



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 21 440 T2 2006.05.24

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 025 982 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 21 440.0

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 300 970.1

(96) Europäischer Anmeldetag: 08.02.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 09.08.2000

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 27.07.2005

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 24.05.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: B29C 67/00 (2006.01)

G05B 19/4099 (2006.01)

B29C 35/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**246504** 08.02.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**BE, DE, FR, GB, NL**

(73) Patentinhaber:  
**3D Systems, Inc., Valencia, Calif., US**

(72) Erfinder:  
**Guertin,D.Michelle, Connecticut 06420, US; Hull, Charles W., Santa Clarita, California 91351, US; Nguyen, Hop D., Quartz Hill, California 93536, US**

(74) Vertreter:  
**Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,  
Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum stereolithografischen Formen von dreidimensionalen Gegenständen mit reduzierter Verkrümmung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung****GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bilden von zumindest einem Teil eines dreidimensionalen Objekts gemäß dem Oberbegriff von jeweils Anspruch 1 und Anspruch 7.

**[0002]** Ein Verfahren und eine Vorrichtung von dieser Sorte sind beispielsweise bekannt aus US-A-5,104,592.

**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

## 1. Verwandte Technik

**[0003]** Rapid Prototyping and Manufacturing (RP&M) ist der Name, welcher steht für ein Technologiegebiet, welches verwendet werden kann, um dreidimensionale Objekte schnell und automatisch zu bilden aus dreidimensionalen Computerdaten, welche diese Objekte darstellen. Das Rapid Prototyping and Manufacturing kann betrachtet werden als drei Klassen von Technologien umfassend: (1) Stereolithographie; (2) selektive Ablagerungsmodellierung und (3) Erzeugen von laminierten Objekten.

**[0004]** Die Stereolithographiekasse der Technologien erzeugt dreidimensionale Objekte durch das aufeinander folgende Bilden von Schichten aus einem Fluid ähnlichem Medium, welches angrenzt an zuvor geformte Mediumlagen und selektives Aushärten dieser Lagen, um eine Schicht (d.h. ausgehärtete Lagen) zu bilden und anzuhafsten. Diese Schichten werden ausgehärtet in Übereinstimmung mit den Querschnittsdaten, welche die aufeinander folgenden Scheiben des dreidimensionalen Objekts darstellen. Typischerweise tritt eine Adhäsion zwischen aufeinander folgenden Schichten auf durch chemische Bindung zwischen den zwei Schichten (z.B. Vernetzen zwischen den Schichten) während der Polymerisation. In alternativen Ausführungsformen ist es möglich, dass die Adhäsion auftreten könnte durch die Anwendung eines separaten Klebemittels oder durch weiteres mechanisches Verbinden. Zusammengefasst kann gesagt werden, dass Adhäsion auftreten kann mittels eines adhäsiven oder eines kohäsiven Phänomens.

**[0005]** Eine spezielle Stereolithographietechnologie ist einfach bekannt als Stereolithographie und diese nutzt ein flüssiges Medium, welches dadurch selektiv ausgehärtet wird, dass es einer Stimulation ausgesetzt wird. Dieses flüssige Medium ist typischerweise ein photopolymerisierbares Material (d.h. Harz) und die Stimulation ist typischerweise eine sichtbare oder ultraviolette magnetische Strahlung. Die Strahlung wird üblicherweise von einem Laser produziert. Flüssigkeitsbasierende Stereolithographie wird offenbart in den verschiedenen Patenten, Anmeldungen und Veröffentlichungen, von denen eine Reihe kurz beschrieben werden in den verwandten Patenten, Anmeldungen und Veröffentlichungen, welche folgen. Eine andere Stereolithographie ist bekannt als selektives Lasersintern (SLS). Das selektive Lasersintern basiert auf der selektiven Aushärtung von Lagen eines pulverisierten Mediums durch Aussetzen dieser Lagen einer Infrarot elektromagnetischen Strahlung, um die Partikel zu sintern oder zu verschmelzen. Das selektive Lasersintern wird beschrieben in dem US-Patent 4,863,538 von Deckard, welches erteilt wurde am 5. September 1989. Eine dritte Technologie ist bekannt als dreidimensionales Drucken (3DP). Das dreidimensionale Drucken basiert auf der selektiven Aushärtung von Schichten eines pulverisierten Mediums, welche ausgehärtet werden durch die selektive Ablagerung eines Binders darauf. Das dreidimensionale Drucken wird beschrieben in dem US-Patent 5,204,055 von Sacks et al, welches am 20. April 1993 erteilt wurde.

**[0006]** Die vorliegende Erfindung ist in erster Linie gerichtet auf Stereolithographie, welche flüssigkeitsbasierende Aufbaumaterialien (d.h. Medien) verwendet. Es wird zusätzlich angenommen, dass die Techniken der vorliegenden Erfindung Anwendung finden in anderen Stereolithographietechnologien zum Zwecke der Reduzierung von Verformung und/oder zum Beschleunigen der Objektbildung.

**[0007]** Die selektive Ablagerungsmodellierung (SDM) umfasst den Aufbau eines dreidimensionalen Objekts durch selektives Ablagern von aushärtbarem Material auf einer Schicht-für-Schicht-Basis in Übereinstimmung mit Querschnittsdaten, welche Scheiben des dreidimensionalen Objekts darstellen. Eine solche Technik wird verschmolzes Ablagerungsmodellieren (fused deposition modelling, FDM) genannt und umfasst die Extrusion von Strömen von aufgeheiztem, fließfähigem Material, welche aushärten, wenn sie ausgegeben werden auf die zuvor geformte Schicht des Objekts. Das verschmolze Ablagerungsmodellieren wird beschrieben in dem US-Patent 5,121,329 von Crump, welches erteilt wurde am 9. Juni 1992. Eine andere Technik wird ballistische Partikelerzeugung (ballistic particle manufacturing, BPM) genannt, welche einen Fünfachsen-Tintenstrahlausgeber versendet, um Partikel eines Materials zu richten auf zuvor ausgehärtete Lagen des Objekts. Die ballis-

tische Partikelherstellung wird beschrieben in den PCT-Veröffentlichungsnummern WO96/12607 von Brown et al., veröffentlicht am 2. Mai 1996; WO96/12608 von Brown et al., veröffentlicht am 2. Mai 1996; WO96/12609 von Menhennet et al., veröffentlicht am 2. Mai 1996; und WO96/12610 von Menhennet et al. veröffentlicht am 2. Mai 1996.

**[0008]** Eine dritte Technik, welche Mehrstrahlmodellierung genannt wird (multi-jet modelling, MJM) umfasst das selektive Ablagern von Materialtropfen von mehr Tintenstrahlöffnungen, um den Bildungsprozess zu beschleunigen. Das Mehrstrahlmodellieren wird beschrieben in den PCT-Veröffentlichungen mit den Nummern WO97/11835 von Earl et al., veröffentlicht am 3 April 1997; und WO97/11837 von Leyden et al., veröffentlicht am 3. April 1997 (beide sind eingetragen auf 3D Systems, Inc., wie die vorliegende Anmeldung).

**[0009]** Die Techniken zur Herstellung von laminierten Objekten (LOM) umfassen die Bildung von dreidimensionalen Objekten durch Stapeln, Anhaften und selektivem Schneiden in einer ausgewählten Reihenfolge, von Materialbögen, in Übereinstimmung mit den Querschnittsdaten, welche das zu formende dreidimensionale Objekt darstellen. Das Herstellen von laminierten Objekten wird beschrieben in dem US-Patent 4,752,352 von Feygin, welches erteilt wurde am 21. Juni 1988; und US-Patent 5,015,312 von Kinzie, welches erteilt wurde am 14. Mai 1991; und in der PCT-Veröffentlichung WO95/18009 von Morita et al., welche veröffentlicht wurde am 6. Juni 1995.

**[0010]** Wie oben festgehalten wurde, sind die Techniken der vorliegenden Erfindung gerichtet in erster Linie auf flüssigkeitsbasierte Stereolithographieobjektbildung. Nichtsdestotrotz wird angenommen, dass die Techniken angewandt werden können bei selektiven Ablagerungsmodelliertechnologien, um die Objektsverformung zu reduzieren und/oder um die Objektbildungszeit zu vermindern. Manche der selektiven Ablagerungsmodellierungstechnologien können eine Technik verwenden, welche manchmal bezeichnet wird als „minimale Lagesekunden“ (minimum layer seconds). Diese Technik verlangt einen Minimalbetrag an Zeitablauf von dem Beginn des Bildens einer Schicht zu dem Beginn des Bildens der nächsten Schicht; so dass genügend Zeit ist zum Hitzeaufbau in der aufzubauenden Schicht. Wenn es weniger als die Minimallagesekunden dauert, um eine Lage zu bilden, wird der Rest der Minimallagesekunden rückwärts gezählt, bevor die nächste Lage begonnen wird. Wenn eine Verzögerung auftritt, tritt sie auf, nachdem die Lage vollständig gebildet wurde. Diese Technik lehrt nicht oder legt nicht nahe die teilweise Erzeugung einer Schicht, dann eine Verzögerung, dann die Vollendung der Schicht.

**[0011]** Verschiedene Techniken zur Verminderung von Verzug und Tehchniken, welche mehrfache Aussetzungen eines ultraviolettaushärtbaren Fluids während der Erzeugung von dreidimensionalen Objekten, welche unter Verwendung der Stereolithographie gebildet werden, verwenden, wurden vorstehend beschrieben, wie beispielsweise (1) US-Patent 5,104,592 von Hull et al., erteilt am 14. April 1992, (2) die japanische Offenlegungsschrift 63-145015 A von Itami et al., veröffentlicht am 17. Juni 1988, (3) US-Patent 4,945,032 von Murphy et al. erteilt am 31. Juli 1990, (4) Anhang A des US-Patents 4,575,330 von Hull erteilt am 11. März 1986, (5) das Europäische Patent 0250121 B1 Pomerantz et al. erteilt am 2. November 1994 von, und (6) US-Patentanmeldung 08/766,956 von Gigl et al. eingereicht am 16. Dezember 1996, eingetragen auf 3D Systems, Inc.

**[0012]** Das US-Patent 5,104,592 von Hull et al., welches am 14. April 1992 erteilt wurde offenbart verschiedene Stereolithographietechniken zum Vermindern von Drehverformung. Die erste Drehverminderungstechnik, die offenbart ist, ist die „gestrichelte-Linientechnik“, bei der eine Stereolithographielinie, die Teil ist einer vertikalen oder horizontalen Formation gezogen wird mit Unterbrechungen in der Linie anstelle einer durchgezogenen Linie. Somit wird die Ziehkraft, welche normalerweise entlang des Vektors übertragen wird, vermindert, und der Dreheffekt wird vermindert. Die zweite Drehverminderungstechnik ist die „gebogene-Linie-Technik“, bei der eine Stereolithographielinie, welche Teil einer vertikalen oder horizontalen Formation ist, gezogen wird mit Biegungen in der Linie anstelle einer geraden Linie. Auf diese Weise wird die Zugkraft, welche normalerweise übertragen wird, entlang des Vektors vermindert und der Dreheffekt wird vermindert. Die dritte Drehverminderungstechnik ist die „sekundäre-Struktur-Technik“, in welcher eine Stereolithographielinie, die Teil einer vertikalen oder horizontalen Formation ist, gezogen wird, so dass sie nicht direkt an der Linie unterhalb oder neben ihr anhaftet, sondern nachdem sie gebildet wurde mit einer sekundären Struktur verbunden wird. Als solches wird die Zugkraft entlang des Vektors eliminiert, das Biegemoment auf benachbarten Linien wird reduziert und der Dreheffekt wird reduziert.

**[0013]** Ein Typ einer sekundären Struktur ist bekannt als „Nieten“ (rivets) und umfasst Unterstützungslien mit weniger Aussetzung und ein Gebiet mit höherer Aussetzung (eine „Niete“) zum Verbinden der Unterstützungslien von benachbarten Linien. Die vierte Drehverminderungstechnik ist die „Mehrgefach“ (multipass) Technik, bei der eine Stereolithographielinie, welche Teil einer vertikalen oder horizontalen Formation ist, ge-

zogen wird, so dass sie nicht direkt anhaftet an der Linie unterhalb von oder neben ihr, bis das Material im Wesentlichen reagiert hat. Auf diese Weise wird die Zugkraft entlang des Vektors vermindert, die Struktur ist fester, so dass sie einer Deformation widerstehen kann und der Dreheffekt wird vermindert. Diese Quelle lehrt nicht einen Schritt, welcher sicher stellt, dass genügend Zeit vergangen ist nach der Aussetzung eines ersten Satzes von Vektoren, damit die Schrumpfungsrate auf ein akzeptables Niveau gesunken ist, bevor ein zweiter Satz von Vektoren ausgesetzt wird, ganz zu schweigen von der Verwendung einer Vorrichtung zum Rückwärtszählen einer gewünschten Verzögerungszeit.

**[0014]** Die japanische Offenlegungsschrift 63-145015 A von Itami et al., veröffentlicht am 17. Juli 1988, offenbart Stereolithographietechniken, um unadäquate Härten zu behandeln, welche resultieren aus dem kleinen Grad von Radikalpolymerisation, während des Härtens und welche zur Folge haben, dass das Produkt deformiert wird unter seinem eigenen Gewicht. Die offenbarten Techniken bestrahlen die gleiche Position auf dem flüssigen photopolymerisierbaren Harzmaterial mehrere Male bei speziellen Zeitintervallen unter Verwendung von identischen Rasteraussetzungen. Als erstes wird eine Flüssigkeitslage in einen Behälter gegeben (d.h. eine Wanne). Anschließend wird die Flüssigkeit bestrahlt mit Licht, welches rastergescannt ist in der „Hauptscanrichtung“, während es sich bewegt in der „Subscanrichtung“, um die Flüssigkeit teilweise zu härten. Die gleichen Positionen des Harzes werden rastergescannt, wiederum bei einem spezifizierten Zeitintervall, durch Rasterscannen in der gleichen „Hauptscanrichtung“, was den ersten Durchgang betrifft, während sie sich in die gleiche „Subscanrichtung“ bewegen, was den ersten Durchgang betrifft. Für jede Position des Harzes ist das Zeitintervall zwischen der ersten und zweiten Bestrahlung das gleiche. Die Hauptscanrichtung ist die Richtung, in der die Rasterlinien, welche durch den Laserstrahl ausgehärtet werden, angeordnet sind und die Subscanrichtung ist die Richtung, in welcher sich diese Rasterlinien ausbreiten, wenn sie nebeneinander ausgehärtet wurden und ist rechtwinklig zu der Hauptscanrichtung. Die Laserstrahlbewegung in der Hauptscanrichtung wird erreicht dadurch, dass der Strahl reflektiert wird von einem sich drehenden Polygonspiegel und die Laserstrahlbewegung in der Subscanrichtung wird erreicht entweder durch Bewegen des Flüssigkeitsbehälters in der Subscanrichtung oder durch Reflektieren des Strahls von einem drehenden Flachspiegel. Diese Quelle lehrt nicht Linien in einer Richtung auszuhärten in einem ersten Durchgang und Linien auszuhärten in einer unterschiedlichen Richtung in einem zweiten Durchgang. Zusätzlich lehrt diese Quelle auch nicht einen Schritt, der sicherstellt, dass genügend Zeit vergangen ist nach der Aussetzung eines ersten Satzes von Vektoren, damit die Schrumpfungsrate auf ein akzeptables Niveau sinkt, bevor ein zweiter Satz von Vektoren ausgesetzt wird in einer anderen Richtung als der Richtung des ersten Satzes von Vektoren, geschweige denn die Verwendung einer Vorrichtung, um eine gewünschte Verzögerungszeit zurückzuzählen.

**[0015]** Das US-Patent 4,945,032 von Murphy et al., welches erteilt wurde am 31. Juli 1990 offenbart Stereolithographietechniken, welche für eine erhöhte Festigkeit und Lösungsmittelresistenz des geformten Objekts sorgen, so dass der Verzug minimiert wird. In der Praxis werden diese Techniken bevorzugt ausgeführt als eine Serie von wiederholten, schnellen Scavorgängen der ultra-violett aushärtbaren flüssigen Oberfläche durch eine computergelenkte Laserlichtquelle bei der Produktion von jeder Oberflächenlage. Diese Quelle lehrt nicht einen Schritt zum Sicherstellen, dass genügend Zeit vergangen ist nach der Aussetzung eines ersten Satzes von Vektoren, damit die Schrumpfungsrate auf ein akzeptables Niveau absinkt, bevor ein zweiter Satz von Vektoren ausgesetzt wird, geschweige denn die Verwendung einer Vorrichtung zum Rückwärtszählen einer bestimmten Zeitverzögerung.

**[0016]** Das US-Patent 4,575,330 von Hull, welches erteilt wurde am 11. März 1986 offenbart allgemeine Stereolithographietechniken zum Erzeugen eines dreidimensionalen Objektes. In dem Anhang dieses Patents werden Mehrfachbestrahlungsdurchgänge verwendet zum Bilden von Schichten. Weder wird irgendwo in dieser Quelle der Zweck der Mehrfachdurchgänge erwähnt noch scheint dort eine beabsichtigte Verzögerung zwischen den Bestrahlungsdurchgängen vorgesehen zu sein. Diese Quelle lehrt nicht die Notwendigkeit sicherzustellen, dass genügend Zeit vergangen ist nach der Aussetzung eines ersten Satzes von Vektoren, damit die Schrumpfungsrate auf ein akzeptables Niveau sinken kann vor der Aussetzung eines zweiten Satzes von Vektoren geschweige denn die Verwendung einer Uhr zum Rückwärtszählen einer Verzögerungszeit.

**[0017]** Das europäische Patent 0 250 121 B1 von Pomerantz et al., welches erteilt wurde am 2. November 1994 offenbart eine Stereolithographietechnik zum Steuern einer räumlichen Verzerrung aufgrund der Schrumpfung des aushärtbaren Materials bei der Aushärtung. Diese Technik lehrt, dass die Bestrahlung der flüssigen Lage ausgeführt wird, so dass Schrumpfung auftritt, wenn zusätzliche aushärtbare Flüssigkeit dazu neigt, sich in Regionen zu bewegen, welche freigeworden sind durch die Schrumpfung und ausgehärtet wird. Dieses Patent offenbart auch eine Stereolithographietechnik zum Vermindern der Auswirkungen der Schrumpfung. Diese Technik lehrt, dass die Bestrahlung der Flüssigkeitsschicht aufgebracht werden kann durch Masken in einem 2- oder Mehrschritt-Schachbrettmuster, um die Schrumpfung zu jeder gegebenen Zeit für lokali-

sierte Gebiete zu beschränken, wobei die Verzerrung infolge von Schrumpfung nach dem ersten Schritt zumindest teilweise kompensiert wird, während der Aushärtung von einem nachfolgenden Schritt. Diese Quelle lehrt nicht den Mangel an Adhäsion auf einem ersten Durchgang, wo Adhäsion auftritt auf einem nachfolgenden Durchgang. Zusätzlich lehrt diese Quelle nicht einen Schritt zum Sicherstellen, dass genügend Zeit vergeht nach der Aussetzung von einem Satz von Vektoren, damit die Schrumpfungsrate auf ein akzeptables Niveau sinkt, bevor ein zweiter Satz von überlappenden Vektoren ausgesetzt wird, geschweige denn die Verwendung einer Vorrichtung zum Zurückzählen einer gewünschten Verzögerungszeit.

**[0018]** Die US-Patentanmeldung US/766,956 von Gigl et al., eingereicht am 16. Dezember 1996 offenbart verschiedene Stereolithographietechniken zum Erhöhen der strukturellen Integrität, während die Notwendigkeit zur Nachaushärtung reduziert wird; zum Erhalten einer gleichmäßigen Aussetzung in Regionen von sich schneidenden Vektoren verschiedenen Typs; zum Bestimmen der Aushärtetiefe und zum Vermindern der Verzerrung infolge von Schrumpfung, Drehung, und Nachhärtung.

**[0019]** Das US-Patent 5,429,908 ist gerichtet auf das Vermindern von Drehung in computererzeugten 3D-Modellen, welche erzeugt wurde durch zweimaliges Aussetzen benachbarter Lagen einer fotoformbaren Komposition, um ein gestricheltes Linienbild zu bilden und anschließend ein durchgezogenes Bild.

**[0020]** JP 02113925 ist gerichtet auf ein Verfahren zum Erhalten eines Bildes mit einer glatten Oberfläche durch Variieren der Verzugsrichtung infolge der Schrumpfung durch Ändern der Richtung des Laserscannens von ausgehärterter Schicht zu Schicht.

**[0021]** EP 0 429 196 A2 im Namen von 3D Systems, Inc. ist gerichtet auf ein Stereolithographieverfahren, welches eine verbesserte strukturelle Integrität bereitstellt, eine niedrigere Nachhärteverzerrung durch Bereitstellung von Haut auf mehr als nur den nach oben und unten gerichteten Oberflächen des Teils, welches gebildet wird.

**[0022]** In der US-Patentanmeldung 08/766,956 wird eine Stereolithographietechnik namens „Fliesen“ (Tiling) beschrieben. Fliesen ist ein Verfahren zum Bilden einer Schicht eines Objekts, welches durch Stereolithographie hergestellt wird, wobei die Schicht geteilt wird in eine Serie von Gebietselementen oder Fliesen. Jedes Gebietselement ist isoliert von einem benachbarten Gebietselement durch Abstandshalter. Die Abstandhalter um jedes Gebietselement verbleiben untransformiert, zumindest bis alle benachbarten Gebietselemente oder Fliesen transformiert oder ausgehärtet sind. Die Abstandhalter zwischen den individuellen Fliesen werden untransformiert gelassen, um als Spannungserleichterungszonen zu dienen. Die Breite der Abstandhalter ist typischerweise klein verglichen mit der Breite der individuellen Fliesen.

**[0023]** Die US-Patentanmeldung 08/766,956 offenbart, dass es lange befürchtet wurde und kürzlich experimentell bestätigt wurde, dass die Schrumpfung des Aushärtematerials immer noch auftreten kann mehrere Sekunden nachdem die Aussetzung eines Gebiets ausgesetzt wurde. Die Anmeldung beschreibt dass, wenn das Aufbaumaterial gehärtet wird, unter Verwendung von bevorzugten Materialien (XB 5081), es eine Verzögerung gibt von ungefähr 2 bis 3 Sekunden vor der Schrumpfung des Materials. Deshalb schlägt die Anmeldung vor, dass der Verguss zwischen den Fliesen ausgehärtet wird nachdem die Fliesen schrumpfen konnten (z. B. im Allgemeinen zumindest 3 Sekunden Verzögerung zwischen Fertigstellen von benachbarten Fliesen und dem Beginnen des Vergießens). Zusätzlich lehrt es, dass die Fliesen teilweise ausgehärtet werden können (z.B. eine 1-Linienspur) gefolgt durch das teilweise Aushärten von anderen Fliesen und anschließendes Zurückkehren ein oder mehrere Male, um die zuvor teilweise gehärteten Fliesen vollständig auszuhärten.

