

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50301/2019
(22) Anmeldetag: 05.04.2019
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2020

(51) Int. Cl.: **C22C 21/08** (2006.01)
C22C 21/02 (2006.01)
C22F 1/05 (2006.01)
C22F 1/047 (2006.01)
C22F 1/043 (2006.01)
B21C 23/02 (2006.01)
F16F 7/12 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3018226 A1
CN 108165907 A
EP 3299482 A1
CN 107686916 A
CN 107739914 A
EP 2883973 A1

(71) Patentanmelder:
Hammerer Aluminium Industries Extrusion
GmbH
5282 Braunau am Inn - Ranshofen (AT)

(72) Erfinder:
Schiffl Andreas Dr.Ing.
5222 Munderfing (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) **Stranggussbolzen aus einer Aluminiumbasislegierung, extrudiertes Profil und Verfahren zur Herstellung desselben**

(57) Die Erfindung betrifft einen Stranggussbolzen aus einer Aluminiumbasislegierung für ein extrudiertes Profil, das eine Streckgrenze von mehr als 260 MPa, vorzugsweise mehr als 280 MPa, insbesondere mehr als 300 MPa, aufweist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Aluminiumbasislegierung in Gewichtsprozent

mehr als 0,0 % bis 0,40 % Eisen

0,40 % bis 1,2 % Magnesium

0,60 % bis 1,1 % Silicium

mehr als 0,0 % bis 0,35 % Kupfer

mehr als 0,0 % bis 0,35 % Chrom

0,40 % bis 0,95 % Mangan

bis zu 0,2 % Zink

optional 0,005 % bis 0,15 % Titan und/oder 0,005 % bis 0,15 % Titandiborid

Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen

enthält, wobei ein sekundärer Dendritenarmabstand des Gefüges weniger als 100 µm beträgt.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein extrudiertes Profil erstellt aus einem solchen Stranggussbolzen sowie ein Verfahren zur Herstellung eines extrudierten Profils.

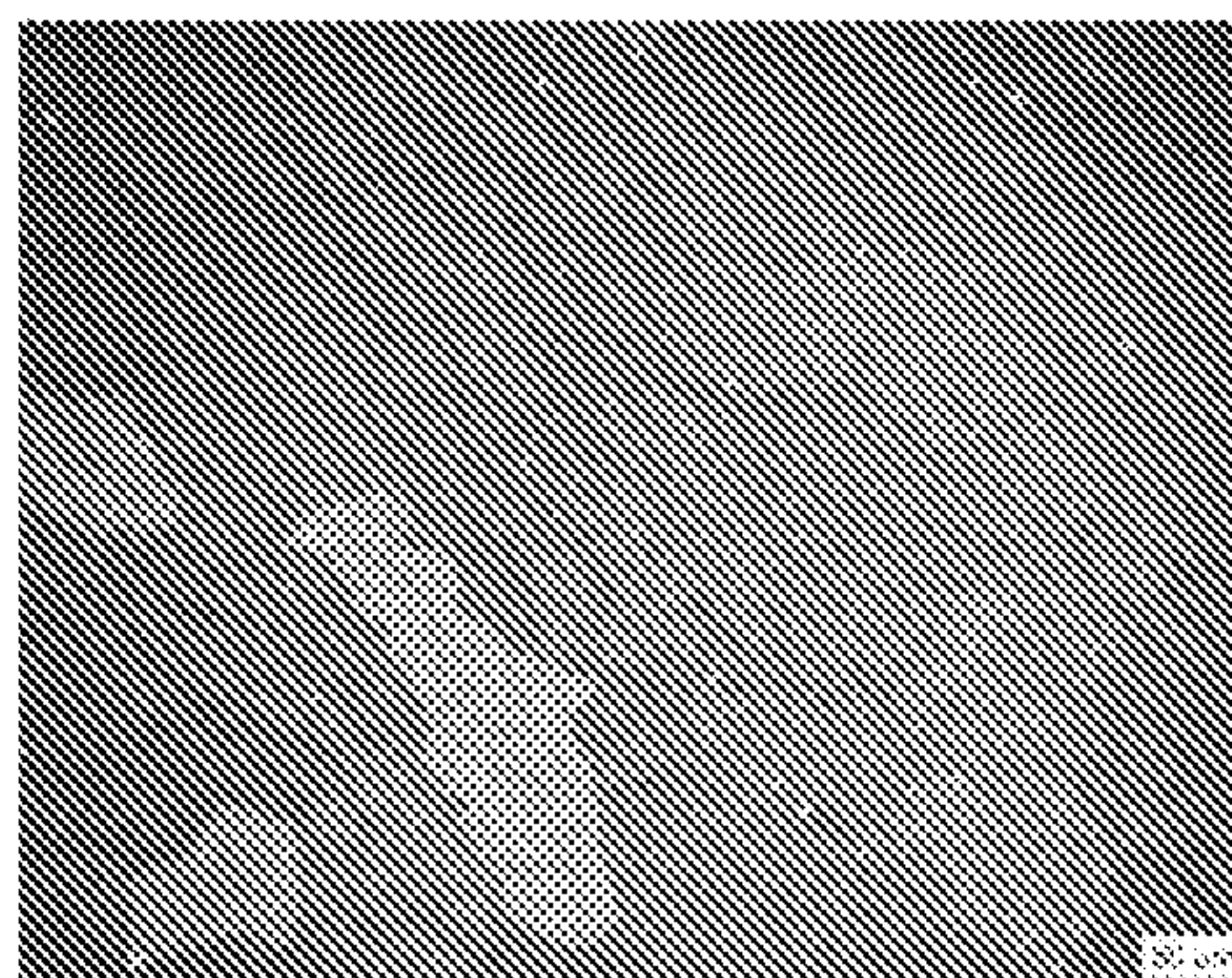


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Stranggussbolzen aus einer Aluminiumbasislegierung für ein extrudiertes Profil, das eine Streckgrenze von mehr als 260 MPa, vorzugsweise mehr als
5 280 MPa, insbesondere mehr als 300 MPa, aufweist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Aluminiumbasislegierung in Gewichtsprozent

mehr als 0,0 % bis 0,40 % Eisen

0,40 % bis 1,2 % Magnesium

10 0,60 % bis 1,1 % Silicium

mehr als 0,0 % bis 0,35 % Kupfer

mehr als 0,0 % bis 0,35 % Chrom

0,40 % bis 0,95 % Mangan

bis zu 0,2 % Zink

15 optional 0,005 % bis 0,15 % Titan und/oder 0,005 % bis 0,15 % Titandiborid

Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen

enthält, wobei ein sekundärer Dendritenarmabstand des Gefüges weniger als 100 µm beträgt.

20

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein extrudiertes Profil erstellt aus einem solchen Stranggussbolzen sowie ein Verfahren zur Herstellung eines extrudierten Profils.

Fig. 1

Stranggussbolzen aus einer Aluminiumbasislegierung, extrudiertes Profil und Verfahren zur Herstellung desselben

Die Erfindung betrifft einen Stranggussbolzen aus einer Aluminiumbasislegierung für ein
 5 extrudiertes Profil, das eine Streckgrenze von mehr als 260 MPa, vorzugsweise mehr als 280 MPa, insbesondere mehr als 300 MPa, aufweist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein extrudiertes Profil, insbesondere Hohlprofil wie ein Doppelhohlkammerprofil, erhältlich aus einem derartigen Stranggussbolzen.

10

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines extrudierten Profils.

Kraftfahrzeuge werden heute oftmals mit sogenannten Crashprofilen ausgestattet, welche einer erhöhten Sicherheit dienen sollen. Die Crashprofile werden beispielsweise in
 15 Energieabsorbern verbaut. Bei den Crashprofilen handelt es sich üblicherweise um Hohlprofile, beispielsweise Doppelhohlkammerprofile. Diese Hohlkammerprofile nehmen bei einem Aufprall durch Verformung Energie auf, womit zumindest ein Teil der Aufprallenergie zur Sicherheit des oder der Passagiere abgebaut wird.

20 Solche Crashprofile sollen bestmögliche mechanische Eigenschaften aufweisen, insbesondere in Bezug auf eine Streckgrenze, daneben aber auch temperaturbeständig sein, weil sich die Crashprofile auch in Nähe zum Motorraum befinden können und damit im Betrieb einer höheren Temperatur ausgesetzt sind. Auch bei höheren Temperaturen soll aber eine Funktionsfähigkeit der Crashprofile zumindest weitgehend sichergestellt
 25 sein. Darüber hinaus ist auch eine Korrosionsbeständigkeit erwünscht, damit die Crashprofile durch äußere Einwirkungen nicht vorzeitig wegen Korrosion ausfallen.

Crashprofile wie vorstehend dargestellt werden heute aus Aluminiumlegierungen gefertigt. In der Regel werden aus den Aluminiumlegierungen zunächst durch Abguss einer
 30 Schmelze Stranggussbolzen erstellt, die nach Homogenisierung einer Extrusion unterworfen werden, um Crashprofile zu erstellen. Eine Wärmebehandlung der so erstellten Crashprofile kann daran anschließen.

Automobilhersteller schreiben den Produzenten bzw. Zulieferern von Crashprofilen in unternehmensinternen Normen bestimmte Kriterien für Crashprofile vor. Die Anforderungen an die Materialien sowie die daraus erstellten Crashprofile steigen regelmäßig an. Dies lässt sich beispielsweise an der geforderten Streckgrenze sehen, die

5 zurzeit für die meisten Profile bei C24 liegt, was für eine Streckgrenze von mehr als 240 MPa steht. Davor reichte bereits C20 aus (Streckgrenze von mehr als 200 MPa). Gegenwärtig ist damit zu rechnen, dass zukünftig vermehrt C28 und in der Folge C32 gefordert wird, also Streckgrenzen von mehr als 280 MPa bzw. mehr als 320 MPa, wie dies heute bereits in einigen OEM-Spezifikationen hinterlegt ist.

10

Um diesen im Laufe der Zeit höher gewordenen und auch zukünftig weiter höher werdenden Anforderungen Genüge zu leisten, wurden verschiedene Aluminiumbasislegierungen entwickelt, wobei es sich in der Regel um AlMgSi-Legierungen handelt. In der WO 2013/162374 A1 ist eine derartige

15 Aluminiumbasislegierung beschrieben, welche auch die Klasse C28 ausreichend gut bedienen können soll. Hierfür wird ein abgestimmtes Verhältnis von Magnesium zu Silicium sowie bestimmte Gehaltsbereiche weiterer Legierungselemente vorgeschlagen. Die Lehre dieses Dokumentes zielt darauf ab, dass das Gefüge der Aluminiumbasislegierung nicht rekristallisiert ist. Allerdings besteht aufgrund der

20 erwähnten stetig steigenden Anforderungen, insbesondere in Bezug auf ein möglichst perfektes Stauchverhalten auch bei hohen Festigkeiten, ein Bestreben, weitere leistungsfähige Aluminiumbasislegierungen bzw. Stranggussbolzen aus diesen für Crashprofile bereitzustellen.

25

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, einen Stranggussbolzen der eingangs genannten Art anzugeben, welcher die Herstellung von extrudierten Profilen erlaubt, die bei einer Stauchprobe ein optimales Stauchverhalten zeigt, gleichzeitig aber auch hohe Materialkennwerte erbringen

30

Ein weiteres Ziel ist es, ein extrudiertes Profil anzugeben.

Ferner liegt eine Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem extrudierte Profile hoher Qualität für die Verwendung im Crasheschutz hergestellt werden können.

Die Aufgabe der Erfindung betreffend einen Stranggussbolzen wird durch einen Stranggussbolzen der eingangs genannten Art gelöst, wobei die Aluminiumbasislegierung in Gewichtsprozent

- 5 mehr als 0,0 % bis 0,40 % Eisen
0,40 % bis 1,2 % Magnesium
0,60 % bis 1,1 % Silicium
mehr als 0,0 % bis 0,35 % Kupfer
mehr als 0,0 % bis 0,35 % Chrom
- 10 0,40 % bis 0,95 % Mangan
bis zu 0,2 % Zink
optional 0,005 % bis 0,15 % Titan und/oder 0,005 % bis 0,15 % Titandiborid
Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen
- 15 enthält, wobei ein sekundärer Dendritenarmabstand des Gefüges weniger als 100 µm beträgt.

Die nachstehenden Prozentangaben beziehen sich ebenso wie die nachfolgenden Prozentangaben auf Gewichtsprozent, sofern nichts anderes angegeben ist.

20

- Ein erfindungsgemäßer Stranggussbolzen eignet sich zur Herstellung von extrudierten Profilen, insbesondere Crashprofilen für Automobile, die eine Streckgrenze ($R_{p0,2}$) von zumindest 260 MPa, vorzugsweise zumindest 280 MPa, insbesondere mehr als 300 MPa, aufweisen. Insbesondere kann die Streckgrenze eines solchen Profils auch mehr als 320
- 25 MPa betragen. Ein erfindungsgemäßer Stranggussbolzen weist ein feines Gefüge mit einem sekundären Dendritenarmabstand von weniger als 100 µm auf. Dieses relativ feine Gefüge ist Voraussetzung dafür, dass nach einer Homogenisierung ein homogenisierter Stranggussbolzen vorliegt, der sich zur Herstellung extrudierter Profile mit rekristallisiertem Gefüge und somit ausgezeichneten mechanischen Kennwerten und
- 30 guten Crasheigenschaften sowie hoher Korrosionsbeständigkeit verwenden lässt.

