

Innovative Mischmethoden mit der Thinky Mischer Gerätereihe

(Version 6/2021)



C3 PROZESS- UND
ANALYSETECHNIK

THINKY

Abstract

Die Thinky Mischer sind kontaktlose "Planeten"-Mischer und mischen, dispergieren und entgasen Ihr Material äußerst effizient in einem einzigen Arbeitsschritt in Sekunden oder wenigen Minuten und bieten Ihnen Mischkapazitäten vom Labormaßstab bis in die Kleinmengenproduktion. Bei dem zu mischenden Material kann es sich sowohl um flüssige als auch feste Proben handeln. Der Schritt weg vom manuellen hin zum automatisierten Mischen hat enorme Vorteile: Sie erhalten reproduzierbare Mischqualitäten durch programmierbare Mischabläufe, wesentliche schnellere Mischzeiten durch den effizienten Energieeintrag und Luftblasenfreiheit schon während des Mischvorgangs. Das technische Know-How liegt dabei in der Bewegung des Mischbehälters. Dieser führt sowohl eine Kreisbahn um eine feste Achse in Uhrzeigersinn als auch eine Eigenrotation um die eigene Achse, entgegen des Uhrzeigersinns, mit einem optimierten Verhältnis zueinander aus. Diese optimierten Übersetzungsverhältnisse gestatten es dem Anwender, bereits ohne zusätzliches Vakuum in einem einzigen Arbeitsschritt zu Mischen und zu Entgasen. Um jedoch Gasblasen unter 10µm bzw. bei höheren Viskositäten ab ca. 10.000 cP zu entfernen, wird zwingend Vakuum benötigt. Hier kommen die Vakuum-Mischer von Thinky mit integrierter Vakuumerzeugung zum Einsatz.



Einführung

Mischen ist ein mechanischer Prozess zur Vereinigung von verschiedenen Komponenten, zum Beispiel von verschiedenen Flüssigkeiten mit Feststoffen und Gasen, ggf. „... mit Begasen, Entgasen, Emulgieren, Suspendieren, Kneten usw.“ (Behr et al. 2010, S. 107) .

Kraume definiert das Mischen als „... das Verteilen von Masseteilchen in einem vorgegebenen Volumen, wobei sich die Teilchen in wenigstens einer Eigenschaft unterscheiden ...“:

- Chemische Zusammensetzung
- Temperatur
- Aggregatzustand
- Viskosität
- Partikelgröße, Partikelform
- Farbe
- Tropfengröße, Blasengröße
- Dichte usw.“ (Kraume 2004, S. 527) .

Im Ergebnis des Mischens entsteht eine Vergleichmäßigung der Ausgangskomponenten, die u.a. zur Erhöhung der Produktqualität führt (vgl. Kraume 2004, S. 527). Damit stellen sich gleichzeitig die Einflussgrößen auf die Güte und Effektivität der Vermischung dar.

In Christen wird das Mischen in Hinsicht auf die wirkenden Mechanismen betrachtet. „Durch Mischen vermindert man örtliche Unterschiede in der Zusammensetzung, der Temperatur, des Dispersionsgrades und anderen physikalischen Eigenschaften eines Stoffes. Das Mischen geschieht durch 3 Hauptmechanismen“ (Christen 2010, S. 325) Diffusion, Konvektion und Dispergierung. „Der diffusive Ausgleichsvorgang findet auf mikroskopischer, submikroskopischer oder molekularer Ebene statt. Treibende Kraft ist die thermische Bewegung der Teilchen. ... Der konvektive Ausgleichsvorgang findet durch makroskopische Verschiebung ganzer Stoffbereiche statt. ... Der dispergierende Mischvorgang findet nur bei inhomogenen Mischungen statt“ (Christen 2010, S. 325).