**[0024]** Eine andere Ausführungsform der US-Patentanmeldung 08/766,956 bildet eine Schicht, auf der die Lücken geschlossen werden durch Floaten des zumindest einen Endes des aushärtbaren Materials, welches sich über die Lücke erstreckt bis zumindest ein wesentlicher Teil der Schrumpfung aufgetreten ist. Nachdem es der Schrumpfung gestattet wurde aufzutreten, können das floatende Ende/die floatenden Enden mit Nieten oder Mehrfachdurchgang (multipass) oder ähnlichem nach unten getackert werden.

**[0025]** Es wird auch in der US-Patentanmeldung 08/766,956 gelehrt, dass lange Vektoren beträchtliche Mengen an Verformung verursachen können, wenn sie ausgehärtet werden und an eine vorherige Schicht angehaftet werden, während sie noch schrumpfen. In diesem Falle eines floatenden Vektors kann es passieren wo die Enden des Vektors an eine Grenze anhaften. Eine Verformungsverminderungstechnik namens „ACES“ wird beschrieben. Bei der Verwendung von ACES wird dem ersten Satz von Hautvektoren, welcher ausgesetzt wird, eine Aussetzung gegeben, welche resultiert in einer Nettoaushärtetiefe von etwas weniger als 1 Lagen-dicke. Wenn der zweite Satz von Vektoren das Material aussetzt, wird die Erhöhung der Aushärtetiefe resul-

tieren in einer Adhäsion. Bei der Verwendung von Epoxidharzen wie SL 5170 und SL 5180 wurde herausgefunden, dass es hilfreich ist, eine Zeitperiode von zwischen 5 und 90 Sekunden zu erlauben, nach der Aussetzung von jeden Querschnitt vor Beginn des Wiederbeschichtungsprozesses, um es den Modulen des ausgesetzten Harzes zu gestatten, zuzunehmen bis zu einem bestimmten Minimalniveau, bevor die neu ausgesetzte Lage den bei der Wiederbeschichtung auftretenden Kräften ausgesetzt wird. Diese Zeitdauer wird „Voreintauchverzögerung“ genannt. Als eine Technik zum eliminieren oder zumindest minimieren des Einflusses, welche einer Voreintauchverzögerung hat auf die Teilbildungszeit, ist es möglich, ein intelligentes Aussetzungsmuster zu verwenden, welches kritische Gebiete zuerst aussetzt, gefolgt von der Aussetzung von weniger kritischen Gebieten. In der Tat kann die Rückwärtszählung der Voreintauchverzögerungszeit beginnen, sobald alle kritischen Regionen ausgesetzt wurden.

**[0026]** Eine weitere offenbare Verzugsverminderungstechnik wird „log jam“ genannt. „Log jam“ bezieht sich auf eine Scantechnik, bei der einige interne Hatch-(oder Füll-)Vektoren zurückgezogen werden von den La- grernändern, um eine Adhäsion zu vermeiden, wobei nach der Aussetzung der Hatch oder Füll ein versetzter Rand oder ähnliches gescannt wird, um den Hatch und den ursprünglichen Rand zu befestigen.

**[0027]** Diese Quelle lehrt nicht die Nützlichkeit des Sicherstellens, dass genügend Zeit vergangen ist nach der Aussetzung eines ersten Satzes von Vektoren, damit die Schrumpfungsrate auf ein akzeptables Niveau sinken kann, vor der Aussetzung eines zweiten Satzes von rechtwinklig überlappenden Vektoren, geschweige denn die Verwendung einer Uhr zu Rückwärtszählen einer Verzögerungszeit zwischen Aussetzungen von rechtwinklig überlappenden Vektoren auf einer Lage.

**[0028]** Es besteht eine Notwendigkeit in der Technologie für vereinfachte Techniken, welche verwendet werden können, um auf schnelle Weise Objekte herstellen zu können mit weniger Verformung als es vorher möglich war und insbesondere mit weniger Verformung als verlässlich erlaubt bei der Verwendung von hohen Scanraten zum Aushärten des Materials.

## 2. Andere verwandte Patente, Anmeldungen und Veröffentlichungen

**[0029]** Die Tabelle 1 stellt eine Tabelle von Patenten und Anmeldungen bereit, welche ebenfalls gehalten werden durch den Inhaber der vorliegenden Anmeldung. Eine kurze Beschreibung des Gegenstands, welcher in jedem Patent, Anmeldung und Veröffentlichung gefunden werden kann, ist enthalten in der Tabelle, um dem Leser dabei behilflich zu sein, spezielle Typen von Lehren zu finden. Beispielsweise können die Quellen, welche gerichtet sind auf verschiedene Datenhandhabungstechniken, kombiniert werden mit den Lehren hierin, um noch nützlichere, modifizierte Objektdaten abzuleiten, welche verwendet werden können, um genauer und/oder effektiver Objekte zu bilden. Als weiteres Beispiel können die verschiedenen Vorrichtungskonfigurationen, welche offenbart werden in diesen Quellen verwendet werden in Zusammenhang mit den neuen Merkmalen der vorliegenden Erfindung.

Tabelle 1: Verwandte Patente, Anmeldungen und Veröffentlichung

Patent/Anmeldung/Veröffentlichungsnummer	Erfinder	Gegenstand
US 4,575,330	Hull	Offenbart fundamentale Elemente der Stereolithographie.
US 4,999,143	Hull et al.	Offenbart verschiedene entfernbare Unterstützungsstrukturen, welche in der Stereolithographie anwendbar sind.
US 5,058,988	Spence	Offenbart die Anwendung von Strahlprofilierungstechniken, welche nützlich sind in der Stereolithographie zur Bestimmung der Aushärtetiefe, Scangeschwindigkeit, etc.
US 5,059,021	Spence et al.	Offenbart die Verwendung von Driftkorrek-

		turtechniken zum Eliminieren von Fehlern bei der Strahlenpositionierung, welche resultieren aus Instabilitäten in dem Strahlenscansystem.
US 5,076,974	Modrek et al.	Offenbart Techniken zum Nachbearbeiten von Objekten, welche durch Stereolithographie gebildet wurden. Insbesondere werden solche Aussetzungstechniken beschrieben, welche die Aushärtung des Aufbaumaterials vervollständigen. Andere Nachbearbeitungsschritte werden ebenfalls offenbart, wie beispielsweise Schritte des Auffüllens oder Abschmiegelns von Oberflächenunebenheiten.
US 5,104,592	Hull	Offenbart verschiedene Techniken zur Verminderung der Verformung und insbesondere der Drehtypverformung, in Objekten, welche durch Stereolithographie gebildet werden.
US 5,123,734	Spence et al.	Offenbart Techniken zum Kalibrieren eines Scansystems. Insbesondere Techniken zum Mappen von Drehspiegelkoordinaten zu planaren Zieloberflächenkoordinaten werden offenbart.
US 5,133,987	Spence et al.	Offenbart die Verwendung eines stationären Spiegels, welcher positioniert ist auf einem optischen Pfad zwischen den Scanspiegeln und dem Zielgebiet, um den optischen Pfad in einem Stereolithographiesystem zu knicken.
US 5,174,931	Almquist et al.	Offenbart verschiedene Streicherklingenkonfigurationen zur Verwendung beim Formen von Beschichtungen aus Medium angrenzend an zuvor ausgehärtete Schichten.
US 5,182,056	Spence et al.	Offenbart die Verwendung von mehreren Wellenlängen bei der Aussetzung eines stereolithographischen Mediums.
US 5,182,715	Vorgitch et al.	Offenbart verschiedene Elemente eines großen stereolithographischen Systems.
US 5,184,307 von der Anmeldung Nr. 07/331,644	Hull et al.	Offenbart ein Programm mit dem Namen Slice und verschiedene Techniken zum Umwandeln von dreidimensionalen Objektdaten in Daten, welche beschreibend sind für Querschnitte. Die offebarten Techniken umfassen die Linienbreitenkompensations-

		techniken (Erosionsroutinen) und Objektbemessungstechniken. Die Anmeldung, welche den Anlass für dieses Patent gegeben hat, umfasst eine Anzahl von Anhängen, welche weitere Details bereitstellen im Hinblick auf stereolithographische Verfahren und Systeme.
US 5,209,878	Smalley et al.	Offenbart verschiedene Techniken zum Vermindern von Oberflächenunebenheiten zwischen aufeinander folgenden Querschnitten, welche resultieren aus einer Lage-für-Lage-Ausbautechnik. Die offenbarten Techniken umfassen die Verwendung von Füllschichten und Meniskusglättung.
US 5,234,636	Hull et al.	Offenbart Techniken zum Vermindern von Oberflächenunebenheiten durch Beschichten eines geformten Objekts mit einem Material, Heizen des Materials, um zu veranlassen, dass es fließfähig wird und Gestatten der Oberflächenspannung, die Beschichtung über der Objektoberfläche zu glätten.
US 5,238,639	Vinson et al.	Offenbart eine Technik zur Minimierung von Drehverzug durch Ausbalancieren von Aufwärtsdrehung und Abwärtsdrehung.
US 5,256,340 und WO 95/29053	Allison et al.	Offenbart verschiedene Aufbau-/ Aussetzungsarten zum Bilden von Objekten, welche verschiedene Techniken umfassen zur Verminderung von Objektverformung. Die offenbarten Techniken umfassen: (1) das Bilden von hohlen, teilweise hohlen und festen Objekten, (2) Erreichen einer einheitlicheren Aushärtetiefe, (3) Aussetzung der Lagen als eine Serie von getrennten Fliesen oder Kugeln, (4) Verwenden von abwechselnden Sequenzaussetzungsmustern von Schicht zu Schicht, (5) Verwenden von gestaffelten oder versetzten Vektoren von Schicht zu Schicht und (6) Verwenden von einem oder mehreren Überlappungsaussetzungsmustern pro Schicht.
US 5,321,622	Snead et al.	Offenbart ein Computerprogramm, welches bekannt ist als CSlice, welches verwendet wird, um dreidimensionale Objektdaten umzuwandeln in querschnittsmäßige Daten. Die offenbarten Techniken umfassen die Verwendung von verschiedenen Booleschen

		Operationen in der Stereolithographie.
US 5,597,520 und WO 95/29053	Smalley et al.	Offenbart verschiedene Aussetzungstechniken zum Verbessern der Objektbildungsgenauigkeit. Die offenbarten Techniken behandeln die Formation von Objekten mit hoher Auflösung aus Aufbaumaterialien, welche eine minimale Aushärttiefe aufweisen, welche größer ist als eine Schichtdicke und/oder eine minimale Wiederbeschichtungstiefe, welche größer ist als die gewünschte Objektauflösung.
WO 97/11835	Thayer et al.	Offenbart Aufbau- und Unterstützungsarten zur Verwendung in einem Mehrstrahlmodellierungsselektiv-Ablagerungsmodelliersystem.
WO 97/11837	Earl et al.	Offenbart Datenhandhabungs- und Systemsteuerungstechniken zur Verwendung in einem Mehrstrahlmodellierungsselektiv-Ablagerungsmodelliersystem.
US 5,902,537	Almquist et al.	Offenbart verschiedene Wiederbeschichtungstechniken zur Verwendung in der Stereolithographie, umfassend 1) eine Tintenstrahlausgabevorrichtung, 2) einen Schleuderwiederbeschichter (fling recoater), 3) einen Vakuumapplikator, 4) einen Stromwiederbeschichter, 5) einen Gegenlaufwälzenbeschichter und 6) eine Technik zum Ableiten von Abtastbemaßungen (sweep extents).
US 5,840,239	Partanen et al.	Offenbart die Verwendung einer gepulsten Strahlungsquelle zum Aushärten von Lagen von Aufbaumaterial und insbesondere die Fähigkeit, Pulsfeuerungspositionen zu begrenzen auf lediglich ausgewählte Zielpositionen auf einer Oberfläche des Mediums.
US 08/855,125	Nguyen et al.	Offenbart Techniken zur Interpolation von ursprünglich ausgegebenen Querschnittsdaten, welche beschreibend sind für ein dreidimensionales Objekt, um modifizierte Daten zu produzieren, welche beschreibend sind für das dreidimensionale Objekt inklusive von Daten, welche beschreibend sind für Zwischengebiete zwischen den ursprünglich ausgegebenen Querschnitten von Daten.
WO 98/51479	Manners et	Offenbart Techniken zum Identifizieren von

	al.	Merkmale von teilweise gebildeten Objekten. Identifizierbare Merkmale umfassen eingeschlossene Volumen, effektiv eingeschlossene Volumen und feste Merkmale von einer spezifizierten Größe. Die identifizierten Regionen können verwendet werden bei der automatischen Spezifizierung von Wiederbeschichtungsparametern und/oder Aussetzungsparametern.
US 5,902,538	Kruger et al.	Offenbart vereinfachte Techniken zum Bilden von dreidimensionalen Objekten mit hoher Auflösung aus Materialien, welche eine minimale Wiederbeschichtungstiefe (minimum recoating depth MRD) aufweisen, welche größer ist als eine Lagendickenauflösung, welche bei der Bildung von Objekten gewünscht ist. Die Aufbautechniken umfassen eine verstärkte Aussetzungs- und Wiederbeschichtungstechnik, wobei Schichten definiert werden als primäre oder sekundäre. Wiederbeschichtungstechniken werden beschrieben, welche verwendet werden können, wenn die Dicke zwischen aufeinander folgenden Schichten kleiner ist als ein Führungskanten-Ausbauchungsphänomen.
US 09/154,967	Nguyen et al.	Offenbart Techniken zum stereolithographischen Wiederbeschichten, welche eine abtastende Wiederbeschichtungsvorrichtung verwenden, welche pausiert und/oder verlangsamt über Schichten, welche übergezogen werden.
09/248,352, gleichzeitig eingereicht	Manners et al.	Offenbart stereolithographische Techniken zum Bilden von Objekten unter Verwendung von mehrfach kalibrierten Strahlen, welche Datenmanipulationstechniken umfassen zum Bestimmen, welche Schichtbereiche geformt werden können mit einem größeren Strahl und welche geformt werden sollten unter Verwendung eines kleineren Strahls.
09/248,351, gleichzeitig anmeldet	Nguyen et al.	Offenbart verbesserte Techniken zum Managen der Wiederbeschichtungsparameter, wenn Objekte gebildet werden mit Lagendicken, welche kleiner sind als eine minimale Wiederbeschichtungstiefe (MLD) und Be-

		handeln von einigen nicht aufeinander folgenden Lagen als primäre Lagen und Behandeln von Zwischenlagen dazwischen als sekundäre Lagen.
09/246,416, gleichzeitig ange- meldet	Bishop et al.	Offenbart eine verbesserte stereolithographische Vorrichtungsstruktur zum Isolieren von Vibrationen und/oder äußerer Wärme produzierenden Komponenten von anderen thermischen vibrationsmäßig empfindlichen Komponenten.
60/116,281, ange- meldet am 19. Ja- nuar 1999	Earl et al.	Offenbart Techniken zum Bilden von Objekten während des Kompensierens für eine Aushärtebreite, welche erzeugt wurde in einem Aufbaumaterial durch einen Strahl der vorgeschriebenen Stimulation.
09/247,114, gleichzeitig ange- meldet	Beers et al.	Offenbart verbesserte stereolithographische Techniken zur Sicherstellung, dass die Scangeschwindigkeiten und Laserstärke-einstellungen geeignet sind, um genau und schnell Materiallagen auszusetzen.
09/247,113, gleichzeitig ange- meldet	Chari et al.	Offenbart verbesserte stereolithographische Techniken zum Beibehalten der Aufbau-kammertemperatur auf einem gewünschten Niveau. Die Techniken umfassen das Variieren der Wärmeproduktion basierend auf der Differenz zwischen einer gemessenen Temperatur und der gewünschten Temperatur.
09/247,120, gleichzeitig ange- meldet	Everett et al.	Offenbart Techniken, welche Objekte formen unter Verwendung von variierender Produktion von vorgeschriebener Stimulati-on (z. B. UV-Strahlung). Die Produktion wird reduziert oder eliminiert während Nichtaussetzungszeiträumen (z. B. Wieder- beschichtung, z-Warten und Voreintauch- verzögerung). Die Produktion wird auf ein gewünschtes Niveau eingestellt basierend auf dem Aussetzungstyp, welcher ge-wünscht ist.
09/247,119, gleichzeitig ange- meldet	Kulkarni et al.	Offenbart Techniken zum Bilden von Objekten unter Verwendung eines vereinfach-ten Datenaufbereitungsprozesses. Die Aus-wahl der verschiedenen Parametertypen, welche gebraucht werden, um ein Objekt zu bilden, wird reduziert auf das Beantworten von verschiedenen Fragen von Listen mit

		Wahlmöglichkeiten.
09/248,353, gleichzeitig einge- reicht	Beers et al.	Offenbart Techniken zum Formen von Objekten durch Aussetzen eines Materials einem Strahl mit vorgeschriebener Stimulation während genau die Aussetzung und die Positionierung des Strahls gesteuert wird, falls unter der Steuerung von Vektordaten und falls Hochgeschwindigkeitsscannen erwünscht ist.

[0030] Es wird des Weiteren Bezug genommen auf die folgenden zwei Bücher:

(1) Rapid Prototyping and Manufacturing. Fundamentals of Stereolithography, von Paul F. Jacobs; veröffentlicht durch die Society of Manufacturing Engineers, Dearborn MI. 1992; und (2) Stereolithography and other RP&M Technologies: from Rapid Prototyping to Rapid Tooling; von Paul F. Jacobs; veröffentlicht durch die Society of Manufacturing Engineers, Dearborn MI; 1996.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0031] In einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Bilden von zumindest einem Teil eines dreidimensionalen Objektes bereitgestellt, umfassend: a) Bilden einer Lage aus fluidartigem Material über eine zuvor gebildete Schicht des Objektes, b) Aussetzung der Lage einer Stimulation, um eine nachfolgende Schicht des Objektes zu bilden, welche an der zuvor geformten Schicht anhaftet, c) Wiederholen von (a) und (b), um das Objekt zu bilden aus einer Mehrzahl von anhaftenden Schichten, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zeitdauer definiert wird und ein Schritt (b) aufweist das Aussetzen von zumindest einem Element von einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen, wobei eine erste Aussetzung gefolgt wird von einer zweiten Aussetzung nach einem Zeitallauf, welcher im wesentlichen gleich ist oder größer als die definierte Zeitdauer, und wobei die erste Aussetzung ausgeführt wird von einem Strahl, welcher in einer ersten Richtung über das Element scannt und wobei die erste und zweite Aussetzung ausgeführt werden von einem Strahl, welcher in einer zweiten Richtung über das Element scannt, wobei die ersten und zweiten Richtungen unterschiedlich sind.

[0032] Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens gemäß Anspruch 1 sind Gegenstand der unabhängigen Ansprüche 2 bis 16.

[0033] Vorzugsweise wird eine Zeitdauer (DTP) definiert. Zumindest eine zu formende Schicht umfasst zumindest erste und zweite isolierte Regionen. Das Aussetzen der Lage umfasst das Aussetzen der Lage mit zumindest ersten und zweiten Aussetzungen. Eine erste Aussetzung der ersten Region wird vollendet zu einer Zeit  $CT_{11}$  und die erste Aussetzung der zweiten Region wird vollendet zu einer Zeit  $CT_{21}$  und eine zweite Aussetzung der ersten Region beginnt zu einer Zeit  $CT_{21}$  und die zweite Aussetzung der zweiten Region beginnt zu einer Zeit  $BT_{22}$  welche die Gleichungen erfüllt  $DTP \leq BT_{12} - CT_{11}$  und  $DTP \leq BT_{22} - CT_{21}$ , wobei  $CT_{11}$ ,  $CT_{21}$ ,  $BT_{12}$  und  $BT_{22}$  jeweils nacheinander folgen.

[0034] Alternativ wird eine erste Aussetzung vollendet zu einer Zeit  $T_1$  und eine zweite Aussetzung beginnt zu einer Zeit  $T_2$  und die Differenz zwischen  $T_1$  und  $T_2$  ist im Wesentlichen gleich oder größer als die definierte Zeitdauer.

[0035] Mehr bevorzugt umfasst zumindest eine zu bildende Schicht zumindest zwei Regionen und das Aussetzen der Lage umfasst das Aussetzen der Lage mit zumindest zwei Aussetzungen. Eine erste Aussetzung setzt eine erste Region aus und zumindest eine zweite Region und die zumindest zweite Aussetzung setzt eine erste Region aus und zumindest eine zweite Region. Die Zeit zwischen der Vollendung der ersten Aussetzung von zumindest einer der ausgesetzten Regionen und dem Beginn der zweiten Aussetzung der ausgesetzten Region ist im Wesentlichen gleich oder größer als der definierte Zeitraum.

[0036] Sogar noch mehr bevorzugt umfasst das Aussetzen der Lage das Aussetzen von zumindest einem Punkt von einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen. Eine erste Aussetzung wird gefolgt von einer zweiten Aussetzung nach dem Ablauf der definierten Zeitdauer. Die erste Aussetzung wird ausgeführt durch einen Strahl, welcher in einer ersten Richtung über das Element scannt. Die zweite Aussetzung wird ausgeführt durch einen Strahl, welcher in einer zweiten Richtung über das Element scannt. Die ersten und zweiten Richtungen sind unterschiedlich und zumindest ein Punkt empfängt eine erste Aussetzung bei einer Zeit  $T_1$  und eine zweite Aussetzung bei einer Zeit  $T_2$  in Übereinstimmung mit der Gleichung  $T_2 - T_1 \geq DTP$ , wobei  $T_1$  und

$T_2$  aufeinander folgen.

**[0037]** In einem zweiten Aspekt stellt die Erfindung eine Vorrichtung bereit zum Bilden von zumindest einem Teil eines dreidimensionalen Objekts umfassend a) Mittel zum Bilden einer Lage von fluidähnlichem Material über eine zuvor geformte Lage des Objektes, b) Mittel zum Bilden einer nachfolgenden Schicht des Objektes, welche an der zuvor geformten Schicht anhaftet, c) Mittel zum Ausführen von (a) und (b), um das Objekt zu bilden auf einer Mehrzahl von haftenden Schichten, und d) Mittel zum Definieren einer Zeitdauer. Die Mittel zum Bilden einer nachfolgenden Schicht werden eingesetzt, um zumindest ein Element von einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen zu bilden. Eine erste Aussetzung wird fertig gestellt zu einer Zeit  $T_1$  und eine zweite Aussetzung beginnt zu einer Zeit  $T_2$  und die Differenz zwischen  $T_1$  und  $T_2$  ist im Wesentlichen gleich oder größer als die definierte Zeitdauer.

**[0038]** Noch spezieller umfasst die Vorrichtung a) ein Beschichtungssystem zum Bilden einer Lage von fluidähnlichem Material über einer zuvor geformten Schicht des Objektes, b) ein Aussetzungssystem zum Bilden einer nachfolgenden Schicht des Objektes, welche anhaftet an der zuvor geformten Schicht, c) einen Computer, welcher programmiert ist, um (a) und (b) auszuführen, um das Objekt zu bilden aus einer Mehrzahl von haftenden Schichten und d) einen Computer, welcher programmiert ist, um eine definierte Zeitdauer zu nutzen.

**[0039]** Das Aussetzungssystem wird eingesetzt, um zumindest ein Element von einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen zu bilden. Eine erste Aussetzung wird vollendet bei einer Zeit  $T_1$  und eine zweite Aussetzung beginnt zu einer Zeit  $T_2$  und die Differenz zwischen  $T_1$  und  $T_2$  ist im Wesentlichen gleich oder größer als die definierte Zeitperiode.