Die Zusammensetzung der Aluminiumbasislegierung für einen erfindungsgemäßen Stranggussbolzen und dessen nachfolgende Verwendung, nach Homogenisierung, zur Extrusion eines Profils wie eines Hohlkammerprofils, insbesondere eines

Doppelhohlkammerprofils, mit rekristallisiertem Gefüge basiert auf folgenden Überlegungen:

Magnesium (Mg) und Silicium (Si) sowie Kupfer (Cu) tragen wesentlich zur Festigkeit der Legierung bei. Das Legierungselement Mangan (Mn) hat die zusätzliche Funktion, die sich im Guss primär ausscheidenden Aluminium-Eisen-Silicium-Phasen (AlFeSi-Phasen) zu modifizieren. Da in den häufig verwendeten Legierungen des Typs 6082 mittlere Gehalte an Eisen (Fe) von ca. 0,2 % vorhanden sind und somit eine nadelige Ausprägung dieser AlFeSi-Phasen zu erwarten ist. Eine moderate Zugabe von Mangan im Bereich von 0,40 % bis 0,95 % stellt eine Einformung der AlFeSi-Phasen sicher. Anstelle von langen nadeligen Phasen werden Phasen ähnlich einer Chinesenschrift ausgeschieden. Diese sind während einer nachfolgenden Umformung weniger störend und fördern die Bildung von neuen Körnern während einer nachfolgenden Rekristallisation bei einer Extrusion. Legierungselemente wie Titan und/oder Verbindungen wie Titandiborid können im Speziellen zugegeben werden, um eine Gusskorngröße weiter zu reduzieren und eine Zellstruktur zu feinen. Weiter lässt sich über eine Anpassung von Abgussbedingungen wie zum Beispiel hohe Kühlraten zusätzlich eine Gusskorngröße weiter reduzieren.

Während der Homogenisierung des Stranggussbolzens, welche zum Ausgleich von Mikroseigerungen in den Gusskörnern wichtig ist, werden die primär ausgeschiedenen beta-AlFeSi-Phasen zu alpha-AlFeSi-Phasen umgewandelt. Dies ist für die Verformbarkeit der AlFeSi-Phasen ein zentraler Vorgang. Die primär ausgeschiedenen MgSi-Phasen werden bei der Homogenisierungstemperatur und entsprechend langer Dauer vollständig aufgelöst. Die Legierungselemente Mn und Cr können während des Aufheizens zur Homogenisierungstemperatur als Dispersoide (AlFeSiMn, AlFeSiCr und/oder AlFeSiMnCr) ausgeschieden werden. Diese Dispersoide dienen als sogenannte Rekristallisationshemmer bei einer nachfolgenden Extrusion oder allgemein Umformung, beispielsweise auch einem Schmieden. Dies bedeutet nicht, dass eine Rekristallisation völlig unterdrückt werden kann. Es werden lediglich die bei der Rekristallisation bewegenden Korngrenzen durch die Dispersoide in der Mobilität gehemmt. Es stellt sich demzufolge eine sehr geringe Korngröße ein. Hierfür kann, wie noch näher erläutert werden wird, eine Verteilung der Größe der Dispersoide auch über die Homogenisierung eingestellt werden.

- Bevorzugt ist es, wenn die Aluminiumbasislegierung 0,65 % bis 1,0 %, vorzugsweise 0,70 % bis 0,95 %, insbesondere 0,70 % bis 0,85 %, Magnesium enthält. Silicium wird entsprechend angepasst, wobei bevorzugte Gehalte von 0,65 % bis 0,95 %, bevorzugt 0,70 % bis 0,90 %, Silicium vorgesehen sein können. Grundsätzlich hat sich im Rahmen
- 5 der Erfindung gezeigt, dass tendenziell höhere Gehalte an sowohl Magnesium als auch Silicium sowie ein relativ hohes Gewichtsverhältnis von Silicium zu Magnesium von 0,90 bis 1,20, vorzugsweise 0,95 bis 1,15, insbesondere 1,00 bis 1,10, bevorzugt wird. In den entsprechenden Gehaltsbereichen sowie gegebenenfalls einem entsprechenden Gewichtsverhältnis von Silicium zu Magnesium lassen sich gute Crasheigenschaften
- 10 erzielen. In diesen Bereichen wird ein Optimum zwischen einer hohen Duktilität einerseits und ausreichender Festigkeit andererseits erreicht. Es wird hierbei auch ein sehr fein rekristallisiertes Gefüge im Übergang zwischen Abfall der Festigkeit und Anstieg der Duktilität erzielt, was im Rahmen der Erfindung angestrebt ist.
- 15 Ein Eisengehalt beträgt üblicherweise 0,05 % bis 0,35 %, vorzugsweise 0,1 % bis 0,3 %. Die Eiformung von an sich möglicherweise grundsätzlich nachteiligen nadeligen AlFeSi-Phasen kann, wie zuvor erläutert, durch Mangan in den angegebenen Gehaltsbereichen erreicht werden.
- 20 Für Kupfer hat es sich als zweckmäßig erwiesen, Gehalte von 0,10 % bis 0,30 %, vorzugsweise 0,12 % bis 0,25 %, vorzusehen. Chrom, das im Zusammenspiel mit Mangan Dispersoide ausbildet, wird bevorzugt im Gehaltsbereich von 0,10 % bis 0,30 % vorgesehen.
- 25 Bevorzugte Bereiche für Mangan liegen im Gehaltsbereich von 0,45 % bis 0,90 %, vorzugsweise 0,50 % bis 0,85 %, insbesondere 0,50 % bis 0,75 %.

Verunreinigungen können minimiert werden, Ein Gehalt an Verunreinigungen sollte pro Element nicht mehr als 0,1 Gew.-% und insgesamt nicht mehr als 0,5 Gew.-% betragen.

30

Ein sekundärer Dendritenarmabstand des Gefüges beträgt mit Vorteil weniger als 90 µm, bevorzugt 20 µm bis 80 µm, insbesondere 30 µm bis 70 µm. Es hat sich gezeigt, auch durch die Eiformung der AlFeSi-Phasen, dass sowohl eine Korngröße als auch ein Dendritenarmabstand klein ist. Je kleiner die Korngröße und je kleiner ein

Dendritenarmstand, umso kleiner und homogener sind die AlFeSi-Phasen und alle weiteren primär ausgeschiedenen Phasen verteilt. Eine geringe Korngröße bzw. ein kleiner sekundärer Dendritenarmabstand gekoppelt mit den fein verteilten Primärphasen ist für einen weiteren Umformprozess, insbesondere ein Strangpressen zu einem

5 Crashprofil, nicht unwesentlich und erlaubt eine feine Gefügebildung im extrudierten Profil bzw. Crashprofil.

Ein erfindungsgemäßer Stranggussbolzen eignet sich exzellent zur Herstellung eines extrudierten Profils, insbesondere eines Hohlprofils wie eines Doppelhohlkammerprofils.

10 Dementsprechend stellt die Erfindung in einem weiteren Aspekt ein extrudiertes Profil, insbesondere ein Hohlprofil wie ein Doppelhohlkammerprofil zur Verfügung, wobei ein derartiges Profil insbesondere ein Crashprofil eines Automobils darstellen oder hierfür eingesetzt werden kann. Ein entsprechend extrudiertes Profil weist eine Streckgrenze von mehr als 260 MPa, vorzugsweise mehr als 280 MPa, insbesondere mehr als 300 MPa,

15 auf. Die Streckgrenze des extrudierten Profils kann 320 MPa übersteigen.

In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird somit ein extrudiertes Profil bereitgestellt, insbesondere ein Hohlprofil wie ein Doppelhohlkammerprofil, insbesondere erstellt aus einem erfindungsgemäßen Stranggussbolzen, aufweisend eine Streckgrenze von mehr

20 als 260 MPa, vorzugsweise mehr als 280 MPa, insbesondere mehr als 300 MPa oder 320 MPa, aufweist, enthaltend in Gewichtsprozent

mehr als 0,0 % bis 0,40 % Eisen
 0,40 % bis 1,2 % Magnesium
 25 0,60 % bis 1,1 % Silicium
 mehr als 0,0 % bis 0,35 % Kupfer
 mehr als 0,0 % bis 0,35 % Chrom
 0,40 % bis 0,95 % Mangan
 bis zu 0,2 % Zink
 30 optional 0,005 % bis 0,15 % Titan und/oder 0,005 % bis 0,15 % Titandiborid
 Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen,

wobei ein Gefüge rekristallisiert ist.

Das extrudierte Profil kann eine mittlere Korngröße des Gefüges von weniger als 60 µm, bevorzugt 2 µm bis 50 µm, insbesondere 10 µm bis 30 µm, aufweisen. Dies bedeutet, dass das extrudierte Profil, welches aus dem homogenisierten Stranggussbolzen erstellt ist, beim Extrudieren ein rekristallisiertes Gefüge ausbildet. Durch die in einem

5 erfindungsgemäßen Stranggussbolzen vorhandenen und im ersten Schritt durch eine feine und homogene Ausscheidung im Gussgefüge und im zweiten Schritt durch ein Strangpressen weiter zerkleinerten und dann noch feiner und homogener verteilten AlFeSi-Phasen werden Startkeime für eine Rekristallisation zur Verfügung gestellt. Durch die bei der Homogenisierung ausgeschiedenen Dispersoide wird aber die Rekristallisation

10 so weit gebremst, dass es zu einer kontrollierten feinkörnigen Kornneubildung kommt. Dies kann zusätzlich durch hohe Umformverhältnisse gefördert werden. Das Gefüge ist im Wesentlichen vollständig rekristallisiert.

Ein extrudiertes Profil kann nach der Extrusion einer Wärmebehandlung unterworfen

15 werden, wie diese üblicherweise für Aluminiumbasislegierung zur Anwendung kommt. Beispielsweise kann es sich um eine klassische T6-Wärmebehandlung bzw. Warmauslagerung handeln.

Das weitere Ziel der Erfindung wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art

20 erreicht, wobei folgende Schritte vorgesehen sind:

- a) Herstellung eines erfindungsgemäßen Stranggussbolzens;
- b) Homogenisieren des Stranggussbolzens;
- c) Extrudieren des Profils;
- 25 d) optional Wärmebehandeln des extrudierten Profils.

Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren kann ein extrudiertes Profil bereitgestellt werden, das neben außerordentlich hohen Festigkeitswerten auch exzellente

Crasheigenschaften mit sich bringt und zudem eine ausreichende

30 Korrosionsbeständigkeit aufweist. Das extrudierte Profil weist ein rekristallisiertes, feines und homogenes Gefüge auf. Wie vorstehend dargelegt, beträgt eine mittlere Korngröße des Gefüges bevorzugt weniger als 60 µm, beispielsweise 2 µm bis 50 µm, insbesondere 10 µm bis 30 µm. Die Korngrößen des rekristallisierten Gefüges im extrudierten Profil sind kleiner als jene im Gussgefüge des für die Extrusion eingesetzten Stranggussbolzens,

welcher zuvor einer Homogenisierung unterworfen wird. Dennoch ist auch im Stranggussbolzen der sekundäre Dendritenarmabstand des Gefüges relativ klein, was durch entsprechende Abgussbedingungen in Kombination mit der Legierungszusammensetzung erreicht werden kann. Typische Abgusstemperaturen
 5 liegen im Bereich von 670 °C bis 720 °C, eine Gießgeschwindigkeit bei Einsatz von Wagstaff-Kokillen im Bereich von 50 mm/min bis 110 mm/min. Es können Kornfeiner im Ausmaß von 1 kg/Tonne Aluminium bis 3,5 kg/Tonne Aluminium beigemischt werden, um das Gefüge möglichst fein zu halten. Ein Schrottanteil beträgt in der Regel mehr als 50 % und ein Wasserstoffanteil liegt unter 15 mg/100ml.

10

Wie bereits erläutert ist ein entsprechend feines Gefüge zusammen mit der Ausbildung geeigneter AlFeSi-Phasen und der nachfolgenden Ausbildung feiner Dispersoide durch die Homogenisierung eine Voraussetzung, um im Anschluss beim Extrudieren des Profils das gewünschte feine, homogene und auch rekristallisierte Gefüge zu erhalten. Dieses
 15 rekristallisierte Gefüge ergibt nicht nur eine hohe Festigkeit, sondern aufgrund der Feinheit auch exzellente Crasheigenschaften und eine gute Korrosionsbeständigkeit.

20

Eine Homogenisierung wird bevorzugt bei einer Temperatur von 520 °C bis 590 °C, insbesondere 530 °C bis 580 °C, durchgeführt. Das Homogenisieren kann durch ein an sich übliches rasches Aufheizen, gefolgt von einer Haltephase bei einer vorbestimmten Temperatur, und einem anschließenden raschen Abkühlen erfolgen. Ein Abkühlen erfolgt bevorzugt mit einem Temperaturgradienten von mindestens 500 K/h, insbesondere mindestens 700 K/h. Möglich ist es auch, und dies hat sich in Bezug auf eine möglichst feine Ausbildung von Dispersoiden als vorteilhaft erwiesen, zunächst auf eine erste
 25 Temperatur aufzuheizen, dann den Stranggussbolzen eine bestimmte Zeit auf dieser ersten Temperatur in einer Haltephase zu halten, danach ein weiteres Aufheizen auf eine zweite, höhere Temperatur vorzusehen, worauf wieder eine Haltephase angeschlossen wird, ehe ein rasches Abkühlen erfolgt, beispielsweise durch Luft- und/oder Wasserkühlung oder auch einen Sprühnebel. Die Homogenisierung kann somit einstufig
 30 oder zweistufig mit einer ersten und zweiten Haltetemperatur erfolgen. Typische Aufheizraten bewegen sich im Bereich von 1 K/min bis 10 K/min für einen Bolzen mit 12 Zoll Durchmesser. Ist eine erste Stufe mit einer ersten Haltetemperatur vorgesehen, dann liegt diese Haltetemperatur im Bereich von 200 °C bis 375 °C. Die Haltedauer bei dieser ersten Temperatur liegt im Bereich von 0,5 bis 3 Stunden. Darüber hinaus ist es auch

noch möglich, innerhalb vorgegebener Temperaturfenster über eine Temperaturwahl Größe und Verteilung der Dispersoide einzustellen.