Mischen zählt zu den wichtigsten verfahrenstechnischen Prozessen in fast allen Industriezweigen. Mischapparate kommen in der Pharmazie, Biotechnologie und bei der Produktion von Lebensmitteln zum Einsatz sowie in der Chemie, Elektrotechnik/Elektronik und in der Produktion von Lacken und Farben. „Die Palette der zu verarbeitenden Stoffe ist dabei unüberschaubar groß. Deren Konsistenz kann niedrig oder hochviskos, pastös, krümelig oder pulvrig sein. Oft werden mehrere Schritte in einem Arbeitsgang erledigt. Zu den wichtigsten Aufgabenstellungen zählen neben dem eigentlichen Mischen oder Homogenisieren noch das Suspendieren und Dispergieren. ... Entsprechend vielfältig sind die auf dem Markt erhältlichen Maschinen und Apparate für kontinuierliche oder diskontinuierliche Prozessschritte“ (Zehner 2003, S. 1876) .

Aus dieser Vielfalt ergibt sich aus gerätetechnischer Sicht die eigentliche Herausforderung für den Gerätehersteller. Einerseits soll mit einer begrenzten Gerätepalette und möglichst einheitlicher und einfach zu bedienender sowie robuster Technik eine höchstmögliche Anzahl an Applikationen abgedeckt werden. Andererseits hat jede individuelle Anwendung ganz spezielle Anforderungen an den Mischprozess, denen die eingesetzte Mischtechnik jeweils gerecht werden muss. Dieser Herausforderung stellt sich die Firma Thinky Corp. mit seinen kontaktlos arbeitenden "Planeten"-Mischern seit nunmehr 40 Jahren sehr erfolgreich.

¹ Behr, A., Agar, D. W., Jörissen, J.: Einführung in die Technische Chemie, Spektrum Akademischer Verlag 2010

² Kraume, M.: Transportvorgänge in der Verfahrenstechnik, Springer Berlin Heidelberg 2004

³ Christen, D. S.: Praxiswissen der chemischen Verfahrenstechnik, Springer Berlin Heidelberg 2010

⁴ Zehner, P.: Mischen und Rühren, in: Chemie Ingenieur Technik, 75(2003)12, S. 1876

Merkmale und Eigenschaften der Thinky Mischmethode

Die Thinky Mischer sind kontaktlose "Planeten"-Mischer und mischen, dispergieren und entgasen Ihr Material äußerst effizient in einem einzigen Arbeitsschritt in Sekunden oder wenigen Minuten und bieten Ihnen Mischkapazitäten vom Labormaßstab bis in die Kleinmengenproduktion. Die Bedienung der Geräte ist denkbar einfach und erfolgt gerätespezifisch über eine Tastatureingabe oder ein berührungssensitives Display. Der Anwender wählt für den Mischvorgang den Mischmodus (mit oder ohne Vakuum je nach Gerätetyp, Mischen und / oder Entgasen), Mischzeit und Mischgeschwindigkeit.

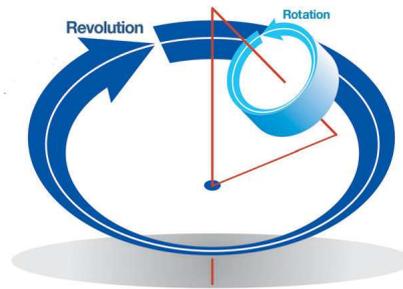


Abb. 1:
Darstellung Mischprinzip der Thinky Mischer Geräteserie



1. Einbringen der Probe in den Mischbehälter
2. Feststellung der Gesamtmasse der Probe (inkl. Mischbehälter und gegebenenfalls Adapter)
3. Platzieren des Mischbehälters in die Behälteraufnahme des Thinky Mixers
4. Manuelles Justieren des Gegengewichtes auf die Gesamtmasse der Probe (inkl. Mischbehälter und gegebenenfalls Adapter). (Diese Prozedur entfällt bei den Twin-Systemen)
5. Definition des Mischprogrammes oder einfaches Aufrufen aus dem Speicher.
6. Start des Mischprogrammes, das qualitativ hochwertige Mischergebnis liegt in kurzer Zeit vor.

