



(11) **EP 3 663 429 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.06.2020 Patentblatt 2020/24

(51) Int Cl.:
C23C 2/02 (2006.01) **C23C 2/06 (2006.01)**
C23C 2/26 (2006.01) **C23C 2/30 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20151616.8**

(22) Anmeldetag: **13.03.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **BAUMGÜRTEL, Lars**
48301 Nottuln (DE)
• **PINGER, Thomas**
45721 Haltern am See (DE)

(74) Vertreter: **Strehlke, Ingo Kurt**
Von Rohr
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Rüttenscheider Straße 62
45130 Essen (DE)

(30) Priorität: **13.06.2016 DE 102016007107**
27.06.2016 DE 102016111725

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
17710526.9 / 3 445 889

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 14-01-2020 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(71) Anmelder: **Fontaine Holdings NV**
3530 Houthalen (BE)

(54) **ANLAGE FÜR DIE FEUERVERZINKUNG**

(57) Die Erfindung betrifft das technische Gebiet der Verzinkung von eisenbasierten bzw. eisenhaltigen Bauteilen, insbesondere stahlbasierten bzw. stahlhaltigen Bauteilen (Stahlbauteilen), vorzugsweise für die Automobil- bzw. Kraftfahrzeugindustrie, aber auch für andere technische Anwendungsgebiete (z. B. für die Bauindus-

trie, den Bereich des allgemeinen Maschinenbaus, die Elektroindustrie etc.), mittels Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung). Insbesondere betrifft die Erfindung eine Anlage zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung).

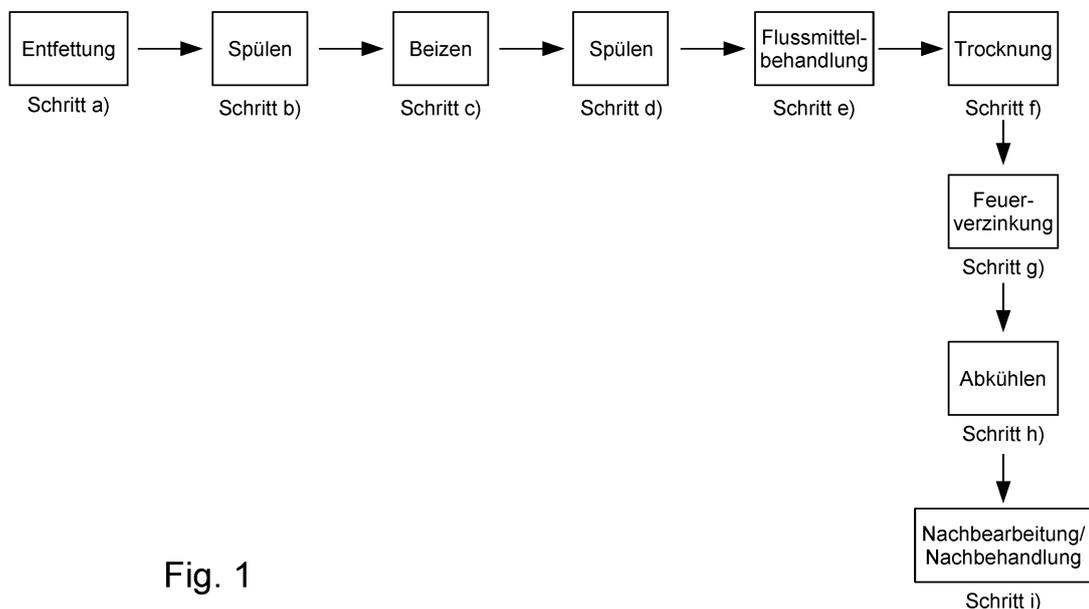


Fig. 1

EP 3 663 429 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Verzinkung von eisenbasierten bzw. eisenhaltigen Bauteilen, insbesondere stahlbasierten bzw. stahlhaltigen Bauteilen (Stahlbauteilen), vorzugsweise für die Automobil- bzw. Kraftfahrzeugindustrie, aber auch für andere technische Anwendungsgebiete (z. B. für die Bauindustrie, den Bereich des allgemeinen Maschinenbaus, die Elektroindustrie etc.), mittels Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung).

[0002] Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) sowie eine diesbezügliche Anlage und darüber hinaus ein in diesem Zusammenhang verwendbares Flussmittel und Flussmittelbad sowie deren jeweilige Verwendung und darüber hinaus die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. in der erfindungsgemäßen Anlage erhältlichen Produkte (d. h. feuerverzinkte Eisen- bzw. Stahlbauteile).

[0003] Metallische Bauteile jeglicher Art aus eisenhaltigem Material, insbesondere Bauteile aus Stahl, erfordern anwendungsbedingt oftmals einen effizienten Schutz vor Korrosion. Insbesondere Bauteile aus Stahl für Kraftfahrzeuge (Kfz), wie z. B. Pkw, Lkw, Nutzfahrzeuge etc., aber auch für andere technische Bereiche (z. B. Bauindustrie, Maschinenbau, Elektroindustrie etc.), erfordern einen effizienten Korrosionsschutz, welcher auch Langzeitbelastungen standhält.

[0004] In diesem Zusammenhang ist es bekannt, stahlbasierte Bauteile mittels Verzinkung (Verzinken) gegenüber Korrosion zu schützen. Beim Verzinken wird der Stahl mit einer im Allgemeinen dünnen Zinkschicht versehen, um den Stahl vor Korrosion zu schützen. Dabei können verschiedene Verzinkungsverfahren eingesetzt werden, um Bauteile aus Stahl zu verzinken, d. h. mit einem metallischen Überzug aus Zink zu überziehen, wobei insbesondere die Feuerverzinkung (synonym auch als Schmelztauchverzinkung bezeichnet), die Spritzverzinkung (Flammspritzen mit Zinkdraht), die Diffusionsverzinkung (Sherard-Verzinkung), die galvanische Verzinkung (elektrolytische Verzinkung), die nicht-elektrolytische Verzinkung mittels Zinklamellenüberzügen sowie die mechanische Verzinkung zu nennen sind. Zwischen den vorgenannten Verzinkungsverfahren bestehen große Unterschiede, insbesondere im Hinblick auf die Verfahrensdurchführung, aber auch im Hinblick auf die Beschaffenheit und Eigenschaften der erzeugten Zinkschichten bzw. Zinküberzüge.

[0005] Das wohl wichtigste Verfahren zum Korrosionsschutz von Stahl durch metallische Zinküberzüge ist die Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung). Dabei wird Stahl kontinuierlich (z. B. Band und Draht) oder stückweise (z. B. Bauteile) bei Temperaturen von etwa 450 °C bis 600 °C in einen beheizten Kessel mit flüssigem Zink getaucht (Schmelzpunkt von Zink: 419,5 °C), so dass sich auf der Stahloberfläche eine widerstandsfähige Legierungsschicht aus Eisen und Zink und darüber eine sehr fest haftende reine Zinkschicht ausbilden.

[0006] Die Feuerverzinkung ist somit eine seit vielen Jahren anerkannte und bewährte Methode, um Bauteile bzw. Komponenten aus Eisenwerkstoffen, insbesondere Stahlwerkstoffen, vor Korrosion zu schützen. Wie zuvor geschildert, wird hierbei das typischerweise vorgereinigte bzw. vorbehandelte Bauteil in ein flüssig-heißes Zinkbad eingetaucht, wobei es zur Reaktion mit der Zinkschmelze und, daraus resultierend, zur Ausbildung einer relativ dünnen, metallurgisch mit dem Grundwerkstoff verbundenen Zinkschicht kommt.

[0007] Bei der Feuerverzinkung wird zwischen diskontinuierlicher Stückverzinkung (vgl. z. B. DIN EN ISO 1461) und kontinuierlicher Band- und Drahtverzinkung (vgl. z. B. DIN EN 10143 und DIN EN 10346) unterschieden. Sowohl das Stückverzinken als auch das Band- und Drahtverzinken sind genormte bzw. standardisierte Verfahren. Kontinuierlich verzinktes Stahlband und kontinuierlich verzinkter Draht sind jeweils ein Vor- bzw. Zwischenprodukt (Halbzeug), welches nach dem Verzinken, insbesondere durch Umformen, Stanzen, Zuschneiden etc., weiterverarbeitet wird, wohingegen durch Stückverzinken zu schützende Bauteile zuerst vollständig gefertigt und erst danach feuerverzinkt werden (wodurch die Bauteile rundum vor Korrosion geschützt werden). Stückverzinken und Band-/Drahtverzinken unterscheiden sich zudem hinsichtlich der Zinkschichtdicke, wodurch sich - auch in Abhängigkeit der Zinkschicht - unterschiedliche Schutzdauern ergeben. Die Zinkschichtdicke von bandverzinkten Blechen liegt zumeist bei höchstens 20 bis 25 Mikrometern, wohingegen die Zinkschichtdicken von stückverzinkten Stahlteilen üblicherweise im Bereich von 50 bis 200 Mikrometern und sogar mehr liegen.

[0008] Die Feuerverzinkung liefert sowohl einen aktiven als auch passiven Korrosionsschutz. Der passive Schutz erfolgt durch die Barrierewirkung des Zinküberzuges. Der aktive Korrosionsschutz entsteht aufgrund der kathodischen Wirkung des Zinküberzuges. Gegenüber edleren Metallen der elektrochemischen Spannungsreihe, wie z. B. Eisen, dient Zink als Opferanode, die das darunter liegende Eisen solange vor Korrosion schützt, bis sie selbst vollständig korrodiert ist.

[0009] Bei der sogenannten Stückverzinkung nach DIN EN ISO 1461 erfolgt das Feuerverzinken von meist größeren Stahlbauteilen und -konstruktionen. Dabei werden stahlbasierte Rohlinge oder fertige Werkstücke (Bauteile) nach einer Vorbehandlung in das Zinkschmelzbad eingetaucht. Durch das Tauchen können insbesondere auch Innenflächen, Schweißnähte und schwer zugängliche Stellen der zu verzinkenden Werkstücke bzw. Bauteile gut erreicht werden.

[0010] Die konventionelle Feuerverzinkung, insbesondere Tauchverzinkung, basiert insbesondere auf dem Tauchen von Eisen- bzw. Stahlbauteilen in eine Zinkschmelze unter Ausbildung einer Zinkbeschichtung bzw. eines Zinküberzugs auf der Oberfläche der Bauteile. Zur Sicherstellung des Haftvermögens, der Geschlossenheit und der Einheitlichkeit des Zinküberzuges ist vorab im Allgemeinen eine sorgfältige Oberflächenvorbereitung der zu verzinkenden Bauteile

erforderlich, welche üblicherweise eine Entfettung mit nachfolgendem Spülvorgang, eine sich anschließende saure Beizung mit nachfolgendem Spülvorgang und schließlich eine Flussmittelbehandlung (d. h. ein sogenanntes Fluxen) mit nachfolgendem Trocknungsvorgang umfasst.

[0011] Aus Gründen der Prozessökonomie und der Wirtschaftlichkeit werden bei der Stückverzinkung identischer oder gleichartiger Bauteile (z. B. Serienproduktion von Kfz-Bauteilen) diese typischerweise für den gesamten Prozess zusammengeführt bzw. gruppiert (insbesondere mittels eines gemeinsamen, beispielsweise als Traverse oder Gestell ausgebildeten Warenträgers oder einer gemeinsamen Halte- bzw. Befestigungsvorrichtung für eine Vielzahl dieser identischen bzw. gleichartigen Bauteile). Hierzu werden eine Mehrzahl von Bauteilen am Warenträger über Haltemittel, wie z. B. Anschlagmittel, Anbindedrähte oder dergleichen befestigt. Anschließend werden die Bauteile im gruppierten Zustand über den Warenträger den einzelnen Behandlungsschritten bzw. -stufen der Feuerverzinkung zugeführt.

[0012] Der typische Verfahrensablauf beim konventionellen Stückverzinken mittels Feuerverzinkung gestaltet sich üblicherweise wie folgt:

Zunächst werden die Bauteiloberflächen der betreffenden Bauteile einer Entfettung unterzogen, um Rückstände von Fetten und Ölen zu entfernen, wobei als Entfettungsmittel üblicherweise wässrige alkalische oder saure Entfettungsmittel zur Anwendung kommen können. Nach der Reinigung im Entfettungsbad schließt sich üblicherweise ein Spülvorgang an, typischerweise durch Eintauchen in ein Wasserbad, um ein Verschleppen von Entfettungsmitteln mit dem Verzinkungsgut in den nachfolgenden Prozessschritt des Beizens zu vermeiden, wobei dies insbesondere bei einem Wechsel von alkalischer Entfettung auf eine saure Beize von hoher Bedeutung ist.

[0013] Anschließend erfolgt eine Beizbehandlung (Beizen), welche insbesondere zur Entfernung von arteigenen Verunreinigungen, wie z. B. Rost und Zunder, von der Stahloberfläche dient. Das Beizen erfolgt üblicherweise in verdünnter Salzsäure, wobei die Dauer des Beizvorgangs unter anderem vom Verunreinigungsgrad (z. B. Verrostungsgrad) des Verzinkungsgutes und der Säurekonzentration und Temperatur des Beizbades abhängig ist. Zur Vermeidung bzw. Minimierung von Verschleppungen von Säure- und/oder Salzresten mit dem Verzinkungsgut erfolgt nach der Beizbehandlung üblicherweise ein Spülvorgang (Spülschritt).

[0014] Nachfolgend erfolgt dann das sogenannte Fluxen (synonym auch als Flussmittelbehandlung bezeichnet), wobei die zuvor entfettete und gebeizte Stahloberfläche mit einem sogenannten Flussmittel, welches typischerweise eine wässrige Lösung von anorganischen Chloriden, am häufigsten mit einer Mischung aus Zinkchlorid ($ZnCl_2$) und Ammoniumchlorid (NH_4Cl), umfasst. Einerseits ist es Aufgabe des Flussmittels, vor der Reaktion der Stahloberfläche mit dem schmelzflüssigen Zink eine letzte intensive Feinstreinigung der Stahloberfläche vorzunehmen und die Oxidhaut der Zinkoberfläche aufzulösen sowie eine erneute Oxidation der Stahloberfläche bis zum Verzinkungsvorgang zu verhindern. Andererseits soll das Flussmittel die Benetzungsfähigkeit zwischen der Stahloberfläche und dem schmelzflüssigen Zink erhöhen. Nach der Flussmittelbehandlung erfolgt dann üblicherweise eine Trocknung, um einen festen Flussmittelfilm auf der Stahloberfläche zu erzeugen und anhaftendes Wasser zu entfernen, so dass nachfolgend unerwünschte Reaktionen (insbesondere die Bildung von Wasserdampf) im flüssigen Zinktauchbad vermieden werden.