Das Extrudieren im Schritt c) erfolgt mit einem möglichst hohen Umformverhältnis. Das
 5 Umformverhältnis kann mehr als 30, bevorzugt 40 oder mehr, insbesondere 50 oder mehr betragen. Es kann dabei vorgesehen sein, dass im Extrusionswerkzeug zusätzliche Leitmittel vorgesehen sind, mit welchen das zu extrudierende Material umgelenkt wird, um so lokal ein noch höheres Umformverhältnis zu erreichen. Dies wirkt sich günstig auf ein möglichst fein rekristallisiertes Gefüge im erstellten Profil aus.

10

Das Homogenisieren kann für eine Zeitdauer von drei bis sechs Stunden erfolgen. Im Anschluss kann der Stranggussbolzen vor dem Extrudieren auf eine Temperatur oberhalb von 400 °C erwärmt werden, um dann bei dieser Temperatur das Profil zu extrudieren.

15 Im Anschluss die Extrusion des Profils kann dieses einer Wärmebehandlung unterworfen werden, beispielsweise einer T6-Wärmebehandlung.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. In den Zeichnungen, auf welche dabei
 20 Bezug genommen wird, zeigen:

- Fig. 1 ein exemplarisches Gefügebild eines erfindungsgemäßen Stranggussbolzens;
- Fig. 2 ein Diagramm betreffend den Temperaturverlauf während einer Herstellung eines extrudierten Profils;
- 25 Fig. 3 eine erste Verteilung von Disperoiden;
- Fig. 4 eine zweite Verteilung von Disperoiden;
- Fig. 5 eine dritte Verteilung von Disperoiden;
- Fig. 6 einen exemplarischen Querschliff eines erfindungsgemäßen Profils;
- Fig. 7 einen exemplarischen Längsschliff eines erfindungsgemäßen Profils;
- 30 Fig. 8 eine stirnseitige Ansicht für eine exemplarische Stauchprobe aus einem Doppelhohlkammerprofil;
- Fig. 9 eine exemplarische Stauchprobe in Seitenansicht aus einem Doppelhohlkammerprofil;
- Fig. 10 eine Draufsicht auf ein Werkzeug zum Extrudieren eines Profils.

In Fig. 1 ist ein exemplarisches und typisches Gefügebild für einen Stranggussbolzen gezeigt, wie dieser nach der Erfindung erstellt wird. Dieser Stranggussbolzen weist einen sekundären Dendritenarmabstand, gemessen und bestimmt nach der BDG-Richtlinie bzw. VDG-Merkblatt P 220, von rund 50 µm auf. Der Stranggussbolzen wird anschließend

5 homogenisiert, vorzugsweise im Temperaturbereich von 530 °C bis 580 °C. Eine Homogenisierungsdauer beträgt bei Stranggussbolzen mit einem Durchmesser von etwa 10 bis 12 Zoll rund drei bis sechs Stunden. Bei dieser Homogenisierung können unterschiedliche Temperaturprogramme gefahren werden, wie diese exemplarisch in Fig. 2 dargestellt sind. In der Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des

10 Stranggussbolzens kann über die Homogenisierungstemperatur sowie über den Verlauf der Temperaturrampen die Verteilung von Disperoiden eingestellt werden. Dies ist in Fig. 3 bis Fig. 5 für die drei in Fig. 2 dargestellten Homogenisierungsverläufe ersichtlich. Es ist insbesondere auch ersichtlich, dass mit absinkender Temperatur vom ersten Homogenisierungsverlauf zum zweiten Homogenisierungsverlauf gemäß Fig. 3 bzw. Fig. 4

15 eine schärfere Verteilung mit einem geringeren durchschnittlichen Disperoiddurchmesser erhalten wird. Über den dritten Homogenisierungsverlauf, der zweistufig, mit einer ersten Temperaturrampe und einer zweiten Temperaturrampe verläuft kann schließlich gemäß Fig. 5 eine nochmals deutlich engere Verteilung mit nochmals geringerem durchschnittlichen Disperoiddurchmesser erhalten werden.

20

Außer dem Stranggussbolzen, wie dieser in Fig. 1 dargestellt ist, kann nach einer Homogenisierung ein extrudiertes Profil erstellt werden. Insbesondere können Hohlkammerprofile, beispielsweise Doppelhohlkammerprofile, erstellt werden, wie diese insbesondere für den Verbau in Kraftfahrzeugen erforderlich sind.

25

In der nachstehenden Tabelle 1 sind exemplarische Legierungen sowie die zugehörigen Materialkennwerte angegeben. Wie ersichtlich ist, werden bei Extrusion auf Basis der gegebenen Zusammensetzungen Crashprofile erhalten, welche eine Streckgrenze von mehr als 290 MPa aufweisen. Während der Extrusion kommt es dabei zu einer

30 Rekristallisation des Gefüges. Während das Gefüge im Stranggussbolzen der Fig. 1 einen sekundärer Dendritenarmabstand von etwa 50 µm aufweist, ist die Korngröße im Gefüge des extrudierten Profils deutlich geringer und auch homogen. Dies ist anhand der Fig. 6 (Querschliff) sowie Fig. 7 (Längsschliff) klar ersichtlich. Insbesondere der Längsschliff entlang der Strangpressrichtung zeigt, dass das Gefüge rekristallisiert ist. Wäre dies nicht

der Fall, müsste sich bei den hohen Umformverhältnissen von mehr als 50-fach eine sogenannte „Pane-Cake-Struktur“ ergeben, was nicht der Fall ist.

Tabelle 1 – Zusammensetzungen und Materialkennwerte von erfindungsgemäßen

5 Profilen

Klasse	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]
C32	0,85	0,18	0,12	0,55	0,80	0,12	334	352	12,6
C32	0,88	0,22	0,2	0,62	0,79	0,17	342	356	11,5
C28	0,79	0,17	0,15	0,6	0,75	0,18	305	330	13,2
C28	0,74	0,2	0,2	0,70	0,72	0,2	290	315	11,3

In Fig. 8 und Fig. 9 ist für eine der Legierungen gemäß Tabelle 1 eine exemplarische Stauchprobe in stirnseitiger Ansicht (Fig. 8) bzw. Seitenansicht (Fig. 9) dargestellt. Die
10 Stauchprobe zeigt nach einem standardisierten Stauchtest nahezu keine Risse und genügt damit den von Automobilherstellern geforderten Bedingungen.

Untersuchungen zur intrakristallinen Korrosion nach zeigten bei Profilen gemäß Tabelle 1 im warmausgelagerten Zustand (Wärmebehandlung der Profile für 3 Stunden bei 215 °C
15 und 8 Stunden bei 180 °C) bei Einwirkung von Testlösungen keine Zeichen eines korrosiven Angriffes. Die Profile erfüllen somit auch die Bedingungen in Bezug auf eine möglichst hohe Korrosionsbeständigkeit.

Ein extrudiertes Profil wie vorstehend erörtert wird mit einem Werkzeug erstellt, wie dies
20 in Fig. 10 dargestellt ist. Das Werkzeug ist an sich ein übliches Werkzeug für ein Strangpressen eines Doppelhohlkammerprofils. Im Unterschied zum Stand der Technik sind jedoch in unmittelbarer Nähe zum profilgebenden Durchtritt noch zusätzliche Leitmittel vorgesehen, welche das zu extrudierende Material umlenken. Die Leitmittel befinden sich an den mit den Pfeilen in Fig. 10 kenntlich gemachten Stellen. Durch die
25 Leitmittel wird lokal ein noch höherer Umformgrad erreicht, was ein feines Gefüge stark begünstigt. Durch die Leitmittel wird zusätzlich die lokale Umformung drastisch erhöht. Diese erzeugt in Folge dessen eine stark erhöhte Versetzungsdichte. Die erhöhte Versetzungsdichte gepaart mit den möglichen Rekristallisationsstartkeimen (AlFeSi-Phasen) ermöglicht den Beginn der Rekristallisation. Durch die gezielte Beeinflussung der
30 Dispersoide (Größe und Verteilung) beim Aufheizen auf Homogenisierungstemperatur

kann die Rekristallisation optimal gesteuert und kontrolliert werden (siehe Fig. 6 und Fig. 7 für ein perfektes Endergebnis). Somit betrifft die Erfindung in einem weiteren Aspekt ein Werkzeug zum Extrudieren eines Hohlprofils, insbesondere eines Doppelhohlkammerprofils, bevorzugt zur Durchführung eines Verfahrens wie zuvor

5 erläutert, wobei im Werkzeug neben mehreren Kammern zur verzweigenden Aufnahme eines Stranggussbolzens vor einer profilgebenden Matrize zusätzliche Leitmittel zur Umlenkung des extrudierten Materials vorgesehen sind. Durch das oder die zusätzlich vorgesehenen Leitmittel kann eine Versetzungsdichte erhöht werden, sodass sich durch ein Anbieten von Startkeimen, einer Kontrolle der rekristallisierten Korngröße durch

10 Disperioide bzw. deren Verteilung und Dichte und der Versetzungsdichte ein optimiertes Gefüge erzielen lässt.

Patentansprüche

1. Stranggussbolzen aus einer Aluminiumbasislegierung für ein extrudiertes Profil,
das eine Streckgrenze von mehr als 260 MPa, vorzugsweise mehr als 280 MPa,
5 insbesondere mehr als 300 MPa, aufweist, enthaltend in Gewichtsprozent

mehr als 0,0 % bis 0,40 % Eisen

0,40 % bis 1,2 % Magnesium

0,60 % bis 1,1 % Silicium

- 10 mehr als 0,0 % bis 0,35 % Kupfer

mehr als 0,0 % bis 0,35 % Chrom

0,40 % bis 0,95 % Mangan

bis zu 0,2 % Zink

optional 0,005 % bis 0,15 % Titan und/oder 0,005 % bis 0,15 % Titandiborid

- 15 Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen

enthält, wobei ein sekundärer Dendritenarmabstand des Gefüges weniger als 100 µm beträgt.

- 20 2. Stranggussbolzen nach Anspruch 1, enthaltend 0,65 % bis 1,0 %, bevorzugt 0,70 % bis 0,95 %, insbesondere 0,70 % bis 0,85 %, Magnesium.

3. Stranggussbolzen nach Anspruch 1 oder 2, enthaltend 0,65 % bis 0,95 %, bevorzugt 0,70 % bis 0,90 %, Silicium.

25

4. Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein Gewichtsverhältnis von Silicium zu Magnesium 0,90 bis 1,20, vorzugsweise 0,95 bis 1,15, insbesondere 1,00 bis 1,10, beträgt.

- 30 5. Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, enthaltend 0,05 % bis 0,35 %, vorzugsweise 0,1 % bis 0,3 %, Eisen.

6. Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, enthaltend 0,10 % bis 0,30 %, vorzugsweise 0,12 % bis 0,25 %, Kupfer.

7. Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, enthaltend 0,10 % bis 0,30 %, bevorzugt 0,10 bis 0,25 %, Chrom.

8. Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, enthaltend
5 0,45 % bis 0,90 %, vorzugsweise 0,50 % bis 0,85 %, insbesondere 0,50 % bis 0,75 %, Mangan.

9. Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der sekundäre Dendritenarmabstand des Gefüges weniger als 90 μm , bevorzugt 20 μm bis 80 μm ,
10 insbesondere 30 μm bis 70 μm , beträgt.

10. Extrudiertes Profil, insbesondere Hohlprofil wie ein Doppelhohlkammerprofil, insbesondere erhältlich aus einem Stranggussbolzen nach einem der Ansprüche 1 bis 9, aufweisend eine Streckgrenze von mehr als 260 MPa, vorzugsweise mehr als 280 MPa,
15 insbesondere mehr als 300 MPa, enthaltend in Gewichtsprozent

mehr als 0,0 % bis 0,40 % Eisen

0,40 % bis 1,2 % Magnesium

0,60 % bis 1,1 % Silicium

20 mehr als 0,0 % bis 0,35 % Kupfer

mehr als 0,0 % bis 0,35 % Chrom

0,40 % bis 0,95 % Mangan

bis zu 0,2 % Zink

optional 0,005 % bis 0,15 % Titan und/oder 0,005 % bis 0,15 % Titandiborid

25 Rest Aluminium und herstellungsbedingte Verunreinigungen,

wobei ein Gefüge rekristallisiert ist.

11. Extrudiertes Profil nach Anspruch 10, wobei eine mittlere Korngröße des Gefüges
30 weniger als 60 μm , bevorzugt 2 μm bis 50 μm , insbesondere 10 μm bis 30 μm , beträgt.

12. Extrudiertes Profil nach Anspruch 10 oder 11, wobei das Profil wärmebehandelt ist.

13. Verfahren zur Herstellung eines extrudierten Profils, insbesondere eines Profils nach einem der Ansprüche 10 bis 12, umfassend folgende Schritte:

- a) Herstellung eines Stranggussbolzens nach einem der Ansprüche 1 bis 9;
- b) Homogenisieren des Stranggussbolzens;
- 5 c) Extrudieren des Profils;
- d) optional Wärmebehandeln des extrudierten Profils.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Homogenisieren bei einer Temperatur von 520 °C bis 590 °C, insbesondere 530 °C bis 580 °C, durchgeführt wird.