**[0040]** Zusätzliche Ziele und Vorteile der Erfindung werden klar aus den Ausführungsformen der Erfindung, welche unten beschrieben werden im Zusammenhang mit den dazugehörigen Figuren.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0041]** Die [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) zeigen Seitenansichten einer bevorzugten Stereolithographievorrichtung zum Ausführen der vorliegenden Erfindung.

**[0042]** [Fig. 2](#) ist ein Fließdiagramm, welches die erste Ausführungsform darstellt.

**[0043]** [Fig. 3](#) ist eine Seitenansicht eines Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll in Übereinstimmung mit der Lehre der ersten Ausführungsform.

**[0044]** [Fig. 4](#) ist ein Fließdiagramm, welches die zweite Ausführungsform darstellt.

**[0045]** [Fig. 5](#) ist ein Fließdiagramm, welches eine Implementierung der dritten Ausführungsform darstellt.

**[0046]** [Fig. 6](#) ist ein Fließdiagramm, welches eine Implementierung der dritten Ausführungsform darstellt.

**[0047]** [Fig. 7a](#) ist eine Schrägansicht eines im Allgemeinen rechteckigen Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll.

**[0048]** [Fig. 7b](#) ist eine Seitenansicht eines im Allgemeinen rechteckigen Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll.

**[0049]** [Fig. 7c](#) ist eine Schnittansicht entlang der Linie 7c-7c aus [Fig. 7b](#).

**[0050]** [Fig. 7d](#) ist eine Draufsicht auf ein im Allgemeinen rechteckiges Objekt, welches stereolithographisch hergestellt werden soll.

**[0051]** [Fig. 8a](#) ist eine Seitenansicht eines im Allgemeinen U-förmigen Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll.

**[0052]** [Fig. 8b](#) ist eine Schnittansicht entlang der Linien 8b-8b aus [Fig. 8a](#).

**[0053]** [Fig. 9a](#) ist eine Schrägansicht eines im Allgemeinen würfelförmigen Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll.

[0054] Die [Fig. 9b](#), [Fig. 9c](#), [Fig. 9d](#) sind Schnittansichten entlang der Linie 9b-9b aus [Fig. 9a](#).

[0055] [Fig. 10a](#) ist eine Schrägangsicht eines im Allgemeinen L-förmigen Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll.

[0056] Die [Fig. 10b](#) und [Fig. 10c](#) sind Schnittansichten entlang der Linie 10b-10b aus [Fig. 10a](#).

[0057] [Fig. 11](#) ist eine Seitenansicht eines Objektes, welches stereolithographisch hergestellt werden soll in Übereinstimmung mit der Lehre der 6. Ausführungsform.

[0058] [Fig. 12](#) ist ein Fließdiagramm, welches die 6. Ausführungsform zeigt.

## BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

### Einführung

[0059] Die [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) stellen schematische Darstellungen einer bevorzugten Stereolithographievorrichtung **10** (SLA) dar zur Verwendung mit der vorliegenden Erfindung. Die grundlegenden Komponenten einer stereolithographischen Vorrichtung werden beschrieben im US-Patent 4,575,330 von Hull, erteilt am 11. März 1986; US-Patent 5,184,307 von Hull et al., erteilt am 2. Februar 1993; und US-Patent 5,182,715 von Vorgitch et al., erteilt am 26. Januar 1993, wie oben beschrieben. Die bevorzugte Stereolithographievorrichtung, wie sie in den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) gezeigt wird, umfasst einen Behälter **12** zum Fassen des Aufbaumaterials **14** (z.B. ein photopolymerisierbares Material), aus dem ein Objekt **16** geformt werden wird, einen Aufzug **18** und ein Aufzugantriebssystem (nicht gezeigt), eine Aufzugsplattform **20**, ein Aussetzungssystem **22**, eine Wiederbeschichtungsstange **24** und ein Wiederbeschichtungsschienenantriebssystem (nicht gezeigt) und zumindest einen Computer zum Handhaben der Objektdaten (wie benötigt) und zum Steuern des Aussetzungssystems des Aufzugs und der Wiederbeschichtungsschiene.

[0060] Ein bevorzugtes Scansystem wird beschrieben in verschiedenen von den Patenten, Anmeldungen und Veröffentlichungen, welche oben angesprochen wurden inklusive US-Patent 5,058,988 von Spence, erteilt am 22. Oktober 1991; US-Patent 5,059,021 von Spence et al., erteilt am 22. Oktober 1991; US-Patent 5,123,734 von Almquist et al., erteilt am 23. Juni 1992; US-Patent 5,133,987 von Spence et al., erteilt am 28. Juni 1992; und US-Patent 5,840,239 von Partanen et al., erteilt am 24. November 1998. Dieses bevorzugte System umfasst die Verwendung eines Lasers, eines Strahlaustritts (kann getrennt sein von oder enthalten sein in dem Laser) und eines Paares von computergesteuerten XY-drehbaren Scanspiegeln entweder des motorgetriebenen oder des Galvanometertyps.

[0061] Bevorzugte Steuerungs- und Datenhandhabungssysteme und Software werden beschrieben in einer Anzahl der oben angesprochenen Patente inklusive US-Patent 5,184,307 von Hull et al., erteilt am 2. Februar 1993; US-Patent 5,321,622 von Snead et al., erteilt am 14. Juni 1994; und US-Patent 5,597,520 von Smalley et al., erteilt am 28. Januar 1997. Eine bevorzugte Wiederbeschichtungsvorrichtung wird beschrieben in dem US-Patent 5,902,537 von Almquist et al., erteilt am 11. Mai 1999 wie oben angesprochen und umfasst eine Wiederbeschichtungsschiene **24**, eine regulierte Vakuumpumpe **26** und eine Vakuumleitung **28**, welche die Schiene **24** und die Pumpe **26** verbindet.

[0062] Andere Komponenten einer Stereolithographievorrichtung (nicht gezeigt) können umfassen ein Flüssigkeitsspiegelsteuerungssystem, eine Ausbaukammer, ein Umgebungssteuerungssystem umfassend ein Temperatursteuerungssystem, Sicherheitsverriegelung, ein Beobachtungsgerät und ähnliches.

[0063] Es sollte verstanden werden, dass die vorliegende Erfindung anwendbar ist für die Objektbildung unter Verwendung eines Systems, welchem eines oder mehrere der hierin erwähnten Elemente fehlt und ist einsetzbar bei einem System, welches alle Elemente, die hierin erwähnt wurden enthält, oder zusätzliche Elemente hinzufügt.

[0064] Stereolithographische Vorrichtungen, auf denen die vorliegende Verwendung genutzt werden kann, sind erhältlich von 3D Systems, Inc. aus Valencia, Kalifornien. Diese umfassen Stereolithographiegeräte, welche einen HeCd-Laser verwenden, welcher arbeitet bei 325 nm und Stereolithographievorrichtungen, welche einen Festlaser verwenden, welcher betrieben wird bei 354,7 nm. Bevorzugte Aufbaumaterialien sind photopolymerisierbare Materialien, welche hergestellt werden von CIBA Specialty Chemicals aus Los Angeles, Kalifornien und erhältlich sind von 3D Systems, Inc. Diese Materialien, welche hergestellt werden von CIBA Spe-

cialty Chemicals umfassen SL 5170, SL 5190, SL 5195, SL 5220, SL 5510, und SL 5520.

**[0065]** Der typische Betrieb einer Stereolithographievorrichtung umfasst die wechselnde Bildung von Beschichtungen von Material (d.h. Lagen von Material) und das selektive Aushärten von jenen Beschichtungen, um ein Objekt zu bilden aus einer Mehrzahl von haftenden Schichten. Dieser Prozess beginnt typischerweise damit, dass die Aufzugsplattform **20** ungefähr eine Schichtdicke unterhalb der oberen Oberfläche **30** des photopolymerisierbaren Materials **14** eintaucht. Die Beschichtung aus photopolymerisierbarem Material wird selektiv ausgesetzt einem Stimulationsstrahl (z.B. UV-Strahlung), welcher das Material bis zu einer gewünschten Tiefe aushärtet, um eine anfängliche Schicht des Objektes zu bilden, welche anhaftet an der Aufzugsplattform. Diese anfängliche Schicht korrespondiert mit einem anfänglichen Querschnitt des zu bildenden Objektes oder korrespondiert mit Stützen, welche verwendet werden können, um das Objekt an der Plattform anzuhaften. Nach der Bildung dieser anfänglichen Schicht werden die Aufzugsplattform und die anhaftende anfängliche Schicht um einen Nettobetrag von einer Schichtdicke in das Material abgesenkt.

**[0066]** Da das Material typischerweise viskos ist und die Dicke von jeder Schicht sehr dünn (z.B. 0,025 mm bis 0,250 mm (0,001 bis 0,010 inch)), kann das Material nicht sofort eine Beschichtung bilden über der zuletzt ausgehärteten Schicht. In diesem Fall, wo eine Beschichtung nicht sofort gebildet wird, kann ein Wiederbeschichtungsgerät über-, oder etwas oberhalb der Harzoberfläche (d.h. der Arbeitsoberfläche des Materials) streifen, um bei der Bildung einer neuen Beschichtung behilflich zu sein. Der Beschichtungsbildungsprozess kann umfassen das Streifen der Wiederbeschichtungsvorrichtung eines oder mehrere Male bei einer gewünschten Geschwindigkeit. Nach der Bildung dieser zweiten Beschichtung (d. h. Lage von Material) wird ein Teil dieser zweiten Schicht ausgehärtet durch Aussetzung des Mediums einer Stimulation in Übereinstimmung mit den Daten, welche den zweiten Querschnitt des Objektes darstellen. In alternativen Prozessen kann die Lagenbildung über einen Teil einer zuvor geformten Schicht gleichzeitig auftreten mit einer Aussetzung eines bereits geformten Teils der Beschichtung. Dieser Prozess der Beschichtungsbildung und Aushärtung wird mehrmals wiederholt bis das Objekt **16** gebildet wurde aus einer Mehrzahl von haftenden Lagen (**32, 34, 36, 38, 40, 42** und **44**) wie in [Fig. 1b](#) gezeigt.

**[0067]** Die Stereolithographievorrichtung kann eines oder mehrere Objekte gleichzeitig herstellen. Diese Objekte können mehrfache Kopien sein, alle mit der gleichen Form und Größe, können zwei oder mehrere verschiedene Formen und/oder Größen haben, oder können eine Kombination von Kopien von ähnlichen Formen und Größen oder verschiedenen Formen und/oder Größen sein. Sogar für ein einzelnes Objekt kann ein Querschnitt mehrfach isolierte Regionen umfassen, basierend auf einer Objektgeometrie. Die Fläche des Flüssigkeitsbehälters diktieren im Allgemeinen die Anzahl und die Größe von Objekten, welche zur gleichen Zeit gebildet werden, obwohl es möglich ist, Teile in der Z-Richtung zu „stapeln“.

**[0068]** Der Aushärtungsprozess besteht typischerweise aus der Aushärtung von verschiedenen Regionen, welche typischerweise klassifiziert werden als „Vektortypen“. Die Verwendung von Grenz-, Hatch-, und Füllvektoren ist wohlbekannt in der Fachwelt und wird gelehrt in einer Anzahl der zuvor zitierten Veröffentlichungen und Patente, wie z.B. dem zuvor angesprochenen US-Patent 5,321,622 von Snead et al., welches am 14. Juni 1994 erteilt wurde. Die Worte „Vektor“ und „Linie“ werden oftmals in austauschbarer Weise verwendet, im Allgemeinen wenn Bezug genommen wird auf ein Materialteil, welches ausgehärtet wurde. In anderen Fällen bezieht sich „Vektor“ hauptsächlich auf die bereitgestellten Daten, während „Linie“ sich hauptsächlich beziehen kann auf den ausgehärteten Teil.

**[0069]** In Kürze, „Grenzen“ sind Randregionen, welche ein Gebiet eines Querschnitts umgeben. Das Gebiet kann das eines ganzen Querschnitts sein oder eines Teils eines Querschnitts. Grenzen können definiert werden inter alia, das sie aufwärts gerichtete querschnittsmäßige Regionen umgeben, abwärts gerichtete Querschnittsregionen und dauernde Querschnittsregionen (Regionen, welche weder aufwärts noch abwärts gerichtet sind). Grenzvektoren können eines oder mehrere Male ausgesetzt werden oder können versetzt sein und eines oder mehrere Male ausgesetzt werden, oder können überhaupt nicht ausgesetzt werden.

**[0070]** „Skin Fill“, oder „Fill“, oder „Skin“ ist typischerweise ein äußerer Teil des Querschnitts, welcher entweder nach oben oder nach unten gerichtet ist und ist somit ein Gebiet, welches typischerweise vollständig ausgesetzt ist, um eine feste Oberflächenregionen zu bilden. „Hatch“ wird gefunden innerhalb fortlaufender Regionen oder Grenzen und kann oder kann nicht gefunden werden in abwärts oder aufwärts gerichteten äußeren Regionen. Hatch kann bestehen aus einer Serie von Linien, Punktaussetzungen (d.h. Kugeln), Fliesenmustern oder anderen Aussetzungsmustern. Hatchmuster können resultieren in der vollständigen Aushärtung der Grenzregionen innerhalb welcher sie verwendet werden, oder können resultieren in teilweise Aushärtung von diesen Regionen. Hatch- und Hautmuster können bestehen aus überlagernden Aussetzungen, sich kreuzen-

den Aussetzungen oder wiederholten Aussetzungen. Hatch und/oder Füllen kann zurückgezogen werden von einer oder mehreren Grenzen. Insbesondere können Hatch und/oder Füllen zurückgezogen werden von einer ersten Grenze, welche ausgesetzt ist.

**[0071]** In einem Klassifikationsschema (wie beschrieben im US-Patent 5,321,622 von Snead et al., welches erteilt wurde am 14. Juni 1994) kann jede Schicht des Objektes eine, zwei oder drei verschiedene Regionen beinhalten: (1) abwärts gerichtete Region; (2) aufwärts gerichtete Region, und/oder (3) dauernde Regionen (d.h. Regionen, welche weder abwärts gerichtet noch aufwärts gerichtet sind). In diesem Schema können die folgenden acht Vektortypen verwendet werden, obwohl andere definiert werden und verwendet werden können:

Abwärts gerichtete Grenzen	Grenzen, welche abwärts gerichtete Regionen des Objektes umgeben.
Aufwärts gerichtete Grenzen	Grenzen, welche aufwärts gerichtete Regionen des Objektes umgeben.
Dauernde Grenzen	Grenzen, welche Regionen des Objektes umgeben, welche weder aufwärts gerichtet noch abwärts gerichtet sind.
Abwärts gerichtete Hatch	Aussetzungslinien, welche positioniert sind innerhalb der abwärts gerichteten Grenzen. Diese Linien können nahe oder weit beabstandet sein voneinander und können sich in eine oder mehrere Richtungen erstrecken.
Aufwärts gerichtete Hatch	Aussetzungslinien, welche positioniert sind innerhalb der aufwärts gerichteten Grenzen. Diese Linien können nahe oder weit voneinander beabstandet sein und können sich erstrecken in eine oder mehrere Richtungen.
Dauernde Hatch	Aussetzungslinien, welche positioniert sind innerhalb dauernder Grenzen. Diese Linie können nahe oder weit voneinander beabstandet sein und können sich in eine oder mehrere Richtungen erstrecken.
Abwärts gerichtete Skin/Fill	Aussetzungslinien, welche positioniert sind innerhalb der abwärts gerichteten Grenzen und nahe beabstandet sind, um eine dauernde Region aus ausgehärtetem Material zu bilden.
Aufwärts gerichtete Skin/Fill	Aussetzungslinien, welche positioniert sind innerhalb der aufwärts gerichteten Grenzen und nahe beabstandet sind, um eine dauernde Region aus ausgehärtetem Material zu bilden.

**[0072]** Zusammengenommen, definieren die abwärts gerichteten Grenzen, die abwärts gerichteten Hatch und abwärts gerichteten Füll die abwärts gerichteten Regionen des Objektes. Die aufwärts gerichteten Grenzen, die aufwärts gerichteten Hatch und die aufwärts gerichteten Füll definieren die aufwärts gerichteten Regionen des Objektes. Die dauernden Grenzen und dauernden Hatch definieren die dauernden Regionen des Objektes.

**[0073]** Andere Schemata zur Regionsidentifikation und Vektortyperzeugung werden beschrieben in verschiedenen Patenten und Anmeldungen, welche oben genannt wurden inklusive US-Patent 5,814,307 von Hull et al., welches erteilt wurde am 2. Februar 1993; US-Patent 5,209,878 von Smalley et al., welches erteilt wurde am 11. Mai 1993; US-Patent 5,238,639 von Vinson et al., welches erteilt wurde am 24. August 1993; US-Patent 5,597,520 von Smalley et al., welches erteilt wurde am 28. Januar 1997; und der PCT-Veröffentlichung WO 97/11837 von Leyden et al., veröffentlicht am 3. April 1997 und der PCT-Veröffentlichung WO 98/51478 von Nguyen, welche veröffentlicht wurde am 19. November 1998. Manche Schemata können umfassen die Verwendung von weniger Bezeichnungen, wie beispielsweise: (1) Definieren von lediglich auswärts gerichteten Regionen und dauernden Regionen, wo abwärts gerichtete und aufwärts gerichtete Regionen kombiniert werden, um die auswärts gerichteten Regionen zu bilden; (2) Kombinieren aller Fülltypen zu einer einzelnen Bezeichnung; oder (3) Kombinieren der aufwärts gerichteten und dauernden Hatch zu einer einzigen Bezeichnung oder sogar aller drei Hatch-Typen zu einer einzigen Bezeichnung. Andere Schemata können umfassen die Verwendung von mehreren Bezeichnungen wie beispielsweise das Teilen von einer oder beider aufwärts

gerichteten und abwärts gerichteten Regionen in flache Regionen und nahezu flache Regionen, wie beschrieben im US-Patent 5,184,307 von Hull et al., welches erteilt wurde am 2. Februar 1993.

**[0074]** Andere Regionsidentifikationen können umfassen die Identifikation, welche Teile der Grenzregionen, welche verbunden sind mit jeder Schicht nach außen gerichtet sind und/oder nach innen zu der Schicht. Innere Grenzen werden gebunden auf beiden Seiten der Objektteile der Schicht, wohingegen nach außen gerichtete Grenzen gebunden werden auf einer Seite durch ein Objektteil der Schicht und auf der anderen Seite durch ein Nicht-Objektteil der Schicht. Nach außen gerichtete Grenzregionen werden verbunden mit den anfänglichen Querschnittsgrenzen (d. h. die Querschnittsgrenzregionen, welche existieren, bevor sie geteilt werden in abwärts gerichtete, aufwärts gerichtete und dauernde Grenzregionen) und werden beschrieben in dem US-Patent 5,321,622 von Snead et al., welches erteilt wurde am 14. Juni 1994 und dem US-Patent 5,597,520 von Smalley et al., welches erteilt wurde am 28. Januar 1997.

**[0075]** Verschiedene Aushärtetechniken können verwendet werden, um das Medium einer Stimulation auszusetzen. Eine mögliche Aushärtetechnik beginnt mit der Aussetzung der Grenzen. Als nächstes wird das Gebiet innerhalb der Grenzen ausgesetzt mit Hatchvektoren und/oder Füllvektoren. Dies kann bewerkstelligt werden mit einem oder mehreren Durchläufen des Laserstrahls über das Gebiet innerhalb der Grenzen, vorzugsweise jedoch mit zwei Durchläufen. Im Falle, dass zwei Durchläufe verwendet werden wird es bevorzugt, dass die zwei Durchläufe auftreten in verschiedenen, und typischerweise rechtwinkligen Richtungen. In diesem Fall scannt der erste Durchlauf des Laserstrahls den Objektquerschnitt in einer ersten Richtung und der zweite Durchlauf scannt den Objektquerschnitt in einer zweiten Richtung, welche im Allgemeinen rechtwinklig ist zu der ersten Richtung. In Abhängigkeit von der Position des Querschnitts bzgl. der Querschnitte oberhalb und unterhalb davon, wird das zusätzliche Scannen von Teilen oder allen der Querschnitte erreicht mit Füllvektoren oder ähnlichem.

**[0076]** Eine weitere mögliche Aushärtetechnik beginnt mit dem Scannen von einem oder mehreren Durchläufen von Hatchvektoren, dann alle notwendigen Füllvektoren, gefolgt von den Grenzvektoren. Eine andere Aushärtetechnik kann beginnen mit einem ersten Durchlauf der Hatchvektoren in eine Richtung, dem anschließenden Scannen der Grenzvektoren, anschließend dem zweiten Durchlauf der Hatchvektoren in einer zweiten Richtung und endet mit den Füllvektoren.

**[0077]** Es ist auch möglich, dass mehr als ein Durchlauf von Grenz- oder Füllvektoren gewünscht ist, dass mehrere Durchläufe von Füllvektoren in einer oder mehrere Richtungen sein können und/oder dass mehrfache Durchläufe von Grenzvektoren voneinander versetzt sein können. Andere Aushärtetechniken können Füllvektoren verwenden und keine Hatchvektoren oder können Hatchvektoren verwenden und keine Füllvektoren. Diese Techniken können oder können nicht die Verwendung von einem oder mehreren Grenzvektoren umfassen.

**[0078]** Andere Aushärtetechniken können umfassen die Verwendung von Rasteraussetzungen in einer oder mehrere Richtungen oder sogar Kombinationen von Vektor- und Rasteraussetzungen. Hatch und/oder Füll kann ausgesetzt werden in Mustern, die sich nach innen oder nach außen winden oder Grenzpfaden folgen.

**[0079]** Eine große Vielzahl von Aushärtetechniken kann abgeleitet werden aus den obigen Beispielen in Anbetracht dessen, dass beispielsweise eine oder mehrere Durchläufe von Hatchvektoren in einer oder mehreren Richtungen, ein oder mehrere Durchläufe von Grenzvektoren, und ein oder mehrere Durchläufe von Füllvektoren in einer oder mehrere Richtungen ausgeführt werden können in verschiedenen Sequenzen. Die ausgewählte Sequenz oder Sequenzen können umfassen, dass die Aussetzung von Mehrfachdurchgängen desselben Vektortyps in Sequenz erfolgt oder können umfassen das Trennen der Mehrfachdurchgänge des gleichen Vektortyps mit der Aussetzung eines verschiedenen Vektortyps oder -Typen.

**[0080]** In manchen Ausführungsformen können unterschiedlich bemessene Strahlen verwendet werden zum Aussetzen einer Schicht. Ein relativ schmaler Strahl (d.h. kleiner Durchmesser) kann verwendet werden für ein oder mehrere Randvektoren. Ein relativ schmaler Strahl kann dünner sein als ungefähr 0,500 mm (0,020 inch) und vorzugsweise dünner als ungefähr 0,380 mm (0,015 inch). Alternativ kann ein relativ breiter Strahl verwendet werden für manche Randvektoren, während ein schmälerer Strahl verwendet wird für andere Randvektoren. Ein relativ breiter Strahl kann breiter als 0,380 mm (0,015 inch) und vorzugsweise breiter als ungefähr 0,500 mm (0,020 inch) sein. Der relativ breite Strahl ist vorzugsweise breiter als der relativ schmale Strahl. Hatch- und Füllvektoren können gezogen werden mit einem relativ schmalen oder einem relativ breiten Strahl, oder mit einer Kombination aus einem relativ schmalen und relativ breiten Strahl. Die Bestimmung, ob ein relativ schmaler Strahl, ein relativ breiter Strahl oder eine Kombination verwendet werden soll kann im Allgemei-

nen basieren auf der Merkmalsgröße und/oder Merkmalsgeometrie.