[0015] Die auf die vorgenannte Weise vorbehandelten Bauteile werden dann durch Eintauchen in die flüssige Zinkschmelze feuerverzinkt. Bei der Feuerverzinkung mit reinem Zink liegt der Zinkgehalt der Schmelze gemäß DIN EN ISO 1461 bei mindestens 98,0 Gew.-%. Nach dem Eintauchen des Verzinkungsgutes in das geschmolzene Zink verbleibt dieses für eine ausreichende Zeitdauer im Zinkschmelzbad, insbesondere bis das Verzinkungsgut dessen Temperatur angenommen hat und mit einer Zinkschicht überzogen ist. Typischerweise wird die Oberfläche der Zinkschmelze insbesondere von Oxiden, Zinkasche, Flussmittelresten und dergleichen gereinigt, bevor dann das Verzinkungsgut wieder aus der Zinkschmelze herausgezogen wird. Das auf diese Weise feuerverzinkte Bauteil wird dann einem Abkühlvorgang (z. B. an der Luft oder in einem Wasserbad) unterzogen. Abschließend werden gegebenenfalls vorhandene Haltemittel für das Bauteil, wie z. B. Anschlagmittel, Anbindedrähte oder dergleichen, entfernt.

[0016] Im Anschluss an den Verzinkungsprozess kann üblicherweise eine zum Teil aufwendige Nachbearbeitung oder Nachbehandlung erfolgen. Dabei werden z. B. überschüssige Zinkbadrückstände, insbesondere sogenannte Tropfnasen des an den Kanten erstarrenden Zinks sowie Oxid- oder Ascherückstände, welche an dem Bauteil anhaften, so weit wie möglich entfernt.

[0017] Ein Kriterium für die Güte einer Feuerverzinkung ist die Dicke des Zinküberzuges in μm (Mikrometern). In der Norm DIN EN ISO 1461 sind die Mindestwerte der geforderten Überzugsdicken angegeben, wie sie je nach Materialdicke beim Stückverzinken zu liefern sind. In der Praxis liegen die Schichtdicken deutlich über den in der DIN EN ISO 1461 angegebenen Mindestschichtdicken. Im Allgemeinen haben durch Stückverzinken hergestellte Zinküberzüge eine Dicke im Bereich von 50 bis 200 Mikrometern und sogar mehr.

[0018] Beim Verzinkungsvorgang bildet sich als Folge einer wechselseitigen Diffusion des flüssigen Zinks mit der Stahloberfläche auf dem Stahlteil ein Überzug verschiedenartig zusammengesetzter Eisen/Zink-Legierungsschichten. Beim Herausziehen der feuerverzinkten Gegenstände bleibt auf der obersten Legierungsschicht noch eine - auch als Reinzinkschicht bezeichnete - Schicht aus Zink haften, welche in ihrer Zusammensetzung der Zinkschmelze entspricht. Wegen der hohen Temperaturen beim Schmelztauchen bildet sich auf der Stahloberfläche somit zunächst eine relativ spröde Schicht auf Basis einer Legierung (Mischkristalle) zwischen Eisen und Zink aus und darüber erst die reine

Zinkschicht. Die relativ spröde Eisen/Zink-Legierungsschicht verbessert zwar die Haftfestigkeit mit dem Grundmaterial, erschwert aber die Umformbarkeit des verzinkten Stahls. Höhere Siliziumgehalte im Stahl, wie sie insbesondere zur sogenannten Beruhigung des Stahls während dessen Herstellung eingesetzt werden, führen zu einer erhöhten Reaktivität zwischen der Zinkschmelze und dem Grundmaterial und infolgedessen zu einem starken Wachstum der Eisen/Zink-Legierungsschicht. Auf diese Weise kommt es zur Bildung von relativ großen Gesamtschichtdicken. Hierdurch wird zwar eine sehr lange Korrosionsschutzdauer ermöglicht, es erhöht sich jedoch auch mit zunehmender Zinkschichtdicke die Gefahr, dass die Schicht unter mechanischer Belastung, insbesondere lokalen schlagartigen Einwirkungen, abplatzt und die Korrosionsschutzwirkung hierdurch gestört wird.

[0019] Um dem zuvor geschilderten Problem des Auftretens der schnell aufwachsenden, spröden und dicken Eisen/Zink-Legierungsschicht entgegenzuwirken und auch geringere Schichtdicken mit gleichzeitig hohem Korrosionsschutz bei der Verzinkung zu ermöglichen, ist es aus dem Stand der Technik bekannt, der Zinkschmelze bzw. dem flüssigen Zinkbad zusätzlich Aluminium zuzusetzen. Beispielsweise wird durch eine Zugabe von 5 Gew.-% Aluminium zu einer flüssigen Zinkschmelze eine Zink/Aluminium-Legierung mit einer niedrigeren Schmelztemperatur gegenüber reinem Zink erzeugt. Durch die Verwendung einer Zink/Aluminium-Schmelze (Zn/Al-Schmelze) bzw. eines flüssigen Zink/Aluminium-Bades (Zn/Al-Bad) lassen sich einerseits deutlich geringere Schichtdicken für einen verlässlichen Korrosionsschutz realisieren (im Allgemeinen unterhalb von 50 Mikrometern); andererseits unterbleibt die Ausbildung der spröden Eisen/Zinn-Legierungsschicht, da das Aluminium - ohne sich auf eine bestimmte Theorie festzulegen - sozusagen zunächst eine Sperrschicht auf der Stahloberfläche des betreffenden Bauteils ausbildet, auf welche dann die eigentliche Zinkschicht abgeschieden wird.

[0020] Mit einer Zink/Aluminium-Schmelze feuerverzinkte Bauteile lassen sich daher problemlos umformen, weisen aber dennoch - trotz der signifikant geringeren Schichtdicke im Vergleich zu einer konventionellen Feuerverzinkung mit einer quasi aluminiumfreien Zinkschmelze - verbesserte Korrosionsschutzeigenschaften auf.

[0021] Eine im Feuerverzinkungsbad eingesetzte Zink/Aluminium-Legierung weist gegenüber Reinzink verbesserte Fluiditätseigenschaften auf. Außerdem weisen Zinküberzüge, welche mittels unter Verwendung derartiger Zink/Aluminium-Legierungen durchgeführter Feuerverzinkungen erzeugt sind, eine größere Korrosionsbeständigkeit (welche zweibis sechsmal besser ist als die von Reinzink), eine bessere Optik, eine verbesserte Formbarkeit und eine bessere Lackierbarkeit auf als aus Reinzink gebildete Zinküberzüge. Überdies lassen sich mit dieser Technologie auch bleifreie Zinküberzüge herstellen.

[0022] Ein solches Feuerverzinkungsverfahren unter Verwendung einer Zink/Aluminium-Schmelze bzw. unter Verwendung einer Zink/Aluminium-Feuerverzinkungsbades ist beispielsweise bekannt aus der WO 2002/042512 A1 und den betreffenden Druckschriftäquivalenten zu dieser Patentfamilie (z. B. EP 1 352 100 B1, DE 601 24 767 T2 und US 2003/0219543 A1). Dort werden auch geeignete Flussmittel für die Feuerverzinkung mittels Zink/Aluminium-Schmelzbädern offenbart, da Flussmittelzusammensetzungen für Zink/Aluminium-Feuerverzinkungsbäder anders beschaffen sein müssen als solche für die konventionelle Feuerverzinkung mit Reinzink. Mit dem dort offenbarten Verfahren lassen sich Korrosionsschutzüberzüge mit sehr geringen Schichtdicken (im Allgemeinen deutlich unterhalb von 50 Mikrometern und typischerweise im Bereich von 2 bis 20 Mikrometern) und mit sehr geringem Gewicht bei hoher Kosteneffizienz erzeugen, weshalb das dort beschriebene Verfahren kommerziell unter der Bezeichnung microZINQ®-Verfahren angewendet wird.

[0023] Allerdings verwenden Feuerverzinkungsverfahren des Standes der Technik, welche unter Verwendung einer Zink/Aluminium-Schmelze bzw. unter Verwendung eines Zink/Aluminium-Feuerverzinkungsbades arbeiten (wie z. B. WO 2002/042512 A1) Flussmittel mit signifikanten Mengen an Bleichlorid, um eine gute Benetzbarkeit in Bezug auf die Flussmittelbehandlung zu ermöglichen, sowie an Nickelchlorid, um eine gute Temperaturbeständigkeit des Flussmittels zu bewirken, sowie gegebenenfalls auch an anderen Übergangs- oder Schwermetallchloriden zur Erzielung weiterer gewünschter Eigenschaften. Auch erfolgt die Einstellung des pH-Werts des Flussmittelbades im Allgemeinen bei den Feuerverzinkungsverfahren des Standes der Technik mit Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure), was unter Umständen eine unerwünschte Wasserstoffversprödung des zu behandelnden Metallsubstrats begünstigen kann.

[0024] Im Hinblick auf die Ausbildung der Zinkschicht und deren Eigenschaften hat sich also gezeigt, dass diese über Legierungselemente in der Zinkschmelze maßgeblich beeinflusst werden können. Als eines der wichtigsten Elemente ist hierbei Aluminium zu nennen: So hat sich gezeigt, dass bereits mit einem Aluminiumgehalt in der Zinkschmelze von 100 ppm (gewichtsbasiert) die Optik der entstehenden Zinkschicht hin zu einem helleren, glänzenderen Aussehen verbessert werden kann. Mit zunehmendem Aluminiumgehalt in der Zinkschmelze bis 1.000 ppm (gewichtsbasiert) nimmt dieser Effekt stetig zu. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass sich - wie zuvor bereits geschildert - ab einem Aluminiumgehalt in der Zinkschmelze von 0,12 Gew.-% eine intermetallische Fe/Al-Phase zwischen dem Eisenwerkstoff und der Zinkschicht bildet, welche dazu führt, dass die sonst üblichen Diffusionsprozesse zwischen Eisen und Zinkschmelze inhibiert werden und somit das Aufwachsen der Zn/Fe-Phasen signifikant verringert wird; als Folge hiervon resultieren deshalb ab diesem Aluminiumgehalt in der Zinkschmelze wesentlich dünnere Zinkschichten. Schließlich hat sich gezeigt, dass grundsätzlich mit zunehmendem Aluminiumgehalt in der Zinkschmelze die Korrosionsschutzwirkung der resultierenden Zinkschicht zunimmt; Grundlage hierfür ist, dass die Al/Zn-Verbindungen schneller deutlich stabilere

Deckschichten bilden.

[0025] Bekannte Beispiele für die kommerzielle Verwendung von aluminiumhaltigen Zinkschmelzen sind das sogenannte Galfan®-Verfahren und das vorgenannte microZINQ®-Verfahren mit einem Aluminiumgehalt in der Zinkschmelze typischerweise im Bereich von 4,2 Gew.-% bis 6,2 Gew.-%. Der Vorteil dieser Legierung liegt unter anderem darin, dass um den Mittelwert von 5 Gew.-% eine eutektische Zusammensetzung des Al/Zn-Systems mit einem Schmelzpunkt von 382 °C vorliegt, wodurch eine Verringerung der Betriebstemperatur im Verzinkungsprozess ermöglicht wird.

[0026] Nachteilig bei der Verwendung von aluminiumlegierten bzw. aluminiumhaltigen Zinkschmelzen (Zn/Al-Schmelzen) ist jedoch die deutlich schwierigere Benetzbarkeit der zu verzinkenden Eisen- bzw. Stahloberfläche mit der flüssig-heißen Zn/Al-Schmelze und die deutlich sensiblere bzw. diffiziler zu handhabende Reaktion zwischen der Zn/Al-Schmelze und der Eisen- bzw. Stahloberfläche des zu behandelnden Bauteils infolge der hohen Affinität des Aluminiums zum Eisen. Dies führt zu der Notwendigkeit, dass - im Vergleich zu einem Prozessablauf bei Verwendung einer reinen Zinkschmelze - erheblich höhere Anforderungen an die Sauberkeit der Stahloberfläche nach den Reinigungsschritten und vor dem Eintauchen in die Zn/Al-Schmelze gestellt werden. Zudem sind die Verwendung eines geeigneten Flussmittels sowie eine Vorwärmung des Verzinkungsgutes erforderlich, damit die Reaktion zwischen Schmelze und Grundwerkstoff und, damit einhergehend, die Ausbildung eines homogenen, geschlossenen Zinküberzuges ablaufen kann.

[0027] Auch sind im allgemeinen bei der Verwendung von aluminiumlegierten bzw. aluminiumhaltigen Zinkschmelzen (Zn/Al-Schmelzen) spezielle Flussmittel für die Flussmittelbehandlung (Fluxbehandlung) erforderlich, welche oftmals nicht immer ökologisch kompatibel bzw. unerwünschte Schwermetallverbindungen (üblicherweise Schwermetallchloride) enthalten, insbesondere Blei- und/oder Nickelchlorid, gegebenenfalls aber auch Cobalt-, Mangan-, Zinn-, Antimon- und/oder Bismutchlorid, welche erforderlich sind, um nachfolgend eine einwandfreie Feuerverzinkung zu gewährleisten, insbesondere ohne Fehlstellen auf den verzinkten Bauteilen. Bei diesen speziell für die Feuerverzinkung mit aluminiumlegierten bzw. aluminiumhaltigen Zinkschmelzen (Zn/Al-Schmelzen) konzipierten Flussmitteln soll das Bleichlorid insbesondere die Oberflächenspannung reduzieren und auf diese Weise die Benetzbarkeit der zu behandelnden Bauteiloberfläche mit der flüssigen Zn/Al-Schmelze verbessern, während das Nickelchlorid die Temperaturbeständigkeit des Flussmittels insbesondere im Hinblick auf die der Flussmittelbehandlung üblicherweise nachgeschalteten Trocknung verbessern soll.