10

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei das Homogenisieren für eine Zeitdauer von 3 bis 6 Stunden erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei der Stranggussbolzen vor
15 dem Extrudieren auf eine Temperatur oberhalb von 400 °C erwärmt wird.

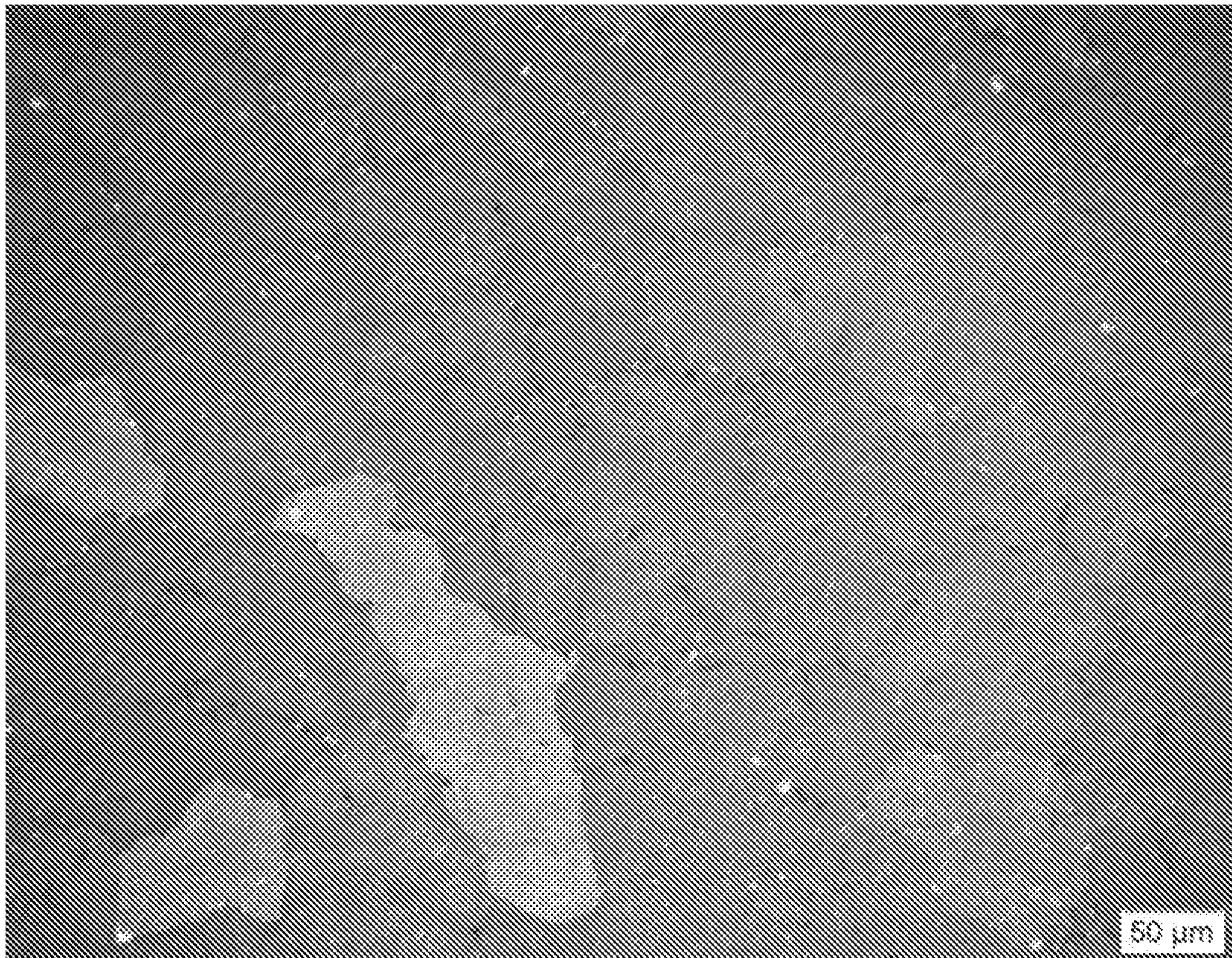
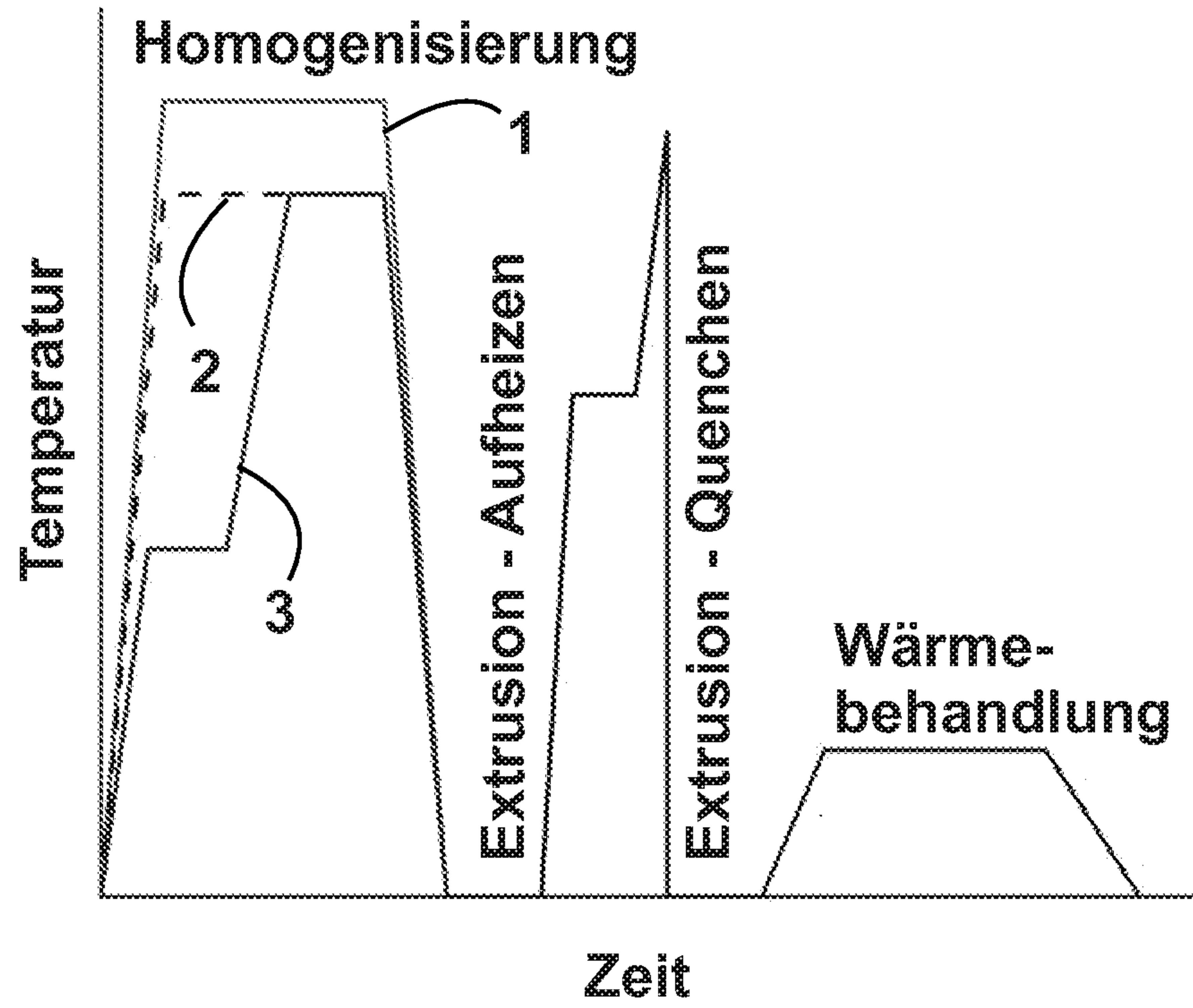
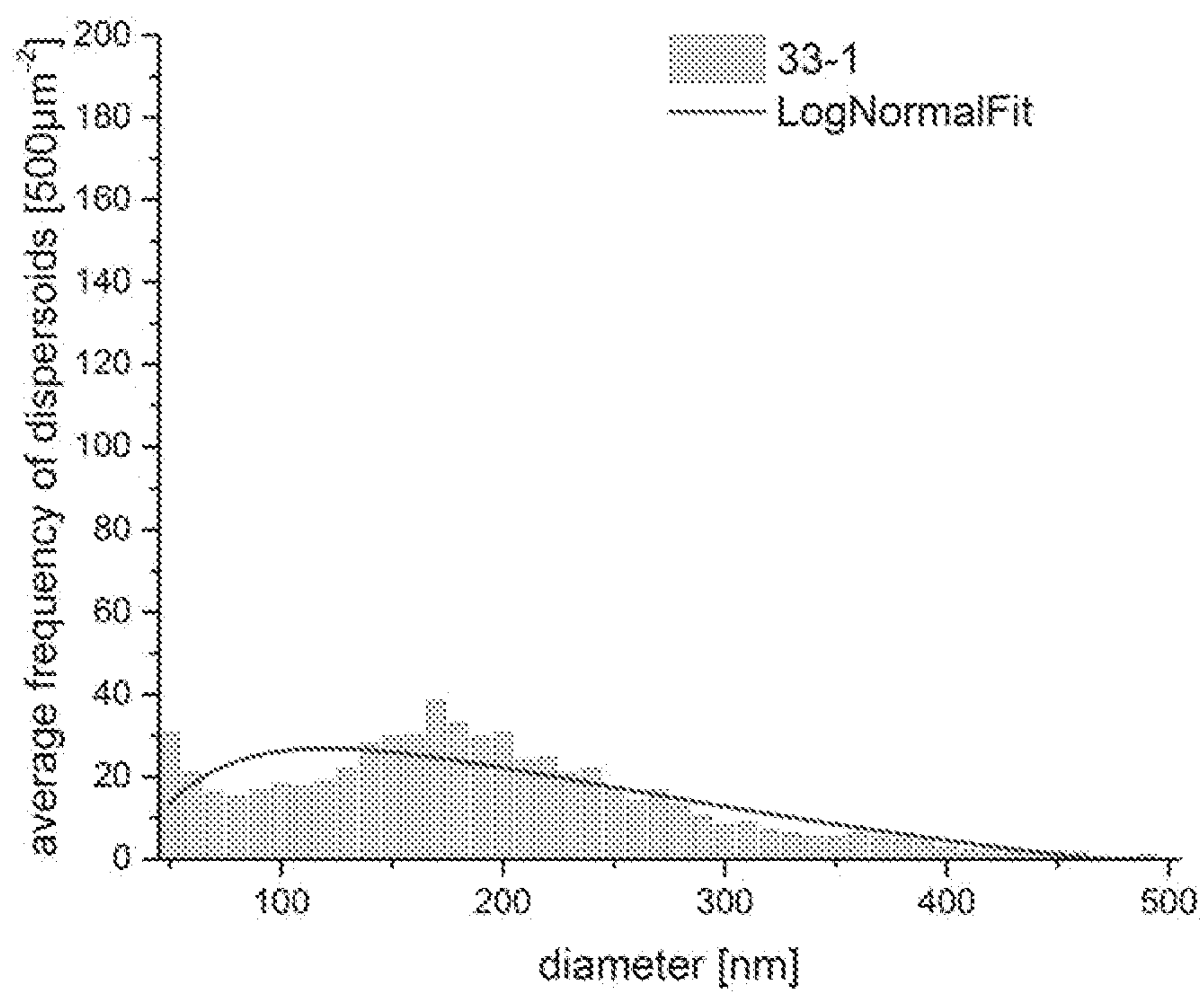
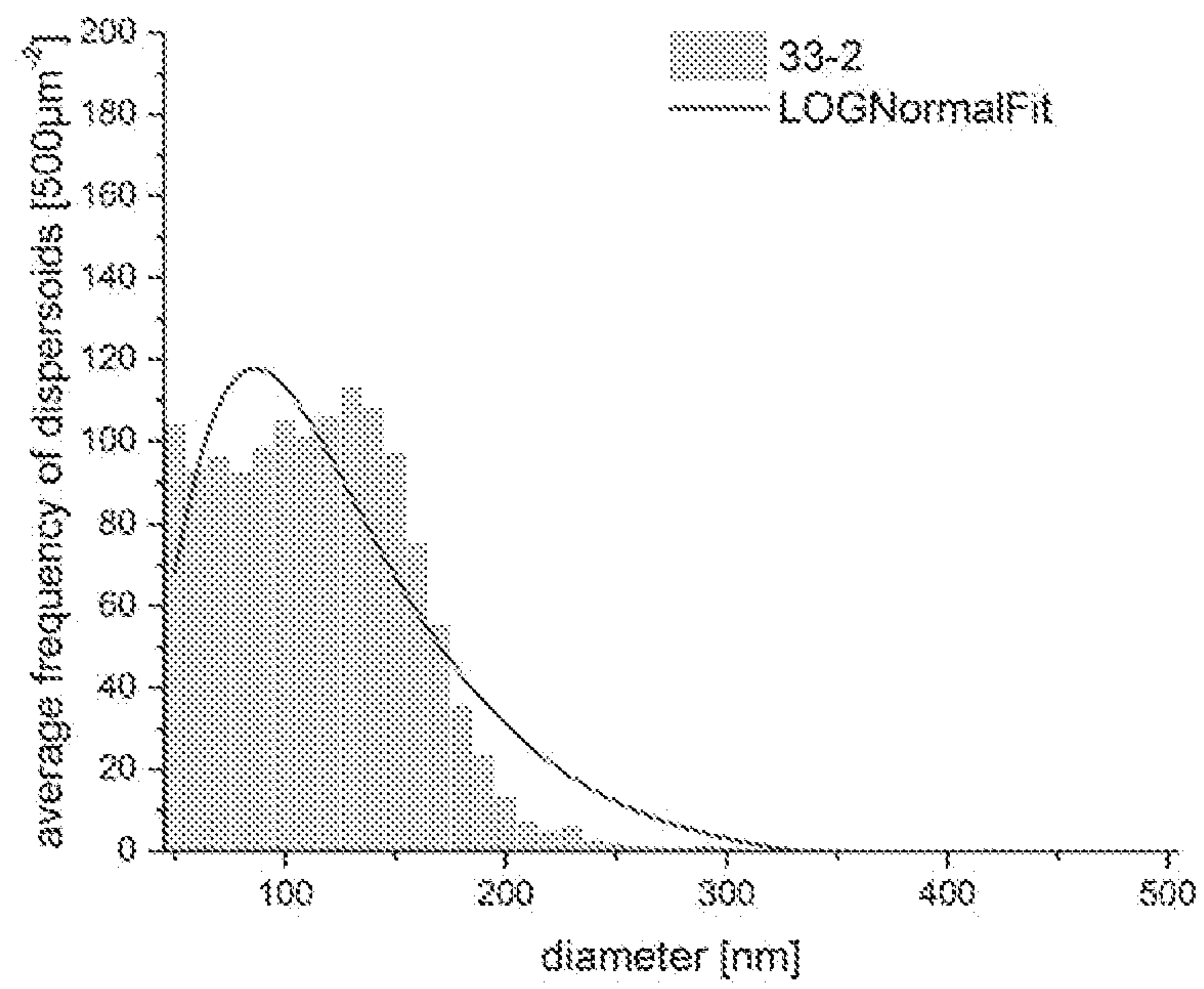
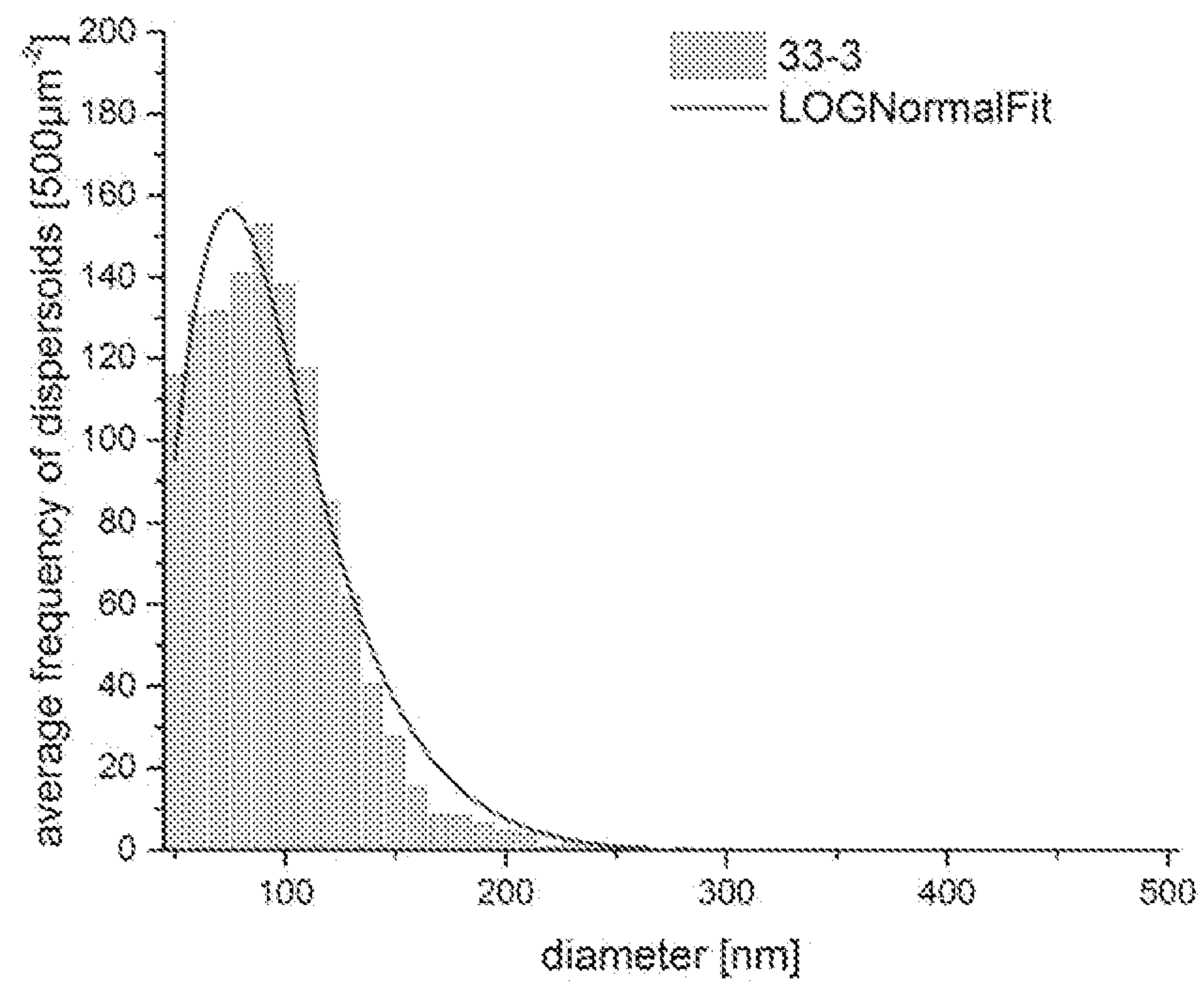