**[0081]** Zusätzliche Möglichkeiten umfassen das Aushärten durch eine Maske und Flutaussetzungstechnik, die Verwendung von deformierbaren Spiegeln und anderen durchlässigen oder reflektierenden Lichtventiltechniken.

**[0082]** Zusätzlich können die Aushärtetechniken eine Pause umfassen oder eine Verzögerung nach der Aussetzung von zumindest einem Teil eines Querschnitts. Eine Verzögerung kann folgen auf die Aussetzung von allen oder manchen Grenz-, Hatch- oder Füllvektoren in einer oder mehrere Richtungen. Diese Verzögerung kann verwendet werden als Schrumpfungsperiode, wobei die Schrumpfung resultiert u.a. entweder aus der chemischen Verbindungsbildung oder der Kühlung des Gebiets, welches zuletzt durch den Laser ausgehärtet wurde, oder beidem. Diese Verzögerung kann bestimmt werden auf eine Anzahl von Wegen unter Verwendung von verschiedenen Verfahren und Vorrichtungen. Die Verzögerungsperiode kann spezifiziert werden durch den Anwender für jeden Aufbau oder jedes Teil eines Aufbaus, oder es kann fest bleiben, bis es geändert wird durch den Anwender. Alternativ dazu kann die Verzögerung bestimmt werden durch eine Kombination von Variablen wie beispielsweise 1) Materialtyp, da manche Materialien mehr Verzögerung brauchen zwischen den Scannendurchgängen als andere Materialien, 2) maximal mögliches Querschnittsgebiet, welches bestimmt werden kann durch die Fläche der Stereolithographievorrichtungsplattform, 3) Gebiet eines zuletzt gebildeten Querschnitts oder maximale oder durchschnittliche Fläche einer Gruppe von Querschnitten, 4) Laserleistung, 5) Scannrate, 6) Laserprofil, 7) Strahlgröße, 8) Flächenaussetzungsrate und/oder 9) die gemessene oder errechnete Temperatur des Harzes. Die Verzögerung, welche einhergeht mit einer oder mehreren dieser Variablen kann bestimmt werden auf experimentelle Weise oder möglicherweise automatisch. Alternativ kann die Verzögerung eine vorgegebene Zeitmenge sein, welche unabhängig ist von diesen und anderen Variablen.

**[0083]** Der Ablauf der gewünschten Verzögerungszeit kann nicht basieren auf der Bestimmung der abgelaufenen Zeit durch eine Uhr, anstatt dessen kann er basieren auf anderen Parametern, welche korrespondieren mit einem Zeitablauf (z.B. Länge des Scannens, Temperaturvariation und ähnlichem). Als eine weitere Alternative kann die Verzögerung basieren auf bestimmten Bedingungen, welche vorliegen (z.B. die beobachtete Schrumpfung, die beobachtete optische Eigenschaft, Schicht(en)-Temperatur, etc.). Beispielsweise kann es möglich sein, die Schrumpfung zu beobachten und nach einer Bewegung zu sehen, um eine gewünschte Rate zu stoppen oder zu verlangsamen. Alternativ dazu können eine Kamera oder Kameras oder andere optische oder elektro-optische Komponent(en) verwendet werden, um einen optischen Parameter zu bestimmen. Beispielsweise kann es möglich sein, eine thermische Kamera zu verwenden, um zu bestimmen, wo in dem Flüssigkeitsbehälter Zug (drawing) aufgetreten ist, gefolgt von der Verwendung einer (normalen) Kamera oder Sensor, welcher selektiv fokussiert ist auf eine Fläche oder Flächen, um Aussicht zu halten nach Veränderungen in einer optischen Eigenschaft (z.B. dem Brechungsindex) oder nach spezifizierten optischen Eigenschaftsparametern, welche erfüllt werden sollen.

**[0084]** Während dieser Verzögerung ist es möglich, dass manche Overhead-Gegenstände, wie beispielsweise das Laserstrahlprofilieren ausgeführt werden können, so dass die Gesamtzeit pro Lage reduziert wird. Anstelle von oder zusätzlich zu den Overhead-Gegenständen, können Grenzen gezogen werden während der Verzögerung, um die Gesamtzeit pro Lage zu vermindern.

**[0085]** Zusätzlich ist es möglich, ein zusätzliches Objekt oder Objekte zu der Plattform hinzuzufügen, welche gezogen werden, wenn die gewünschte Zeit abläuft. Anders ausgedrückt, ein zusätzliches Objekt oder zusätzliche Objekte können hinzugefügt werden zu der Plattform, welche gescannt werden zwischen Hatchvektor-durchgängen des Hauptobjektes/der Hauptobjekte, um eine Verzögerung zwischen den Hatchvektordurchgängen des Hauptobjektes/der Hauptobjekte zu verursachen. Es ist denkbar, dass verschiedene große zusätzliche Objekte verwendet werden könnten als Mittel zum „Steuern“ der gewünschten Verzögerung zwischen den Durchgängen.

**[0086]** Die vorliegende Erfindung stellt Techniken vor zum Bilden von hoch genauen Objekten auf schnelle Weise durch Überwinden von Verzerrungsproblemen, welche existieren können, wenn ein photopolymerisierbares Material ausgehärtet wird. Diese Erfindung wendet sich sowohl an planare Schichtenbildung als auch an fragmentartige Stereolithographiebildungstechniken. Wie oben erwähnt wird angenommen, dass die Techniken der vorliegenden Erfindung Anwendung finden können in den anderen Rapid-Prototyping-Technologien zum Zwecke des Reduzierens von Verzerrungen und/oder der Beschleunigung der Objektbildung.

**[0087]** Die vorliegende Erfindung stellt Techniken zur Reduzierung von Verformung bereit, während gleichzeitig die Aufbauzeit minimiert wird. Diese Techniken umfassen das teilweise Aussetzen einer Lage, dann eine

Verzögerung, dann die Vollendung der Aussetzung der Lage. Durch das Einsetzen einer Verzögerung zwischen Aussetzungen einer Schicht anstelle nachdem die Schicht vollständig ausgesetzt würde, wird jegliche Schrumpfung, welche verursacht wird, durch Kühlen oder durch chemische Verbindungsbildung verlangsamt oder stoppen, bevor irgendeine zusätzliche Aussetzung diese Verzerrungsmechanismen verstärkt. Zusätzlich ist es bevorzugt, dass das anfänglich ausgesetzte Material an der zuvor ausgehärteten Schicht anhaftet bis eine nachfolgende Aussetzung veranlasst, dass Anhaftung auftritt. Dieser Mangel an Anhaftung von der ersten Aussetzung, kombiniert mit der Verzögerung vor der nachfolgenden Aussetzung, stellt ungeahnte Vorteile bei der Verzerrungskontrolle bereit.

**[0088]** Als nächstes wenden wir unsere Aufmerksamkeit auf spezifische bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche beschrieben werden im Hinblick auf die vorläufige Information und den Hintergrund, welche oben bereitgestellt wurden. Überschriften, welche in Verbindung stehen mit den folgenden Ausführungsformen, sollen dabei behilflich sein, diese Offenbarung zu lesen, sollen aber nicht bezwecken, die Anwendbarkeit der Lehre hierin zu isolieren oder zu begrenzen auf jene individuellen Ausführungsformen in Verbindung, mit denen eine explizite Offenbarung gemacht wird.

#### Die erste Ausführungsform

**[0089]** Die erste bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Bildung eines einzigen Objektes auf einer Plattform. Ein erster Hatchvektordurchgang des Laserstrahls scannt den Objektquerschnitt entlang der X-Achse. Bei Vollendung dieses Durchgangs beginnt eine Verzögerungsperiode von 15 Sekunden. Wenn die Verzögerungsperiode endet, beginnt das Lagescannen mit den Hatchvektoren entlang der Y-Achse. Diese Ausführungsform wird gezeigt in dem Fließdiagramm gemäß [Fig. 2](#). Bezug nehmend nun auf [Fig. 3](#) wird dieser Prozess detaillierter beschrieben. [Fig. 3](#) zeigt eine Seitenansicht eines Objektes **98**, welches stereolithographisch hergestellt werden soll. Im Hinblick auf das Bilden von horizontalen Lagen zeigt diese Figur die Vertikalachse (Z) und eine der Horizontalachsen (X). Wie gezeigt, umfasst das Objekt **98** sieben Schichten, bezeichnet als **100** bis **106**, wobei jede Schicht eine Grenzregion umfasst, welche als B bezeichnet wird und eine Hatchregion, welche als H bezeichnet wird oder eine Füllregion, welche als F bezeichnet wird. Das Objekt **98** wird verwendet werden durch die Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung hindurch, um verschiedene Merkmale, welche mit diesen Ausführungsformen einhergehen, zu veranschaulichen. Das Objekt **98** wird auch verwendet, um manche typische Aspekte zu veranschaulichen, welche verbunden sind mit der standardmäßigen stereolithographischen Praxis, welche hilfreich sind beim Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Ausführungsformen.

**[0090]** Wir werden uns konzentrieren auf den Prozess des Aufbaus einer Schicht **103** mit den Techniken der vorliegenden Erfindung. Diese Beschreibung der ersten Ausführungsform – und die Beschreibungen der zusätzlichen Ausführungsformen und Alternativen, welche folgen – bezieht sich auf die Bildung von fortlaufenden Regionen von Objektquerschnitten. Diese Regionen sind von unten gebunden durch die vorhergehende Schicht und oben durch die nächste Schicht. Die Beschreibung der Ausführungsformen ist nicht anwendbar auf die Bildung von abwärts gerichteten oder aufwärts gerichteten Regionen.

**[0091]** Zuerst wird eine 0,100 mm (0,004 inch) dicke Flüssigkeitsschicht vorbereitet in Vorgriff auf das Ziehen der Schicht **103**. Beispiele für Techniken, welche nützlich sind in diesem Prozess werden im Detail beschrieben in dem vorher zitierten und aufgenommenen US-Patent 5,174,931 von Almquist et al., welches erteilt wurde am 29. Dezember 1992 und der US-Patentanmeldung 08/790005 von Almquist et al., welche eingereicht wurde am 28. Januar 1997. Ist einmal die Flüssigkeitsschicht vorbereitet, werden die Grenzelemente **110** gezogen (Bezugszeichen **50**, [Fig. 2](#)). Diese Grenzelemente stellen, wie früher beschrieben, die Ränder der Schicht dar und werden typischerweise unter Verwendung einer Vektoraussetzung gebildet. Die Aushärtetiefe für diese Linien ist ausreichend, um diese Linien anzuhaften an die Schicht, welche zuvor ausgehärtet wurde und beträgt ungefähr 0,230 mm (0,009 inch). Falls nichts Anderweitiges beschrieben wird in den Lehren hierin, ist, wenn eine Quantität an Aussetzungen angesprochen wird im Hinblick auf die Aushärtetiefe, die Quantität diejenige, welche erhalten worden wäre, wenn keine andere Aussetzung aufgetreten wäre. Wie in dem unter Bezugnahme aufgenommenen US-Patent 5,184,307 von Hull et al., welches am 2. Februar 1993 erteilt wurde, ist die äußere Grenze vorzugsweise Linienbreiten kompensiert nach innen durch ungefähr die Hälfte der Breite einer ausgehärteten Linie von Material, welche ungefähr 0,15 mm (0,05 inch) beträgt.

**[0092]** Als nächstes wird der erste Durchgang der Hatchvektoren **112** gezogen, parallel zu der X-Achse (Bezugszeichen **52**, [Fig. 2](#)). Diese Vektoren werden gezogen innerhalb der Grenzen und vorzugsweise zurückgezogen von der Position der Linienbreiten kompensierten Grenzen an sowohl deren Beginn als auch Endpunkten um einen Betrag, welcher größer ist als die halbe Linienbreite, beispielsweise ungefähr 0,250 mm (0,010

inch). Dieses Zurückziehen würde vorzugsweise verhindern, dass die Hatchvektoren die Grenzen berühren. Das Zurückziehen von Hatchvektoren von den Grenzvektoren wird beschrieben im US-Patent 5,321,622 von Snead et al., welches am 14. Juni 1994 erteilt wurde. Die Aushärtetiefe für diese Vektoren ist vorzugsweise etwas kleiner als die Lagendicke, beispielsweise ungefähr 0,075 mm (0,003 inch).

**[0093]** Bei der Vollendung des Scannens der Hatchvektoren entlang der X-Achse beginnt eine Verzögerungsperiode (Bezugszeichen 54, [Fig. 2](#)) von ungefähr 15 Sekunden. Wie zuvor beschrieben gestattet diese Verzögerung zumindest einem der ausgehärteten Materialen zu schrumpfen, und/oder jegliche Hitze, welche sich durch den Aushärteprozess gebildet haben mag, abgeleitet zu werden. Wenn ein zweiter Satz von Vektoren sofort gezogen werden würde auf den ersten Satz von Vektoren, wird der zweite Satz von Vektoren Beschädigungen zeigen von eigenen Schrumpfung und Wärmeableitung genauso wie verbliebene Beschädigungen von den Linien unter ihnen, welche immer noch schrumpfen und abkühlen. Die Verzögerung führt somit zu einer Verminderung der verbliebenen Spannung, welche erzeugt wird durch die Schrumpfung und Wärmeableitung, und einer Verminderung der damit verbundenen Teilverzerrung.

**[0094]** Bei Ablauf der Verzögerung wird ein zweiter Durchgang der Hatchvektoren 112, auch innerhalb der Grenzvektoren, gezogen, parallel zu der Y-Achse (Bezugszeichen 56, [Fig. 2](#)). Die Vektoren werden vorzugsweise zurückgezogen sowohl an Beginn- als auch an Endpunkten um denselben Betrag wie der erste Durchlauf von Hatchvektoren. Die Aushärtetiefe für die Vektoren ist vorzugsweise etwas größer als die Lagendicke, beispielsweise ungefähr 0,125 mm (0,005 inch). Da diese Vektoren die Vektoren entlang der X-Achse überlappen, wird die Gesamt Tiefe der Aushärtung, welche erreicht wird durch die überlappenden Punkte größer sein als die Lagendicke, und zwar um einen Betrag, welcher ausreichend ist, um eine adäquate Anhaftung an der unteren Schicht sicherzustellen, beispielsweise ungefähr 0,075 mm (0,003 inch).

**[0095]** Eine zusätzliche Grenze wird anschließend gezogen, innerhalb der ersten Grenze, welche jegliche Lücken zwischen den Hatchvektoren und der ersten Grenze (Bezugszeichen 58, [Fig. 2](#)) überbrückt. Diese innere Grenze ist versetzt von der Linienbreiten kompensierten Position der ersten Grenze um etwa eine halbe Breite eines Grenzvektors, so dass die Grenzen teilweise einander überlappen, beispielsweise um ungefähr 0,125 mm (0,005 inch). Die Aushärtetiefe für diese zweite Grenze kann etwas kleiner sein als die Lagendicke, z.B. ungefähr 0,075 mm (0,003 inch). Alternativ kann die Aushärtetiefe für die zweite Grenze einen Betrag aufweisen, welcher ausreichend ist, um anzuhaften an der Schicht darunter (dies wird die Aufbauzeit erhöhen).

**[0096]** Bevorzugte Parameter, welche verwendet werden für die Bildung und die Aussetzung von Lage 103 erscheinen in der nachstehenden Tabelle 1.

Tabelle 1. Parameter, welche verwendet werden zur Bildung und Aussetzung von Lage 103

Parameter	Verwendeter Wert ungefähr
Schichtdicke	0,100 mm (0,004 inch)
Aushärtetiefe der äußeren Grenze	0,230 mm (0,009 inch)
Linienbreitenkompensation der äußeren Grenze	0,125 mm (0,005 inch)
Aushärtetiefe des ersten Hatchdurchlaufs	0,075 mm (0,003 inch)
Verzögerung	15 Sekunden
Aushärtetiefe des zweiten Hatchdurchlaufs	0,125 mm (0,005 inch)
Hatchrückzug von der kompensierten äußeren Grenze	0,250 mm (0,010 inch)
Aushärtetiefe der inneren Grenze	0,075 mm (0,003 inch)
Innere Grenze versetzt von der kompensierten äußeren Grenze	0,125 mm (0,005 inch)

**[0097]** Für die Schicht 103 ist das Scannen beendet und die Lagenformation in Vorbereitung für die Schicht 104 kann beginnen. Nachfolgende Schichten werden anschließend gebildet unter Verwendung der Technik, welche beschrieben wurde für Schicht 103 oder sie können geformt werden in Übereinstimmung mit einer anderen Technik. Beispiele für andere Bildungstechniken werden nachstehend beschrieben.

**[0098]** Die Technik, welche in der ersten Ausführungsform beschrieben wurde – und die Techniken, welche in den folgenden Ausführungsformen alternativ beschrieben werden – können angewandt werden auf aufwärts gerichtete und/oder abwärts gerichtete Regionen, welche gebildet werden können mit einer Mehrzahl von überlagernden Hatch- und/oder Hautfüllaussetzungen. Die Verzögerung kann vorgesehen werden zwischen der ersten und der zweiten der Mehrzahl und/oder allen anderen Mitgliedern der Mehrzahl.

#### Alternativen

**[0099]** Es sollte verstanden werden, dass die erste Ausführungsform sowie die anderen Ausführungsformen, welche nachstehend diskutiert werden, nicht begrenzt sind auf die spezifischen Parameter, welche in den gegeben Beispielen verwendet werden, sondern statt dessen angewandt werden können unter Verwendung von verschiedenen Parametern. Deshalb können die Alternativen, welche in diesem Abschnitt diskutiert werden, angewandt werden auf die erste Ausführungsform und auf alle anderen Ausführungsformen oder folgenden Implementierungen.

**[0100]** Beispielsweise kann die Lagendicke größer oder kleiner als 0,100 mm (0,004 inch) sein. Mit anderen Worten, die Lagendicke, welche gemessen wurde zwischen ähnlichen Niveaus (z.B. oberen Niveaus) der zwei aufeinander folgenden Lagen, kann eingestellt werden auf jeden praktikablen Wert. Die Dicke zwischen den Schichten kann eingestellt werden auf jeden geeigneten Betrag, um die gewünschte Auflösung zu erhalten. Veränderungen in der Schichtdicke können Veränderungen bei anderen Parametern notwendig machen, wie beispielsweise die Aushärtetiefewerte, welche verwendet werden für verschiedene Vektortypen. Jegliche Parameteranpassungen, welche notwendig sind, werden offensichtlich sein für den Fachmann beim Durchsehen der vorliegenden Offenbarungen und können sofort experimentell bestimmt werden.

**[0101]** In einer weiteren Alternative der Ausführungsform wird eine Verzögerungsdauer von einem beliebigen Wert verwendet werden (z.B. mehr oder weniger als die 15 Sekunden welche in der obigen Ausführungsform verwendet werden). Die gewünschte Länge der Verzögerung kann eingestellt werden basierend auf einer Vielzahl von Faktoren, welche vorstehend in dem Einleitungsteil beschrieben wurden, oder können automatisch bestimmt werden während des Aufbaus mit einem Feedback-Mechanismus wie beispielsweise der vorstehend Diskutierte.

**[0102]** In einer weiteren Alternative zu der Ausführungsform können die Hatchvektoren zurückgezogen werden nur dort, wo ihre Endpunkte auf die Grenzen treffen, oder nur wo ihre Startpunkte auf die Grenzen treffen. Zusätzlich kann der Satz von Hatchvektoren zurückgezogen werden oder nicht an seine Seiten, so dass die Kanten nicht die Grenzvektoren berühren. Das Ausmaß des Rückzugs kann variieren intravektoriell, intervektoriell nach Durchlauf von Vektoren, nach Schicht, oder nach einem Bereich von Schichten.

**[0103]** In wiederum einer anderen Alternative zu der Ausführungsform kann anstatt von mehrfachen Grenzen eine Lage lediglich eine Grenze aufweisen. Beispielsweise kann das Aushärteten einer Schicht beginnen mit der Aussetzung des ersten Satzes von Hatch gefolgt durch eine Verzögerung, anschließend die Aussetzung des zweiten Satzes von Hatch und schließlich der Aussetzung der Grenze. In diesem Beispiel wird es bevorzugt, dass der erste Satz von Hatch nicht anhaftet an der Lage darunter. In einer anderen Alternative mit lediglich einer Grenze würde das Aushärteten der Lage beginnen mit der Aussetzung eines Satzes von Hatch gefolgt durch eine Verzögerung und anschließender Aussetzung der Grenze. In diesem Beispiel würde der erste Satz von Hatch wiederum nicht anhaften an der Lage darunter.

**[0104]** Wie anhand dieses letzten Beispiels zu sehen ist, kann in einer anderen Alternative lediglich ein Durchgang von Hatch verwendet werden. Ein anderes Beispiel davon wäre es, eine Schicht auszuhärteten, beginnend mit einer äußeren Grenze, welche anhaften würde an der Lage darunter, dann gefolgt mit einem Durchgang von Hatch, welcher zurückgezogen ist von der Grenze. Dieser Hatch würde nicht anhaftet an der Lage darunter oder an der gerade gezogenen Grenze. Eine Verzögerung würde folgen auf den Hatch, dann würde eine innere Grenze gezogen, welche die äußere Grenze und den Hatch verbindet. Diese innere Grenze kann oder kann nicht anhaften an der Lage darunter. Ein anderes Beispiel für die Verwendung von nur einem Hatchdurchgang würde eine Schicht aushärten beginnend mit einer inneren Grenze, welche nicht anhaften würde an der Lage darunter. Dies würde gefolgt von einem Hatchdurchgang, welcher anhaften würde oder nicht an der gerade gezogenen Grenze und würde nicht anhaften an der Lage darunter.

**[0105]** Anschließend würde eine Verzögerung auftreten gefolgt von einer äußeren Grenze, welche anhaften würde an der Schicht darunter.

**[0106]** Alternativen könnten es andererseits nicht haftenden Grenzen gestatten anzuhafsten an einer oder mehreren Positionen, welche vorzugsweise nicht angeordnet sind auf entgegen gesetzten Erstreckungen des Querschnitts, welcher geformt wird.

**[0107]** In Fällen, in denen mehr als eine Grenze verwendet wird, können die mehrfachen Grenzen direkt einander überlappen oder können versetzt sein um einen Bruchteil der Breite der Grenze, oder um exakt eine Grenzbreite, oder mehr als eine Grenzbreite. Wo Mehrfachgrenzen verwendet werden, kann die innere Grenze zuerst gezogen werden. Diese Grenze kann eine Aushärtetiefe aufweisen, welche etwas kleiner ist als die Lagendicke, aber nicht notwendigerweise. Anschließend können die Hatchvektoren gezogen werden, und sie können die innere Grenze berühren an ihren Anfangs- und Endpunkten oder lediglich an ihren Anfangspunkten, oder lediglich an ihren Endpunkten oder sie können die Grenze gar nicht berühren. Anschließend kann eine äußere Grenze oder Grenzen gezogen werden. Die Grenzvektoren können versetzt sein voneinander, so dass sie sich nicht berühren, sich leicht berühren oder gänzlich oder zum Teil überlappen.