[0028] Dennoch verbleibt bei der Verwendung von aluminiumlegierten bzw. aluminiumhaltigen Zinkschmelzen (Zn/Al-Schmelzen) nach dem Stand der Technik, insbesondere bei Einsatz der aus dem Stand der Technik bekannten Flussmittel, eine hohe Sensibilität gegenüber artfremden Verunreinigungen, wie z. B. Fetten und Ölen, welche in den vorgeschalteten Reinigungsstufen entweder nicht gelöst werden oder aus einer Verschleppung durch die Reinigungsstufen hindurch trotz Spülprozessen herrühren. Denn in den dem eigentlichen Verzinkungsvorgang vorlaufenden Vorbehandlungsschritten ist die vollständige Entfernung aller artfremden und arteigenen Verunreinigungen (wie z. B. Fetten und Ölen, Keimen, Oxidationsrückständen etc.) von der Stahloberfläche erforderlich, wobei hierfür üblicherweise mehrere alkalische Entfettungsbäder sowie saure Beizbäder durchlaufen werden, wobei in den den jeweiligen Entfettungs- und Reinigungsbädern nachgeschalteten, üblicherweise mehrfachen Spülstufen die alkalischen bzw. sauren Medien abgespült werden, um eine Verschleppung in den jeweils folgenden Prozessschritt zu vermeiden. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass es unter den Gegebenheiten des Verzinkungsprozesses, insbesondere mit großen Volumina der Vorbehandlungsbäder, hohen Durchsätzen verschiedenster zu verzinkender Bauteile mit teils sehr hoher Varianz an vorliegenden Oberflächenzuständen im Anlieferungszustand etc., gerade bei der Verwendung von aluminiumlegierten bzw. aluminiumhaltigen Zinkschmelzen (Zn/Al-Schmelzen) nach dem Stand der Technik immer wieder zu Fehlstellen auf dem Verzinkungsgut kommt, welche typischerweise auf eine unzureichende Reinigung gegebenenfalls in Verbindung mit einer nur unzureichend wirksamen Flussmittelbehandlung zurückzuführen sind.

[0029] Das der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problem besteht daher in der Bereitstellung eines Verfahrens zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung), insbesondere von eisenbasierten bzw. eisenhaltigen Bauteilen, vorzugsweise stahlbasierten bzw. stahlhaltigen Bauteilen (Stahlbauteilen), unter Verwendung einer aluminiumhaltigen bzw. aluminiumlegierten Zinkschmelze sowie einer betreffenden Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens und darüber hinaus eines im Rahmen des Verfahrens einsetzbaren Flussmittels bzw. Flussmittelbades, wobei die zuvor geschilderten Nachteile des Standes der Technik zumindest weitestgehend vermieden oder aber wenigstens abgeschwächt werden sollen.

[0030] Insbesondere soll ein solches Verfahren bzw. eine solche Anlage bzw. ein solches Flussmittel(bad) bereitgestellt werden, welche(s) gegenüber herkömmlichen, unter Verwendung einer aluminiumhaltigen bzw. aluminiumlegierten Zinkschmelzen betriebenen Feuerverzinkungsverfahren bzw. -anlagen bzw. Flussmittel(bäder)n eine verbesserte Prozessökonomie und/oder einen effizienteren, insbesondere flexibleren und/oder zuverlässigeren, insbesondere weniger fehleranfälligen Prozessablauf und/oder eine verbesserte ökologische Kompatibilität ermöglicht.

[0031] Insbesondere soll ein solches Verfahren bzw. eine solche Anlage bzw. ein solches Flussmittel(bad) ohne den Einsatz signifikanter Mengen an Schwermetallverbindungen, insbesondere Schwermetallchloriden, wie insbesondere Blei- und/oder Nickelchlorid, aber gegebenenfalls auch anderen Schwermetallchloriden, wie Cobalt-, Mangan-, Zinn-, Antimon- und/oder Bismutchlorid, im Rahmen der Flussmittelbehandlung auskommen und damit eine verbesserte öko-

logische Kompatibilität aufweisen, aber dennoch zuverlässig gewährleisten, dass eine effiziente und fehlerfreie Verzinkung der behandelten Bauteile erfolgt.

[0032] Zur Lösung des zuvor geschilderten Problems schlägt die vorliegende Erfindung - gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ein Verfahren zur Feuerverzinkung gemäß Anspruch 1 vor; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der diesbezüglichen Verfahrensunteransprüche.

[0033] Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung - gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung - eine Anlage zur Feuerverzinkung gemäß dem diesbezüglichen unabhängigen Anlageanspruch; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Anlage sind Gegenstand der diesbezüglichen Anlageunteransprüche.

[0034] Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung - gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ein Flussmittelbad zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren) gemäß dem unabhängigen Flussmittelbadanspruch; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Flussmittelbades sind Gegenstand des diesbezüglichen Unteranspruchs.

[0035] Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung - gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung - eine Flussmittelzusammensetzung zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren) gemäß dem unabhängigen Flussmittelzusammensetzungsanspruch; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Flussmittelzusammensetzung sind Gegenstand des diesbezüglichen Unteranspruchs.

[0036] Ebenfalls betrifft die vorliegende Erfindung - gemäß einem fünften bzw. sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung - die Verwendung des erfindungsgemäßen Flussmittelbades bzw. der erfindungsgemäßen Flussmittelzusammensetzung gemäß dem unabhängigen Verwendungsanspruch; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Verwendung sind Gegenstand des diesbezüglichen Unteranspruchs.

[0037] Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung - gemäß einem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. in der erfindungsgemäßen Anlage erhältlich feuerverzinktes (schmelztauchverzinktes) Eisen- oder Stahlbauteil gemäß dem diesbezüglichen unabhängigen Anspruch (Produktanspruch bzw. product-by-process-Anspruch); weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Erfindungsaspekts sind Gegenstand der diesbezüglichen Unteransprüche.

[0038] Es versteht sich bei den nachfolgenden Ausführungen von selbst, dass Ausgestaltungen, Ausführungsformen, Vorteile und dergleichen, welche nachfolgend zu Zwecken der Vermeidung von Wiederholungen nur zu einem Erfindungsaspekt ausgeführt sind, selbstverständlich auch in Bezug auf die übrigen Erfindungsaspekte entsprechend gelten, ohne dass dies einer gesonderten Erwähnung bedarf.

[0039] Bei allen nachstehend genannten relativen bzw. prozentualen gewichtsbezogenen Angaben, insbesondere relativen Mengen- oder Gewichtsangaben, ist weiterhin zu beachten, dass diese im Rahmen der vorliegenden Erfindung vom Fachmann derart auszuwählen sind, dass sie sich in der Summe unter Einbeziehung aller Komponenten bzw. Inhaltsstoffe, insbesondere wie nachfolgend definiert, stets zu 100 % bzw. 100 Gew.-% ergänzen bzw. addieren; dies versteht sich aber für den Fachmann von selbst.

[0040] Im Übrigen gilt, dass der Fachmann - anwendungsbezogen oder einzelfallbedingt - von den nachfolgend angeführten Bereichsangaben erforderlichenfalls abweichen kann, ohne dass er den Rahmen der vorliegenden Erfindung verlässt.

[0041] Zudem gilt, dass alle im Folgenden genannten Werte- bzw. Parameterangaben oder dergleichen grundsätzlich mit genormten bzw. standardisierten oder explizit angegebenen Bestimmungsverfahren oder andernfalls mit dem Fachmann auf diesem Gebiet an sich geläufigen Bestimmungs- bzw. Messmethoden ermittelt bzw. bestimmt werden können.

[0042] Dies vorausgeschickt, wird die vorliegende Erfindung nunmehr nachfolgend im Detail erläutert.

[0043] Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ist somit ein Verfahren zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) eines Eisen- oder Stahlbauteils, wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte in der nachfolgend aufgeführten Reihenfolge umfasst:

(a) Entfettungsbehandlung, vorzugsweise alkalische Entfettungsbehandlung, des Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Entfettungsbad; dann

(b) gegebenenfalls Spülen des in Verfahrensschritt (a) entfetteten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Spülbad; dann

(c) Beizbehandlung, vorzugsweise saure Beizbehandlung, des in Verfahrensschritt (a) entfetteten und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (b) gespülten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Beizbad; dann

(d) gegebenenfalls Spülen des in Verfahrensschritt (c) gebeizten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Spülbad; dann

(e) Flussmittelbehandlung des in Verfahrensschritt (c) gebeizten und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (d) gespülten Eisen- oder Stahlbauteils mittels einer Flussmittelzusammensetzung in einem Flussmittelbad, wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid (ZnCl_2), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid (AlCl_3) und/oder Silberchlorid (AgCl), vorzugsweise Aluminiumchlorid (AlCl_3), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2) und Nickelchlorid (NiCl_2) ausgebildet ist; dann

(f) gegebenenfalls Trocknungsbehandlung des in Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung unterzogenen Eisen- oder Stahlbauteils; dann

(g) Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) des in Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung unterzogenen und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (f) getrockneten Eisen- oder Stahlbauteils in einer aluminiumhaltigen, insbesondere aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere in einem die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltenden Verzinkungsbad, vorzugsweise durch Tauchen des Eisen- oder Stahlbauteils in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze und/oder in das Verzinkungsbad.

[0044] Wie nachfolgend ausgeführt, ist die vorliegende Erfindung mit einer Vielzahl von vollkommen unerwarteten Vorteilen, Besonderheiten und überraschenden technischen Effekten verbunden, deren nachfolgende Schilderung keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, aber den erfinderischen Charakter der vorliegenden Erfindung veranschaulicht:

Überraschenderweise gelingt es im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Flussmittel, d. h. ein Flussmittelbad bzw. eine Flussmittelzusammensetzung, zum Einsatz zu bringen, welches selbst bei der schwierig durchzuführenden Feuerverzinkung unter Verwendung von aluminiumhaltigen bzw. aluminiumlegierten Zinkschmelzen ohne die Anwesenheit von Bleichlorid (PbCl_2) und Nickelchlorid (NiCl_2) auskommt und bevorzugt auch auf anderweitige Übergangsmetallchloride in dem Flussmittel, insbesondere in dem Flussmittelbad oder der Flussmittelzusammensetzung, verzichtet, wie insbesondere Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3), und zwar, ohne dass die Qualität der resultierenden Feuerverzinkungsschicht beeinträchtigt wird.

[0045] Ganz im Gegenteil resultieren im Rahmen der vorliegenden Erfindung von Fehlstellen vollkommen freie Feuerverzinkungsschichten, welche zudem über verbesserte Korrosionsschutzeigenschaften und im Allgemeinen auch über exzellente, wenn nicht sogar verbesserte mechanische und anderweitige Eigenschaften (z. B. optische Eigenschaften, wie Glanz) verfügen.

[0046] Wie nachfolgend ausgeführt, ist eine Besonderheit der vorliegenden Erfindung in diesem Zusammenhang darin zu sehen, dass das erfindungsgemäß verwendete Flussmittel, insbesondere die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung bzw. das erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelbad, mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid (AlCl_3) und/oder Silberchlorid (AgCl), vorzugsweise Aluminiumchlorid (AlCl_3), enthält, bevorzugt in sehr geringen Mengen, was dazu führt, dass organische und/oder anorganische Verunreinigungen (wie z. B. Schwebstoffe), welche beispielsweise aus den vorgelagerten Behandlungsschritten trotz Spülprozessen noch vorhanden sind und im Allgemeinen zur Ausbildung von Fehlstellen bei der Feuerverzinkung führen, ausgeschleust bzw. ausgefällt werden können, so dass auf zusätzliche Übergangsmetallchloride zur Verbesserung des Benetzungsverhaltens oder anderer Eigenschaften im Rahmen des erfindungsgemäßen Flussmittels, insbesondere Flussmittelbades oder Flussmittelzusammensetzung, gänzlich verzichtet werden kann.

[0047] In Kombination mit einer flüssigen Phase des Flussmittelbades auf Basis eines Wasser/Alkohol-Gemischs kann die Effizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens weiterführend verbessert werden: Wie nachfolgend noch im Detail ausgeführt, können die durch den Alkohol-Anteil im Flussmittelbad zum Trocknen des Flussmittelfilms erforderlichen Zeiten signifikant verkürzt und/oder die Trocknungstemperaturen signifikant abgesenkt werden. Zudem wird die Verfilmung und Benetzung mit dem Flussmittel auf diese Weise homogenisiert.

[0048] Insbesondere bewirkt die vorliegende Erfindung in Bezug auf die Feuerverzinkung mittels aluminiumlegierten bzw. aluminiumhaltigen Zinkschmelzen eine signifikant verbesserte Prozessökonomie und einen effizienteren, insbesondere flexibleren und/oder zuverlässigeren, insbesondere weniger fehleranfälligen Prozessablauf sowie eine verbesserte ökologische Kompatibilität, insbesondere bedingt durch den Verzicht auf Bleichlorid und Nickelchlorid sowie ge-

gebenenfalls weiteren Übergangs- bzw. Schwermetallchloriden in dem eingesetzten Flussmittel, aber auch den Alkoholanteil im Flussmittelbad.

[0049] Folglich ist die vorliegende Erfindung, insbesondere aufgrund ihrer verbesserten ökologischen Kompatibilität, auch in ökologisch sensitiven Bereichen einsetzbar, bei denen Übergangs- und Schwermetallverbindungen, insbesondere Übergangsmetall- und Schwermetallchloride, vermieden werden sollen.

[0050] Insbesondere kommt die vorliegende Erfindung ohne den Einsatz signifikanter Mengen an Übergangs- und Schwermetallverbindungen, insbesondere Übergangs- und Schwermetallchloriden, wie insbesondere Blei- und/oder Nickelchlorid, aber gegebenenfalls auch anderen Schwermetallchloriden, wie Cobalt-, Mangan-, Zinn-, Antimon- und/oder Bismutchlorid, im Rahmen der Flussmittelbehandlung aus, gewährleistet dennoch in zuverlässiger Weise, dass eine effiziente und fehlerfreie Verzinkung der behandelten Bauteile erfolgt.