Fig. 1

**Fig. 2**

**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5**

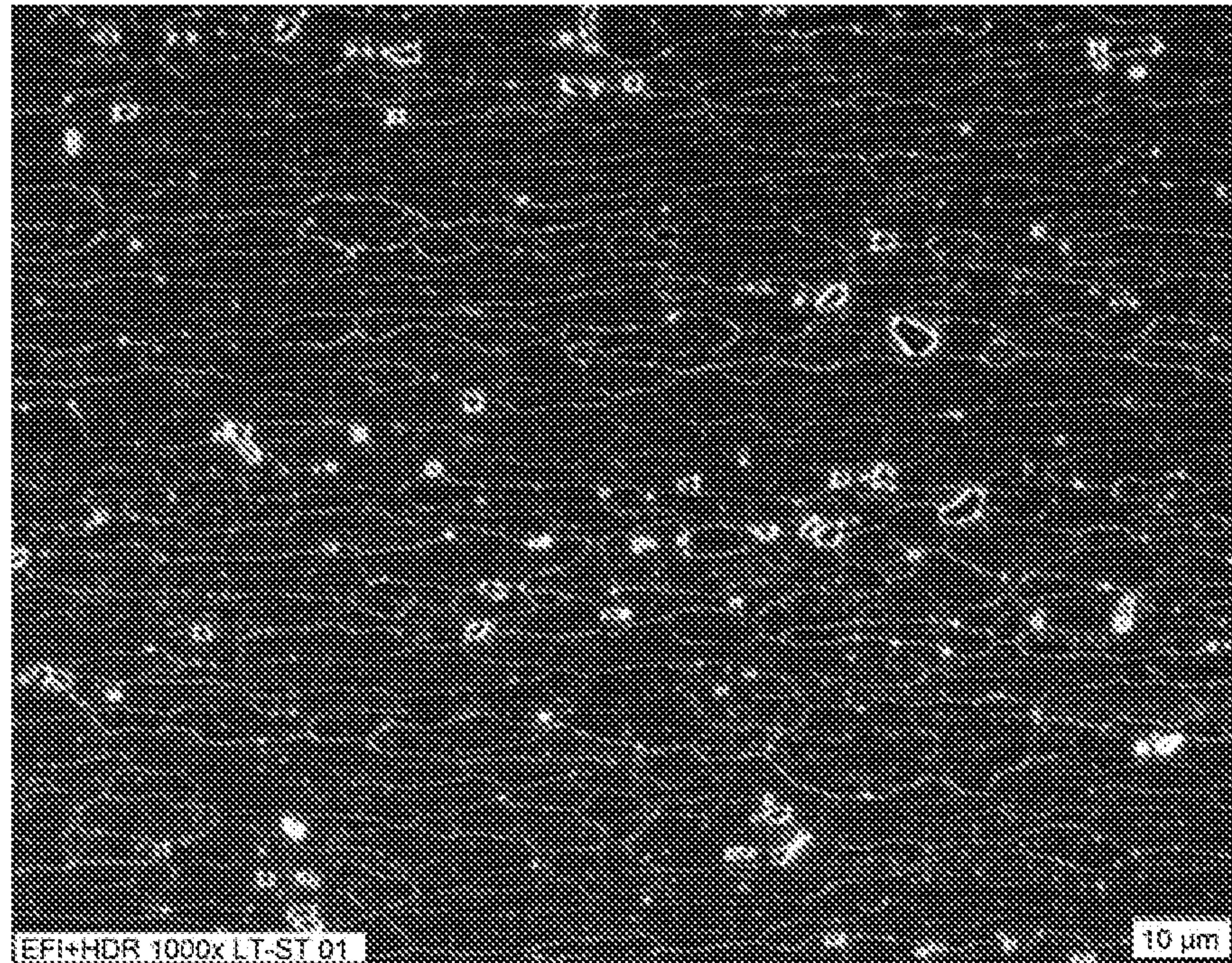


Fig. 6

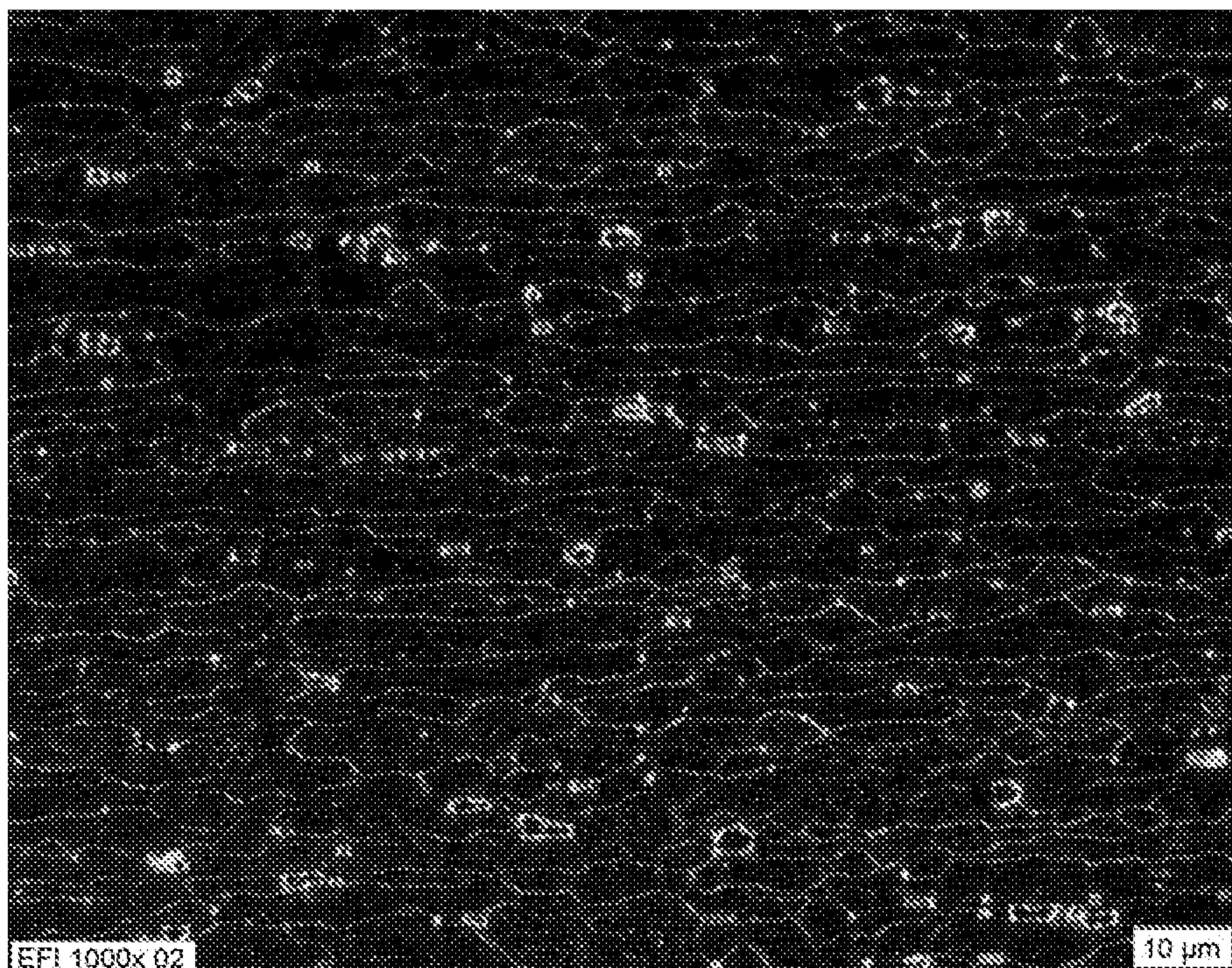


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

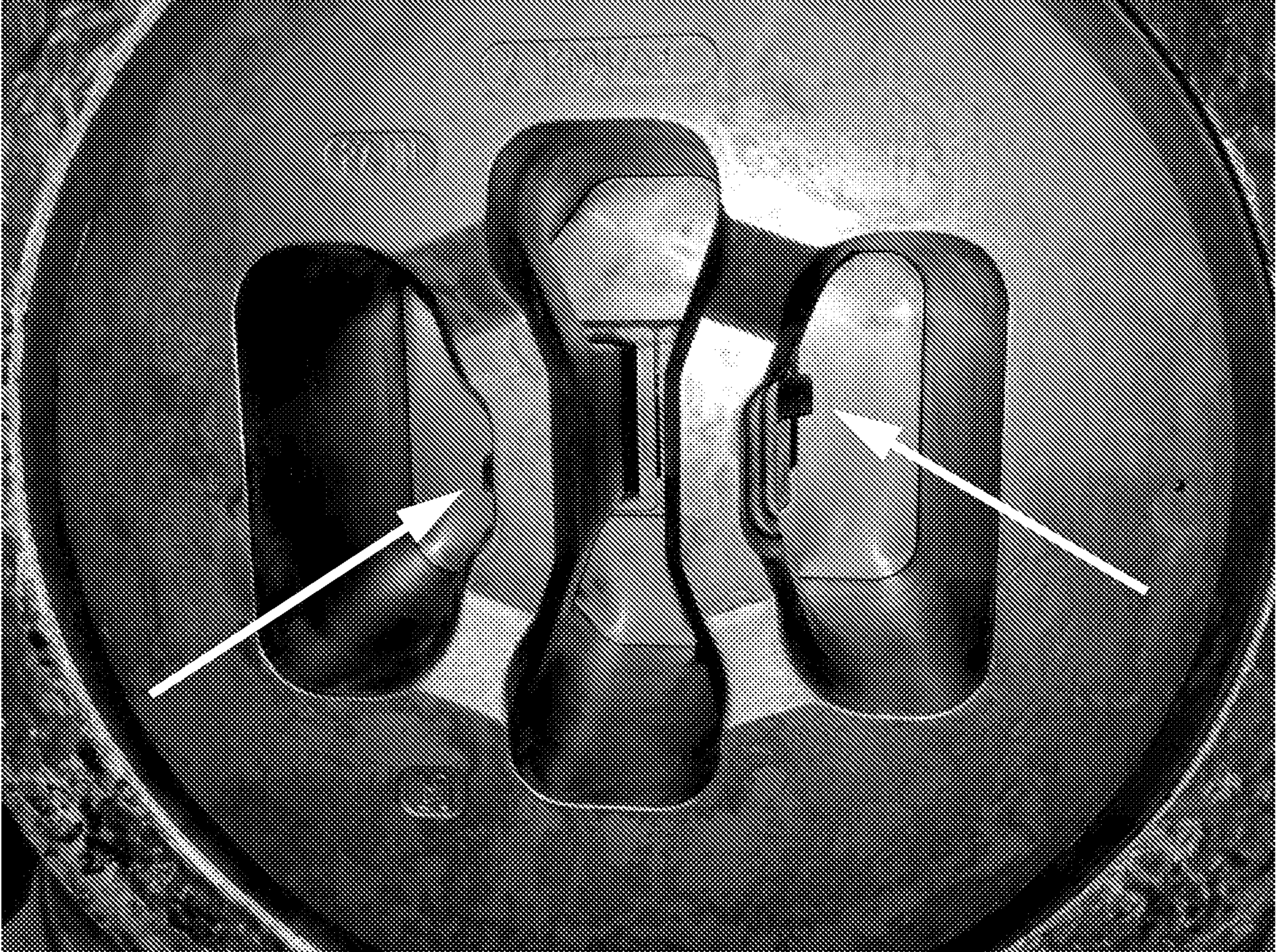


Fig. 10

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

C22C 21/08 (2006.01); **C22C 21/02** (2006.01); **C22F 1/05** (2006.01); **C22F 1/047** (2006.01); **C22F 1/043** (2006.01); **B21C 23/02** (2006.01); **F16F 7/12** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

C22C 21/08 (2013.01); **C22C 21/02** (2013.01); **C22F 1/05** (2013.01); **C22F 1/047** (2013.01); **C22F 1/043** (2013.01); **B21C 23/02** (2013.01); **F16F 7/12** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

C22C, C22F, B21C, F16F

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, X-FULL

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **05.04.2019** eingereichten Ansprüchen **1-16** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	EP 3018226 A1 (CONSTELLIUM VALAIS SA AG LTD [CH]) 11. Mai 2016 (11.05.2016) Beschreibung, [0009]-[0011], [0023]-[0030]; Ansprüche 1, 4, 5, 7-11	1-16
