



AiF 16529 N

„NIR-Fingerprinting als Messverfahren zur Beurteilung von Malzchargen nach ihrer Läuterbarkeit“

Forschungsstelle I: Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie, Freising
Institutsleiter: Prof. Dr. T. Becker
Projektleiter: Dr. M. Gastl

Koordinierung: Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V., Berlin
Dr. Erika Hinzmann

Laufzeit: 01.05.2010 – 31.01.2013
Förderung durch das BMWi über die AiF

Ausgangssituation:

Bei Malz handelt es sich um ein Naturprodukt, das gewissen jahrgangsbedingten Schwankungen ausgesetzt ist. Eine Konsequenz daraus ist das Auftreten von Qualitätsschwankungen am Rohstoff Malz, der verarbeitet werden muss. Seine hohe und gleichbleibende Qualität ist jedoch für die wirtschaftliche Produktion von hochwertigen Bieren eine wesentliche Voraussetzung.

Der Läuterprozess im Sudhaus von Brauereien trennt die unlöslichen Bestandteile der Maische (Treber) von der späteren Würze ab, die dann gekocht und zu Bier fermentiert wird. Das Läutern stellt einen zeitkritischen Prozess bei der Bierherstellung dar, der ähnlich wie die Bierfiltration maßgeblich von der Qualität des eingesetzten Malzes abhängt. Um nun Läuterprobleme bereits im Vorfeld zu vermeiden, fordern die Brauereien aus diesem Grund von den Mälzereien ein Malz, das eng gesteckte Spezifikationen erfüllen soll. Die Qualitätsanalyse von Malz ist seit langem Gegenstand der Forschung, aus der sich im Lauf der Zeit eine Vielzahl von Parametern ergeben hat, die jedoch häufig nur unzureichende Aussagekraft besitzen.

Eine Forderung besteht daher, eine schnelle und zuverlässige Methode zu entwickeln, um einzelne Malzchargen bereits bei der Annahme zu kategorisieren und gezielt mit entsprechenden technologischen bzw. regelungstechnischen Maßnahmen in den Brauprozess zur Minimierung der Läuterschwierigkeiten eingreifen zu können.

Mit der NIR-Analytik ergeben sich Möglichkeiten, die beschriebenen Lücken in der Malzanalytik bzw. im Bereich der Schnellbestimmungsmethoden zur Vorhersage ihrer Läuterbarkeit zu schließen. Über den gesamten betrachteten Spektralbereich ist der Informationsgehalt noch um ein Vielfaches höher. Beispielsweise werden in der Mikrobiologie bei Verwendung



eines größeren IR-Wellenlängenbereichs mittels „Fingerprint“ auf diese Weise Bakterien und Hefen bis auf die Stammebene unterschieden. Auch in der Getreidetechnologie existieren Anwendungen, wobei der Schwerpunkt auf der Messung des Wasser- und Proteingehalts in Gerste bzw. in Malz liegt. Andere Anwendungen wie bspw. Kalibrierung auf den „Malzqualitätsindex“ sind ebenfalls bekannt.

Das Ziel des Projekts ist daher die Etablierung einer Vorhersagemethode für die Läuterbarkeit verschiedener Malzchargen über NIR-Spektroskopie. Dabei soll neben der existierenden Malzbonitierung ein „Fingerprint“ erstellt werden, welcher abgestimmt auf das jeweilige System in der Lage ist, auf problematische Chargen hinzuweisen. Um dieses Ziel zu verwirklichen, soll der dem Läutern vorgelagerte Prozessschritt des Maischens konstant gehalten werden, um den Einfluss auf eine Korrelation zwischen Spektren und Läuterparametern zu minimieren. Schlussendlich soll das NIR-Spektrum einer Malzcharge als Schnellbestimmungsmethode direkt zur Qualitätsbewertung herangezogen werden können.

Forschungsergebnis

An der Forschungsstelle wurde eine Methode entwickelt, mit welcher eine zusätzliche Möglichkeit der Qualitätsuntersuchung des Rohstoffs Malz für die Warenannahme von Brauereien zur Verfügung steht. Als online-fähiges FTNIR-Spektrometer wurde der „Multi Purpose Analyzer“ der Firma Bruker® verwendet. Dieses Gerät wurde auf die Anwendung abgestimmt und entsprechend angepasst. Es wurden Spektren von Ganzkorn, Grobschrot und Feinschrot untersucht. Bewertet wurden die Auflösungen sowie die Wiederholungsmessungen bezüglich Genauigkeit und Reproduzierbarkeit durch die Erstellung von Auswertekalibrierungen für die Wassergehalte der genannten Probenotypen. Für die NIR-Spektrenaufnahme wurde sich für eine Ganzkornmessung mit der Auflösung 8 Wellenzahlen und 64 Scans bei 3-fach Messung entschieden.