[0051] Die Besonderheiten des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der nachfolgend noch beschriebenen erfindungsgemäßen Anlage schlagen sich unmittelbar auch in den erhältlichen Verfahrensprodukten, d. h. den feuerverzinkten bzw. schmelztauchverzinkten Eisen- und Stahlbauteilen nieder: Diese weisen nicht nur verbesserte mechanische und optische Eigenschaften und verbesserte Korrosionsschutzeigenschaften auf, sondern sind darüber hinaus vollständig frei von Fehlstellen, und dies bei relativ geringen Schichtdicken in Bezug auf die Feuerverzinkungsschicht. Darüber hinaus können keine unerwünschten Übergangsmetall- bzw. Schwermetalle aus dem Flussmittel in die letztendlich resultierende Feuerverzinkungsschicht eingeschleppt werden, da Übergangsmetall- bzw. Schwermetalle im Rahmen der Flussmittelbehandlung nach der vorliegenden Erfindung gänzlich vermieden werden.

[0052] Übergangsmetall- bzw. Schwermetalle werden allenfalls gezielt der Zinkschmelze bzw. den Feuerverzinkungsbädern zugegeben bzw. zulegiert, um bestimmte Eigenschaften der Feuerverzinkungsschicht gezielt einzustellen, dann aber in einer ökologisch kompatiblen Art und Weise, da diese fester Bestandteil der Feuerverzinkungsschicht sind und hierin als fester Legierungsbestandteil eingelagert bzw. eingebunden sind.

[0053] Die einzelnen Inhaltsstoffe bzw. Komponenten der erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelzusammensetzung und des erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelbades wirken in synergistischer Weise zusammen: Das Zinkchlorid sorgt insbesondere aufgrund der flächigen Ausbildung der getrockneten $ZnCl_2$ -Kristalle für eine sehr gute Bedeckung der Eisen- bzw. Stahloberfläche. Da aber eine 100%-ige Abdeckung praktisch nicht zu realisieren ist und kleinere Oxidationsstellen oder eine dünne Oxidationsschicht stets vorliegen können, wird der Flussmittelzusammensetzung zudem ein ausreichender Gehalt an Ammoniumchlorid zugesetzt, welches sich an der Bauteiloberfläche ablagert und sich im Moment des Eintauchens in die Zinkschmelze thermisch zu NH_3 und HCl zersetzt, so dass hierdurch noch letzte Oxidreste von der Bauteiloberfläche entfernt werden. Da bei einem übermäßig erhöhten NH_4Cl -Anteil der Schmelzpunkt der $ZnCl_2/NH_4Cl$ -Mischung deutlich gegenüber reinem Zinkchlorid (ca. 300 °C) absinkt, werden Alkali- und/oder Erdalkalisalze, insbesondere $NaCl$ und/oder KCl , hinzugegeben, welche den Schmelzpunkt der Flussmittelzusammensetzung anheben und so eine hohe und effektive Trocknung ermöglichen.

[0054] Zudem hat sich nunmehr überraschend gezeigt, dass die Verwendung von Silber- bzw. Aluminiumsalz, insbesondere $AgCl$ und/oder $AlCl_3$, in dem Flussmittel bzw. der Flussmittelzusammensetzung dazu führt, dass die Reinheit des Flussmittels bzw. der Flussmittelzusammensetzung erhöht wird, da durch Silber- bzw. Aluminiumsalz, insbesondere $AgCl$ und/oder $AlCl_3$, nämlich organische und/oder anorganische Verunreinigungen, wie z. B. Schwebstoffe, welche beispielsweise aus den vorgelagerten Vorbehandlungsschritten trotz mehrmaliger Spülprozesse stets in zwar nur geringen, aber bei Zn/Al -Schmelzen jedoch für die Ausbildung von Fehlstellen ausreichend großen Mengen eingeschleppt werden können, entfernt bzw. ausgefällt werden. Beispiele für derartige Verunreinigungen sind Keime oder Bakterien (z. B. Verschleppung aus der Entfettung) sowie Phosphate und Sulfate (z. B. Verschleppung aus der Beize). Durch die Fällung dieser Stoffe wird die Übertragung auf die Bauteiloberfläche vermieden und wird somit die Quelle für Fehlverzinkungen eliminiert.

[0055] Des Weiteren hat sich gezeigt, dass sich die Verwendung von Alkohol im Flussmittelbad als zumindest teilweiser Ersatz für die sonst üblicherweise verwendete reine Wasserbasis in mehrerer Hinsicht positiv auf die Prozessführung und das Verzinkungsergebnis auswirkt.

[0056] Durch den Alkohol-Gehalt können auch im Flussmittel noch kleinste Verunreinigungen gelöst werden (welche dann im Fall von organischen Substanzen durch das eingesetzte Aluminium- bzw. Silbersalz, insbesondere $AlCl_3$ und/oder $AgCl$, ausgefällt werden), so dass eine verbesserte Reinigungswirkung erzielt wird.

[0057] Durch den Alkohol-Gehalt kann die notwendige Zeit zum Trocknen des Flussmittelfilms verkürzt werden, insbesondere aufgrund des niedrigeren Verdampfungspunkts von Alkohol gegenüber Wasser. Dies führt zu einer nennenswerten Verbesserung gegenüber dem bisherigen Stand der Technik, bei welchem der Verzinkungstakt die maximale Trocknungszeit definiert und hierdurch häufig, insbesondere bei massiven Bauteilen, die Trocknungszeit nicht ausreicht, um den Flussmittelfilm ausreichend zu trocknen. Durch einen vollständig getrockneten Flussmittelfilm wird eine saubere Reaktion mit der Zinkschmelze ermöglicht, ohne dass es zu Spritzern infolge verdampfenden Restwassers kommt. Ebenso führt eine bessere Trocknung zu einem geringeren Zinkascheanfall, wodurch die Gefahr von Zinkascheanhäufungen am Verzinkungsgut reduziert wird (d. h. bessere Verzinkungsqualität und weniger Nacharbeitsaufwand). Zudem bedeutet eine schnellere Trocknung, dass die Trocknungszeit und/oder die Trocknungstemperatur reduziert werden

kann/können, was wiederum eine Energieeinsparung und/oder eine Steigerung der Produktivität bedeutet. Auch erfolgt der Abbrand des Flussmittels im Zinkbad schneller (ebenfalls aufgrund des niedrigeren Verdampfungspunkts), d. h. die Energie der Zinkschmelze kann direkt in die Erwärmung des Bauteils fließen, was wiederum zu einem schnelleren und effektiveren Verzinkungsvorgang führt.

[0058] Der Anteil des eingesetzten Alkohols ist insbesondere abhängig vom Aluminiumgehalt der verwendeten Zinkschmelze, von der erforderlichen Trocknung bzw. Vorwärmung (welche wiederum abhängig ist von der Bauteilgeometrie, insbesondere der Materialstärke, wobei dickere Bauteile längere Trocknungszeiten benötigen, von der verwendeten Zinklegierung sowie von der Dicke des applizierten Flussmittelfilms, wobei dickere Flussmittelschichten, abhängig von der Salzkonzentration, Ausziehgeschwindigkeit, Rauigkeit der Stahloberfläche etc., längere Trocknungszeiten benötigen), vom vorliegenden Verunreinigungsgrad des Verzinkungsguts sowie von den anlagentechnischen Voraussetzungen (z. B. Leistung des Trockenofens, Taktung des Verzinkungsprozesses, Absaugleistung am Flussmittelbad etc.).

[0059] Im Ergebnis führt bei gleichen Trocknungsbedingungen (d. h. gleichen Trocknungszeiten und Trocknungstemperaturen) der Einsatz von Alkohol im Flussmittelbad bereits bei geringen Mengenanteilen und bis zu hohen Mengenanteilen zu einem schnelleren Trocknen des Flussmittelfilms und zu einer besseren Verzinkungsqualität. Hieraus resultiert, dass eine bessere Trocknung zu einer besseren Verzinkungsqualität führt. Auch zeigen bei Korrosionstestungen (z. B. Salzsprühtest bzw. Salzsprühnebeltest gemäß DIN EN ISO 9227:2012) die mit einem alkoholhaltigen Flussmittel vorbehandelten feuerverzinkten Bauteile deutlich längere Standzeiten (bis zu 20 % Standzeitverbesserung und sogar mehr) gegenüber feuerverzinkten Bauteilen, welche mit einem ansonsten identischen Flussmittel (jedoch ohne jeglichen Alkoholanteil, d. h. rein wässrig) vorbehandelt sind.

[0060] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann somit ein effizient arbeitendes und ökologisch kompatibles Feuerverzinkungsverfahren bzw. eine entsprechende Anlage bereitgestellt werden, wobei die vorstehend geschilderten Nachteile des Standes der Technik zumindest weitestgehend vermieden oder zumindest abgeschwächt werden können.

[0061] Nachfolgend werden bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrensablaufs näher beschrieben und erläutert:

Wie zuvor beschrieben, umfasst das erfindungsgemäße Verfahren die zuvor geschilderten Verfahrensschritte (a) bis (g). Die Verfahrensschritte (a) bis (d) können dabei grundsätzlich in dem Fachmann an sich bekannten Art und Weise durchgeführt werden. Dies gilt grundsätzlich auch für die prinzipielle Durchführung der übrigen Verfahrensschritte, insbesondere auch im Hinblick auf den Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung.

[0062] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird im Rahmen von Verfahrensschritt (e) das Flussmittelbad üblicherweise sauer eingestellt.

[0063] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt, insbesondere im pH-Wert-Bereich von 0 bis 6,9, vorzugsweise im pH-Wert-Bereich von 0,5 bis 6,5, bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1 bis 5,5, besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1,5 bis 5, ganz besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4,5, noch mehr bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4.

[0064] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt, wobei die Einstellung des pH-Werts mittels einer vorzugsweise anorganischen Säure in Kombination mit einer vorzugsweise anorganischen basischen Verbindung, insbesondere Ammoniak (NH₃), erfolgt. Diese Ausführungsform, d. h. die Feineinstellung des pH-Werts mittels einer vorzugsweise anorganischen basischen Verbindung, insbesondere Ammoniak (NH₃), ist insbesondere von Vorteil, da auf diese Weise einer unerwünschten Wasserstoffversprödung des zu behandelnden Bauteils entgegengewirkt wird.

[0065] Was das erfindungsgemäße Flussmittelbad, insbesondere das Alkohol/Wasser-Gemisch der flüssigen Phase des Flussmittelbades, anbelangt, so kann das gewichtsbezogene Alkohol/Wasser-Mengenverhältnis in weiten Bereichen variieren. Im Allgemeinen enthält das Flussmittelbad das Alkohol/Wasser-Gemisch in einem gewichtsbezogenen Alkohol/Wasser-Mengenverhältnis im Bereich von 0,5 : 99,5 bis 99 : 1, insbesondere im Bereich von 2 : 98 bis 95 : 5, vorzugsweise im Bereich von 5 : 95 bis 90 : 10, bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 45 : 55, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, noch mehr bevorzugt im Bereich von 10 : 90 bis 30 : 70, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch.

[0066] Gemäß einer besonderen Ausführungsform enthält das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von mindestens 0,5 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von mindestens 1 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 2 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 4 Gew.-%.

[0067] Üblicherweise enthält das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von bis zu 90 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von bis zu 70 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von bis zu 50 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von bis zu 30 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von bis zu 25 Gew.-%.

[0068] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt aus Alkoholen mit Siedepunkten unter Atmosphärendruck (1.013,25 hPa) im Bereich von 40 °C bis 200 °C, insbesondere im Bereich von 45 °C bis 180 °C, vorzugsweise im Bereich von 50 °C bis 150 °C,

besonders bevorzugt im Bereich von 55 °C bis 130 °C, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 60 °C bis 110 °C.

[0069] Bevorzugt ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser mischbarer und/oder ein in Wasser löslicher Alkohol.

[0070] Vorteilhafterweise ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser ein azeotropes Gemisch bildender Alkohol ist.

[0071] Im Allgemeinen ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt aus der Gruppe von C₁-C₁₀-Alkoholen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen und deren Mischungen.

[0072] Gemäß einer besonderen Ausführungsform ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen, primären, sekundären oder tertiären, ein-, zwei- oder dreiwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten, aliphatischen, primären, sekundären oder tertiären einwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen.

[0073] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol, Hexan-1-ol, Heptan-1-ol, Octan-1-ol, Nonan-1-ol, Decan-1-ol, Ethan-1,2-diol, Propan-1,2-diol, Cyclopentanol, Cyclohexanol, Prop-2-en-1-ol, But-2-en-1-ol und deren Mischungen, insbesondere aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol und deren Mischungen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol und deren Mischungen, noch mehr bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen.

[0074] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen.

[0075] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs ein tensidischer Alkohol (Tensid-Alkohol) (d. h. ein Alkohol mit tensidischen Eigenschaften), insbesondere ausgewählt aus alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten C₆-C₂₅-Alkoholen, vorzugsweise C₈-C₁₅-Alkoholen, und alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten Fettalkoholen, vorzugsweise C₆-C₃₀-Fettalkoholen, hydroxyfunktionellen Polyalkylenglykolethern, hydroxyfunktionellen Fettalkoholalkoxylaten, insbesondere C₆-C₃₀-Fettalkoholalkoxylaten, hydroxyfunktionellen Alkyl(poly)-glukosiden und hydroxyfunktionellen Alkylphenolalkoxylaten sowie deren Mischungen. Diese besondere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat den Vorteil, dass der Einsatz eines zusätzlichen Tensids oder Netzmittels in effizienter Weise vermieden werden kann, da in diesem Fall die Alkoholkomponente in gleicher Weise eine Tensid- bzw. Netzmittelfunktion aufweist bzw. bereitstellt. Solche Tensid-Alkohole sind kommerziell verfügbar und werden beispielsweise von der TIB Chemicals AG, Mannheim, Deutschland, vertrieben.

[0076] Was das erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelbad anbelangt, so kann das Flussmittelbad - neben den vorstehend erwähnten Inhaltsstoffen bzw. Komponenten - außerdem mindestens ein Netzmittel und/oder Tensid, insbesondere mindestens ein ionisches oder nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, bevorzugt mindestens ein nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, enthalten.