A	CN 108165907 A (SHANDONG NANSHAN ALUMINIUM CO LTD, LONGKOU NANSHAN ALUMINIUM CALENDERING NEW MAT CO LTD, HANGXIN MATERIAL TECH CO LTD, UNIV YANTAI NANSHAN) 15. Juni 2018 (15.06.2018) (automatische Übersetzung durch TXPMTCEU/EPO am 31.10.2019) Beschreibung; Ansprüche 1-3, 7-9	1-16
A	EP 3299482 A1 (ALERIS ALUMINUM DUFFEL BVBA [BE]) 28. März 2018 (28.03.2018) Beschreibung, [0014], [0015], [0017], [0018]; Ansprüche 1, 3-10	1-16
A	CN 107686916 A (SHANDONG UNISON ALUMINIUM PRODUCTS CO LTD) 13. Februar 2018 (13.02.2018) (automatische Übersetzung durch TXPMTCEU/EPO am 31.10.2019) Beschreibung, [0008]-[0010], [0012], [0013], [0042]; Tab. 2; Ansprüche 1, 2, 4	1-16
A	CN 107739914 A (LIAONING ZHONGWANG GROUP CO) 27. Februar 2018 (27.02.2018) (automatische Übersetzung durch TXPMTCEA/EPO am 31.10.2019) Beschreibung, [0007]-[0021], [0025], [0029]-[0031]; Fig. 1-3; Ansprüche 1-7	1-16
A	EP 2883973 A1 (CONSTELLIUM VALAIS SA AG LTD [CH]) 17. Juni 2015 (17.06.2015) Beschreibung, [0011], [0014], [0015], [0026], [0027]; Ansprüche 1, 4, 5, 8, 10, 12	1-16

Datum der Beendigung der Recherche:

04.11.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

AIGNER Martin

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

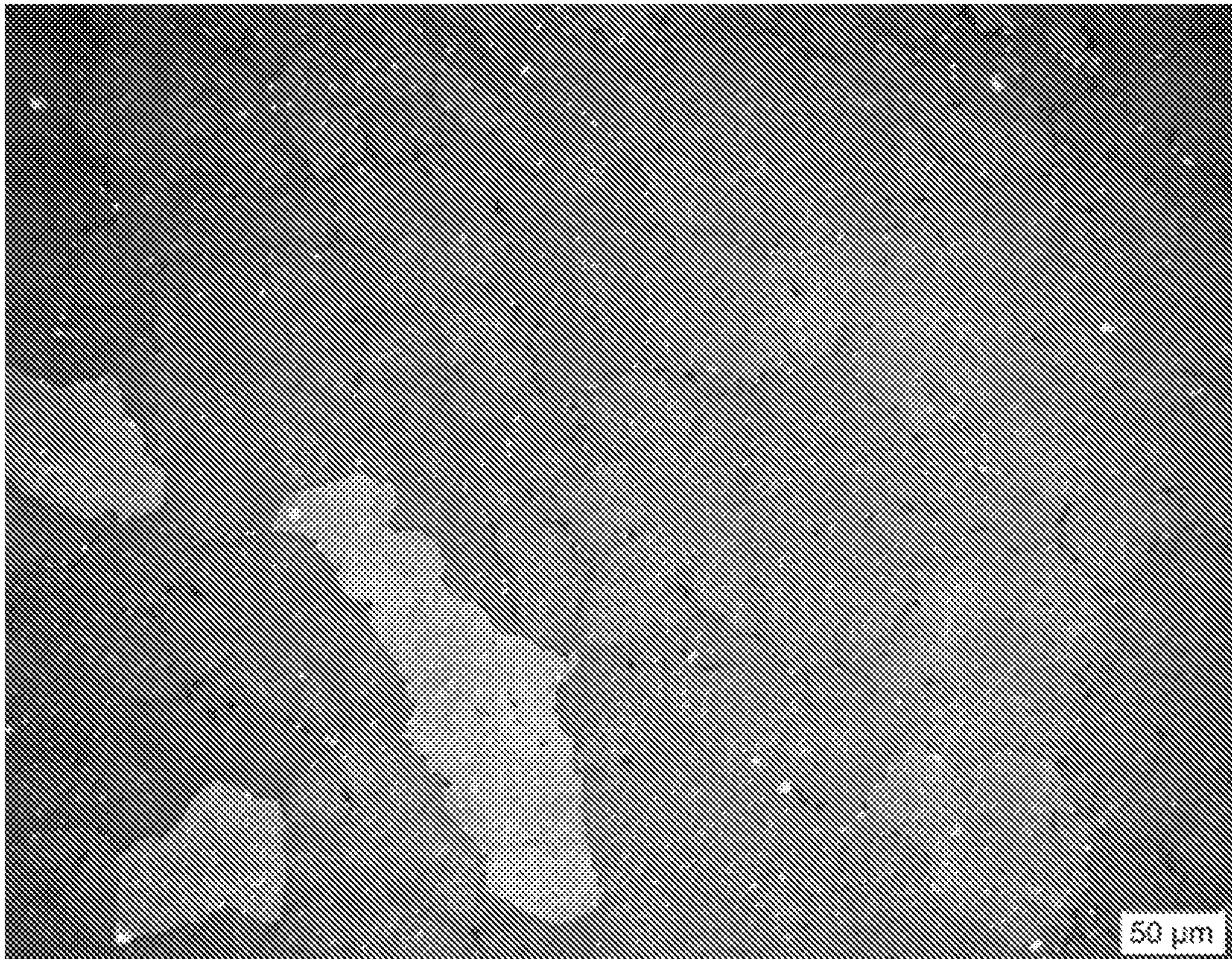
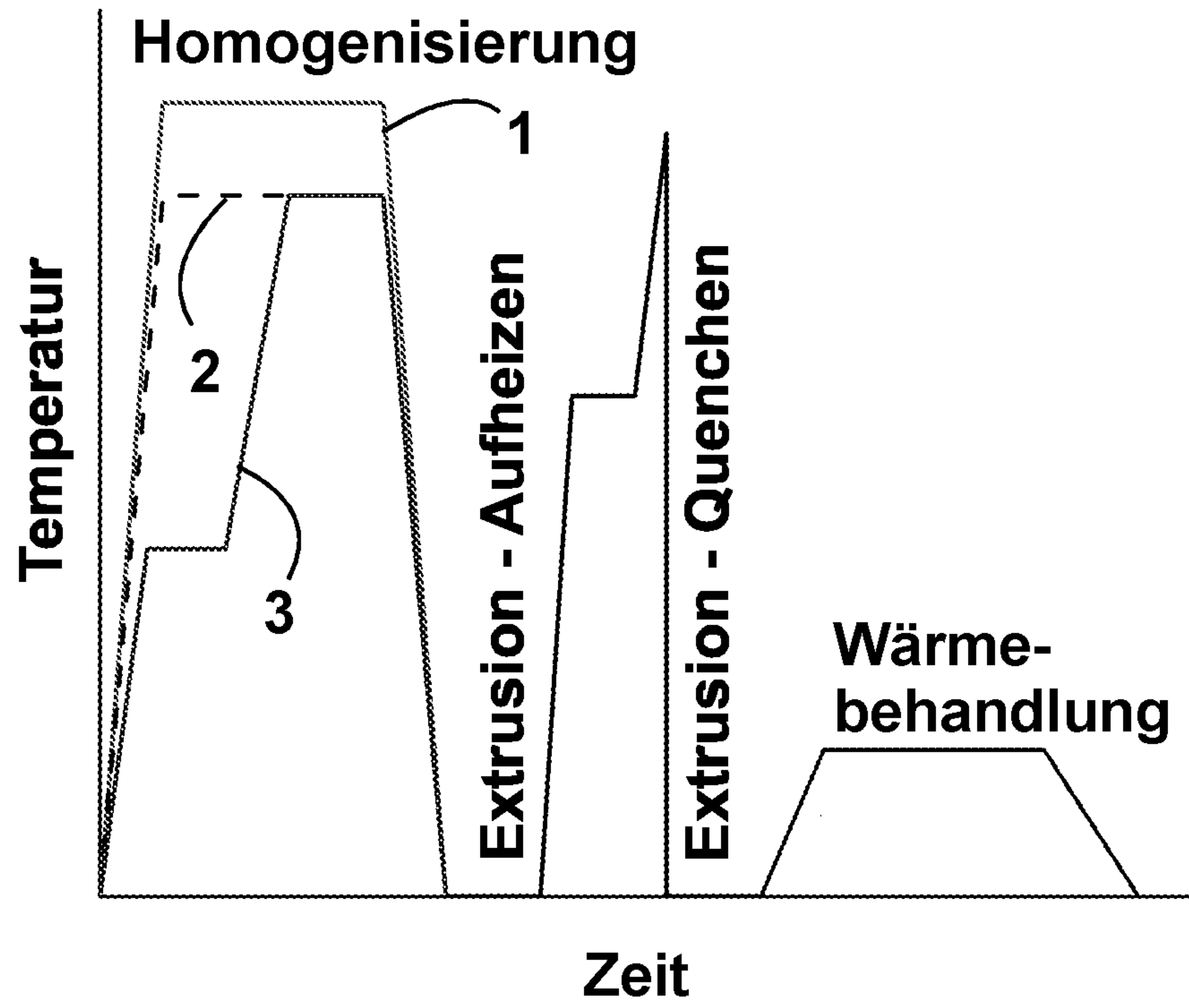
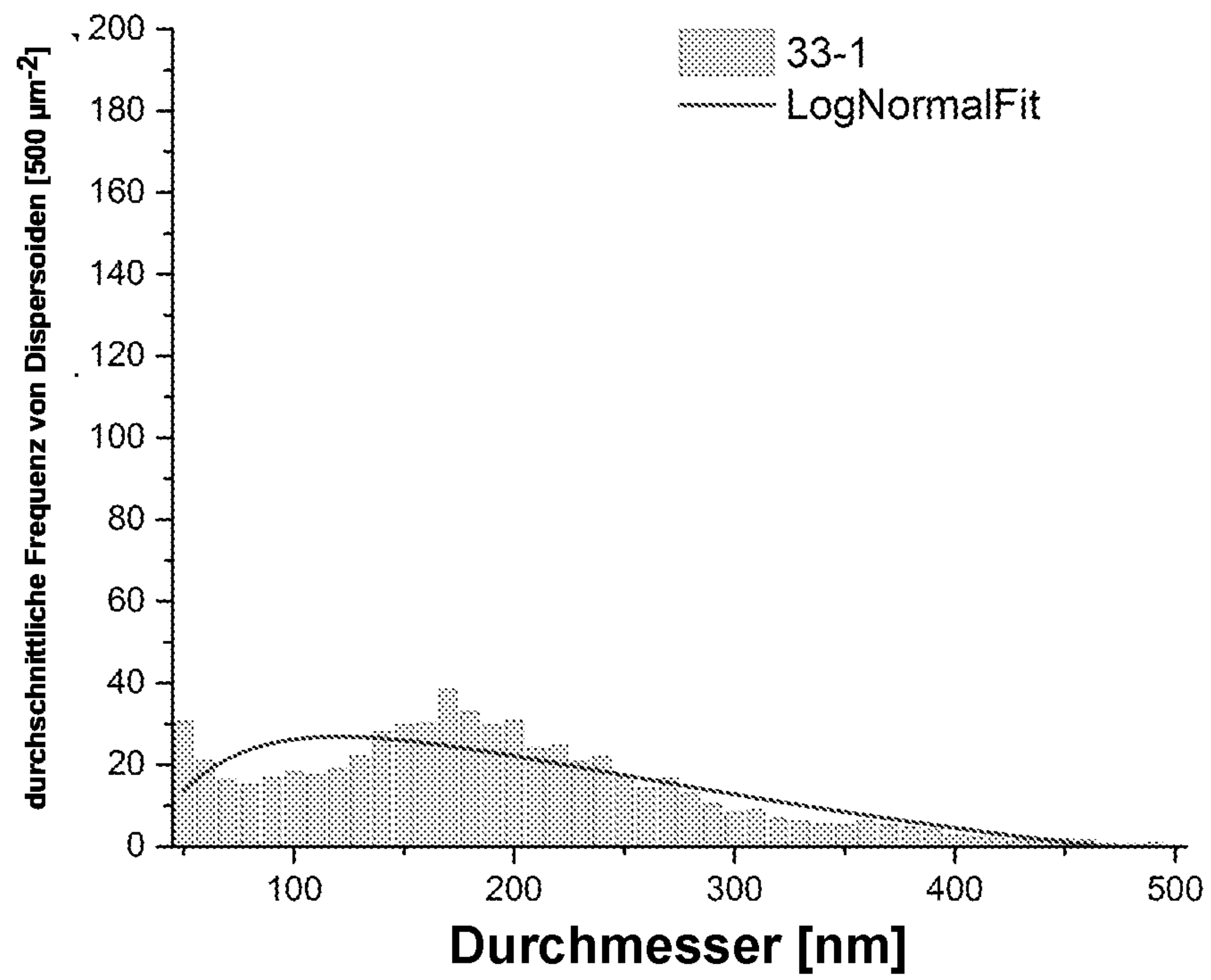


