Behandlung eher weniger häufig. In der palliativen Situation wie der Behandlung von Metastasen ist die ambulante und nicht invasive nebenwirkungsarme stereotaktische Bestrahlung eine für den Patienten attraktive Therapieoption mit optimalem Erhalt der Lebensqualität bei kurzer Therapiezeit.

Im Bereich der Lungentumoren ist die alleinige Strahlentherapie bei schwer kranken Patienten die Therapie der Wahl des Bronchiolalkarzinoms. In frühen Tumorstadien können mit ihr bis zu 70 Prozent der Patienten