[0077] Die Mengen des betreffenden Netzmittels und/oder Tensids können in weiten Bereichen variieren: Insbesondere kann das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 8 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 6 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Gew.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthalten.

[0078] Weiterhin kann das Flussmittel das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid insbesondere in Mengen von 0,0001 bis 10 Vol.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 8 Vol.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Vol.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthalten.

[0079] Die Menge bzw. Konzentration der erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelzusammensetzung in dem erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelbad kann gleichermaßen in weiten Bereichen variieren:

Üblicherweise kann das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von mindestens 150 g/l, insbesondere in einer Menge von mindestens 200 g/l, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 250 g/l, bevorzugt in einer Menge von mindestens 300 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 400 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 450 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 500 g/l, enthalten, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

[0080] Bevorzugt kann das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von 150 g/l bis 750 g/l, insbesondere in einer Menge von 200 g/l bis 700 g/l, vorzugsweise in einer Menge von 250 g/l bis 650 g/l, bevorzugt in einer Menge von 300 g/l bis 625 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von 400 g/l bis 600 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von 450 g/l bis 580 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von 500 g/l bis 575 g/l, enthalten,

insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

[0081] Was die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als solche anbelangt, so kann die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe

(i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), insbesondere in Mengen im Bereich von 50 bis 95 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 55 bis 90 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 60 bis 85 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 65 bis 82,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 70 bis 82 Gew.-%,

(ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), insbesondere in Mengen im Bereich von 5 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 7,5 bis 40 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 10 bis 35 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 11 bis 25 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 12 bis 20 Gew.-%,

(iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz, insbesondere in Mengen im Bereich von 0,1 bis 25 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 20 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 1 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 2 bis 12,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 4 bis 10 Gew.-%, und

(iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), insbesondere in Mengen im Bereich von $1 \cdot 10^{-7}$ bis 2 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von $1 \cdot 10^{-6}$ bis 1,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von $1 \cdot 10^{-5}$ bis 1 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von $2 \cdot 10^{-5}$ bis 0,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$ Gew.-%

enthalten, wobei alle vorgenannten Mengenangaben auf die Zusammensetzung bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist.

[0082] Was die Komponente (iii), d. h. das Erdalkali- und/oder Erdalkalisalz, der erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelzusammensetzung anbelangt, so bestehen auch hier verschiedene Variationsmöglichkeiten:

Insbesondere kann die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) ein Alkali- und/oder Erdalkalichlorid enthalten.

[0083] Weiterhin kann die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen enthalten.

[0084] Erfindungsgemäß bevorzugt ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkali- und/oder Erdalkalisalze, insbesondere mindestens zwei Alkali- und/oder Erdalkalisalze eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen, enthält.

[0085] Weiterhin ist es besonders bevorzugt, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkalisalze, insbesondere zwei voneinander verschiedene Alkalichloride, vorzugsweise Natriumchlorid und Kaliumchlorid, insbesondere mit einem Natrium/Kalium-Gewichtsverhältnis im Bereich von 50 : 1 bis 1 : 50, insbesondere im Bereich von 25 : 1 bis 1 : 25, vorzugsweise im Bereich von 10 : 1 bis 1 : 10, enthält.

[0086] Erfindungsgemäß besonders bevorzugt ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, auch von Cobaltchlorid ($CoCl_2$), Manganchlorid ($MnCl_2$), Zinnchlorid ($SnCl_2$), Bismutchlorid ($BiCl_3$) und Antimonchlorid ($SbCl_3$) ausgebildet ist.

[0087] Erfindungsgemäß ebenfalls bevorzugt ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$), Nickelchlorid ($NiCl_2$), Cobaltchlorid ($CoCl_2$), Manganchlorid ($MnCl_2$), Zinnchlorid ($SnCl_2$), Bismutchlorid ($BiCl_3$) und Antimonchlorid ($SbCl_3$) ausgebildet ist und/oder wenn die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Chloriden aus der Gruppe von Bleichlorid ($PbCl_2$), Nickelchlorid ($NiCl_2$), Cobaltchlorid ($CoCl_2$), Manganchlorid ($MnCl_2$), Zinnchlorid ($SnCl_2$), Bismutchlorid ($BiCl_3$) und Antimonchlorid ($SbCl_3$) ausgebildet ist.

[0088] Weiterhin erfindungsgemäß von Vorteil ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Metallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist.

[0089] Schließlich ist es erfindungsgemäß auch von Vorteil, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung, abgesehen von Zinkchlorid ($ZnCl_2$) sowie von Aluminium- und/oder Silbersalz, insbesondere Silberchlorid ($AgCl$) und/oder Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Übergangs- und Schwermetallen ausgebildet ist.

[0090] Was den Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung anbelangt, so wird im Allgemeinen derart vorgegangen, dass die Flussmittelbehandlung in Verfahrensschritt (e) durch Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung, insbesondere durch Tauchen oder Sprühauftrag, vorzugsweise Tauchen, erfolgt. Insbesondere ist es dabei von Vorteil, wenn das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von 0,001 bis 30 Minuten, insbesondere 0,01 bis 20 Minuten, vorzugsweise 0,1 bis 15 Minuten, vorzugsweise 0,5 bis 10 Minuten, besonders bevorzugt 1 bis 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird. Insbesondere kann das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von bis zu 30 Minuten, insbesondere bis zu 20 Minuten, vorzugsweise bis zu 15 Minuten, vorzugsweise bis zu 10 Minuten, besonders bevorzugt bis zu 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht werden.

[0091] Was die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) des erfindungsgemäßen Verfahrens anbelangt, so ist es erfindungsgemäß bevorzugt, wenn die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 400 °C, insbesondere im Bereich von 75 bis 350 °C, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 300 °C, bevorzugt im Bereich von 125 bis 275 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 250 °C, erfolgt und/oder wenn die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur bis zu 400 °C, insbesondere bis zu 350 °C, vorzugsweise bis zu 300 °C, bevorzugt bis zu 275 °C, besonders bevorzugt bis zu 250 °C, erfolgt.

[0092] Üblicherweise wird dabei derart vorgegangen, dass die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) derart durchgeführt wird, dass die Oberfläche des Eisen- oder Stahlbauteils bei der Trocknung eine Temperatur im Bereich von 100 bis 300 °C, insbesondere im Bereich von 125 bis 275 °C, vorzugsweise im Bereich von 150 bis 250 °C, bevorzugt im Bereich von 160 bis 225 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 170 bis 200 °C, aufweist.

[0093] Typischerweise kann die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) in Gegenwart von und/oder mittels Luft erfolgen.

[0094] Insbesondere kann die Trocknungsbehandlung in mindestens einer Trocknungseinrichtung, insbesondere in mindestens einem Ofen, erfolgen.

[0095] Was die erfindungsgemäß eingesetzte aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad anbelangt, so ist diesbezüglich Folgendes auszuführen.

[0096] Gemäß einer typischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es von Vorteil, wenn die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Aluminium im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%, aufweist, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad. Insbesondere können dabei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Zink von mindestens 75 Gew.-%, insbesondere mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, sowie gegebenenfalls mindestens ein weiteres Metall, insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-% und/oder insbesondere ausgewählt aus der Gruppe von Bismut (Bi), Blei (Pb), Zinn (Sn), Nickel (Ni), Silizium (Si), Magnesium (Mg) und deren Kombinationen, aufweisen. Dabei sind alle vorstehend genannten Mengenangaben derart auszuwählen, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren.

[0097] Weiterhin ist es erfindungsgemäß bevorzugt, wenn die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad die folgende Zusammensetzung aufweist, wobei alle nachfolgend genannten Mengenangaben auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren:

(i) Zink (Zn), insbesondere in Mengen im Bereich von 75 bis 99,9999 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 80 bis 99,999 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 82,5 bis 99,995 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 85 bis 99,99 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 87,5 bis 99,98 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 90 bis 99,95 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 92 bis 99,9 Gew.-%,

(ii) Aluminium (Al), insbesondere in Mengen im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von

EP 3 663 429 A1

0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%,

(iii) gegebenenfalls Bismut (Bi), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(iv) gegebenenfalls Blei (Pb), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,2 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(v) gegebenenfalls Zinn (Sn), insbesondere in Mengen von bis zu 0,9 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,6 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%,

(vi) gegebenenfalls Nickel (Ni), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,08 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,06 Gew.-%,

(vii) gegebenenfalls Silizium (Si), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,05 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,01 Gew.-%,

(viii) gegebenenfalls Magnesium (Mg), insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 2,5 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,8 Gew.-%.

[0098] Wenn die eingesetzte Zinkschmelze außer Aluminium weitere Legierungsbestandteile bzw. Legierungsmetalle enthält, kann hierdurch die Verfahrensführung gezielt gesteuert werden: So kann durch die Anwesenheit insbesondere von Blei und Bismut die Oberflächenspannung reduziert und auf diese Weise die Benetzbarkeit der zu verzinkenden Oberfläche verbessert werden, während durch die Anwesenheit von Zinn die optischen Eigenschaften, insbesondere den Glanz, der resultierenden Verzinkungsschicht verbessert werden können, sich durch Anwesenheit von Nickel die Schichtdicken weiter reduzieren lassen, durch die Anwesenheit von Silizium die Standzeit des Zinkbad-Behältnisses (z. B. Stahlkessel) verlängert werden kann und durch die Anwesenheit von Magnesium der Korrosionseigenschaften, insbesondere die Korrosionsbeständigkeit, der resultierenden Verzinkungsschicht verbessert werden können.

[0099] Gemäß einer besonderen Ausführungsform kann die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad eine Temperatur im Bereich von 375 °C bis 750 °C, insbesondere Temperatur im Bereich von 380 °C bis 700 °C, vorzugsweise Temperatur im Bereich von 390 °C bis 680 °C, noch mehr bevorzugt im Bereich von 395 °C bis 675 °C, aufweisen.

[0100] Typischerweise wird im Rahmen des Feuerverzinkungsschritts (g) derart vorgegangen, dass das Eisen- oder Stahlbauteil in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder in das Verzinkungsbad getaucht, insbesondere hierin getaucht und bewegt, wird, insbesondere für eine Zeitdauer, welche ausreichend ist, um eine wirksame Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung), zu gewährleisten, insbesondere für eine Zeitdauer im Bereich von 0,0001 bis 60 Minuten, vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 45 Minuten, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 30 Minuten, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 15 Minuten.

[0101] Insbesondere kann die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad mit mindestens einem Inertgas, insbesondere Stickstoff, kontaktiert und/oder gespült oder durchgeleitet werden.

[0102] Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Verfahren kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden.

[0103] Bei dem zu behandelnden Eisen- oder Stahlbauteil kann es sich um ein einzelnes Erzeugnis oder eine Vielzahl einzelner Erzeugnisse handeln. In diesem Fall wird eine diskontinuierliche Verfahrensweise bevorzugt, obwohl eine kontinuierliche Verfahrensweise grundsätzlich nicht ausgeschlossen ist.

[0104] Des Weiteren kann es sich bei dem Eisen- oder Stahlbauteil auch um ein Langprodukt, insbesondere ein Draht-, Rohr-, Blech-, Coil-Material oder dergleichen, handeln. In diesem Fall wird eine kontinuierliche Verfahrensweise bevorzugt, obwohl auch diesbezüglich eine diskontinuierliche Vorgehensweise nicht ausgeschlossen ist.

[0105] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann sich der in Verfahrensschritt (g) durchgeführten Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) ein Abkühlungsschritt (h) anschließen, d. h. das in Verfahrensschritt (g) feuerverzinkte (schmelztauchverzinkte) Eisen- oder Stahlbauteil kann einer Abkühlungsbehandlung (h) unterzogen werden, gegebenenfalls gefolgt von einem weiteren Nachbearbeitungs- und/oder Nachbehandlungsschritt (i).

[0106] Der optionale Abkühlungsschritt (h) und/oder die optionale Abkühlungsbehandlung (h) kann insbesondere mittels Luft und/oder in Gegenwart von Luft erfolgen, vorzugsweise bis auf Umgebungstemperatur.

[0107] Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ist eine Anlage zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) von Eisen- oder Stahlbauteilen, insbesondere eine Anlage zur Durchführung eines wie zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens,

wobei die Anlage die folgenden Behandlungsvorrichtungen in der nachfolgend aufgeführten Abfolge umfasst:

5 (A) mindestens eine Entfettungsvorrichtung, insbesondere mindestens ein Entfettungsbad, zur vorzugsweise alkalischen Entfettungsbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (A)

10 (B) gegebenenfalls mindestens eine Spülvorrichtung, insbesondere mindestens ein Spülbad, zum Spülen von in der Entfettungsvorrichtung (A) entfetteten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (B)

(C) mindestens eine Beizvorrichtung, insbesondere mindestens ein Beizbad, zur vorzugsweise sauren Beizbehandlung von in der Entfettungsvorrichtung (A) entfetteten und gegebenenfalls in der Spülvorrichtung (B) gespülten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (C)

15 (D) gegebenenfalls mindestens eine Spülvorrichtung, insbesondere mindestens ein Spülbad, zum Spülen von in der Beizvorrichtung (C) gebeizten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (D)

20 (E) mindestens eine Flussmittelbehandlungsvorrichtung zur Flussmittelbehandlung von in der Beizvorrichtung (C) gebeizten und gegebenenfalls in der Spülvorrichtung (D) gespülten Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Flussmittelbehandlungsvorrichtung mindestens ein Flussmittelbad mit einer Flussmittelzusammensetzung enthält, wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und

25 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (E)

30 (F) gegebenenfalls mindestens eine Trocknungsvorrichtung zur Trocknung von in der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) einer Flussmittelbehandlung unterzogenen Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (F)

35 (G) mindestens eine Feuerverzinkungsvorrichtung (Schmelztauchverzinkungsvorrichtung) zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) von in der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) einer Flussmittelbehandlung unterzogenen und gegebenenfalls in der Trocknungsvorrichtung (F) getrockneten Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (Schmelztauchverzinkungsvorrichtung) mindestens eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere mindestens ein aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltendes Verzinkungsbad, vorzugsweise ausgebildet zum Tauchen von Eisen- oder Stahlbauteilen, umfasst.