Fig. 1

**Fig. 2**

**Fig. 3**

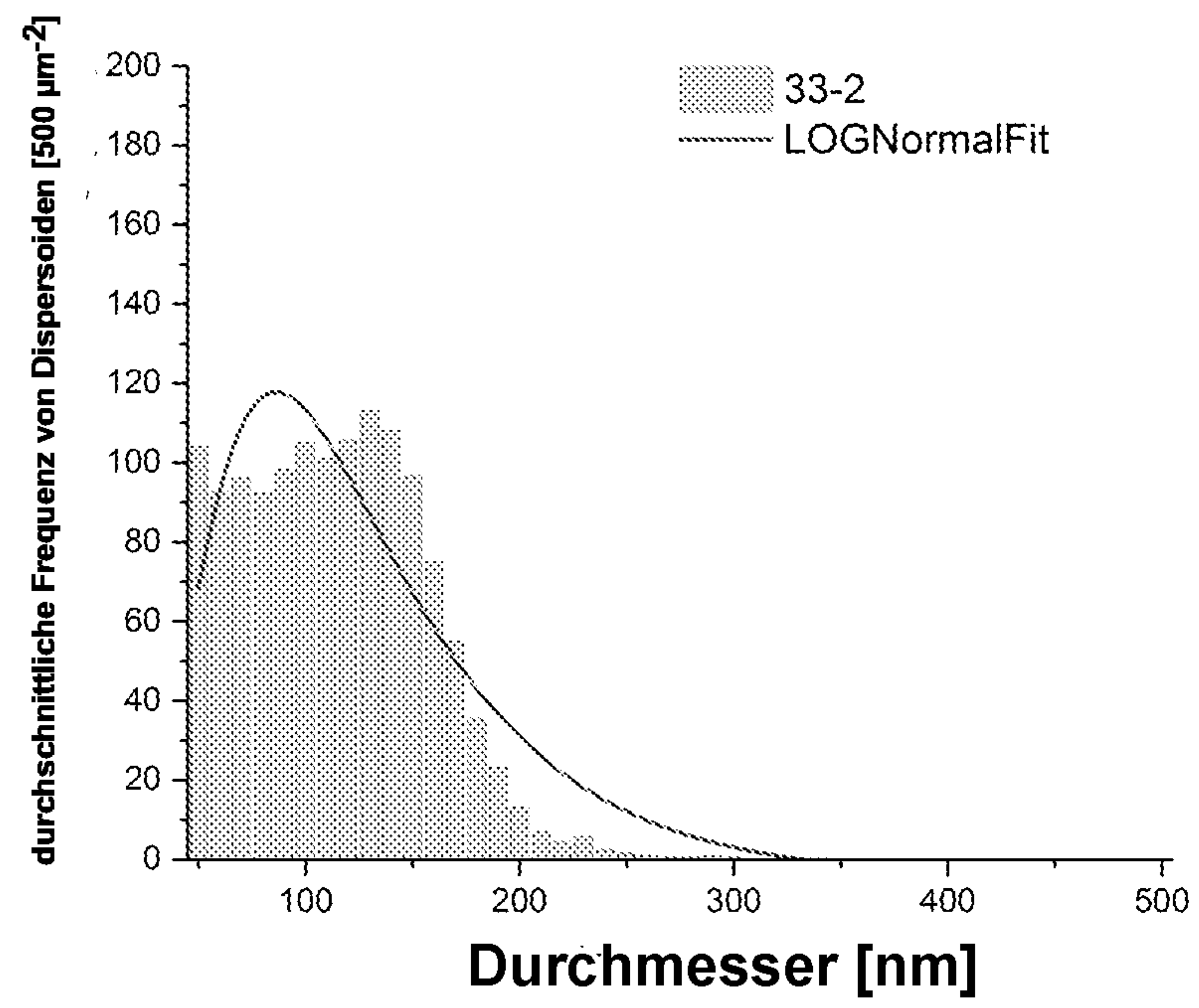
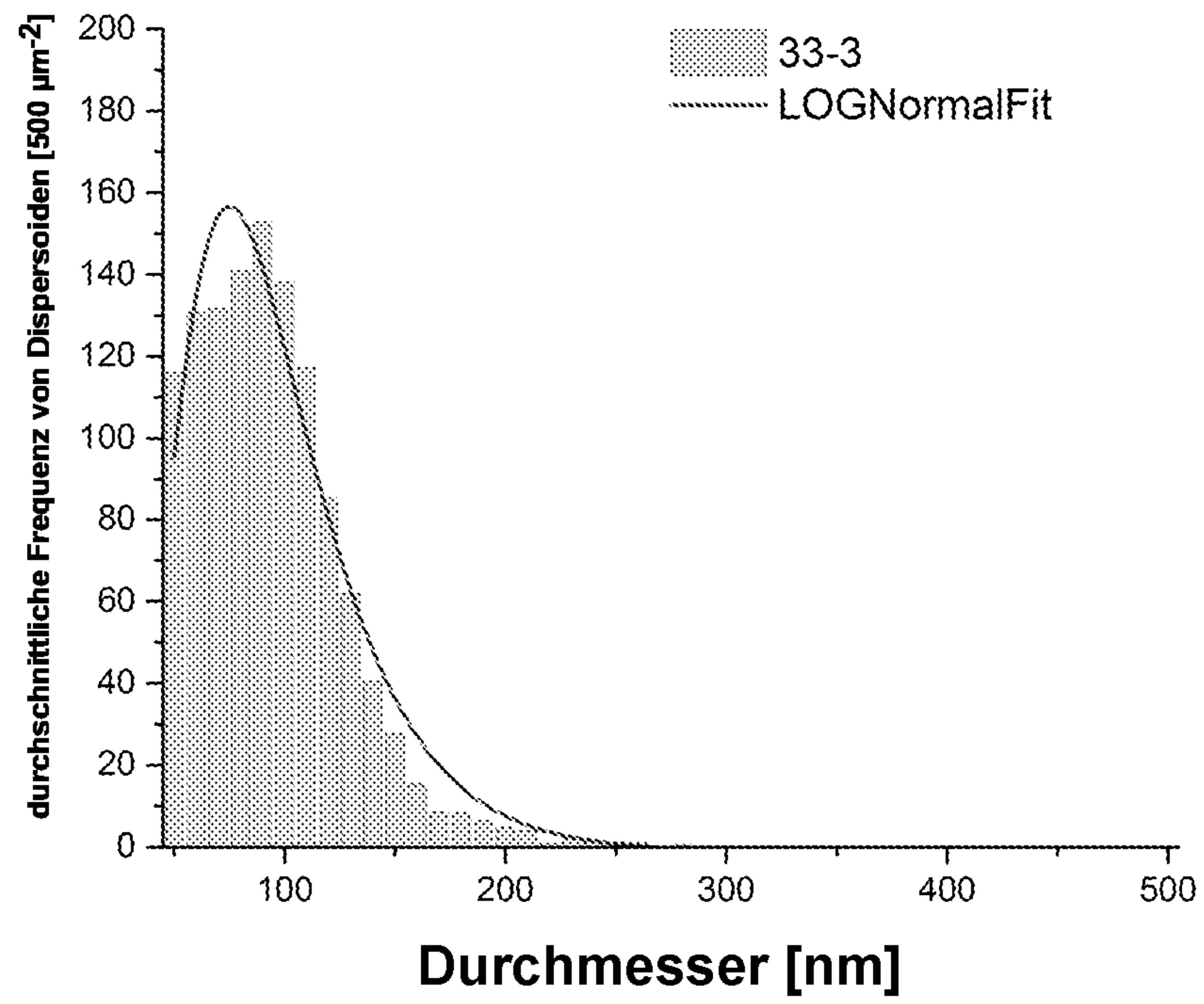