**[0108]** Es ist auch möglich, dass nachdem die inneren und äußeren Grenzen gezogen wurden, eine Grenze oder Grenzen zwischen den innersten und den äußersten Grenzen gezogen werden. Zusätzlich können alle oder manche der Hatchvektoren gezogen werden vor allen, manchen, einer, oder keiner der Grenzen. Dies umfasst die Möglichkeit, dass alle, eine oder manche der Grenzen gezogen werden können während der Verzögerungsdauer. Tatsächlich können die ersten und zweiten Durchgänge von Hatchvektoren für jedes Objekt/Element aufeinander folgen oder sie können getrennt werden voneinander durch eine oder mehrere zusätzliche Aussetzungen von einem oder mehreren Vektortypen. Die Füllvektoren eines Objektes/Elementes, falls überhaupt welche notwendig oder gewünscht sind, können folgen auf den letzten Durchgang der Hatchvektoren, oder können auftreten bevor manche, aber nachdem andere der Hatchvektoren gescannt sind. Deshalb kann die Reihenfolge der verschiedenen Durchgänge von Hatch- und Füllvektoren, Verzögerungsperiode(n), und Grenzvektoren variieren.

**[0109]** Andere Alternativen sind denkbar wie beispielsweise die Verwendung von keinen Grenzvektoren. In einem solchen Fall kann es wünschenswert sein, dass der erste Satz von Hatchvektoren zumindest einen oder mehrere Punkte umfasst, wo die Aushärtetiefe gleich ist oder größer ist als die Lagendicke – ausreichend, um die vorhergehende Schicht zu berühren und/oder an ihr anzuhafsten. Ist jedoch die Aushärtetiefe des ersten Satzes von Hatchvektoren kleiner als die Lagendicke, wird es bevorzugt, die kombinierte Gesamttiefe der Aushärtung von dem ersten und zweiten Satz von Hatchvektoren ausreichend zu gestalten, um Anhaftung an der unteren Schicht zu erzeugen, obwohl unter manchen Umständen solch eine Adhäsion nicht notwendig sein kann, in welchem Falle die Netto-Aushärtetiefe kleiner sein kann als die Lagendicke.

**[0110]** Es sollte gewürdigt werden, dass der erste Satz von Hatchvektoren gescannt werden kann in jede Richtung, nicht notwendigerweise parallel zu der X-Achse. Zusätzlich können diese Vektoren ausgehärtet werden zu einer Tiefe, welche gleich ist, kleiner oder größer als die gewünschte Lagendicke. Es ist typisch, dass, wenn die Aushärtetiefe größer ist als die Lagendicke, Anhaftung auftritt und eine unbegrenzte Schrumpfung nicht auftreten kann. Es ist jedoch denkbar für bestimmte Materialien und Aussetzungskombinationen, dass eine Aushärtetiefe größer als die Lagendicke verwendet werden kann auf der ersten Aussetzung und eine lockere Schrumpfung kann auftreten, welche resultiert in einer verminderten Verzerrung des Objektes.

**[0111]** Natürlich kann der zweite Satz von Vektoren auch gescannt werden in jede Richtung, nicht unbedingt rechtwinklig zu der ersten Richtung und kann eine Aushärtetiefe aufweisen, welche gleich, geringer oder größer als die gewünschte Lagendicke ist. Es ist somit möglich, dass die kombinierte Gesamttiefe der Aushärtung von dem ersten und zweiten Satz von Hatchvektoren gleich sein wird, größer oder kleiner als die gewünschte Lagendicke. In Fällen, in denen die kombinierte Gesamtaushärtetiefe von den Sätzen von Hatchvektoren kleiner ist als eine Lagendicke kann es nützlich sein, die Fläche an einer vorhergehenden Schicht zu befestigen, unter Verwendung einer Niete, einer Anzahl von Nieten (Nieten werden beschrieben in dem unter Bezugnahme aufgenommenen US-Patent 5,104,592 von Hull et al., welches erteilt wurde am 14. April 1992), mit wenigen weit beabstandeten Hatchvektoren oder ähnlichem. Obwohl es die typische Erfahrung ist, dass, damit Anhaftung auftritt, die Gesamtaushärtetiefe gleich oder größer sein muss als die Lagendicke, ist es denkbar, dass für eine gegebene Material- und Strahlungskombination eine Anhaftung erreicht werden kann, obwohl die Gesamtaushärtetiefe kleiner ist als die Lagendicke.

**[0112]** Natürlich ist es möglich, dass mehr als 2 Durchläufe von Hatchvektoren verwendet werden, oder dass nur ein Durchlauf verwendet wird. Beispielsweise kann eine einzige Aussetzung von Hatch verwendet werden in einer nach oben gerichteten oder nach unten gerichteten Fläche, wo eine einzelne Aussetzung von Skin Fill auch verwendet werden wird mit einer Verzögerung zwischen dem Hatch und Fill.

[0113] In einer anderen Alternative kann ein Hatch mit einer einzigen Richtung verwendet werden, welcher aber geteilt wird in zwei Aussetzungsdurchgänge. Der erste Durchgang wird jeden zweiten Hatchvektor aussetzen und die nächste Aussetzung wird die Vektoren zwischen den zuerst Ausgesetzten aussetzen.

#### Die zweite Ausführungsform

[0114] Die zweite bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Weiterführung der ersten Ausführungsform angewandt auf die Bildung auf einer Plattform, von mehr als einem Objekt oder einem Objekt oder Objekten mit mehreren Querschnittselementen. In solch einer Situation werden die oben beschriebenen Techniken in der ersten Ausführungsform ganz einfach ausgeführt für jedes Objekt und/oder Querschnittselement abwechselnd. Die Aushärtetiefenwerte, Linienbreitenkompensationswerte und Versatzwerte, welche verwendet wurden für Schicht 103 in der ersten Ausführungsform sind gleichermaßen anwendbar auf die Objekte und Querschnittselemente dieser Ausführungsform. Aus Gründen der Klarheit wird in dieser Besprechung angenommen, dass zwei Objekte und/oder Querschnittselemente gebaut werden und dass sie beide in einer Position sind, welche lediglich aus dauernden Regionen gebildet ist. Die zweite Ausführungsform wird gezeigt im Fließdiagramm gemäß [Fig. 4](#).

[0115] Zu Beginn wird die äußere Grenze vollendet für das erste Objekt und/oder Querschnittselement (Bezugszeichen 200, [Fig. 4](#)). Anschließend werden die ersten und zweiten Hatchvektordurchgänge 122 und 126 gemäß [Fig. 4](#), jeweils, für das erste Objekt/Element gezogen, getrennt durch die Verzögerungsperiode 124 für das erste Objekt/Element. Als nächstes wird die innere Grenze 128 für das erste Objekt/Element vollendet.

[0116] Ist einmal das Scannen des ersten Objektes und/oder des Querschnittselementes vollendet, beginnt das Scannen der Grenze 130 des zweiten Objektes und/oder des Querschnittselementes. Dann werden die zwei Hatchvektordurchgänge, 132 und 136 jeweils, für das zweite Querschnittsobjekt/-element gezogen, mit der Verzögerung 134 für das zweite Objekt/Element zwischen ihnen. Schließlich wird die innere Grenze 138 des zweiten Objektes und/oder des Querschnittselementes gebildet.

[0117] Dieser Prozess wird vorzugsweise wiederholt für jedes Objekt und/oder jedes Querschnittselement auf der Plattform, obwohl in manchen Fällen es bevorzugt sein kann, diese Technik beim Formen von lediglich einem Teil der Objektschichten zu verwenden.

[0118] Wie vorstehend beschrieben kann diese Technik angewandt werden auf aufwärts gerichtete und/oder abwärts gerichtete Regionen, welche geformt werden können mit einer Mehrzahl von überlagernden Hatch- und/oder Skin-Fill-Aussetzungen. Eine Verzögerung kann angewandt werden zwischen der ersten und zweiten der Mehrzahl und/oder zwischen allen anderen Mitgliedern der Mehrzahl.

#### Dritte Ausführungsform

[0119] Die dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ebenfalls eine Weiterführung der ersten Ausführungsform angewandt auf die Bildung, auf einer Plattform von mehr als einem Objekt, oder einem Objekt oder Objekten mit mehreren Querschnittselementen. Deshalb ist diese Ausführungsform tatsächlich eine Alternative zu der zweiten Ausführungsform. Die Aushärtetiefenwerte, Linienbreitekompensationswerte und Versatzwerte, welche verwendet wurden für Schicht 103 in der ersten Ausführungsform gelten gleichermaßen für die Objekte und Querschnittselemente dieser Ausführungsform. Aus Gründen der Klarheit wird in dieser Besprechung angenommen, dass zwei Objekte und/oder Querschnittselemente aufgebaut werden und dass sie beide in einer Position sind, welche lediglich von dauernden Regionen gebildet wurde.

[0120] Eine erste Implementierung der dritten Ausführungsform wird gezeigt in dem Fließdiagramm gemäß [Fig. 5](#). Als erstes wird die äußere Grenze 150 des ersten Objektes und/oder Querschnittselementes gezogen. Dann wird die äußere Grenze 152 des zweiten Objektes/Elements vollendet. Als nächstes wird der erste Durchgang des Hatchvektors 154 für das erste Objekt/Element gescannt. Dann wird der erste Durchlauf der Hatchvektoren 154 für das erste Objekt/Element gescannt. Anschließend wird der erste Durchlauf der Hatchvektoren 156 für das zweite Objekt/Element gescannt. Bei Vollendung dieses Durchlaufs beginnt eine Verzögerungsperiode 158. Wenn die Verzögerungsperiode endet, wird der zweite Durchgang von Hatchvektoren 160 für das erste Objekt/Element gescannt. Anschließend wird der zweite Durchlauf der Hatchvektoren 162 für das zweite Objekt/Element gescannt. Die innere Grenze 164 des ersten Objektes/Elementes wird dann gescannt, gefolgt von dem Scannen der inneren Grenze 166 des zweiten Objektes/Elementes.

[0121] In einer mehr bevorzugten Implementierung der dritten Ausführungsform, welche in dem Fließdia-

gramm gemäß [Fig. 6](#) gezeigt wird, beginnt die Verzögerungsperiode sobald das Scannen des ersten Satzes von Hatchvektoren **184** für das erste Objekt/Element vollendet ist. Basierend auf diesem Konzept wird zuerst die äußere Grenze **180** des ersten Objektes und/oder Querschnittselementes gezogen. Dann wird die äußere Grenze **182** des zweiten Objektes/Elementes vollendet. Als nächstes wird der erste Durchlauf von Hatchvektoren **184** für das erste Objekt/Element gescannt. Nach dessen Vollendung beginnt die Verzögerungsperiode **186** und zur gleichen Zeit beginnt das Scannen des ersten Durchlaufs von Hatchvektoren **188** für das zweite Objekt/Element. Sobald die Verzögerungsperiode beendet ist, empfängt das erste Objekt/Element einen zweiten Hatchvektordurchlauf **194**. Der zweite Durchlauf von Hatch **196** für das zweite Objekt/Element wird dann angewandt. Anschließend wird die innere Grenze **198** für das erste Objekt gebildet. Schließlich wird die innere Grenze **200** für das zweite Objekt/Element geformt. Die Elemente **190** und **192** zeigen an, dass nach dem Ziehen des ersten Durchlaufs von Hatch für das zweite Objekt/Element eine Prüfung ausführt wird, um zu bestimmen, ob die Verzögerung schon abgelaufen ist. Wenn nicht, wird es der Verzögerung gestattet, weiter zu gehen.

**[0122]** Wie in Tabelle 2 nachstehend gezeigt, kann dieser Prozess resultieren in einem unzureichenden Ausmaß an Verzögerung für Querschnittselemente, welche verschieden sind von dem ersten Querschnittselement. Beispielsweise, wenn die Verzögerung 15 Sekunden betragen würde, würde es 3 Sekunden dauern, um ein erstes Querschnittselement zu scannen und 7 Sekunden, um ein zweites Querschnittselement zu scannen, die effektive Verzögerung für das zweite Querschnittselement würde nur 11 Sekunden betragen. Dies ist zu sehen in der Tabelle 2 als die abgelaufene Zeit von der Vollendung des Ziehens des ersten Satzes von Hatchvektoren des zweiten Elementes zu dem Beginn des Ziehens des zweiten Satzes von Hatchvektoren des zweiten Elementes.

Tabelle 2. Zeitliche Auswirkungen von einer Implementierung der dritten Ausführungsform

Handlung	Geschätzte Zeit	Abgelaufene Zeit als Handlung anfingt	Abgelaufene Zeit als Handlung beendet wurde
Ziehe Grenzen von dem ersten Element	1 Sek.	0 Sek.	1 Sek.
Ziehe Grenzen von dem zweiten Element	2 Sek.	1 Sek.	3 Sek.
Ziehe einen ersten Satz von Hatchvektoren des ersten Elementes	3 Sek.	3 Sek.	6 Sek.
Beginne Verzögerung und Ziehe ersten Satz von Hatchvektoren des zweiten Elementes	15 Sek. 7 Sek.	6 Sek. 6 Sek.	13 Sek.
Beende Verzögerung			21 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren des ersten Elementes	3 Sek.	21 Sek.	24 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren von dem zweiten Element	7 Sek.	24 Sek.	31 Sek.

**[0123]** Es wird nun eine andere Auswirkung dieser Implementierung betrachtet, welche resultieren könnte in einer erheblichen Verzögerung für manche Querschnittselemente und die Bauzeit für die Schicht verlängern könnte. Wenn die Verzögerung beispielsweise wiederum 15 Sekunden betragen würde, würde es 7 Sekunden dauern, ein erstes Querschnittssignal zu scannen und 3 Sekunden, um ein zweites Querschnittselement zu scannen, wobei die effektive Verzögerung für das zweite Querschnittselement 19 Sekunden betragen würde. Dies kann abgelesen werden in der unten stehenden Tabelle 3 als die abgelaufene Zeit zwischen der Vollendung des Ziehens des ersten Satzes von Hatchvektoren des zweiten Elementes und dem Beginn des Ziehens des zweiten Satzes von Hatchvektoren des zweiten Elementes. Unter Verwendung der Technik gemäß Tabelle 3 wird es 35 Sekunden dauern, die Schicht zu ziehen, gegenüber 31 Sekunden gemäß der in Tabelle 2 gezeigten Technik.

Tabelle 3. Zeitliche Auswirkungen von einer Implementierung der dritten Ausführungsform

<b>Handlung</b>	<b>Geschätzte Zeit</b>	<b>Abgelaufene Zeit seit Beginn der Handlung</b>	<b>Abgelaufene Zeit wenn Handlung vollendet ist</b>
Ziehen von Grenzen des ersten Elementes	1 Sek.	0 Sek.	1 Sek.
Ziehen von Grenzen des zweiten Elementes	2 Sek.	1 Sek.	3 Sek.
Ziehen eines ersten Satzes von Hatchvektoren des ersten Elementes	7 Sek.	3 Sek.	10 Sek.
Verzögerungsbeginn und Ziehen eines ersten Satzes von Hatchvektoren des zweiten Elementes	15 Sek. 3 Sek.	10 Sek. 10 Sek.	
Vollständige Verzögerung			25 Sek.
Ziehen eines zweiten Satzes von Hatchvektoren des ersten Elementes	7 Sek.	25 Sek.	32 Sek.
Ziehen eines zweiten Satzes von Hatchvektoren des zweiten Elementes	3 Sek.	32 Sek.	35 Sek.

**[0124]** Abhängig von den Neigungen des Verwenders und den Zwecken des Endproduktes kann es bevorzugt sein, Aufbauzeit zu sparen und weniger als die Gesamtverzögerung für alle Objekte zu haben, oder es kann bevorzugt sein, die Aufbauzeit zu verlängern, um sicher zu stellen, dass alle Objekte die gesamte Verzögerungszeit empfangen. Eine weitere Alternative, welche Bauzeit einsparen würde, aber vielleicht auch in einer Verzögerung für alle Objekte resultieren würde, würde die Verzögerung starten, wenn die Aussetzung des ersten Satzes von Hatch des ersten Elementes beginnt.

**[0125]** Wieder eine andere Implementierung der dritten Ausführungsform umfasst das separate Sicherstellen der Verzögerung für jedes Querschnittselement. Mit anderen Worten, die Zeit von der Vollendung des ersten Durchgangs von jedem Element jeweils bis zum Start des zweiten Durchgangs für jedes Element, würde so lang sein wie die gewünschte Verzögerung. Wenn beispielsweise die Verzögerung 15 Sekunden betragen würde, würde es 3 Sekunden dauern ein erstes Element zu Scannen und 7 Sekunden um ein zweites Element zu Scannen, wobei eine 4 Sekunden Pause zwischen der Vollendung des zweiten Scannens des ersten Elementes vor dem Beginn des zweiten Scannen des zweiten Elementes vorgesehen ist wie in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4. Zeitliche Auswirkungen von einer Implementierung der dritten Ausführungsform.

Handlung	Geschätzte Zeit	Abgelaufene Zeit seit Beginn der Handlung	Abgelaufene Zeit wenn die Handlung vollendet ist
Ziehe Grenzen des ersten Elementes	1 Sek.	0 Sek.	1 Sek.
Ziehe Grenzen des zweiten Elementes	2 Sek.	1 Sek.	3 Sek.
Ziehe einen ersten Satz von Hatchvektoren des ersten Elementes	3 Sek.	3 Sek.	6 Sek.
Beginn der Verzögerung für das erste Element und	15 Sek.	6 Sek.	
Ziehe ersten Satz von Hatchvektoren für das zweite Element	7 Sek.	6 Sek.	13 Sek.
Beginn der Verzögerung für das zweite Element	15 Sek.	13 Sek.	
Gesamtverzögerung für das erste Element			21 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren für das erste Element	3 Sek.	21 Sek.	24 Sek.
Gesamtverzögerung für das zweite Element			28 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren des zweiten Elementes	7 Sek.	28 Sek.	35 Sek.

**[0126]** Um zumindest eine minimale Verzögerung für jedes Element zu erreichen während lediglich ein Verzögerungscountdown beibehalten wird, wird es bevorzugt, die Querschnittselemente in der Reihenfolge von der längsten Scannzeit zu der kürzesten Scannzeit zu scannen. Die Vorteile dieser Vorgehensweise werden nun betrachtet für die Situation, dass ein drittes Objekt hinzugefügt wurde. Wiederum beträgt die Verzögerung 15 Sekunden, die ersten Querschnittselemente benötigen 12 Sekunden zum Scannen, die zweiten Querschnittselemente benötigen 7 Sekunden zum Scannen und die dritten Querschnittselemente benötigen 3 Sekunden zum Scannen. Die abgelaufene Zeit von der Vollendung des ersten Scannens des ersten Elementes bis zum Vollendung des ersten Scannens des dritten Elementes beträgt 10 Sekunden – lediglich 5 Sekunden weniger als die Verzögerungszeit. Deshalb kann das zweite Scannen des ersten Elementes 5 Sekunden nach der Vollendung des ersten Scannens des dritten Elementes beginnen. Die abgelaufene Zeit von der Vollendung des ersten Scannens des zweiten Elementes bis zur Vollendung des zweiten Scannens des ersten Elementes beträgt 20 Sekunden. Deshalb kann das zweite Scannen des zweiten Elementes beginnen direkt bei der Vollendung des zweiten Scannens des ersten Elementes. Die abgelaufene Zeit von der Vollendung des ersten Scannens des dritten Elementes bis zur Vollendung des zweiten Scannens des zweiten Elementes beträgt 24 Sekunden. Deshalb kann das zweite Scannen des dritten Elementes beginnen direkt bei der Vollendung des zweiten Scannens des zweiten Elementes. Diese Situation wird in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5. Zeitliche Auswirkungen einer Implementierung der dritten Ausführungsform

Handlung	Geschätzte Zeit	Abgelaufene Zeit als Handlung begann	Abgelaufene Zeit als Handlung beendet wurde
Ziehe Grenzen des ersten Elementes	1 Sek.	0 Sek.	1 Sek.
Ziehe Grenzen des zweiten Elementes	2 Sek.	1 Sek.	3 Sek.
Ziehe Grenzen des dritten Elementes	3 Sek.	3 Sek.	6 Sek.
Ziehe einen ersten Satz von Hatchvektoren des ersten Elementes	12 Sek.	6 Sek.	18 Sek.
Verzögerungsbeginn und Ziehe ersten Satz von Hatchvektoren des zweiten Elementes	15 Sek. 7 Sek.	18 Sek. 18 Sek.	25 Sek.
Ziehe ersten Satz von Hatchvektoren des dritten Elementes	3 Sek.	25 Sek.	28 Sek.
Vollständige Verzögerung			33 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren des ersten Elementes	12 Sek.	33 Sek.	45 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren des zweiten Elementes	7 Sek.	45 Sek.	52 Sek.
Ziehe dritten Satz von Hatchvektoren des dritten Elementes	3 Sek.	52 Sek.	55 Sek.

**[0127]** In dieser Implementierung beträgt die effektive Verzögerung für das zweite Element 20 Sekunden und die effektive Verzögerung für das dritte Element beträgt 24 Sekunden.

**[0128]** Eine weitere Alternative die eine adäquate Verzögerung für jedes Objekt/Element sicher stellt und ein einziges Zeitelement verwendet, könnte umfassen, dass die Verzögerung gestartet wird nach dem Scannen von einem der Objekte/Elemente, wobei die Verzögerungszeit so eingestellt wird, dass sie gleich ist der gewünschten Verzögerung minus der Scannzeit für das kleinste Objekt/Element, welches beim Bilden der Schicht gescannt wird. Der kalkulierte Verzögerung kann es gestattet werden, abzulaufen, bevor der zweite Durchgang der Aussetzung über jegliche der Objekte/Komponenten beginnt.

**[0129]** Eine weitere Alternative, welche eine adäquate Verzögerung für jedes Objekt/Element sicherstellt und ein einzelnes Zeitelement verwendet, kann umfassen, dass die Verzögerung gestartet wird nach dem Scannen von einem der Objekte/Elemente, wobei die Verzögerungszeit so eingestellt wird, dass sie gleich ist mit der gewünschten Verzögerung minus einem Betrag, welcher nicht größer ist als die Zeitsumme, welche erforderlich ist, um alle außer dem größten der Objekte/Elemente, welche gescannt werden beim Formen der Schicht zu scannen. Der kalkulierte Verzögerung kann es gestattet werden, abzulaufen, bevor der zweite Durchlauf an Aussetzung über jeglichen der Objekte/Komponenten beginnt.

**[0130]** Andere Schemata, die für die Fachleute offensichtlich sein werden, umfassen die Verwendung eines einzelnen Zeitelementes, um einen adäquaten Zeitablauf sicherzustellen, bevor irgendeine Komponente neu

gescannt wird, während gleichzeitig sichergestellt wird, dass die Zeit, in der keine Aussetzung auftritt, kleiner ist als die Verzögerung, welche erwünscht ist zwischen Aussetzungen des gleichen Objektes/Elementes.