Im Rahmen der Versuchsdurchführung wurden Läuterdaten von Malzen verschiedener Qualitätsmerkmale aufgezeichnet. Der Läuterprozess wurde mittels der relevanten Kurvenverläufe bewertet und in die Kategorien „gut-normal-schlecht“ eingeteilt. Mittels der Einstufungen der Läuterarbeiten wurden mathematische Auswertemodelle erstellt. Ein Teilziel der Modellierung war die mathematische Bewertung des Läuterverhaltens. Ein weiteres Ziel war die Korrelation zwischen Spektren und Qualitätsstufen der Malzproben. Dafür wurden geeignete Vorverarbeitungsmethoden der NIR Spektren untersucht und getestet. Weiterhin wurde eine Methodik etabliert, welche die Verknüpfung dieser Auswertemodelle zu einer erfolgreichen Korrelation zwischen Läuterdaten und NIR-Spektren gewährleistet.

Für die Korrelation der Prozesse im Pilotmaßstab konnte eine Genauigkeit von 90,6 % bei der Validierung und 92,7 % bei der Kalibrierung erreicht werden. Dabei wurde die erste Ableitung über einen Savitzky Golay Filter (13 Evaluierungspunkte, Polynom 3ter Ordnung) sowie Multiplicative Scatter Correction (MSC) und Variablenskalierung (VAST) als die geeignetsten Vorverarbeitungsalgorithmen ausgewählt. Die Korrelation der Spektren mit den Qualitätsgruppen wurde aus 5 PLS- Komponenten einer Zerlegung über Diskriminanzanalyse mit Partial Least Squares erstellt. Trotz der guten Vorhersagegenauigkeit ist eine stetige Erweiterung/Anpassung der Datensets zur Stabilisierung der Auswertemodelle vor allem zu neuen Erntejahren empfehlenswert.

Im letzten Arbeitsschritt wurde die Übertragung der am Lehrstuhl entwickelten Auswertefunktion zur Anwendung im Industriemaßstab durch entsprechende Anpassung an die Systemgegebenheiten durchgeführt. Hierfür konnten Genauigkeiten von 93,6 % bei der Kalibrierung und 76,6 % bei der Validierung erreicht werden. Als Methoden für die Verarbeitung wurden die gleichen Algorithmen angewendet. Die geringere Vorhersagegenauigkeit sowie die hohe Anzahl an Komponenten kann hier unter anderem auf die niedrigere Auflösung der



industriellen Spektren zurückgeführt werden. Weitere Einflussparameter sind die begrenzte Anzahl vorhandener Muster zur Kalibrierung. Dies kann durch eine ständige Erweiterung des Datenpools verbessert werden. Inwieweit diese und andere Punkte bei der vorliegenden Fragestellung beeinflussen und behoben werden können, bleibt Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Des Weiteren wurden Algorithmen zur Vereinfachung der Bewertung zur Läuterqualität durch Experten erstellt. Über eine Einzeltrendanalyse (ETA) wurde eine Übereinstimmung der Qualitätseinteilung von 85 %, über die multivariate statistische Prozesskontrolle (MSPC) von 84 % erreicht. Die Übertragung dieser Methoden auf andere Brauanlagen und Rezepte erfordert weiteren Forschungsbedarf. Dabei kann basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen eine tiefere Analyse der verwendeten Eingangsgrößen und der Methoden zur Verarbeitung vorgenommen werden.