Das technische Know-How der Thinky Mischer liegt in der Bewegung des Mischbehälters. Dieser sitzt in einem 45°-Winkel zur Drehachse und führt sowohl eine Kreisbahn um diese Achse in Uhrzeigersinn als auch eine Eigenrotation um die eigene Achse entgegen des Uhrzeigersinns mit einem optimierten Verhältnis zueinander aus (vgl. Abbildung 1). Im täglichen Bedienprozess definiert der Anwender die Geschwindigkeit der Kreisbahnbewegung, die Eigenrotation des Mischbechers folgt dieser in einem bestimmten Verhältnis.

Der Mischbehälter bewegt sich mit hoher Geschwindigkeit, dadurch werden Beschleunigungen, je nach Gerätetyp und Mischbecher-Durchmesser, von bis zu 670G erzeugt. Diese Zentrifugalkräfte, welche als Kombination der beiden Drehbewegungen in unterschiedlichen Ebenen wirken, erzeugen einen speziellen „Knetvorgang“ und ermöglichen es so, verschiedene Substanzen mit unterschiedlichsten Eigenschaften mit äußerst geringem Aufwand homogen und blasenfrei zu vermischen.

Das folgende Mischbeispiel soll dies optisch verdeutlichen (vgl. Abbildung 2): Gestartet wird mit zwei separaten Phasen, nach 7 Minuten ist der Mischvorgang erfolgreich mit einer homogenen Phase und ohne sichtbare Gaseinschlüsse beendet.



Abb. 2:
Darstellung des Mischprinzips mit dem ARV-310 am Beispiel von hochviskosem Ton

Mischen mit und ohne Vakuum

Das quantitative Entfernen von Gasblasen aus dem viskosen Probemedium ist für viele Applikationen eines der wesentlichen Aspekte und erfolgt bereits mit den Thinky Mixern ohne integriertes Vakuum problemlos bis zu einer Viskosität von ca. 10.000 cP aufgrund der optimierten Mischbewegung. Um jedoch Gasblasen unter 10µm bzw. bei höheren Viskositäten zu entfernen, wird zwingend Vakuum benötigt (vgl. Abb. 3).

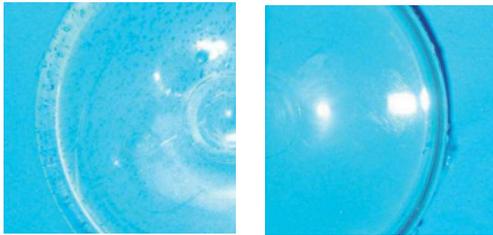


Abb. 3: Hochviskose Silikonmasse – linke Seite nach 3 min manuellem Mischen (Lufteinschlüsse sichtbar), rechte Seite nach 1 min Mischen mit dem Thinky ARV-310 im Vakuum-betrieb (visuell keine Luftpinschlüsse mehr sichtbar)

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Vakuum-Mischer von Thinky ist, dass der Anwender in einem Arbeitsschritt und demselben Behälter mischen und entgasen kann, dies erfolgt sonst nur zeitaufwändig in mindestens zwei Schritten, wobei es z.B. in einer separaten Vakuumkammer auf-grund der nicht vorhandenen Mischbewegung des Behälters leicht zum „Überlaufen“ der Probe kommen kann (vgl. Abbildung 4). Das jeweils maximal erzielbare Vakuum ist gerätespezifisch und liegt bei 0,67 kPa (ca. 5 Torr).