40 [0108] Wie zuvor beschrieben, ist das Flussmittelbad der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) üblicherweise sauer eingestellt.

[0109] Insbesondere ist das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt, insbesondere im pH-Wert-Bereich von 0 bis 6,9, vorzugsweise im pH-Wert-Bereich von 0,5 bis 6,5, bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1 bis 5,5, besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1,5 bis 5, ganz besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4,5, noch mehr bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4.

50 [0110] Gemäß einer besondere bevorzugten Ausführungsform ist das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt, wobei die Einstellung des pH-Werts mittels einer vorzugsweise anorganischen Säure in Kombination mit einer vorzugsweise anorganischen basischen Verbindung, insbesondere Ammoniak (NH_3), erfolgt ist. Die damit verbundenen Vorteile wurden im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bereits erläutert.

55 [0111] Was das im Rahmen der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) eingesetzte Flussmittelbad anbelangt, so kann dessen Zusammensetzung in weiten Bereichen variieren:

Typischerweise ist die Anlage derart ausgestaltet, dass das Flussmittelbad das Alkohol/Wasser-Gemisch in einem gewichtsbezogenen Alkohol/Wasser-Mengenverhältnis im Bereich von 0,5 : 99,5 bis 99 : 1, insbesondere im Bereich

von 2 : 98 bis 95 : 5, vorzugsweise im Bereich von 5 : 95 bis 90 : 10, bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 45 : 55, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, noch mehr bevorzugt im Bereich von 10 : 90 bis 30 : 70, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, enthält.

[0112] Üblicherweise ist die erfindungsgemäße Anlage derart ausgestaltet, dass das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von mindestens 0,5 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von mindestens 1 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 2 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 4 Gew.-%, enthält.

[0113] Üblicherweise ist die erfindungsgemäße Anlage derart ausgestaltet, dass das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von bis zu 90 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von bis zu 70 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von bis zu 50 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von bis zu 30 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von bis zu 25 Gew.-%, enthält.

[0114] Üblicherweise wird bei der Ausgestaltung des Flussmittelbades der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) derart vorgegangen, dass der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus Alkoholen mit Siedepunkten unter Atmosphärendruck (1.013,25 hPa) im Bereich von 40 °C bis 200 °C, insbesondere im Bereich von 45 °C bis 180 °C, vorzugsweise im Bereich von 50 °C bis 150 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 55 °C bis 130 °C, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 60 °C bis 110 °C.

[0115] Typischerweise ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser mischbarer und/oder ein in Wasser löslicher Alkohol.

[0116] Bevorzugt ist es, wenn der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser ein azeotropes Gemisch bildender Alkohol ist.

[0117] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird derart vorgegangen, dass der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von C₁-C₁₀-Alkoholen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen und deren Mischungen.

[0118] Erfindungsgemäß weiterhin bevorzugt ist es, wenn der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen, primären, sekundären oder tertiären, ein-, zwei- oder dreiwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten, aliphatischen, primären, sekundären oder tertiären einwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen.

[0119] Gemäß einer erfindungsgemäß besonders bevorzugten Ausführungsform wird das Flussmittelbad derart ausgebildet, dass der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol, Hexan-1-ol, Heptan-1-ol, Octan-1-ol, Nonan-1-ol, Decan-1-ol, Ethan-1,2-diol, Propan-1,2-diol, Cyclopentanol, Cyclohexanol, Prop-2-en-1-ol, But-2-en-1-ol und deren Mischungen, insbesondere aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol und deren Mischungen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol und deren Mischungen, noch mehr bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen.

[0120] Gemäß einer erfindungsgemäß ganz besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Anlage derart ausgestaltet, dass der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen.

[0121] Gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs ein tensidischer Alkohol (Tensid-Alkohol) (d. h. ein Alkohol mit tensidischen Eigenschaften), insbesondere ausgewählt aus alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten C₆-C₂₅-Alkoholen, vorzugsweise C₈-C₁₅-Alkoholen, und alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten Fettalkoholen, vorzugsweise C₆-C₃₀-Fettalkoholen, hydroxyfunktionellen Polyalkylenglykoletthern, hydroxyfunktionellen Fettalkoholalkoxylaten, insbesondere C₆-C₃₀-Fettalkoholalkoxylaten, hydroxyfunktionellen Alkyl(poly)-glukosiden und hydroxyfunktionellen Alkylphenolalkoxylaten sowie deren Mischungen.

[0122] Im Rahmen der erfindungsgemäßen Anlage kann es vorgesehen sein, dass das Flussmittelbad außerdem mindestens ein Netzmittel und/oder Tensid, insbesondere mindestens ein ionisches oder nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, bevorzugt mindestens ein nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, enthält.

[0123] Die Mengen an Netzmittel und/oder Tensid in dem erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelbad kann in weiten Bereichen variieren:

Insbesondere kann das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 8 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 6 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Gew.-%, noch mehr

bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Gew.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthalten.

[0124] Weiterhin kann das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 10 Vol.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 8 Vol.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Vol.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthalten.

[0125] Wie zuvor im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert, kann die Menge bzw. Konzentration der erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelzusammensetzung in dem erfindungsgemäß konzipierten Flussmittelbad gleichermaßen in weiten Bereichen variieren:

Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von mindestens 150 g/l, insbesondere in einer Menge von mindestens 200 g/l, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 250 g/l, bevorzugt in einer Menge von mindestens 300 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 400 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 450 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 500 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

[0126] Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von 150 g/l bis 750 g/l, insbesondere in einer Menge von 200 g/l bis 700 g/l, vorzugsweise in einer Menge von 250 g/l bis 650 g/l, bevorzugt in einer Menge von 300 g/l bis 625 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von 400 g/l bis 600 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von 450 g/l bis 580 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von 500 g/l bis 575 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

[0127] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist es vorgesehen, dass die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe

(i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), insbesondere in Mengen im Bereich von 50 bis 95 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 55 bis 90 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 60 bis 85 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 65 bis 82,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 70 bis 82 Gew.-%,

(ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), insbesondere in Mengen im Bereich von 5 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 7,5 bis 40 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 10 bis 35 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 11 bis 25 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 12 bis 20 Gew.-%,

(iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz, insbesondere in Mengen im Bereich von 0,1 bis 25 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 20 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 1 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 2 bis 12,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 4 bis 10 Gew.-%, und

(iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), insbesondere in Mengen im Bereich von $1 \cdot 10^{-7}$ bis 2 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von $1 \cdot 10^{-6}$ bis 1,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von $1 \cdot 10^{-5}$ bis 1 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von $2 \cdot 10^{-5}$ bis 0,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$ Gew.-%

enthält, wobei alle vorgenannten Mengenangaben auf die Zusammensetzung bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren, und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist.

[0128] Wie bereits vorstehend im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren geschildert, kann auch die Komponente (iii) der erfindungsgemäß eingesetzten Flussmittelzusammensetzung in weiten Bereichen variieren: Erfindungsgemäß bevorzugt ist es, wenn die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) ein Alkali- und/oder Erdalkalichlorid enthält.

[0129] Gemäß einer typischen Ausführungsform kann die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen enthalten.

[0130] Gemäß einer wiederum typischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkali- und/oder Erdalkalisalze, insbesondere mindestens zwei Alkali- und/oder Erdalkalisalze eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen, enthalten.

[0131] Schließlich kann die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung gemäß einer wiederum typischen Ausführungsform als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschie-

dene Alkalisalze, insbesondere zwei voneinander verschiedene Alkalichloride, vorzugsweise Natriumchlorid und Kaliumchlorid, insbesondere mit einem Natrium/Kalium-Gewichtsverhältnis im Bereich von 50 : 1 bis 1 : 50, insbesondere im Bereich von 25 : 1 bis 1 : 25, vorzugsweise im Bereich von 10 : 1 bis 1 : 10, enthalten.

[0132] Erfindungsgemäß bevorzugt ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, auch von Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist.

[0133] Weiterhin erfindungsgemäß von Vorteil ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist und/oder wenn die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Chloriden aus der Gruppe von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist.

[0134] Ebenfalls erfindungsgemäß bevorzugt ist es, wenn die erfindungsgemäß eingesetzte Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Metallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist.

[0135] Schließlich ist es erfindungsgemäß besonders von Vorteil, wenn die Flussmittelzusammensetzung, abgesehen von Zinkchlorid (ZnCl_2) sowie von Aluminium- und/oder Silbersalz, insbesondere Silberchlorid (AgCl) und/oder Aluminiumchlorid (AlCl_3), zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Übergangs- und Schwermetallen ausgebildet ist.

[0136] Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung, insbesondere eine Einrichtung zum Tauchen oder zum Sprühauftrag, vorzugsweise eine Einrichtung zum Tauchen, umfasst. Insbesondere kann es dabei vorgesehen sein, dass die Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von 0,001 bis 30 Minuten, insbesondere 0,01 bis 20 Minuten, vorzugsweise 0,1 bis 15 Minuten, vorzugsweise 0,5 bis 10 Minuten, besonders bevorzugt 1 bis 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird. Weiterhin kann es erfindungsgemäß insbesondere vorgesehen sein, dass die Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von bis zu 30 Minuten, insbesondere bis zu 20 Minuten, vorzugsweise bis zu 15 Minuten, vorzugsweise bis zu 10 Minuten, besonders bevorzugt bis zu 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird.

[0137] Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass die Trocknungsbehandlung bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 400 °C, insbesondere im Bereich von 75 bis 350 °C, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 300 °C, bevorzugt im Bereich von 125 bis 275 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 250 °C, erfolgt und/oder dass die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur bis zu 400 °C, insbesondere bis zu 350 °C, vorzugsweise bis zu 300 °C, bevorzugt bis zu 275 °C, besonders bevorzugt bis zu 250 °C, erfolgt.

[0138] Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass die Trocknungsbehandlung derart durchgeführt wird, dass die Oberfläche des Eisen- oder Stahlbauteils bei der Trocknung eine Temperatur im Bereich von 100 bis 300 °C, insbesondere im Bereich von 125 bis 275 °C, vorzugsweise im Bereich von 150 bis 250 °C, bevorzugt im Bereich von 160 bis 225 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 170 bis 200 °C, aufweist.

[0139] Typischerweise wird die Trocknungsbehandlung in Gegenwart von Luft betrieben. Zu diesem Zweck kann die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) mindestens einen Einlass zum Einführen und/oder Einlassen von Luft aufweisen.

[0140] Üblicherweise umfasst die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) mindestens eine Trocknungseinrichtung, insbesondere mindestens einen Ofen.

[0141] Was die Feuerverzinkungsvorrichtung (G) der erfindungsgemäßen Anlage anbelangt, so umfasst diese mindestens eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere mindestens eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltendes Verzinkungsbad, vorzugsweise ausgebildet zum Tauchen von Eisen- oder Stahlbauteilen.

[0142] In diesem Zusammenhang ist die erfindungsgemäße Anlage typischerweise derart ausgestaltet, dass die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Aluminium im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%,

vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%, aufweist, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, insbesondere wobei die aluminiumhaltige. Insbesondere kann dabei die aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Zink von mindestens 75 Gew.-%, insbesondere mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, sowie gegebenenfalls mindestens ein weiteres Metall, insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-% und/oder insbesondere ausgewählt aus der Gruppe von Bismut (Bi), Blei (Pb), Zinn (Sn), Nickel (Ni), Silizium (Si), Magnesium (Mg) und deren Kombinationen, aufweisen. Dabei sind alle vorstehend genannten Mengenangaben derart auszuwählen, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren.

[0143] Typischerweise ist die erfindungsgemäße Anlage dabei derart ausgestaltet, dass die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad die folgende Zusammensetzung aufweist, wobei alle nachfolgend genannten Mengenangaben auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren:

(i) Zink (Zn), insbesondere in Mengen im Bereich von 75 bis 99,9999 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 80 bis 99,999 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 82,5 bis 99,995 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 85 bis 99,99 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 87,5 bis 99,98 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 90 bis 99,95 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 92 bis 99,9 Gew.-%,

(ii) Aluminium (Al), insbesondere in Mengen im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%,

(iii) gegebenenfalls Bismut (Bi), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(iv) gegebenenfalls Blei (Pb), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,2 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(v) gegebenenfalls Zinn (Sn), insbesondere in Mengen von bis zu 0,9 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,6 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%,

(vi) gegebenenfalls Nickel (Ni), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,08 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,06 Gew.-%,

(vii) gegebenenfalls Silizium (Si), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,05 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,01 Gew.-%,

(viii) gegebenenfalls Magnesium (Mg), insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 2,5 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,8 Gew.-%.

[0144] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad eine Temperatur im Bereich von 375 °C bis 750 °C, insbesondere Temperatur im Bereich von 380 °C bis 700 °C, vorzugsweise Temperatur im Bereich von 390 °C bis 680 °C, noch mehr bevorzugt im Bereich von 395 °C bis 675 °C, aufweisen.

[0145] Typischerweise ist die erfindungsgemäße Anlage derart ausgebildet, dass die Feuerverzinkungsvorrichtung (G) derart ausgestaltet und/oder betreibbar ist und/oder derart ausgestaltet und/oder betrieben wird, insbesondere derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder in das Verzinkungsbad getaucht, insbesondere hierin getaucht und bewegt, wird, insbesondere für eine Zeitdauer, welche ausreichend ist, um eine wirksame Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung), zu gewährleisten, insbesondere für eine Zeitdauer im Bereich von 0,0001 bis 60 Minuten, vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 45 Minuten, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 30 Minuten, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 15 Minuten.

[0146] Gemäß einer typischen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die Feu-

erverzinkungsvorrichtung (G) mindestens eine Einrichtung zum Kontaktieren und/oder Spülen oder Durchleiten der aluminiumhaltigen, insbesondere aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder des Verzinkungsbades mit mindestens einem Inertgas, insbesondere Stickstoff, aufweist.

[0147] Wie bereits zuvor im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben, kann die erfindungsgemäße Anlage grundsätzlich kontinuierlich oder diskontinuierlich betreibbar ausgebildet sein bzw. grundsätzlich kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben werden.