Fig. 4

**Fig. 5**

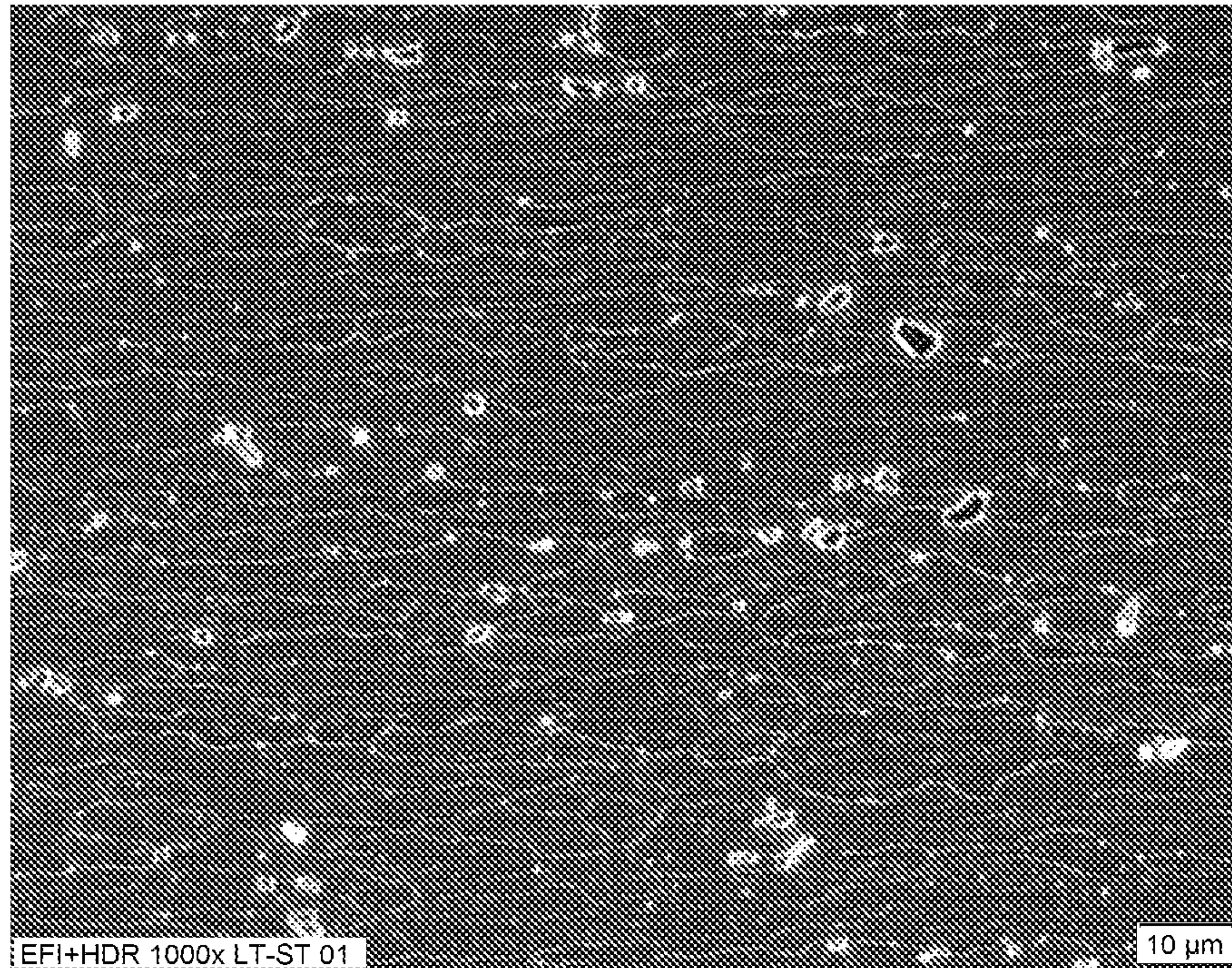


Fig. 6

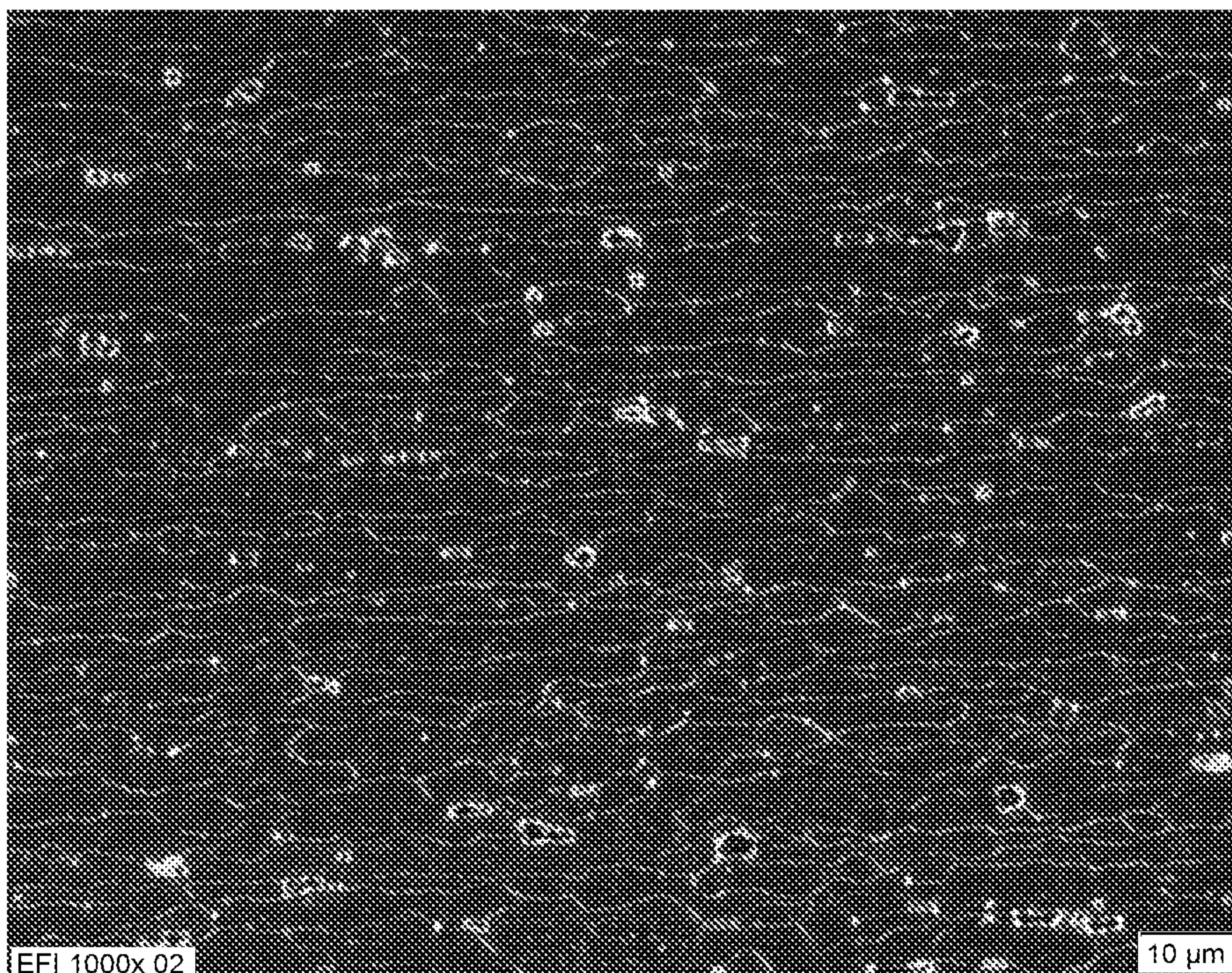


Fig. 7

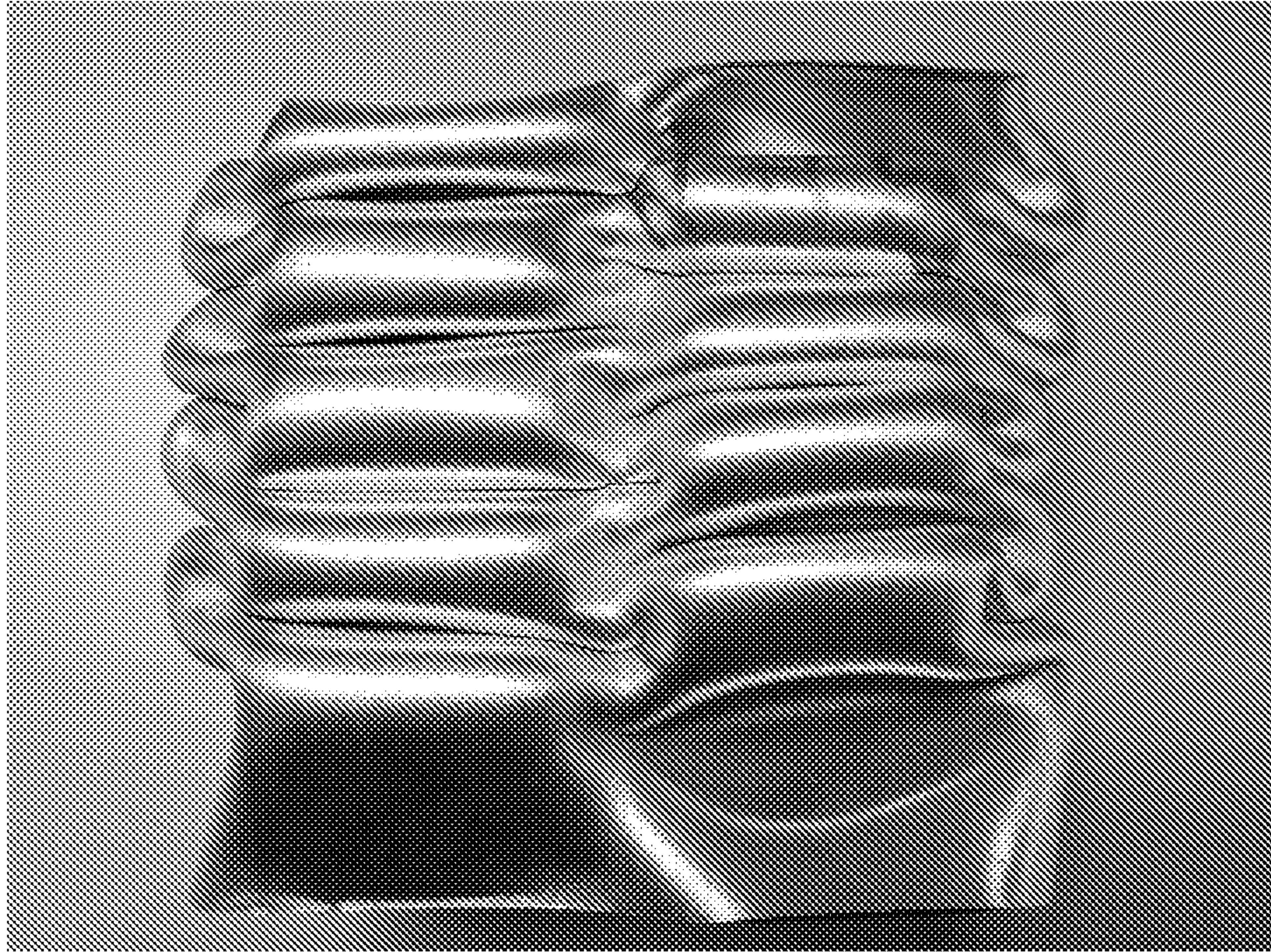


Fig. 8



Fig. 9

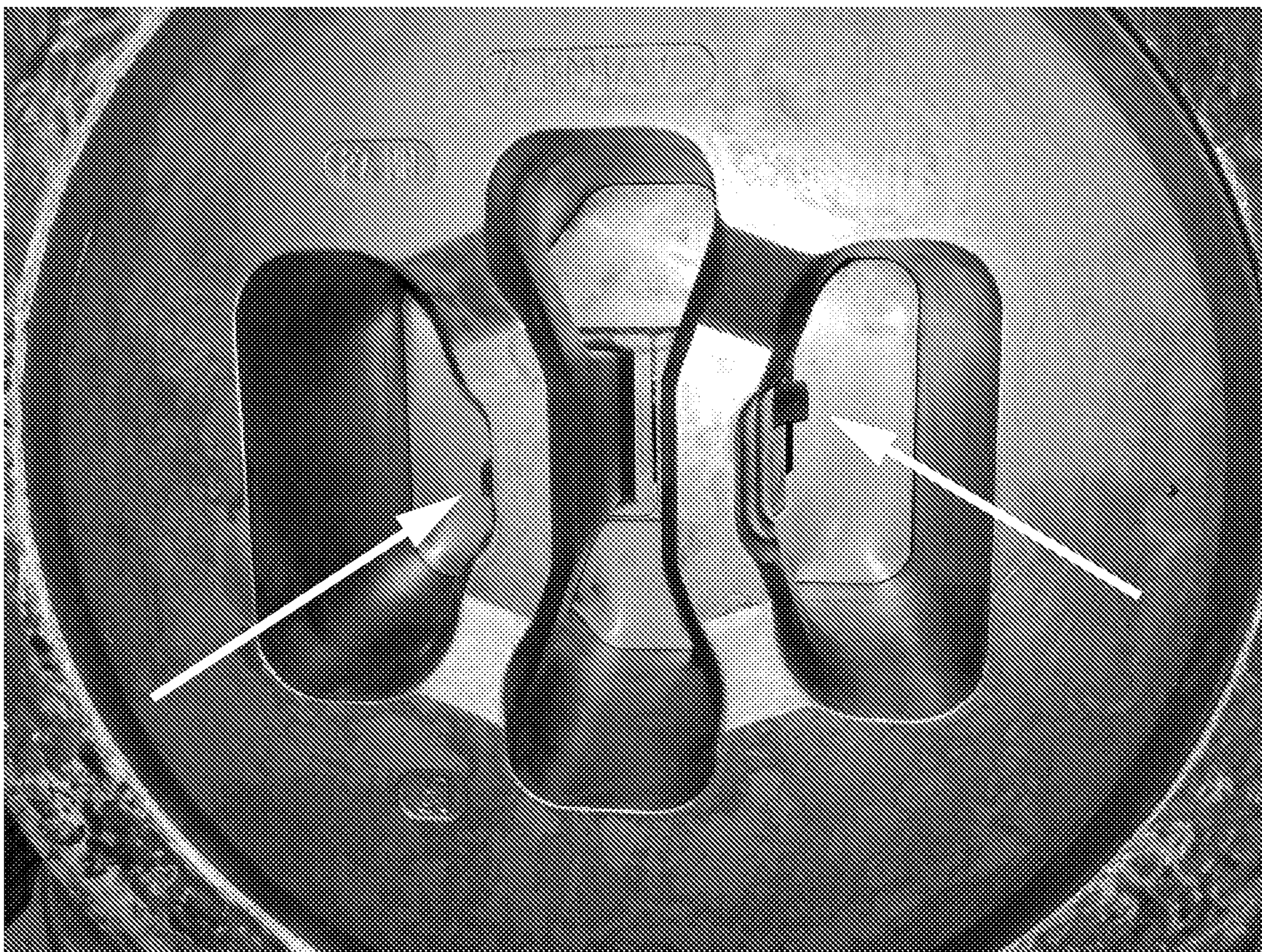


Fig. 10