Abb. 4: Hochviskose Silikonmasse – linke Seite Entgasen in separater Vakuumkammer („Überlaufen“ möglich), rechte Seite gleichzeitiges Mischen und Entgasen mit dem Thinky ARV-310

Applikationsbeispiele

Die THINKY Mischer werden zum Vermischen unterschiedlicher Rohstoffe wie z.B. Ein- und Zweikomponentensilikon, Polyurethanen, Polysulfiden, Acrylaten, Epoxiden, Plastisolen, Farben, Lacken, Druckfarben, Schmiermitteln, Pasten, Hot Melts und vielen anderen Chemikalien und Materialien eingesetzt.

Die außergewöhnliche Schnelligkeit des Mischvorganges mit den Thinky Mixern erlaubt beispielsweise die Herstellung von Kleb- und Dichtstoffen, Farben, Lacken, Kosmetika oder pharmazeutischen Produkten innerhalb weniger Minuten. Viele verschiedene Variationen einer Formulierung oder unterschiedliche Rohstoffe können in kürzester Zeit untersucht werden bevor zu größeren Ansätzen übergegangen wird. Der schnelle Mischvorgang verlängert bei aushärtenden oder abbindenden Systemen außerdem die zur Verfügung stehenden Verarbeitungszeiten.

Die Thinky Mischer haben sich als optimal bei der Entwicklung von Formulierungen erwiesen, wobei Aushärtungszeiten, Farben, Konsistenz und auch andere physikalische Eigenschaften innerhalb überschaubarer Zeiträume getestet werden können. Auch in der Qualitätskontrolle finden die Thinky Mischer aufgrund ihrer Schnelligkeit und einfachen Handhabung eine breite Anwendung.

Da dieses Mischsystem ohne weitere Mischwerkzeuge arbeitet, entfallen aufwendige Reinigungen. Auch Querkontaminationen können durch die Verwendung von Einweg-Mischbechern ausgeschlossen werden.

Aktuelle Anwendungen für die Thinky Mischer liegen z.B. in den folgenden Bereichen:

Elektrotechnik/Elektronik: Homogenisieren, Mischen und Entgasen von Epoxid- und Silikonharzen und -klebern, Aufmischen von Lotpasten, LED- und LCD-Herstellung

Kosmetik: F&E, Produktion von Kosmetika, Herstellung von Cremes, Pasten etc.

Pharma: Mischen von flüssigen und festen Phasen, Partikelreduktion, Dispergieren

Materialforschung: Einmischen von mikrogekapselten Strukturen, Fasern, Mischen von Keramiken

Medizin: Mischen von Dental- und Knochenzementen für Implantate

Farben/Lacke/Druck: F&E im Bereich Wertpapierdruckfarben

Lebensmitteltechnik: Einmischen von Verdickungsmitteln, Stabilisatoren, Geliermitteln (z.B. Alginat)

Die folgenden Beispiele (vgl. Abbildung 5) zeigen aus diesem Anwendungsspektrum eine Auswahl zur Ansicht „Vor und nach dem Mischen“.

Applikationsbeispiele - Vergleich „Vor und nach dem Mischen“ (Abb. 5)



Beispiel 6a - Epoxidharze

Das Zweikomponentengemisch (Harz / Härter) wird mit dem Füllmaterial (Aluminiumoxid-Pulver) innerhalb weniger Minuten zu einer homogenen Mischung mit gleichmäßiger Färbung.



Beispiel 6b - Silberpasten

Die Silberpartikel werden in der Harzbasis homogen dispergiert, die finale Mischung hat eine glatte Oberfläche ohne Gasblasen.



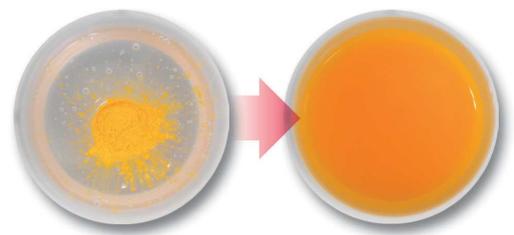
Beispiel 6c – Kosmetika-Basis

Homogene Mischung von Zutaten für Make-up, Wachs und drei Sorten pigmentiertes Eisenoxid, werden mit dem Thinky Mixer ARE-250 in 5 Minuten homogen und ohne Luftblaseneinschlüsse gemischt.