**[0131]** Weitere Ausführungsformen können mehr als ein Zeitelement verwenden, um sicherzustellen, dass das Neuscannen eines gegebenen Objektes/Elementes auftritt nur nach der gewünschten Verzögerung für das gegebene Objekt/Element. Die Verzögerungsdauer für jedes Objekt/Element kann verschieden sein von der, welche verwendet wird für andere Objekte/Elemente. Beispielsweise können kleinen Objekten/Elementen (z.B. Objekten mit Querschnittsabmessungen unterhalb von ungefähr 2,5–5 cm (1 bis 2 inches)) kleinere Verzögerungszeiten gegeben werden, als größeren Objekten (z.B. Objekten mit Querschnittsabmessungen größer als 5 bis 10 cm (2 bis 4 inches)). Die Querschnittsabmessungen können beurteilt werden entlang einer Scannrichtung von individuellen Vektoren des ersten Durchgangs.

**[0132]** Wiederum können diese Techniken angewandt werden auf aufwärts gerichtete und/oder abwärts gerichtete Regionen, welche gebildet werden können mit einer Mehrzahl von überlagernden Hatch- und/oder Skin-Fill-Aussetzungen. Eine Verzögerung kann angewandt werden zwischen der ersten und zweiten der Mehrheiten und/oder zwischen allen anderen Mitgliedern der Mehrzahl.

#### Die vierte Ausführungsform

**[0133]** Die vierte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Verminderung der Bildungszeit eines Objektes, welches aufgebaut wird mit einer Verzögerung durch Erzeugen von zwei Objektreigionen mit ungefähr gleichen Scannzeiten. Ein erster Hatchvektordurchgang des Laserstrahls scannt die erste Region. Bei Vollendung dieses Durchgangs beginnt die Verzögerung und ein erster Hatchvektordurchgang des Laserstrahls scannt die zweite Region. Bei Ablauf der Verzögerung beginnt der zweite Hatchvektordurchgang der ersten Region, gefolgt von dem zweiten Hatchvektordurchgang der zweiten Region.

**[0134]** Wie in den [Fig. 7a](#) bis c wird ein Objekt **220** betrachtet, welches alleine aufgebaut wird. Wenn beispielsweise die Scannlage **222** 34 Sekunden benötigt pro Hatchdurchgang und wenn eine 15 sekündige Verzögerung verwendet würde, würde die Gesamtzeit für die Hatchvektordurchgänge und die Verzögerung zwischen ihnen 83 Sekunden betragen. Wenn allerdings das Objekt betrachtet würde als zwei ungefähr gleiche angrenzende Regionen **224** und **226** wie in [Fig. 7d](#), würde das Scannen jeder Region ungefähr 17 Sekunden pro Hatchdurchgang dauern. Deshalb würde die Region **224** gescannt mit einem ersten Hatchdurchgang, dann würde die Verzögerung beginnen zu der gleichen Zeit zu der das Scannen des ersten Hatchdurchgangs der Region **226** begann. Die Zeit von der Vollendung des ersten Hatchscannens der Region **224** bis zur Vollendung des ersten Hatchscannens der Region **226** würde 17 Sekunden betragen – größer als die gewünschte 15-sekündige Verzögerung. Die Zeit von der Vollendung des ersten Hatchscannens der Region **226** bis zur Vollendung des zweiten Hatchscannens der Region **224** würde auch 17 Sekunden betragen. Die effektive Verzögerung für jede Region würde größer sein als die gewünschte Verzögerung und die Gesamtzeit zum Scannen der ersten und zweiten Hatchdurchgänge für beide Regionen, mit den effektiven Verzögerungen würde 68 Sekunden betragen. Dies wird zusammengefasst in Tabelle 6.

Tabelle 6. Zeitliche Auswirkungen einer Implementierung der vierten Ausführungsform

Handlung	Geschätzte Zeit	Abgelaufene Zeit als Handlung begann	Abgelaufene Zeit als Handlung vollendet wurde
Ziehe ersten Satz von Hatchvektoren der Region 122	17 Sek.	0 Sek.	17 Sek.
Verzögerungsbeginn und Ziehe ersten Satz von Hatchvektoren der Region 124	15 Sek. 17 Sek.	17 Sek. 17 Sek.	34 Sek.
Beende Verzögerung			32 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren der Region 122	17 Sek.	34 Sek.	51 Sek.
Ziehe zweiten Satz von Hatchvektoren der Region 124	17 Sek.	51 Sek.	68 Sek.

[0135] Zu erkennen, dass ein Objekt mehr als eine Region beinhaltet, ist auch nützlich für Objekte wie beispielsweise Objekt 230 gemäß den [Fig. 8a](#) und [Fig. 8b](#). Die Regionen 232 und 234 des Objektes 230 können behandelt werden als Regionen 224 und 226 des Objektes 220 mit den gleichen Vorteilen wie oben.

[0136] Es sollte verstanden werden, dass für jedes Objekt oder Objekte die Verzögerung für jede Region unabhängig sichergestellt werden kann. Mit anderen Worten könnte die Zeit von der Vollendung des ersten Durchgangs von jeder Region bis zum Start des zweiten Durchgangs für jede Region jeweils zumindest so lang sein wie die gewünschte Verzögerung. Der erste Hatchdurchgang für alle Regionen würde gefolgt von jeder verbleibenden Verzögerung der ersten Region. Bei Vollendung dieses Durchgangs würde jede verbliebene Verzögerung für die zweite Region gefolgt von dem zweiten Hatchdurchgang der zweiten Region. Um die Aufbauzeit zu minimieren kann es vorteilhaft sein, Regionen zu erzeugen, welche gescannt werden können in ungefähr der Zeit, welche ähnlich ist zu der Verzögerungslänge für jede Region.

[0137] Natürlich ist es nicht notwendig, ein Objekt in nur zwei Regionen aufzuteilen und die Regionen müssen nicht von gleicher Größe oder Form sein. In Fällen, wo eine Plattform eine Mehrzahl von Objekten aufweist, kann es hilfreich sein, mehrere Regionen zu erzeugen für weniger als alle der Objekte auf der Plattform oder für keines der Objekte. Da das Aufteilen von benachbarten Objektquerschnitten in zwei oder mehrere Regionen ungewünschte Spuren auf aufwärts gerichteten Oberflächen oder anderen Oberflächen hinterlassen könnte, könnte es wünschenswert sein, die Verwendung von Teilungen von Querschnittsregionen zu vermindern, welche auf einer oder mehreren (beispielsweise 2 bis 5) Schichten unter den aufwärts gerichteten Schichten sind.

#### Die fünfte Ausführungsform

[0138] Die fünfte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst eine weitere Verminde rung der Aufbauzeit. In dieser Ausführungsform wird die Zielgeschwindigkeit und die Richtung der Vektoren auf dem ersten Durchgang und dem zweiten Durchgang von jeder Region und/oder Querschnittselement berücksichtigt, wenn die Verzögerungszeit berechnet wird. Im Wesentlichen wird jeder Punkt unabhängig berücksichtigt und die Reihenfolge des Scannens ohne jegliche Scannverzögerung wird berechnet, um die Aufbauzeit zu minimieren, während sichergestellt wird, dass zumindest eine Mehrheit von zweifach oder mehrfach gescannten Punkten die richtige Verzögerung zwischen den Aussetzungen empfängt.

[0139] Betrachtet wird das einfach quadratisch geformte Objekt 240 in [Fig. 9a](#) und eine der Schichten des Objektes wie in [Fig. 9b](#) dargestellt. Der erste Durchgang von Hatchvektoren beginnt bei B<sub>1</sub> und endet bei E<sub>1</sub>. Der zweite Durchgang von Hatchvektoren beginnt bei B<sub>2</sub>. Wenn der erste Vektor des zweiten Durchgangs 244 gezogen ist, ist der zuletzt gescannte Vektor, welcher ihn überlappt der Vektor 242. Der Punkt, an dem sie sich

schnäiden, ist der Punkt **246**. Der Teil des Vektors **244** zwischen dem Anfang des Vektors und dem Schnittpunkt **246** ist  $BL_2$ . Der Teil des Vektors **242** zwischen dem Schnittpunkt **246** und dem Ende des Vektors ist  $EL_1$ .

**[0140]** Die Standardverzögerung für diese Schicht würde sein

$$\text{Zeit}(B_2) - \text{Zeit}(E_1) = \text{Verzögerung} = 15 \text{ Sekunden}$$

**[0141]** Anstatt eine Verzögerung von 15 Sekunden zwischen den Punkten  $E_1$  und  $B_2$  vorzusehen, kann Aufbauzeit eingespart werden durch Reduzieren der Verzögerungszeit um die Zeit, die benötigt wird, um  $EL_1$  und  $BL_2$  zu ziehen, da

$$\text{Zeit}(B_2) - \text{Zeit}(E_1) \geq \text{Verzögerung} - \text{Zeit}(EL_1) - \text{Zeit}(BL_2)$$

**[0142]** In Abhängigkeit von der Scannreihenfolge und der Länge der Objekte und der Vektoren variiert die eingesparte Zeit. Beispielsweise würde die Zeit, welche für die Schicht in [Fig. 9c](#) eingespart würde, kleiner sein, als die Zeit, welche eingespart würde für die Schicht in [Fig. 9b](#), da die Länge von  $EL_1$  kürzer ist in [Fig. 9c](#). Auf ähnliche Weise würde die Zeit, welche eingespart würde für die Schicht in [Fig. 9d](#) kleiner sein als die Zeit, welche eingespart würde für die Schicht in [Fig. 9b](#) oder für die Schicht in [Fig. 9c](#).

**[0143]** Nun wird ein etwas komplizierteres Objekt **250** in den [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) betrachtet. Wie bei den vorangegangenen Beispielen beginnt der erste Durchgang der Hatchvektoren bei  $B_1$  und endet bei  $E_1$ , und der zweite Durchgang von Hatchvektoren beginnt bei  $B_2$ . Wenn der erste Vektor des zweiten Durchgangs **254** gezogen ist, ist der zuletzt gescannte Vektor, welcher ihn überlappt, der Vektor **252**. Der Punkt, an dem sie sich schneiden, ist der Punkt **256**. Der Teil des Vektors **254** zwischen dem Anfang des Vektors und dem Schnittpunkt **256** ist  $BL_2$ . Der Teil des Vektors **252** zwischen dem Schnittpunkt **256** und dem Ende des Vektors ist  $EL_1$ .

**[0144]** Wiederum kann die Zeit zum Scannen von  $EL_1$  und  $BL_2$  substrahiert werden von der Standardverzögerung, um die Zeit zur Vollendung dieser Schicht zu minimieren.

**[0145]** Wenn allerdings die Scannreihenfolge so war, wie in [Fig. 10c](#), wo der erste Durchgang bei  $B_1$  beginnt und bei  $E_1$  endet und der zweite Durchgang bei  $B_2$  beginnt und bei  $E_2$  endet, kann das Berechnen der optimierten Verzögerung komplizierter sein. Um die Verzögerung zu bestimmen, welche notwendig ist vor dem Scannvektor **268**, sollte die Zeit zum Scannen der Vektoren **262**, **263**, **264**, **265** und **266** plus der Teil des Vektors **261** zwischen **274** und dem Ende des Vektors, und der Teil des Vektors **268** zwischen  $B_2$  und **274** abgezogen werden von der Standardverzögerung.

**[0146]** In einer anderen Implementierung dieser Ausführungsform würde diese Überprüfung stattfinden für jeden Vektor. Beispielsweise könnte es notwendig sein vor dem Scannen des Vektors **272** zu pausieren, wenn die Zeit zum Scannen des Vektors **266** zwischen **275** und  $E_1$ , plus der Zeit zum Scannen der Vektoren **268**, **269**, **270** und **271** abzüglich der Standardverzögerung größer ist als die Verzögerung, welche verwendet wird vor dem Scannen des Vektors **268**. Somit kann diese Implementierung ein einmaliges oder mehrmaliges Pausieren während des zweiten Scannens bewirken, so dass der Punkt auf jedem Vektor des zweiten Durchgangs mit der kleinsten kalkulierten Minimalzeit zwischen den Scannvorgängen die gewünschte Verzögerung erhalten kann.

**[0147]** In noch einer anderen Implementierung dieser Ausführungsform, könnte, um die gewünschte Verzögerung für jeden zweifach gescannten Punkt zu gewährleisten während die schnellstmögliche Scannzeit für die Schicht gewährleistet wird, diese Berechnung vollendet werden für jeden dieser Punkte, nicht nur für jeden Vektor. Dieses kann in einem einmaligen oder mehrmaligen Pausieren während des zweiten Scannvorgangs resultieren, damit alle die Punkte die gewünschte Verzögerung erhalten.

**[0148]** In einer weiteren Alternative kann es, anstatt sich Sorgen zu machen über die Verzögerung für alle Querschnittselemente, sichergestellt werden, dass die Verzögerung erreicht wird für den ersten Vektor, welcher gescannt wird während des zweiten Durchgangs, nicht für die anderen gescannten Vektoren.

#### Die sechste Ausführungsform

**[0149]** In einem bevorzugten Stereolithographiesystem, beträgt die Strahlengröße zum Aussetzen von zu mindest einigen der Hatchvektoren vorzugsweise ungefähr 0,760 mm (0,030 inch) im Durchmesser, beispielsweise zwischen 0,380 mm (0,015 inch) und 3,050 mm (0,120 inch) und noch bevorzugter zwischen 0,500 mm

(0,020 inch) und 1,524 mm (0,060 inch), die Laserstrahlleistung beträgt vorzugsweise ungefähr 800 mW (beispielsweise, 400 mW oder größer) der Abstand zwischen den aufeinander folgenden Hatchlinien beträgt vorzugsweise ungefähr 0,380 mm (0,015 inch) (beispielsweise zwischen 40% und 100% des Strahldurchmessers) und die Scangeschwindigkeit beträgt vorzugsweise ungefähr 7620 mm/s (300 ips) (beispielsweise 2540 mm/s (100 ips) oder größer).

**[0150]** In einer bevorzugten Ausführungsformn würde die Verzögerung implementiert in Übereinstimmung mit dem folgenden Vorgang. Ein Zwei-Größenstrahl würde verwendet. Der kleinere Strahl würde einen Durchmesser von ungefähr 0,250 mm (0,010 inch) und der größere Strahl würde einen Durchmesser von ungefähr 0,760 mm (0,030 inch) aufweisen. Das Objekt würde auch gebildet unter Verwendung einer Aufbautechnik, bei der nur Teile von einigen Lagen ausgehärtet werden in Verbindung mit jenen Lagen, wobei die verbleibenden Teile der Lagen geformt würden in Verbindung mit nachfolgenden Lagen. Solche Techniken werden beschrieben in der US-Patentanmeldung 08/920,428 von Kruger et al., welche eingereicht wurde am 29. August 1997, US-Patent 5,597,520 von Smalley et al., welches erteilt wurde am 28. Januar 1997 und US-Patent 5,209,878 von Smalley et al. welches erteilt wurde am 11. Mai 1993. Insbesondere würde das Objekt gebildet unter Verwendung von zwei sekundären Lagen, welche positioniert sind zwischen jeder primären Lage, wie es beschrieben ist in der oben angerührten US-Patentanmeldung 08/920,428 und die Trennung zwischen jeder Schicht würde 0,076 mm (0,003 inch) betragen.

**[0151]** Eine Implementierung der sechsten Ausführungsform wird gezeigt in dem Fließdiagramm gemäß [Fig. 12](#). Auf einer ersten sekundären Schicht würde lediglich eine äußere Grenzregion **330** gebildet, unter Verwendung des kleineren Strahls. Die Aussetzung würde resultieren in einer Aushärtetiefe von ungefähr 0,380 mm (0,015 inch). Diese Grenze könnte linienbreitenkompensiert sein, um ungefähr 0,127 mm (0,005 inch).

**[0152]** Auf einer zweiten sekundären Schicht würde wiederum nur eine äußere Grenzregion **332** gebildet unter Verwendung des kleineren Strahls. Diese Grenze könnte auch eine Aushärtetiefe von ungefähr 0,380 mm (0,015 inch) aufweisen und linienbreitenkompensiert sein um ungefähr 0,127 mm (0,005 inch).

**[0153]** Den äußeren Grenzregionen der sekundären Lagen könnte alternativ eine Aushärtetiefe gegeben werden von weniger als ungefähr 0,300 mm (0,015 inch). Die Aushärtetiefe, welche verwendet wird, könnte abhängig sein von der Tiefe der Flüssigkeit vor der Aussetzung der Grenzregionen. Beispielsweise abhängig davon, ob die äußere Grenzregion, wo die zweite Lage die Grenze der zuvor geformten sekundären Lage überlagert oder nicht, kann die Tiefe der Flüssigkeit vor der Aussetzung gleich sein mit 0,076 mm (0,003 inch) oder 0,152 mm (0,006 inch). Somit kann es, da die Flüssigkeitstiefe vor der Aussetzung variiert, bevorzugt sein, die Aushärtetiefe für diese äußeren Grenzregionen anzupassen.

**[0154]** Die nachfolgende primäre Schicht würde geformt werden unter Verwendung der folgenden Schritte. Zuerst würde eine einwärts versetzte Grenze **334** gebildet, unter Verwendung des großen Strahls. Diese Grenze könnte nach innen versetzt sein von der linienbreitenkompensierten äußeren Grenzposition um ungefähr 0,380 mm (0,015 inch). Der Strahl würde eine Aussetzung bereitstellen, so dass die Grenze nicht anhaftet würde an der Lage darunter, sondern eine Aushärtetiefe erhalten würde von ungefähr 0,200 mm (0,008 inch).

**[0155]** Als zweites würde ein erster Durchgang von Hatch **336** gebildet innerhalb der Schranken der ausgehärteten Grenzregion. Diesem Hatch würde eine Aussetzung zugeteilt, welche eine Aushärtetiefe von ungefähr 0,200 mm (0,008 inch) ergäbe. Dieser Hatch könnte auch etwas zurückgezogen werden von der ausgehärteten Grenze, so dass keine Adhäsion an der Grenze auftritt oder alternativ kann er an der Grenze anhaften. Diese Adhäsion an der Grenze könnte auftreten an allen Positionen entlang der Grenze oder lediglich einem Teil der Schnittstellenregion.

**[0156]** Drittens würde eine Verzögerungsdauer **338** von beispielsweise 15 Sekunden auftreten. Diese Verzögerungszeit könnte besetzt sein durch das ziehen anderer Objektregionen oder könnte einfach eine Warteperiode darstellen. Viertens wird eine zweite Aussetzung von Hatch **340** angewandt. Dieser Hatch ist vorzugsweise ausgerichtet in einer Richtung rechtwinklig zu der Richtung des ersten Hatchdurchgangs. Die Menge an Aussetzung, welche angewandt wird auf den zweiten Durchgang ist der Betrag, welcher eine Aushärtetiefe von 0,250 mm (0,010 inch) ergeben würde. Wie bei der ersten Hatchaussetzung wird es bevorzugt, dass die Beabstand zwischen jeder Hatchlinie so ist, dass eine überlappende Aussetzung auftritt, welche eine kontinuierlich ausgehärtete Region ergibt. Jegliches Zurückziehen im Zusammenhang mit dem zweiten Hatchdurchgang würde vorzugsweise ähnlich sein zu dem, welches verwendet würde auf dem ersten Durchgang, beispielsweise 0,076 mm (0,003 inch).

**[0157]** Der fünfte Schritt wäre es, den kleinsten Punkt zu benutzen, um eine äußere Grenze **342** der Querschnittsregion auszusetzen. Die Aussetzung würde eine Aushärtetiefe von ungefähr 0,380 mm (0,015 inch) ergeben. Diese äußere Grenze wäre linienbreitenkompensiert um 0,125 mm (0,005 inch).

**[0158]** Abhängig davon, ob diese Grenze die Grenze auf der zuvor geformten sekundären Lage überlagert, kann die Flüssigkeitstiefe vor der Aussetzung gleich sein mit 0,076 mm (0,003 inch) oder 0,229 mm (0,009 inch). Für eine flachere Flüssigkeitstiefe vor der Aussetzung könnte es bevorzugt sein, die Aushärtetiefe für die äußere Grenzregion zu vermindern.

**[0159]** Wenn der fünfte Schritt dieses Prozesses vollendet ist, ist die Aussetzung der ersten Lage vollendet, oder es gibt eine zusätzliche Aussetzung von Hatch-, und/oder Skin Fill, und/oder Unterstützungen mit dem kleinen Punkt welche auf die klein-Punkt-Aussetzung der äußeren Grenze folgt. Zusätzlich kann es eine Aussetzung von Skin Fill geben mit dem großen Punkt nach dem zweiten Hatchdurchlauf mit dem großen Punkt, aber vorher die Aussetzung der äußeren Grenze mit dem kleinen Strahl.

**[0160]** Ist einmal die Aussetzung der primären Schicht erreicht, geht die Objektbildung weiter mit der wiederholten Bildung und Aussetzung von zwei sekundären Lagen gefolgt durch eine primäre Lage bis das Objekt vollendet ist. Eine weitere Würdigung der Objektbildung unter Verwendung von sekundären Lagen und primären Lagen kann erhalten werden durch eine Durchsicht der US-Patentanmeldung 08/920,428 von Kruger et al., welche eingereicht wurde am 29. August 1997, welche oben angesprochen wurde.

**[0161]** Die vorstehende Technik wird zusammengefasst in der nachstehenden Tabelle und wird gezeigt in [Fig. 11](#).

Tabelle 7. Reihenfolge der Bildung und Aussetzung der Schichten 200, 202, und 204.

Handlung	Bezugszeichen in Figur 11	Bezugszeichen in Figur 12
Bilden der ersten sekundären Lage	300	
Ziehen der Grenzregion der ersten sekundären Lage	310	330
Bilden der zweiten sekundären Lage	302	
Ziehen der Grenzregion der zweiten sekundären Lage	312	332
Bilden der ersten Lage	304	
Ziehen der inneren Grenze der primären Lage unter Verwendung eines größeren Strahls	314	334
Ziehen des ersten Hatchdurchgangs der primären Lage unter Verwendung eines größeren Strahls	316'	336
Verzögerung tritt auf zwischen den zwei Hatchdurchgängen der primären Lage		338
Ziehen des zweiten Hatchdurchgangs der primären Lage unter Verwendung eines größeren Strahls	316''	340
Ziehen der äußeren Grenze der primären Lage unter Verwendung eines kleineren Strahls	318	342

**[0162]** Die Parameter, welche verwendet werden zur Bildung und Aussetzung der Lagen **200**, **202** und **204** erscheinen in der nachstehenden Tabelle 8.

Tabelle 8. Parameter, welche verwendet werden zur Bildung und Aussetzung der Schichten 200, 202, und 204.