Bei den hier erzielten Ergebnissen wurde bewusst auf die Verwendung einheitlicher Malzchargen geachtet, um Inhomogenitäten im Rohstoff auszuschließen. In weiteren Untersuchungen empfiehlt es sich daher auch Malzmischungen und Spezialmalze zu untersuchen, die in der Praxis Anwendung finden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Derzeit gibt es ca. 1.300 Braustätten mit ca. 35.000 Beschäftigten und einem Bierabsatz von ca. 103 Mio. hl/Jahr mit einem Marktwert von ca. 9 Mrd. €. Die deutsche Brauwirtschaft ist trotz zunehmender Zusammenlegung zu großen Konzernen nach wie vor vorwiegend klein- und mittelständisch geprägt. Laut statistischem Bundesamt sind ca. 66 % der Produktionsstätten den klein- und ca. 32 % den mittelständigen Unternehmen zuzuordnen, die einen Gesamtbiausstoß von ca. 30 % abdecken. Eben diese Betriebe sind besonders auf eine gute Rohstoffqualität angewiesen, aus der sich keine Schwierigkeiten für die Verarbeitung ergeben. Gleichzeitig verfügen sie aber oft nicht über die Möglichkeit, das gelieferte Malz schnell auf diese Eigenschaften hin zu untersuchen. Aufgrund der großen Qualitätsschwankungen, die sich insbesondere daraus ergeben, dass wegen der Knappheit der Braugerste auch eigentlich ungeeignete Gerstenpartien verarbeitet werden, ist eine schnelle und zuverlässige Messung der Verarbeitungsqualität von noch viel größerer Bedeutung. Das in diesem Vorhaben entwickelnde Verfahren kann prinzipiell von allen Brauereien auf vorhandenen NIR-Geräten genutzt werden. Kleinen Betrieben bietet sich die Möglichkeit, Analysengeräte zu teilen oder Untersuchungslabors zu beauftragen. Unabhängig von der Umsetzung der Ergebnisse haben alle kleinen und mittleren Brauereien Vorteile von einem schnellen Messverfahren, das verlässliche Aussagen verspricht, die auf der Klassifizierung anhand von Prozessdaten basieren. Es ergibt sich damit die Möglichkeit, dieses Verfahren als Standardmethode für die Braubranche zu etablieren. Dies würde den Handel und die Lieferung von Malz aus qualitativer Sicht erleichtern. An dieser Stelle würden vorgelagert auch Mälzereien profitieren, die den Brauereien verlässlicher eine gute Malzqualität liefern könnten. Dem ausdrücklichen Wunsch der Brauindustrie, innovative neuartige Messinformationen als Ersatz oder als Ergänzung etablierter zu verwenden, konnte anhand der erzielten Ergebnisse nachgekommen werden.

Die hier entwickelte Schnellmethode gibt Aufschluss über die voraussichtliche Verarbeitbarkeit des Rohstoffs. Sie stellt damit Kenntnisse zur Verfügung, das Verhalten im Prozess einschätzen zu können und dahingehend entsprechend den Prozess zu planen oder anzupassen. Es wird vermutet, dass somit eine zeitliche Optimierung in der Verfahrenskette bis hin zum Läuterprozesses möglich wird. Dies reduziert somit die Belegungszeit und eröffnet einen höheren Durchsatz.



Durch entsprechende Adaption des Geräts ist auch eine Übertragung auf andere Bereiche der Lebensmittelbranche (z. B. Mehlanalyse für den Backprozess) denkbar. Durch Anpassung des Messsystems an den gewünschten Anwendungsfall ist eine deutliche Reduzierung der Anschaffungskosten möglich. Somit dürften auch kmU der Brauereibranche sowie zukünftig anderer Branchen einen positiven Nutzen haben.

Publikationen (Auswahl):

1. AiF- Schlussbericht 2013
2. Holtz, C.; Krause, D.; Hussein, M.A.; Gastl, M.; Becker, T.: The feasibility of near-infrared spectrometry for predicting lautering performance of 100 % pilsener malt. ASBC Annual Meeting 2013, Tucson AZ, USA, 2013-05-19
3. Krause, D.; Holtz, C.; Gastl, M.; Hussein, M.A.; Becker, T.: NIR und PLS – Diskriminanzanalyse zur Vorhersage des Prozessverhaltens bei Rohstoffvarianzen. Frühjahrstagung der Biotechnologen, Frankfurt, Germany, 2013-03-05.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Weitere Informationen:

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising
Tel.: +49 8161-71-0, Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: thomas.becker@wzw.tum.de
<http://www.wzw.tum.de/>

Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V.
Neustädtische Kirchstr 7A, 10117 Berlin
Tel.: +49 30 209167-19, Fax: +49 30 209167-97
E-Mail: hinzmann@brauer-bund.de
<http://www.wifoe.org>

Das o.g. Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung der Forschungsvereinigung Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V. (Wifö) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und Entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