Beispiel 6d – Salben / Pharma

Gelbes Acrinol-Pulver wird in einer Zinkoxid-Paste (antiseptische Salbe) ohne zusätzliche Zugabe von Lösungsmittel mit dem Thinky Mixer ARE-250 in 20 Sekunden perfekt homogen dispergiert.



Beispiel 6e – LED-Komponente

Das Fluoreszenz-Material wird in einem niedrig viskosen Silikonharz (Viskosität 3.000 cP) mit dem Thinky Mischer ARV-310 vollständig homogen dispergiert und die Mischung gleichzeitig entgast.

Gegenüberstellung und Bewertung der verschiedenen Mischmethoden

Wie bereits geschildert, hat der Schritt weg vom manuellen hin zum automatisierten Mischen enorme Vorteile: Sie erhalten reproduzierbare Mischqualitäten durch programmierbare Mischabläufe, wesentliche schnellere Mischzeiten durch

den hohen Energieeintrag und Luftblasenfreiheit bereits schon allein durch den Mischvorgang. Die folgenden Beispiele sollen dies verdeutlichen (vgl. Abbildung 6).

Abb. 6: Vergleich manuelles Mischen und automatisiertes Mischen mit den Thinky Mixchern

Beispiel 6a:
Lotpasten (Lotpaste und Flussmittel)



manuelles Mischen

Mischen mit dem Lotpasten-Mischer SR-500, Ergebnis: glatte Oberfläche, keine Luftblasen

Beispiel 6c:
Polyimid



manuelles Mischen

Mischen mit dem ARE-250, Ergebnis: homogene Mischung, keine Luftblasen auch ohne Vakuum

Beispiel 6b:
Dichtmasse für weiße LED



manuelles Mischen

Mischen mit dem Vakuum-Mischer ARV-310, Ergebnis: homogene Mischung, keine Luftblasen, auch ohne Vakuum

Beispiel 6d:
Silikon-Harz und Calciumcarbonat (Vol.-Verhältnis 1:5)



manuelles Mischen

Mischen mit dem ARE-250, Ergebnis: homogene Paste, keine Agglomerate

Vorteile und Einsatzbereiche der Thinky Mischmethode

Aufgrund des kontaktlosen Mischprinzips erfolgt keine Zerstörung des Probenmaterials z.B. von faserförmigen oder mikrogekapselten Komponenten durch sonst übliche eingebaute rotierende

Rührorgane. Dies ist besonders wichtig bei Nanomaterialien. Die folgende Übersicht zeigt dazu einige Beispiele (vgl. Abbildung 7).

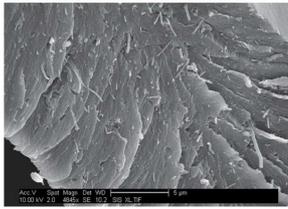


Abb. 7a:
CNF 5V%, CNF – Carbonanofasern liegen homogen dispergiert in der kompletten Epoxid-Matrix vor nach dem Mischen mit dem Thinky-Mischer ARE-250 (SEM-Aufnahme von George Hansen, Metal Matrix Composites Company)

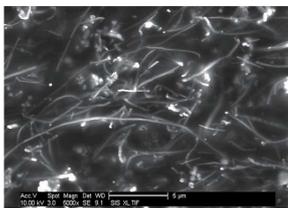


Abb. 7b:
CNF 10V%, CNF – Carbonanofasern liegen homogen dispergiert in der kompletten Polymer-Matrix vor nach dem Mischen mit dem Thinky-Mischer ARE-250 (SEM-Aufnahme von George Hansen, Metal Matrix Composites Company)



Abb. 7c:
Nano-Keramik in Wasser 70V%, Mischbeispiel mit dem Thinky-Mischer ARE-250