Parameter	Ungefähr verwendeter Wert
Lagendicke, primäre und sekundäre Lagen	0,076 mm (0,003 inch)
Grenzaushärtetiefe, sekundäre Lagen	0,380 mm (0,015 inch)
Grenzlinienbreitenkompensation, sekundäre Lage	0,127 mm (0,005 inch)
Innere Grenzaushärtetiefe, primäre Lage	0,200 mm (0,008 inch)
Innere Grenze versetzt von der linienbreiten-kompensierten äußeren Grenze, primäre Lage	0,380 mm (0,015 inch)
Aushärtetiefe erster Hatchdurchgang, primäre Lage	0,200 mm (0,008 inch)
Zurückziehen erster Hatchdurchgang von innerer Grenze, primäre Lage	0,076 mm (0,003 inch)
Verzögerung, Primäre Lage	15 Sekunden
Aushärtetiefe des zweiten Hatchdurchgangs, primäre Lage	0,250 mm (0,010 inch)
Zurückziehen zweiter Hatchdurchgang von innerer Grenze, primäre Lage	0,076 mm (0,003 inch)
Aushärtetiefe äußere Grenze, primäre Lage	0,380 mm (0,015 inch)
Linienbreitenkompensation äußere Grenze, primäre Lage	0,125 mm (0,005 inch)

**[0163]** In einer Alternative zu dieser Ausführungsform ist es möglich die obige Lehre mit einem Laser mit einer einzigen Strahlenbreite zu verwenden. Manche Anpassungen können notwendig sein, um die obige Lehre mit einem Ein-Breiten-Strahl zu verwenden, beispielsweise kann die versetzte innere Grenze vorzugsweise etwas vermindert werden, wenn die Ein-Strahlbreite, welche verwendet wird, ähnlich wäre zu der kleineren Strahlbreite, welche in der Ausführungsform verwendet wurde. Andererseits könnte es, wenn der Laser mit der einen Strahlbreite, welche verwendet wird, ähnlich wäre zu dem breiteren der zwei Strahlen der vorliegenden Ausführungsform, bevorzugt sein, den Linienbreitenkompensationswert der äußeren Grenze zu erhöhen. Andere notwendige Anpassungen werden für den Fachmann offensichtlich sein.

**[0164]** Eine zweite Alternative der obigen Ausführungsform würde mehr als eine Schicht in Serie aushärten in Übereinstimmung mit den obigen Lehren für die primäre Lage (d.h. sekundäre Lagen würden nicht existieren). Wiederum wäre es notwendig, bestimmte Parameter von der obigen Lehre anzupassen, um diese Alternative effektiv zu verwenden. Beispielsweise wäre es, wenn die Lagendicke für jede dieser Lagen 0,076 mm (0,003 inch) betragen würde, bevorzugt, die Aushärtetiefe für den ersten Hatchdurchgang um ungefähr 0,050 mm (0,002 inch) anzupassen. Andere notwendige Anpassungen werden für die Fachleute offensichtlich sein.

**[0165]** Während verschiedene Ausführungsformen beschrieben wurden und illustriert wurden und viele Alternativen vorgeschlagen wurden aufgrund einer Durchsicht der hierin enthaltenen Lehren, wird es für die Fachleute offensichtlich sein, dass verschiedene Modifikationen möglich sind ohne von dem Geist und dem Rahmen der Erfindung abzuweichen. Als solches bezwecken die Ausführungsformen hierin nicht, den Rahmen der Erfindung zu begrenzen, sondern sind stattdessen von beispielhafter Natur.

**[0166]** Beispielsweise können in manchen alternativen Ausführungsformen nützliche Verzögerungszeiten empirisch bestimmt werden für ein gegebenes Aufbaumaterial und eine Aussetzungsart. Die Geometrie des Objektes und insbesondere der zuletzt geformten Schicht können auch eine Rolle spielen bei der Auswahl von geeigneten Verzögerungszeiten. Für Querschnitte, welche bis zu 20 inches × 20 inches groß sind, liegen die bevorzugten Verzögerungszeiten zwischen 1 Sekunde und 60 Sekunden oder mehr. Bevorzugtere Verzögerungszeiten können ungefähr 5 Sekunden bis zu 30 Sekunden und am meisten bevorzugte Verzögerungszeiten können ungefähr 10 bis 20 Sekunden sein.

**[0167]** Die nützlichsten Verzögerungszeiten können diejenigen sein, welche es gestatten, dass eine bestimmte Schrumpfung auftritt vor der Anwendung der zweiten Aussetzung. Alternativ können diese nützlichen Verzögerungszeiten so sein, dass sie eine weitere Aussetzung verzögern, welche eine ausgesetzte Region einer Schicht verbinden könnte mit ausgehärtetem Material, welches an der vorhergehenden Schicht anhaftet.

**[0168]** In manchen bevorzugten Ausführungsformen kann die gewünschte Schrumpfung definiert werden als diejenige, welche eine Drehverformung unterhalb eines gewünschten Limits hält. Das Ausmaß an Drehung kann gemessen werden unter Verwendung eines diagnostischen Objektes, welches einen ausladenden Abschnitt umfasst, welcher sich 14 mm in der Länge erstreckt, mit einer Breite von 3 mm und einer Höhe von 6 mm. Das Ausmaß an Drehung kann definiert werden als das Verhältnis der Höhe des Trägers an seinem nicht unterstützenden Ende zu der Höhe an seinem unterstützten Ende, für eine gegebene Trägerlänge. In manchen bevorzugten Ausführungsformen sind bevorzugte Drehniveaus weniger als 1%, mehr bevorzugte Niveaus sind weniger als 0,1% und am meisten bevorzugte Niveaus betragen weniger als 0,01%. Die Techniken zum Messen des Drehverzugs werden bereitgestellt in dem vorstehend genannten US-Patent 5,104,592 von Hull et al., welches am 14. April 1992 erteilt wurde. Die Verzögerungszeiten können abgeleitet werden basierend auf der Bildung von Musterteilen unter Analyse des resultierenden Verzugs bei verschiedenen Verzögerungszeiten.

**[0169]** Für große Objekte kann das Ausmaß der Verzögerung basieren auf dem Bilden von Linien von ausgehärtetem Material gewünschter Länge (z.B. ähnlich zu den Abmessungen des Objektes, welches geformt werden wird), mit gewünschter Aushärtetiefe, z.B. ähnlich der Aushärtetiefe, welche verwendet wird während des ersten Durchlaufs über die Hatch- oder Fill-Region, welche verwendet werden wird beim Objektbilden und gewünschten Scanngeschwindigkeiten (z.B. ähnlich zu den Geschwindigkeiten, welche verwendet werden während der Objektbildung). Ein Ende der Linie kann befestigt werden in einer Position und das andere Ende der Linie kann beobachtet werden als eine Funktion der Zeit. Während die Zeit vergeht, wird sich das freie Ende der Linie in Richtung des befestigten Endes bewegen, während die Schrumpfung fortschreitet. Aus der Bildung einer Serie solcher Floatinglinien kann ein Ausmaß an Schrumpfung bestimmt werden und/oder es kann die Zeit, welche benötigt wird, damit die Schrumpfung auftritt bestimmt werden. In manchen bevorzugten Ausführungsformen wird die ausgewählte Verzögerung gleich sein oder größer als die Zeit, welche notwendig ist, damit 70% der Schrumpfung auftritt, bevorzugter die Zeit, welche erforderlich ist, damit 85% der Schrumpfung auftritt, und am meisten bevorzugt, damit 95% der Schrumpfung auftritt.

**[0170]** Die Verzögerungszeiten können gemessen werden durch den Ablauf von Zeit auf einer Uhr, durch den Ablauf von Zeit, wie er erhalten wird von anderen physikalischen Prozessen (z.B. Scannen einer Länge des Strahls bei einer bestimmten Geschwindigkeit, die Zeit, um andere Prozesse wie beispielsweise das Strahlprofilieren auszuführen, und ähnliches) und/oder durch Beobachten der physikalischen Veränderungen des Objektes, welches geformt wird.

**[0171]** Obwohl die obigen Ausführungsformen in erster Linie beschrieben wurden im Hinblick auf ihre Implementierung in Systemen, welche operieren basierend auf der selektiven Aushärtung von photopolymerisierbaren Materialien (das bevorzugte System), wird angenommen, dass die Datenbearbeitungs- und Objektbildungstechniken anwendbar sind auf andere Segmente der Rapid Prototyping and Manufacturing Industrie einzeln oder in Kombination. Diese anderen Segmente umfassen Technologien, welche die selektive Aushärtung von polymerisierbarem Material durch die Verwendung von Infrarot, sichtbare und andere Formen von Strahlung umfassen oder durch die selektive Ablagerung eines Mediums auf dem Material (z.B. ein Photoinitiator ausgegeben wird auf ein polymerisierbares Material in einer kontinuierlichen oder periodischen Lichtumgebung oder selektive Ablagerung des zweiten Teils eines zweiteiligen Epoxids auf dem ersten Teil). Auch Technologien, welche eine Rolle spielen bei dem Aufbau von Objekten aus selektiv gehärteten Pulvermaterialien (z.B. durch Sintern oder die selektive Ablagerung eines reaktiven Materials oder Bindemittels) werden in diesen Segmenten umfasst. Des Weiteren, Technologien, welche den Lage-für-Lage-Aufbau von Bahnmaterial verwenden oder das selektive Ausgeben eines Materials, welches aushärtet, wenn es ausgegeben wird in eine geeignete Umgebung (z.B. die Technologien, welche offenbart werden in dem US-Patent 5,192,559 von Hull et al., welches erteilt wurde am 9. März 1993 und US-Patent 5,141,680 von Almquist et al., welches erteilt wurde am 25. August 1992 sind umfasst in diesen Segmenten).

**[0172]** Die obigen Ausführungsformen stellen vereinfachte Techniken bereit, welche verwendet werden können, um Objekte mit weniger Verformung als früher möglich zu bilden und um Objekte zu bilden mit weniger Verformung als der, welche zuverlässigerweise gestattet werden kann, wenn hohe Scannraten für das Aushärten des Materials verwendet werden. Die vorstehenden Ausführungsformen erhalten auch die Objektgenauigkeit während die Bildungszeiten minimiert werden, erhalten die Temperatureinheitlichkeit von Objekten während der Objektbildung und können verwendet werden, um Objekte mit schnelleren Scannraten zu bilden als früher möglich, während die Genauigkeit beibehalten wird. Diese Vorteile können einzeln oder in Kombination erreicht werden.

**[0173]** Es wurde oben Bezug genommen auf US-Anmeldungen mit den folgenden Seriennummern, deren Offenbarung veröffentlicht ist, wie angezeigt:

08/920,428:	US-Patent 5,902,538 (Kruger et al.)
08/790,005:	US-Patent 5,902,537 (Almquist et al.)
08/766,956:	eingereicht am 16. Dezember 1996: US-Patent 5,965,079 (Manners)

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Bilden von zumindest einem Teil eines dreidimensionalen Objektes (**16**), aufweisend:
- a) Bilden einer Lage aus fluidartigem Material (**14**) über eine zuvor gebildete Schicht des Objektes (**16**);
  - b) Aussetzen der Lage einer Stimulation (**22**), um eine nachfolgende Schicht des Objektes (**16**) zu bilden, welche an der zuvor geformten Schicht anhaftet;
  - c) Wiederholen von (a) und (b), um das Objekt zu bilden aus einer Mehrzahl von anhaftenden Schichten (**32, 34, 36, 38, 40, 42 und 44**);
- dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zeitspanne definiert wird und Schritt (b) aufweist das Aussetzen von zumindest einem Element von einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen, wobei eine erste Aussetzung gefolgt wird von einer zweiten Aussetzung nach einem Zeitablauf, welcher im Wesentlichen gleich ist oder größer als die definierte Zeitspanne, und wobei die erste Aussetzung ausgeführt wird von einem Strahl, welcher in einer ersten Richtung über das Element scannt und wobei die zweite Aussetzung ausgeführt wird von einem Strahl, welcher in einer zweiten Richtung über das Element scannt, wobei die ersten und zweiten Richtungen unterschiedlich sind.
2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die erste Aussetzung und die zweite Aussetzung voneinander getrennt sind durch zumindest eine dritte Aussetzung von zumindest einem Element der Lage.
3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die erste Aussetzung und die zweite Aussetzung aufeinander folgen.
4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei (b) die Verwendung von Vektorscannen umfasst.
5. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei ein Minimum der definierten Zeitspanne definiert wird durch eine Minimalzeit von der Aussetzungszeit bis zu der Zeit, zu der ein Harz eine gewünschte Temperatur erreicht.
6. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei ein Minimum der definierten Zeitspanne definiert wird durch die Systemsoftware.
7. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die erste Aussetzung das Material bis zu einer Tiefe aushärtet, welche kleiner ist als die, welche notwendig ist, um eine Adhäsion an der zuvor geformten Schicht zu bewirken.
8. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Stimulation aus UV-Strahlung besteht.
9. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die definierte Zeitspanne DTP ist und wobei zumindest eine zu formende Schicht zumindest erste und zweite isolierte Regionen aufweist, und das Aussetzen der Lage mit zumindest ersten und zweiten Aussetzungen aufweist, wobei eine erste Aussetzung der ersten Region vollendet wird zu einer Zeit CT<sub>11</sub> und wobei die erste Aussetzung der zweiten Region vollendet wird zu einer Zeit CT<sub>21</sub> und wobei eine zweite Aussetzung der ersten Region zu einer Zeit BT<sub>12</sub> beginnt und wobei die zweite Aussetzung der zweiten Region zu einer Zeit BT<sub>22</sub> beginnt, welche die Gleichungen erfüllt
- $$DTP \simleq BT_{12} - CT_{11},$$
- und
- $$DTP \simleq BT_{22} - CT_{21},$$
- wobei CT<sub>11</sub>, CT<sub>21</sub>, BT<sub>12</sub> und BT<sub>22</sub> jeweils nacheinander folgen.
10. Das Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei die erste Aussetzung ausgeführt wird durch einen Strahl, welcher in eine erste Richtung scannt, und wobei die zweite Aussetzung ausgeführt wird durch einen Strahl, welcher in eine zweite Richtung scannt und wobei die ersten und zweiten Richtungen unterschiedlich sind.
11. Das Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei die zweite Aussetzung eine Adhäsion an der zuvor geformten

Schicht bewirkt.

12. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Definieren der Zeitspanne aufweist das Aussetzen von zumindest einem Element von einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen, wobei eine erste Aussetzung vollendet wird zu einer Zeit  $T_1$  und wobei eine zweite Aussetzung beginnt zu einer Zeit  $T_2$  und die Differenz zwischen  $T_1$  und  $T_2$  im Wesentlichen gleich ist oder größer als die definierte Zeitspanne.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei beim Definieren der Zeitspanne zumindest eine zu bildende Schicht zumindest zwei Regionen aufweist und das Aussetzen der Lage mit zumindest zwei Aussetzungen aufweist, wobei eine erste Aussetzung eine erste Region aussetzt und zumindest eine zweite Region und wobei die zumindest zweite Aussetzung eine erste Region aussetzt und zumindest eine zweite Region, und wobei die Zeit zwischen der Vollendung der ersten Aussetzung von zumindest einer der ausgesetzten Regionen und dem Beginn der zweiten Aussetzung der ausgesetzten Region im Wesentlichen gleich ist oder größer als die definierte Zeitspanne.

14. Das Verfahren gemäß Anspruch 13, wobei die zwei Regionen räumlich voneinander getrennt sind.

15. Das Verfahren gemäß Anspruch 13, wobei die zwei Regionen aneinander grenzen.

16. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei beim Definieren der Zeitspanne das Aussetzen von zumindest einem Punkt auf einer Lage mit zumindest zwei Aussetzungen umfasst ist, wobei eine erste Aussetzung gefolgt wird durch eine zweite Aussetzung nach Ablauf einer definierten Zeitspanne und wobei die erste Aussetzung ausgeführt wird durch einen Strahl, welcher in einer ersten Richtung über das Element scannt und wobei die zweite Aussetzung ausgeführt wird durch einen Strahl, welcher in einer zweiten Richtung über das Element scannt und wobei die ersten und zweiten Richtungen unterschiedlich sind, und wobei zumindest ein Punkt eine erste Aussetzung bei einer Zeit  $T_1$  empfängt und eine zweite Aussetzung bei einer Zeit  $T_2$  in Übereinstimmung mit der folgenden Gleichung

$$T_2 - T_1 \geq PTP$$

wobei  $T_1$  und  $T_2$  aufeinander folgen.

17. Eine Vorrichtung zum Bilden von zumindest einem Teil eines dreidimensionalen Objektes (**16**), aufweisend:

- a) Mittel zum Bilden einer Lage aus fluidartigem Material (**14**) über eine zuvor geformte Schicht des Objektes (**16**);
- b) Mittel zum Formen einer nachfolgenden Schicht des Objektes, welche an der zuvor geformten Schicht anhaftet;
- c) Mittel zum Ausführen von (a) und (b), um das Objekt zu bilden aus einer Mehrzahl von anhaftenden Schichten (**32, 34, 36, 38, 40, 42 und 44**); dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung aufweist d) Mittel zum Definieren einer Zeitspanne und wobei (b) ausgeführt wird, um zumindest ein Element von einer Schicht mit zumindest zwei Aussetzungen zu bilden, wobei eine erste Aussetzung vollendet wird zu einer Zeit  $T_1$  und wobei eine zweite Aussetzung zu einer Zeit  $T_2$  beginnt, und wobei die Differenz zwischen  $T_1$  und  $T_2$  im Wesentlichen gleich ist oder größer als die definierte Zeitspanne.

18. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 17 aufweisend:

- a) ein Beschichtungssystem zum Bilden einer Lage aus fluidartigem Material (**14**) über eine zuvor geformte Schicht des Objektes;
- b) ein Aussetzungssystem zum Bilden einer nachfolgenden Schicht des Objektes, welche an der zuvor geformten Schicht anhaftet;
- c) einen Computer, welcher programmiert ist zum Ausführen von (a) und (b), um das Objekt zu bilden aus einer Mehrzahl von haftenden Schichten (**32, 34, 36, 38, 40, 42 und 44**); und
- d) ein Computer, welcher programmiert ist, eine definierte Zeitspanne zu verwenden.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

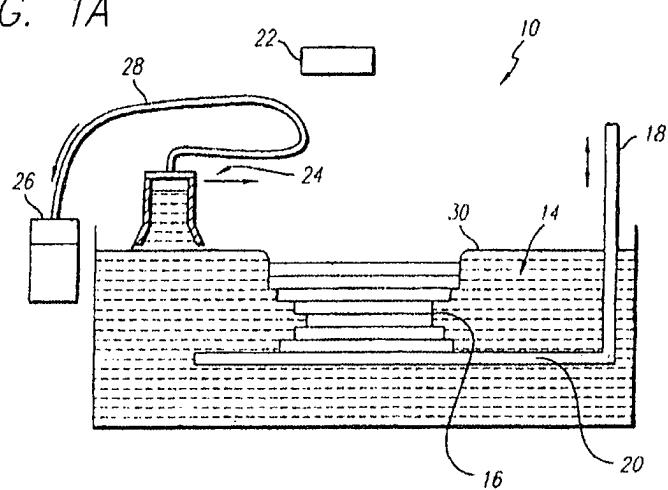
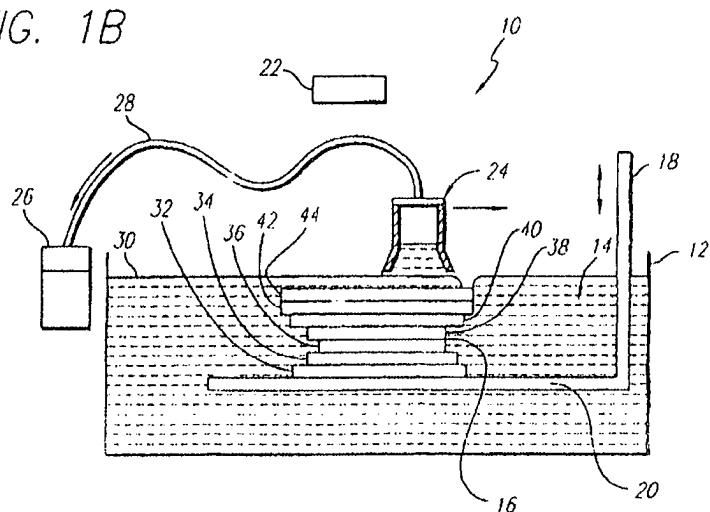
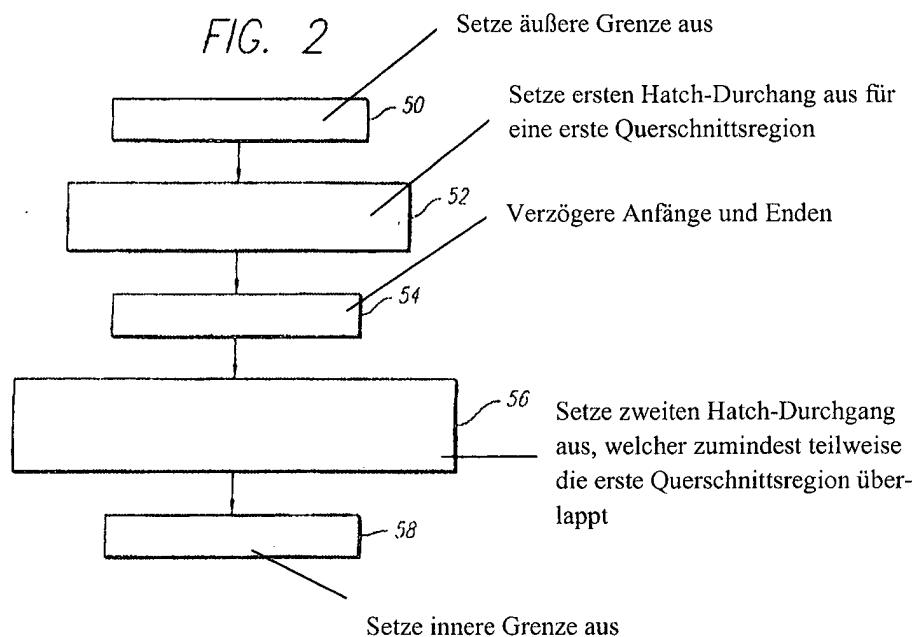