[0148] Insbesondere kann die erfindungsgemäße Anlage derart ausgestaltet sein, dass das Eisen- oder Stahlbauteil als ein einzelnes Erzeugnis oder als eine Vielzahl einzelner Erzeugnisse feuerverzinkbar ist oder dass das Eisen- oder Stahlbauteil als ein Langprodukt, insbesondere ein Draht-, Rohr-, Blech-, Coil-Material oder dergleichen, feuerverzinkbar ist.

[0149] Weiterhin kann es erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass die erfindungsgemäße Anlage, in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zur Feuerverzinkungsvorrichtung (F), außerdem mindestens Abkühlvorrichtung (H) zur Abkühlung des in der Feuerverzinkungsvorrichtung (F) feuerverzinkten Eisen- oder Stahlbauteils aufweist. Insbesondere kann die Abkühlvorrichtung (H) in Gegenwart von Luft betreibbar ausgestaltet sein und/oder betrieben werden.

Weiterhin kann die erfindungsgemäße Anlage, in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zur optionalen Abkühlvorrichtung (H), außerdem mindestens eine Nachbearbeitungs- und/oder Nachbehandlungsvorrichtung (I) zur Nachbearbeitung und/oder Nachbehandlung des feuerverzinkten und abgekühlten Eisen- oder Stahlbauteils aufweisen.

[0150] Für weitergehende Einzelheiten zu der erfindungsgemäßen Anlage kann zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen auf die obigen Ausführungen zu dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen werden, welche in Bezug auf die erfindungsgemäße Anlage entsprechend gelten.

[0151] Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ist ein Flussmittelbad zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren),

wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades eine Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist.

[0152] Für weitergehende Einzelheiten zu dem erfindungsgemäßen Flussmittelbad kann zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen auf die obigen Ausführungen in Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren und auf die erfindungsgemäße Anlage verwiesen werden, welche in Bezug auf das erfindungsgemäße Flussmittelbad entsprechend gelten.

[0153] Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ist eine Flussmittelzusammensetzung zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren),

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist.

[0154] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegt die erfindungsgemäße Flussmittelzusammensetzung gelöst oder dispergiert, vorzugsweise gelöst, in einer flüssigen Phase eines Flussmittelbades vor, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades ein Alkohol/Wasser-Gemisch umfasst.

[0155] Für weitergehende Einzelheiten in Bezug auf die erfindungsgemäße Flussmittelzusammensetzung kann zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen auf die obigen Ausführungen zu dem erfindungsgemäßen Verfahren, zu der erfindungsgemäßen Anlage sowie zu dem erfindungsgemäßen Flussmittelbad verwiesen werden, welche in Bezug auf die erfindungsgemäße Flussmittelzusammensetzung entsprechend gelten.

[0156] Wiederum weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem fünften bzw. sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung - ist die Verwendung des zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Flussmittelbades bzw. der zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Flussmittelzusammensetzung zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren).

[0157] Im Rahmen der erfindungsgemäßen Verwendung ist es insbesondere vorgesehen, dass die Flussmittelzusammensetzung mit einem Flussmittelbad kombiniert wird, wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form.

[0158] Für weitergehende Einzelheiten zu der erfindungsgemäßen Verwendung kann auf die obigen Ausführungen

in Bezug auf die übrigen Erfindungsaspekte verwiesen werden, welche in entsprechender Weise auch für die erfindungsgemäße Verwendung gelten.

[0159] Schließlich ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem siebten Aspekt - ein feuerverzinktes (schmelztauchverzinktes) Eisen- oder Stahlbauteil, welches nach einem erfindungsgemäßen Verfahren, wie vorstehend beschrieben, bzw. in einer erfindungsgemäßen Anlage, wie vorstehend beschrieben, erhältlich ist.

[0160] Wie bereits eingangs geschildert und insbesondere auch durch die erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiele dokumentiert, sind mit den erfindungsgemäßen Produkten besondere Vorteile verbunden, insbesondere ein verringerter Übergangs- bzw. Schwermetallgehalt ebenso wie verbesserte mechanische Eigenschaften sowie Korrosionsschutzeigenschaften.

[0161] Was das erfindungsgemäße feuerverzinkte Eisen- oder Stahlbauteil anbelangt, so ist dieses an seiner Oberfläche mit einer Feuerverzinkungsschicht von 0,5 bis 300 µm Dicke, insbesondere 1 bis 200 µm Dicke, vorzugsweise 1,5 bis 100 µm Dicke, bevorzugt 2 bis 30 µm Dicke, versehen.

[0162] Was das erfindungsgemäße feuerverzinkte Eisen- oder Stahlbauteil weiterhin anbelangt, so ist dieses feuerverzinkte Eisen- oder Stahlbauteil an seiner Oberfläche mit einer Feuerverzinkungsschicht versehen, wobei die Feuerverzinkungsschicht zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von aus der Flussmittelbehandlung stammenden Blei (Pb) und/oder Nickel (Ni) ist.

[0163] Erfindungsgemäß besonders bevorzugt ist es, wenn das feuerverzinkte Eisen- oder Stahlbauteil an seiner Oberfläche mit einer Feuerverzinkungsschicht versehen, wobei die Feuerverzinkungsschicht zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von aus der Flussmittelbehandlung stammenden Schwermetallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist.

[0164] Für weitergehende Einzelheiten zu diesem Erfindungsaspekt kann zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen auf die obigen Ausführungen zu den anderen Erfindungsaspekten verwiesen werden, welche entsprechend auch für diesen Erfindungsaspekt gelten.

[0165] Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand von Zeichnungen und den Zeichnungen selbst. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der vorliegenden Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen und deren Rückbeziehungen.

[0166] Es zeigt:

Fig. 1 einen schematischen Verfahrensablauf der einzelnen Stufen bzw. Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens nach einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anlage gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0167] In dem in Fig. 1 dargestellten Verfahrensablaufschemata sind die sukzessiven Verfahrensstufen bzw. Verfahrensschritte a) bis i) schematisch dargestellt, wobei die Verfahrensschritte b), d), f), h) und i), insbesondere die Verfahrensschritte h) und i), optional sind.

[0168] Gemäß dem in Fig. 1 dargestellten Schema ist der Verfahrensablauf wie folgt, wobei das erfindungsgemäße Verfahren die nachfolgend genannten Schritte sukzessiv gemäß dieser Reihenfolge umfasst: Entfettung (Schritt a)), Spülen (Schritt b), optional), Beizen (Schritt c)), Spülen (Schritt d), optional), Flussmittelbadbehandlung (Schritt e)), Trocknung (Schritt f), optional), Feuerverzinkung (Schritt g)), Abkühlung (Schritt h), optional) sowie Nachbearbeitung bzw. Nachbehandlung (Schritt i), optional).

[0169] Für weitergehende Einzelheiten zu dem erfindungsgemäßen Verfahrensablauf kann auf die vorstehenden allgemeinen Ausführungen zu dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen werden.

[0170] In Fig. 2 ist schematisch die Anlage nach der vorliegenden Erfindung mit den einzelnen Vorrichtungen (A) bis (I) dargestellt, wobei die Vorrichtungen (B), (D), (F), (H) und (I), insbesondere die Vorrichtungen (H) und (I), optional sind.

[0171] Gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Schema der erfindungsgemäßen Anlage umfasst diese in der nachfolgend aufgeführten Abfolge die folgenden Vorrichtungen: Entfettungsvorrichtung (A), gegebenenfalls Spülvorrichtung (B), Beizvorrichtung (C), gegebenenfalls Spülvorrichtung (D), Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E), gegebenenfalls Trocknungsvorrichtung (F), Feuerverzinkungsvorrichtung (G), gegebenenfalls Abkühlvorrichtung (H) und gegebenenfalls Nachbearbeitungs- bzw. Nachbehandlungsvorrichtung (I).

[0172] Für weitergehende Einzelheiten zu der erfindungsgemäßen Anlage kann auf die vorstehenden allgemeinen Ausführungen zu der Anlage nach der vorliegenden Erfindung verwiesen werden.

[0173] Weitere Ausgestaltungen, Abwandlungen und Variationen der vorliegenden Erfindung sind für den Fachmann beim Lesen der Beschreibung ohne Weiteres erkennbar und realisierbar, ohne dass er dabei den Rahmen der vorliegenden Erfindung verlässt.

[0174] Die vorliegende Erfindung wird anhand der nachfolgenden Ausführungsbeispiele veranschaulicht, welche die

vorliegende Erfindung jedoch keinesfalls beschränken sollen, sondern lediglich die beispielhafte und nicht limitierende Durchführungsweise und Ausgestaltung erläutern.

AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

5

Allgemeine Vorschrift zur Durchführung (erfindungsgemäß)

10

[0175] Verschiedene Feuerverzinkungszyklen mit Musterblechen vom Typ S235 (2 mm Dicke, 100 mm x 100 mm Breite) werden nach dem erfindungsgemäßen Verfahrensablauf gemäß Fig. 1 und mit der erfindungsgemäßen Anlage gemäß Fig. 2 durchgeführt. Die Flussmittelzusammensetzung und die Zinkbadlegierungen werden jeweils gemäß den nachfolgenden Angaben variiert.

15

[0176] Das jeweils durchgeführte Feuerverzinkungsverfahren umfasst dabei die folgenden Verfahrensschritte in der nachfolgend aufgeführten Reihenfolge (wobei die erfindungsgemäß zum Einsatz kommende Anlage entsprechend ausgebildet ist):

20

(a) alkalische Entfettungsbehandlung in einem Entfettungsbad (15 Minuten, 70 °C, Zusammensetzung des Entfettungsbad gemäß Beispiel 1 von EP 1 352 100 B1),

(b) zweifaches Spülen in zwei aufeinander folgenden Spülbädern mit Wasser,

(c) saure Beizbehandlung (40 Minuten, 30 °C, Zusammensetzung des Beizbades gemäß Beispiel 1 von EP 1 352 100 B1),

25

(d) zweifaches Spülen in zwei aufeinander folgenden Spülbädern mit Wasser,

(e) Flussmittelbehandlung in Flussmittelbad gemäß nachfolgender Spezifikationen (3 Minuten, 60 °C, Tauchbehandlung),

30

(f) Trocknungsbehandlung (260 °C heißer Luftstrom, 30 Sekunden),

(g) Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) mit einer aluminiumhaltigen bzw. aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") in einem Verzinkungsbad gemäß nachfolgender Spezifikationen (50 Sekunden Tauchbehandlung des vorgewärmten und gefluxten Blechs im Verzinkungsbad, 450 °C),

35

(i) Abkühlung des aus dem Verzinkungsbad entnommenen und feuerverzinkten Blechs an der Luft.

Beispielserie 1 (erfindungsgemäß)

40

[0177] Es werden verschiedene Musterbleche einer wie zuvor beschriebenen Feuerverzinkung, einschließlich entsprechender wie zuvor beschriebener Vorbehandlungsschritte, unterzogen. Die Spezifikation der eingesetzten Flussmittelzusammensetzung und des eingesetzten Flussmittelbades ist wie folgt:

Flussmittelzusammensetzung:

45

[0178] 78,995 Gew.-% ZnCl₂ 13 Gew.-% NH₄Cl, 6 Gew.-% NaCl, 2 Gew.-% KCl, 0,005 Gew.-% (50 ppm) AlCl₃

Flussmittelbad:

50

[0179]

Flussmittelmenge/-konzentration (Gesamtsalzgehalt): 550 g/l

Ammoniaklösung (5%-ig): 10 ml pro Liter Flussmittelbad zur Einstellung (Anhebung) des pH-Wertes

pH-Wert: 3,5 (ohne Ammoniaklösung: 3,2)

Netzmittel (nichtionisches Tensid): 0,3 %

55

Variation des Alkohol-Anteils im Flussmittelbad

[0180]

- a) 0 % Propanol (100 % Wasser)
b) 5 % Propanol (40 g Propanol, Rest bis 1000 ml aufgefüllt mit Wasser)
c) 20 % Propanol (160 g Propanol, Rest bis 1000 ml aufgefüllt mit Wasser)
d) 71,8 % Propanol (574,4 g Propanol, Rest bis 1000 ml aufgefüllt mit Wasser)
e) 100 % Propanol

Verzinkungsbad

[0181] 100 ppm Aluminium, 0,05 Gew.-% Bismut, 0,3 Gew.-% Zinn, 0,04 Gew.-% Nickel, Rest Zink (d. h. ad 100 Gew.-%)

Ergebnisse

[0182]

ad a) Das Blech wird durch Eintauchen in die Flussmittellösung vollständig mit Salzen belegt. Nach dem Trocknungsschritt ist die Oberfläche des Bauteils noch vollständig feucht. Es bildet sich eine weitestgehend homogene Zinkschicht aus, jedoch mit minimalen Fehlstellen.

ad b) Das Blech wird durch Eintauchen in die Flussmittellösung vollständig mit Salzen belegt. Nach dem Trocknungsschritt ist die Oberfläche des Bauteils bereits leicht angetrocknet. Zur Kontrolle werden die Bleche nach dem Beizen und nach dem Trocknen verwogen. Im Vergleich zu Variante a) zeigt sich, dass der Flussmittelfilm 2,5 % weniger wiegt, was auf einen geringeren Restfeuchtegehalt infolge eines schnelleren Trocknens zurückzuführen ist. Nach dem Verzinken bildet sich eine homogene Zinkschicht ohne jegliche Fehlstellen aus.

ad c) Das Blech wird durch Eintauchen in die Flussmittellösung vollständig mit Salzen belegt. Nach dem Trocknungsschritt ist die Oberfläche des Bauteils weitestgehend trocken. Im Vergleich der Gewichte des Flussmittelfilms mit Variante a) zeigt sich eine 11,5%-ige Gewichtsreduzierung. Nach dem Verzinken bildet sich eine homogene Zinkschicht ohne jegliche Fehlstellen aus.

ad d) Das Blech wird durch Eintauchen in die Flussmittellösung vollständig mit Salzen belegt. Nach dem Trocknungsschritt ist die Oberfläche des Bauteils vollständig trocken. Im Vergleich der Gewichte des Flussmittelfilms mit Variante a) zeigt sich eine 15%-ige Reduzierung. Nach dem Verzinken bildet sich eine homogene Zinkschicht ohne jegliche Fehlstellen aus.

ad e) Die Flussmittelsalze bilden einen Bodensatz, welcher nicht zu lösen ist. Folglich findet beim Eintauchen des Blechs in das Flussmittel keine effiziente Benetzung der Stahloberfläche mit Flussmittelsalzen statt. Bei der Verzinkung kommt es daraufhin nicht zur Reaktion zwischen Zinklegierung und Stahl, d. h. es ist keine effiziente Verzinkbarkeit gegeben.