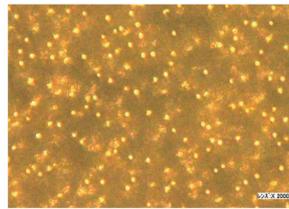


Abb. 7d:
Gold-Partikel, Mischbeispiel mit dem Thinky-Mischer ARV-3000TWIN mit Goldpulver (3µm) gemischt in einer LCD-Dichtmasse (Viskosität 400.000 cP)



Abb. 7e:
YAG Fluoreszenz-Material, Mischbeispiel mit dem Thinky-Mischer ARV-310 mit YAG Fluoreszenz-Material gemischt in einem Silikonharz (Viskosität 10.000 cP)



Abb. 7f:
Silikat-Fluoreszenz-Material, Mischbeispiel mit dem Thinky-Mischer ARV-310 mit Orthosilikat-Fluoreszenz-Material (Phosphor mit ca. 15µm Partikeldurchmesser) gemischt in einem niedrig viskosem Silikonharz (Viskosität 3.000 cP) für die LED-Fertigung

Abb. 7: Beispiele von der Herstellung homogener Dispersionen mit ultrafeinen Pulvern bzw. Hochleistungsnanomaterialien

Produkte der Thinky Mischer Gerätereihe

Die verfügbaren Mischer lassen sich grob unterteilen in Labor-, Technikums- und Produktionsgeräte, sowie Modelle mit und ohne Vakuum.

Die Laborgeräte sind für typische Netto-Kapazitäten von 1-200 ml geeignet und lassen sich allesamt auf der Laborbank betreiben. Ein Beispiel dafür ist der ARE-250 (Abbildung 8) mit seinem patentierten Entgasungsmodus, der sich durch erhöhte Zentrifugalkraft bei verringerter Eigenrotation auszeichnet, um temperaturempfindliche Proben besonders schonend über längere Zeiträume zu entgasen.

Technikumsgeräte wie ARE-500 oder ARV-501 sind grundsätzlich für den Dauerbetrieb ausgelegt und werden entweder als Bodenmodell oder mit einem niedrigen Podest verwendet. Typische Nutz-Volumina liegen um 50-400 ml, wobei z.T. auch höhere Dichten durch ein höheres Nutzgewicht ermöglicht werden. Das maximal mögliche Bruttogewicht eines ARE-500 liegt beispielsweise bei 1,1 kg. Produktionsgeräte sind stets als Bodenmodelle ausgeführt, verfügen jedoch über integrierte Rollen um über kurze Strecken bewegt zu werden. Die typischen Volumina beginnen hier bei etwa 500ml und enden bei 10 Litern, im Falle des ARV-10kTwins.



Abb. 8: ARE-250 Labormischer mit Misch- und Entgasungsmodus

Die Systeme sind entweder als Single- oder Twin-System konzipiert (vgl. Abb. 9 und Abb. 10). Bei den Single Systemen wird mittels justierbarem Gegengewicht, bei den Twin Systemen durch gleichmäßiges Befüllen der Behälter ein ruhiger verschleißarmer Lauf gewährleistet.



Abb. 9:
Single-System im ARV-5000



Abb. 10:
Twin-System im ARV-10KTWIN

Tabelle 1: zeigt die aktuell verfügbaren THINKY Mischer

Geräte ohne Vakuumfunktion

Gerät	maximale Mischkapazität	maximales Behältervolumen
ARE-250	250g	300ml
SR-500	500g	150ml
ARM-310	250g	300ml
ARE-400TWIN	2 x 400g	2 x 300ml
ARE-500	1.100g	650ml

Geräte mit Vakuumfunktion

Gerät	maximale Mischkapazität	maximales Behältervolumen
ARV-310P	250g	300ml
ARV-310LED	250g	300ml
ARV-501	700g	500ml
ARV-931TWIN	2 x 930g	2 x 750ml
ARV-5000	5kg	3.000ml
ARV-10K TWIN	2 x 14,5kg	2 x 16.800ml

Mischbehälter und Adapter

Je nach Mischgewicht oder Füllvolumen wählt der Anwender den richtigen Becher und den dazu passenden Becherhalter / Adapter für den jeweiligen Thinky Mischer aus. Die Thinky Mischbecher sind entweder als Einweg- oder Mehrwegsystem zu benutzen und bestehen z.B. aus HDPE (hochdichtes Polyethylen) oder Polypropylen.