FIG. 1B





B	F	B
B	H	B
B	H	B
B	H	B
B	H	B
B	H	B
B	F	B

110  
112  
110

Lage 106  
Lage 105  
Lage 104  
Lage 103  
Lage 102  
Lage 101  
Lage 100

*FIG. 3*

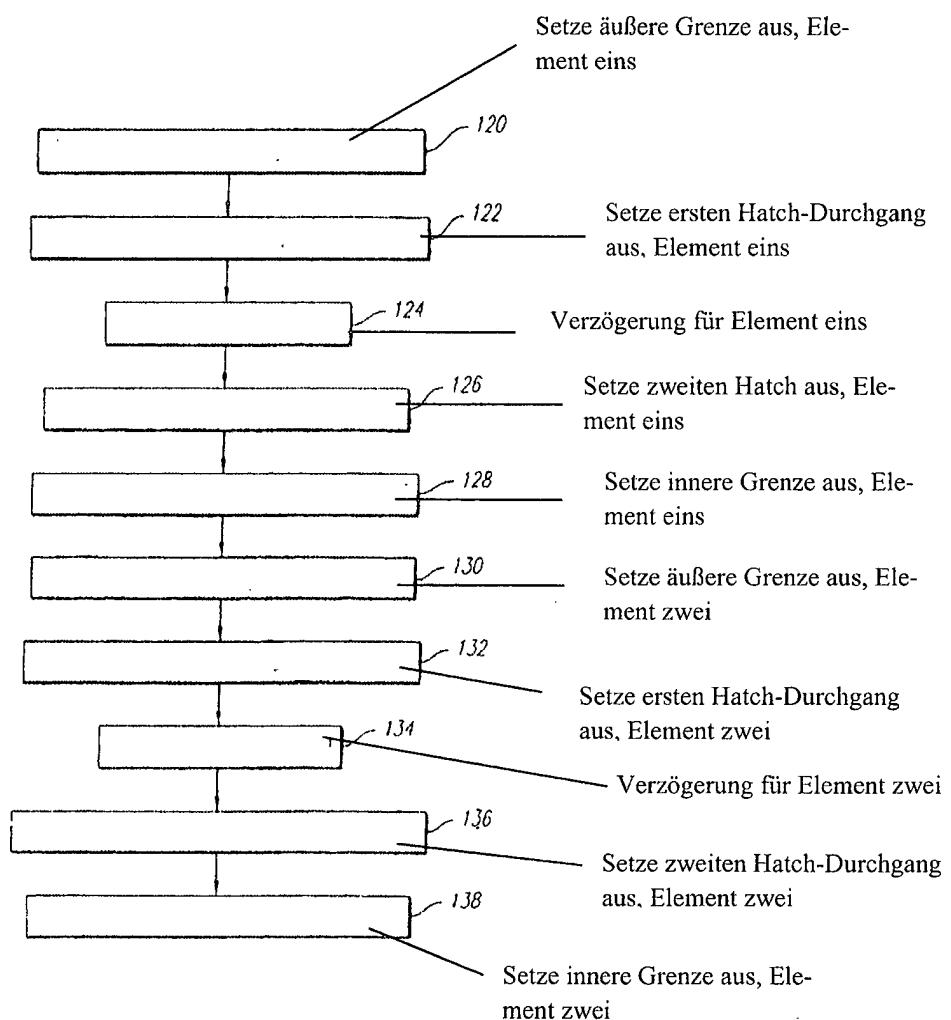


FIG. 4

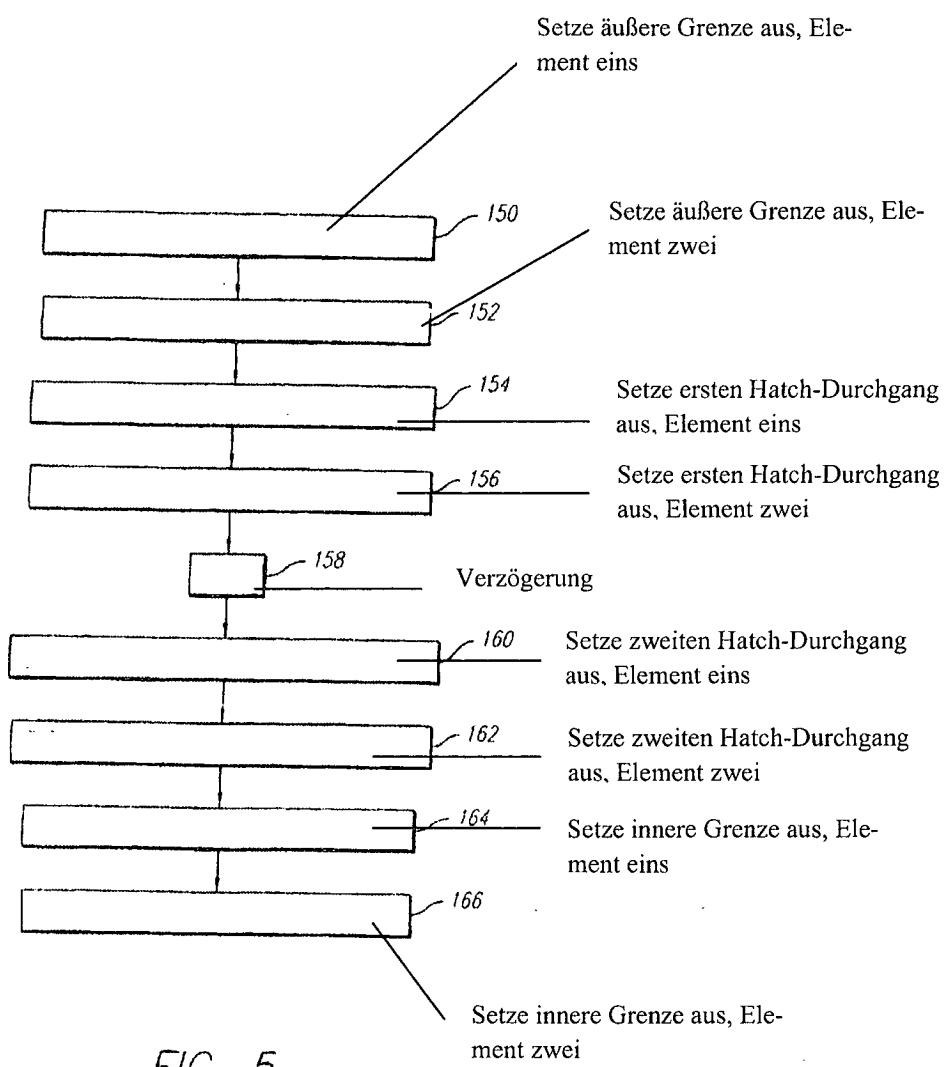


FIG. 5

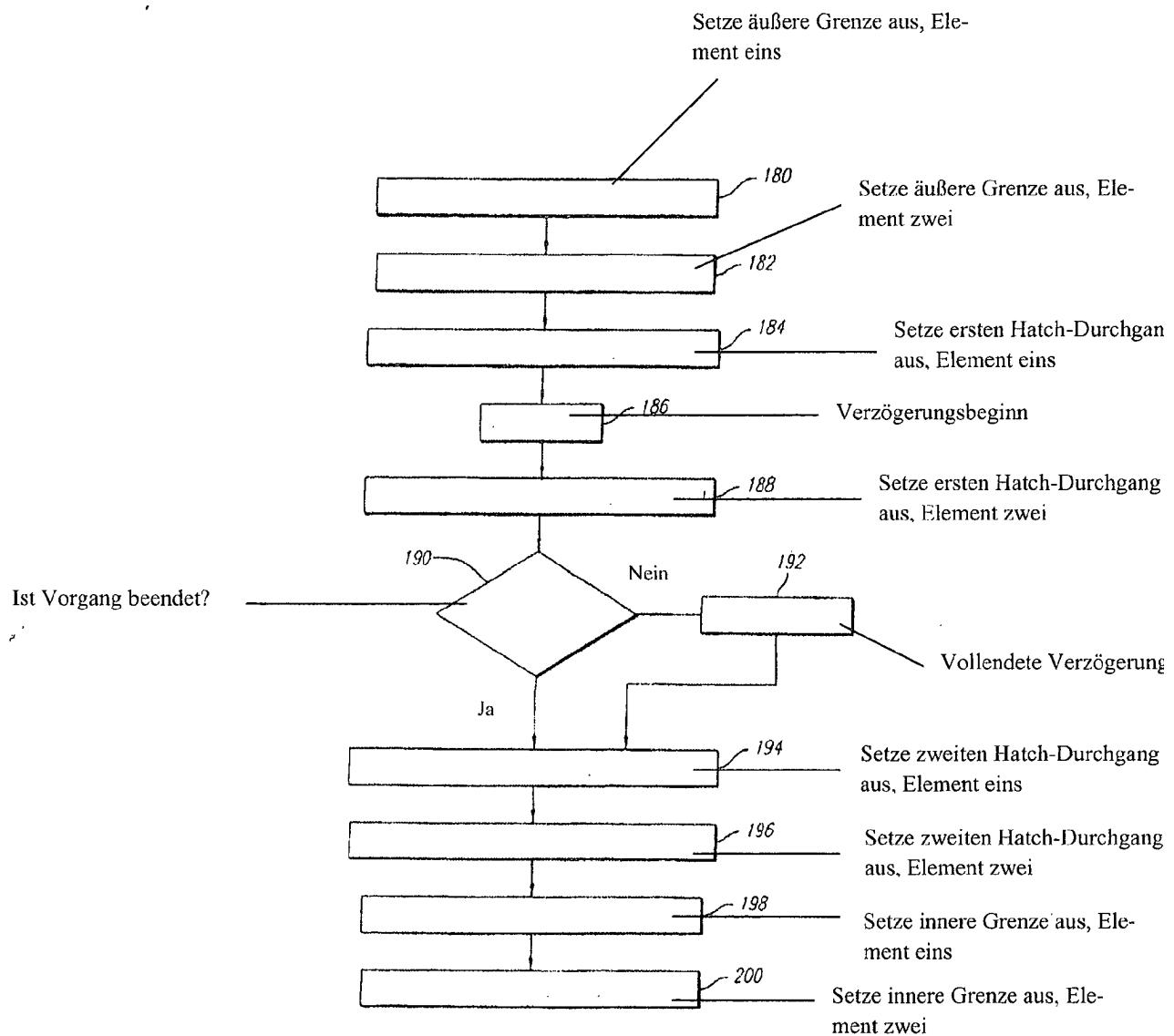


FIG. 6

FIG. 7a

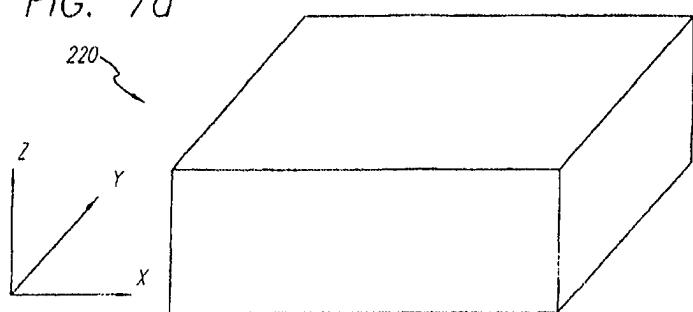


FIG. 7b

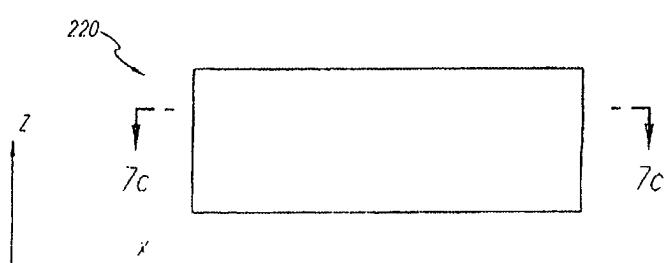


FIG. 7c

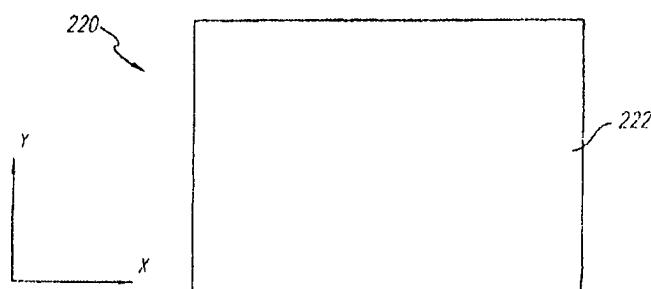


FIG. 7d

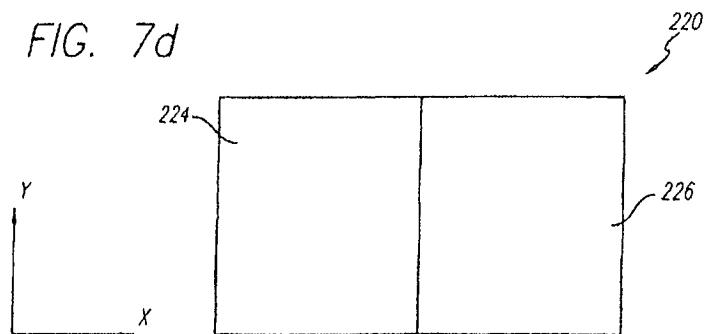


FIG. 8a

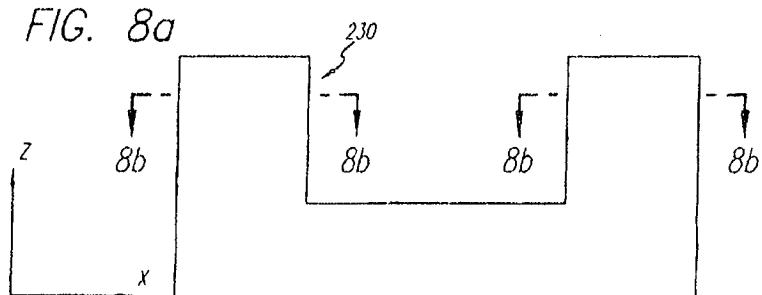
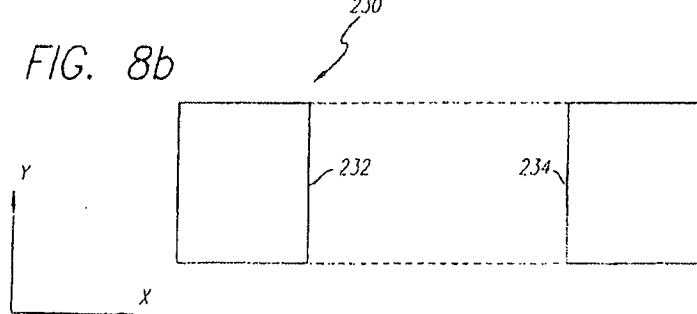


FIG. 8b



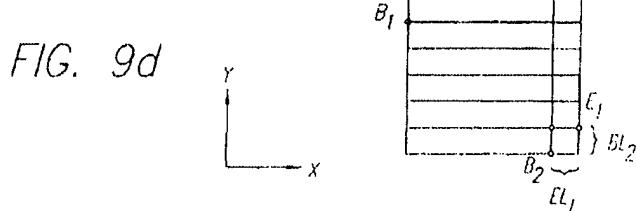
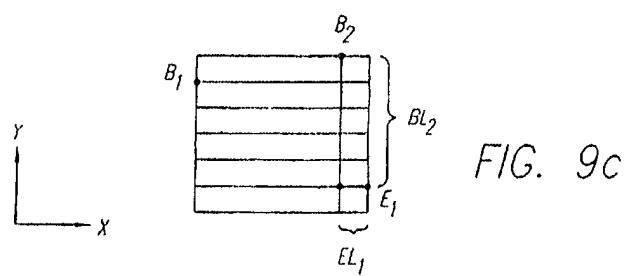
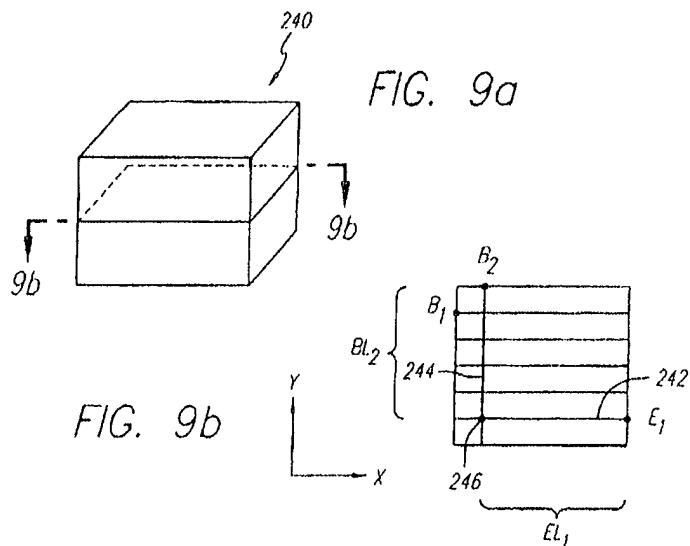


FIG. 10a

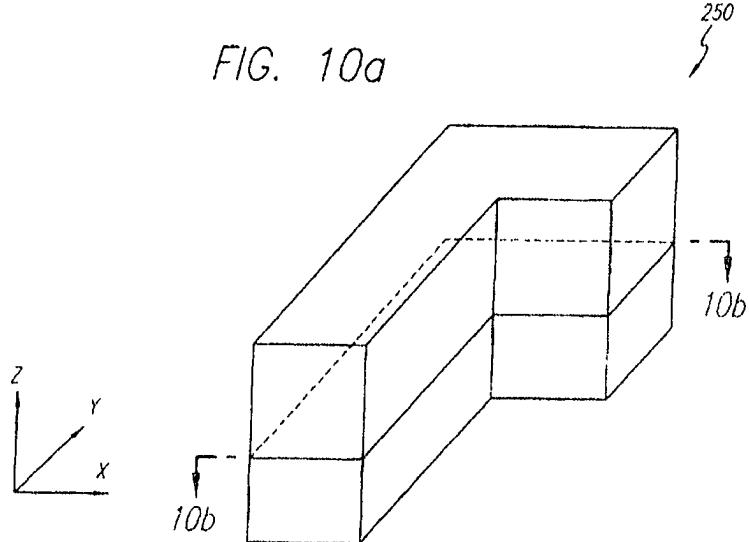


FIG. 10b

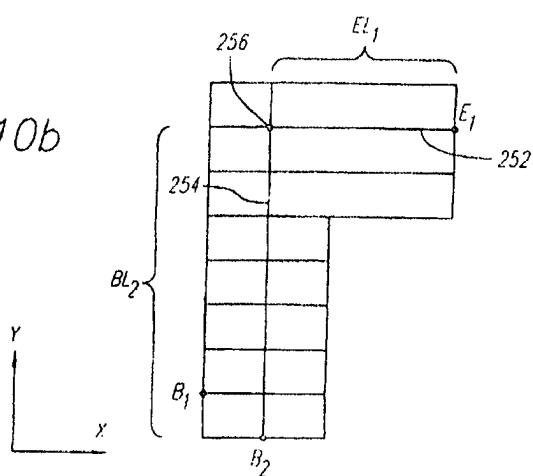


FIG. 10c

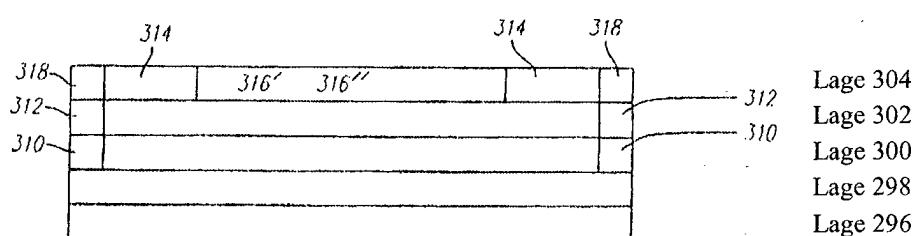
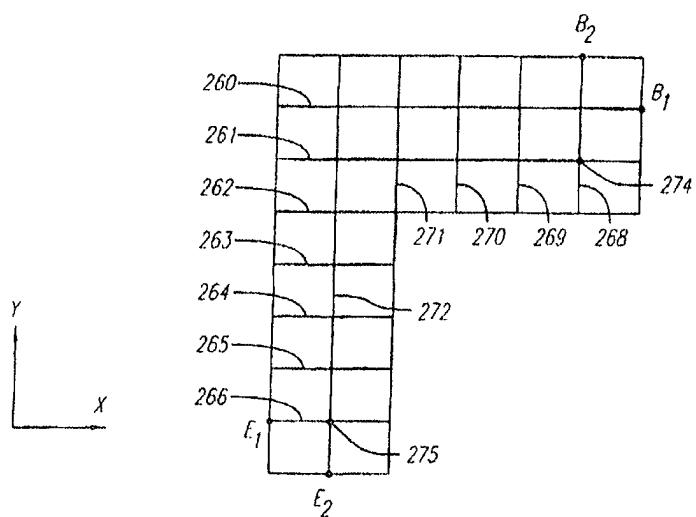


FIG. 11

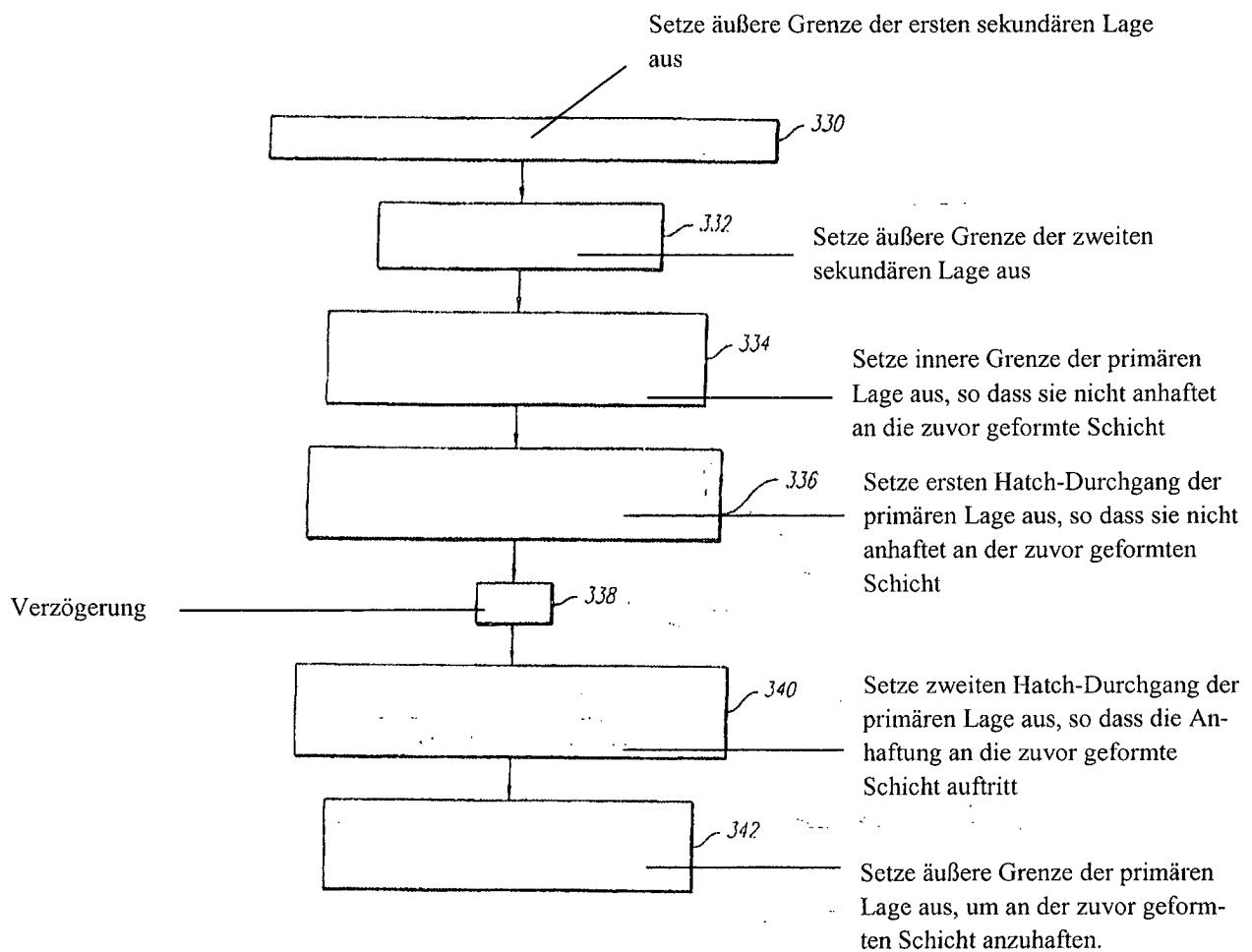


FIG. 12