Die Becherhalter / Adapter bestehen aus dem chemikalienbeständigen Material PTFE (Polytetrafluorethylen). Dabei kann der Anwender aus einem breiten Sortiment an Behältern mit unterschiedlichen Volumina wählen bzw. über spezielle Adapter seine eigenen Mischgefäße einsetzen (vgl. Abbildung 11). Das kontaktlose Mischprinzip macht es möglich, Probemengen ab 0,5 ml zu bearbeiten.

Mit den Thinky Mixern ist es in jedem Fall auch möglich, in Kartuschen zu entgasen, jedoch nur bedingt (in Abhängigkeit vom Kartuschen-durchmesser und der Einfüllhöhe) zu mischen oder sedimentiertes Material wieder zu homogenisieren.

Sie haben die Wahl zwischen mehreren Größen, wie z.B. 3 ccm, 5 ccm, 10 ccm oder 30 ccm vom EFD-Typ bis hin zu 170 ml-Kartuschen. Es stehen dafür Einfach- und Mehrfachhalterungen zur Verfügung.

Auch kundeneigene Becher können - unter Verwendung spezieller Adapter - eingesetzt werden.



Abb. 11: zeigt die Auswahl an verschiedenen Mischbehältern und Adaptern



Zusammenfassung:

In vielen Industriezweigen zählt das Mischen, in der Regel in Kombination mit anderen Prozessschritten wie z.B. dem Entgasen, zu den wichtigsten verfahrenstechnischen Grundoperationen. Die Palette der zu verarbeitenden Stoffe ist dabei unüberschaubar groß. Deren Konsistenz kann niedrig oder hochviskos, pastös, krümelig oder pulvrig sein (Zehner 2003, S. 1876)⁵. Unabhängig davon ist es für alle Fragestellungen wichtig, als Endergebnis des Mischvorgangs schnell eine homogene und blasenfreie Mischung zu erhalten.

Der japanische Hersteller Thinky Corp. bietet Ihnen exakt für diese Aufgabenstellung ein breites Produktspektrum an Mixern mit Mischkapazitäten vom Labormaßstab bis in die Kleinmengenproduktion mit und ohne integrierte Vakuumfunktion an.

Die Thinky Mixer sind kontaktlose "Planeten"-Mixer und mischen, dispergieren und entgasen Ihr Material äußerst effizient in einem einzigen Arbeitsschritt innerhalb von Sekunden oder wenigen Minuten. Programmierbare und automatisierte Misch- und Entgasungsprozesse sorgen für reproduzierbare Mischqualitäten. Die berührungslose Technik mit hohem Energieeintrag führt zu wesentlich kürzeren Mischzeiten ohne den Einsatz von Rührorganen. Verschiedene Gerätetypen und ein breites Programm an Behältern und Adaptern ermöglichen die Anpassung an die kundenspezifische Applikation.

Stefan Kapahi
Product Manager
C3 Prozess- und Analystechnik GmbH
Peter-Henlein-Strasse 20
D-85540 Haar / bei München

Tel.: +49-(0)89-45 60 06 70 Fax: +49-(0)89-45 60 06 80

s.kapahi@c3-analysentechnik.de
www.c3-analysentechnik.de

⁵ Zehner, P.: Mischen und Rühren, in: Chemie Ingenieur Technik, 75(2003)12, S. 1876