Allgemeine Erkenntnisse

[0183] Bei gleichen Trocknungsbedingungen (d. h. gleichen Trocknungszeiten und Trocknungstemperaturen) führt der Einsatz von Alkohol im Flussmittelbad bereits bei geringen Mengenanteilen und auch bis zu hohen Mengenanteilen zu einem schnelleren Trocknen des Flussmittelfilms und zu einer besseren Verzinkungsqualität. Hieraus resultiert, dass eine bessere Trocknung zu einer besseren Verzinkungsqualität führt.

[0184] Auch bei Korrosionstestungen (Salzsprühtest bzw. Salzsprühnebeltest gemäß DIN EN ISO 9227:2012) zeigen die mit dem Alkohol enthaltenden Flussmittel vorbehandelten feuerverzinkten Bleche deutlich längere Standzeiten (bis zu 40 % Standzeitverbesserung) gegenüber feuerverzinkten Bleche, welche mit dem ansonsten identischen Flussmittel (jedoch ohne jeglichen Alkoholanteil, d. h. rein wässrig) vorbehandelt sind.

Beispielserien 2 bis 5 (erfindungsgemäß)

[0185] Beispielserie 1 wird wiederholt, jedoch mit abweichender Zusammensetzung des Verzinkungsbades.

Verzinkungsbad für Beispielserie 2

[0186] 500 ppm Aluminium, 0,05 Gew.-% Bismut, 0,3 Gew.-% Zinn, 0,04 Gew.-% Nickel, Rest Zink (d. h. ad 100 Gew.-%)

%)

Verzinkungsbad für Beispielserie 3

5 [0187] 1.000 ppm Aluminium, 50 ppm Silizium, Rest Zink (d. h. ad 100 Gew.-%)

Verzinkungsbad für Beispielserie 4

10 [0188] 5,42 Gew.-% Aluminium, Rest Zink (d. h. ad 100 Gew.-%)

Verzinkungsbad für Beispielserie 5

15 [0189] Aluminium 4,51 Gew.-%, Rest Zink (d. h. ad 100 Gew.-%)

Ergebnisse

[0190] Es werden analoge Ergebnisse zur Beispielserie 1 erhalten, wobei speziell im Fall der Beispielserien 4 und 5 auch optisch signifikant verbesserte, d. h. besonders glänzende Oberflächen resultieren.

20 **Beispielserien 6 bis 10 (erfindungsgemäß)**

[0191] Beispielserien 1 bis 5 werden wiederholt, jedoch mit abweichender Flussmittelzusammensetzung (Verwendung von 0,005 Gew.-% bzw. 50 ppm AgCl anstelle von AlCl₃).

25 Ergebnisse

[0192] Es werden analoge Ergebnisse zu den Beispielserien 1 bis 5 erhalten.

30 **Beispielserien 11 bis 15 (erfindungsgemäß)**

[0193] Beispielserien 1 bis 5 werden wiederholt, jedoch mit abweichender Flussmittelzusammensetzung (Verwendung einer Kombination von 0,0025 Gew.-% bzw. 25 ppm AgCl und 0,0025 Gew.-% bzw. 25 ppm AlCl₃ anstelle von AlCl₃ allein).

35 Ergebnisse

[0194] Es werden analoge Ergebnisse zu den Beispielserien 1 bis 5 erhalten.

Beispielserien 16 bis 30 (Vergleich)

40 [0195] Beispielserien 1 bis 15 werden wiederholt, jedoch mit abweichender Flussmittelzusammensetzung (vollständiges Weglassen von AlCl₃ und AgCl).

Ergebnisse

45 [0196] Im Fall der Alkoholgehalte a) bis d) resultieren jeweils nach dem Verzinken stark inhomogene Zinkschichten mit einer signifikanten Anzahl von Fehlstellen und deutlich sichtbaren Defektstrukturen.

[0197] Im Falle der Alkoholgehalte von e) ist auch hier überhaupt keine Verzinkbarkeit gegeben, da die Flussmittelsalze einen nicht löslichen Bodensatz bilden.

50 **Allgemeine Rezepturen für Flussmittel (erfindungsgemäß)**

[0198] Nachfolgend werden allgemeine Rezepturangaben für typische erfindungsgemäße Flussmittelzusammensetzungen und Flussmittelbäder mit Optimierung in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Zink/Aluminium-Schmelze gegeben.

55 Flussmittelzusammensetzung
ZnCl₂ 56 bis 85 %

EP 3 663 429 A1

(fortgesetzt)

5		Für Al = 4,2 bis 6,2 %:	typischerweise 77 bis 82 %
		Für Al bis 1.000 ppm:	typischerweise 56 bis 62 %
	NH ₄ Cl	10 bis 44 %	
		Für Al = 4,2 bis 6,2 %:	typischerweise 10 bis 15 %
		Für Al bis 1.000ppm:	typischerweise 38 bis 44 %
	NaCl	> 0 bis 6 %	
10		Für Al = 4,2 bis 6,2 %:	typischerweise 5 bis 7 %
		Für Al bis 1.000 ppm:	typischerweise > 0 bis 1 %
	KCl	> 0 bis 2 %	
		Für Al = 4,2 bis 6,2 %:	typischerweise 1 bis 3 %
		Für Al bis 1.000 ppm:	typischerweise > 0 bis 0,5 %
15	AgCl/AlCl ₃	0,5 bis 500 ppm	

[0199] Alle vorstehenden Prozentangaben (Gew.-%) bezogen auf den Feststoff-Salzgehalt (Trockengewicht).

Flussmittelbad

20

[0200] Salzgehalt (Flussmittelzusammensetzung) insgesamt 200 bis 700 g/l, typischerweise 450 bis 550 g/l
pH im Bereich von 2,5 bis 5

25

Für Al = 4,2 bis 6,2 %: typischerweise 2,5 bis 3,5

Für Al bis 1.000 ppm: typischerweise 4 bis 5 %

ausreichende Menge an anorganischer Säure und Ammoniaklösung zur Einstellung des erforderlichen pH-Werts (Fein-
einstellung mit Ammoniaklösung)

30

[0201] Temperatur des Flussmittels im Bereich von 15 bis 80 °C

Für Al = 4,2 bis 6,2 %: typischerweise 50 bis 70°C

Für Al bis 1.000 ppm: typischerweise 35 bis 60°C

35

[0202] Netzmittelgehalt 0,2 bis 5%

[0203] Lösung mit einem Anteil Propanol und/oder Ethanol von 0,2 bis 72 %

40

Für Al = 4,2 bis 6,2 %: typischerweise 5 bis 20 %

Für Al bis 1.000 ppm: typischerweise 5 bis 20 %

[0204] Die vorliegende Erfindung wird durch die folgenden allgemeinen Aspekte weiter veranschaulicht:

Aspekt 1:

45

1. Verfahren zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) eines Eisen- oder Stahlbauteils,
wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte in der nachfolgend aufgeführten Reihenfolge umfasst:

50

(a) Entfettungsbehandlung, vorzugsweise alkalische Entfettungsbehandlung, des Eisen- oder Stahlbauteils,
insbesondere in mindestens einem Entfettungsbad; dann

(b) gegebenenfalls Spülen des in Verfahrensschritt (a) entfetteten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in
mindestens einem Spülbad; dann

55

(c) Beizbehandlung, vorzugsweise saure Beizbehandlung, des in Verfahrensschritt (a) entfetteten und gege-
benenfalls in Verfahrensschritt (b) gespülten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem
Beizbad; dann

(d) gegebenenfalls Spülen des in Verfahrensschritt (c) gebeizten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in

mindestens einem Spülbad; dann

(e) Flussmittelbehandlung des in Verfahrensschritt (c) gebeizten und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (d) gespülten Eisen- oder Stahlbauteils mittels einer Flussmittelzusammensetzung in einem Flussmittelbad, wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist; dann

(f) gegebenenfalls Trocknungsbehandlung des in Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung unterzogenen Eisen- oder Stahlbauteils; dann

(g) Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) des in Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung unterzogenen und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (f) getrockneten Eisen- oder Stahlbauteils in einer aluminiumhaltigen, insbesondere aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere in einem die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltenden Verzinkungsbad, vorzugsweise durch Tauchen des Eisen- oder Stahlbauteils in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze und/oder in das Verzinkungsbad.

Aspekt 2:

2. Verfahren nach Aspekt 1,

wobei das Flussmittelbad sauer eingestellt wird; und/oder

wobei das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt wird, insbesondere im pH-Wert-Bereich von 0 bis 6,9, vorzugsweise im pH-Wert-Bereich von 0,5 bis 6,5, bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1 bis 5,5, besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1,5 bis 5, ganz besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4,5, noch mehr bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4; und/oder

wobei das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt wird, wobei die Einstellung des pH-Werts mittels einer vorzugsweise anorganischen Säure in Kombination mit einer vorzugsweise anorganischen basischen Verbindung, insbesondere Ammoniak (NH_3), erfolgt.

Aspekt 3:

3. Verfahren nach Aspekt 1 oder 2,

wobei das Flussmittelbad das Alkohol/Wasser-Gemisch in einem gewichtsbezogenen Alkohol/Wasser-Mengenverhältnis im Bereich von 0,5 : 99,5 bis 99 : 1, insbesondere im Bereich von 2 : 98 bis 95 : 5, vorzugsweise im Bereich von 5 : 95 bis 90 : 10, bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 45 : 55, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, noch mehr bevorzugt im Bereich von 10 : 90 bis 30 : 70, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, enthält; und/oder

wobei das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/WasserGemisch, in einer Menge von mindestens 0,5 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von mindestens 1 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 2 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 4 Gew.-%, enthält; und/oder

wobei das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/WasserGemisch, in einer Menge von bis zu 90 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von bis zu 70 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von bis zu 50 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von bis zu 30 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von bis zu 25 Gew.-%, enthält; und/oder

EP 3 663 429 A1

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus Alkoholen mit Siedepunkten unter Atmosphärendruck (1.013,25 hPa) im Bereich von 40 °C bis 200 °C, insbesondere im Bereich von 45 °C bis 180 °C, vorzugsweise im Bereich von 50 °C bis 150 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 55 °C bis 130 °C, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 60 °C bis 110 °C; und/oder

5

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser mischbarer und/oder ein in Wasser löslicher Alkohol ist; und/oder

10

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser ein azeotropes Gemisch bildender Alkohol ist; und/oder

15

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von C₁-C₁₀-Alkoholen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen und deren Mischungen; und/oder

20

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen, primären, sekundären oder tertiären, ein-, zwei- oder dreiwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten, aliphatischen, primären, sekundären oder tertiären einwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen; und/oder

25

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol, Hexan-1-ol, Heptan-1-ol, Octan-1-ol, Nonan-1-ol, Decan-1-ol, Ethan-1,2-diol, Propan-1,2-diol, Cyclopentanol, Cyclohexanol, Prop-2-en-1-ol, But-2-en-1-ol und deren Mischungen, insbesondere aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol und deren Mischungen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol und deren Mischungen, noch mehr bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen; und/oder

30

35

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen; und/oder

40

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein tensidischer Alkohol (Tensid-Alkohol) und/oder ein Alkohol mit tensidischen Eigenschaften ist, insbesondere ausgewählt aus alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten C₆-C₂₅-Alkoholen, vorzugsweise C₈-C₁₅-Alkoholen, und alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten Fettalkoholen, vorzugsweise C₆-C₃₀-Fettalkoholen, hydroxyfunktionellen Polyalkylenglykolethern, hydroxyfunktionellen Fettalkoholalkoxylaten, insbesondere C₆-C₃₀-Fettalkoholalkoxylaten, hydroxyfunktionellen Alkyl(poly)-glukosiden und hydroxyfunktionellen Alkylphenolalkoxylaten sowie deren Mischungen.

45

Aspekt 4:

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

50

wobei das Flussmittelbad außerdem mindestens ein Netzmittel und/oder Tensid, insbesondere mindestens ein ionisches oder nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, bevorzugt mindestens ein nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, enthält;

55

insbesondere wobei das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 8 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 6 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Gew.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthält; und/oder

EP 3 663 429 A1

insbesondere wobei das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 10 Vol.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 8 Vol.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Vol.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthält.

5

Aspekt 5:

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

10

wobei das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von mindestens 150 g/l, insbesondere in einer Menge von mindestens 200 g/l, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 250 g/l, bevorzugt in einer Menge von mindestens 300 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 400 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 450 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 500 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung; und/oder

15

wobei das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von 150 g/l bis 750 g/l, insbesondere in einer Menge von 200 g/l bis 700 g/l, vorzugsweise in einer Menge von 250 g/l bis 650 g/l, bevorzugt in einer Menge von 300 g/l bis 625 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von 400 g/l bis 600 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von 450 g/l bis 580 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von 500 g/l bis 575 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

20

Aspekt 6:

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

25

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe

30

(i) Zinkchlorid (ZnCl_2), insbesondere in Mengen im Bereich von 50 bis 95 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 55 bis 90 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 60 bis 85 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 65 bis 82,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 70 bis 82 Gew.-%,

35

(ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), insbesondere in Mengen im Bereich von 5 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 7,5 bis 40 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 10 bis 35 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 11 bis 25 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 12 bis 20 Gew.-%,

40

(iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz, insbesondere in Mengen im Bereich von 0,1 bis 25 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 20 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 1 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 2 bis 12,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 4 bis 10 Gew.-%, und

45

(iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid (AlCl_3) und/oder Silberchlorid (AgCl), vorzugsweise Aluminiumchlorid (AlCl_3), insbesondere in Mengen im Bereich von $1 \cdot 10^{-7}$ bis 2 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von $1 \cdot 10^{-6}$ bis 1,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von $1 \cdot 10^{-5}$ bis 1 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von $2 \cdot 10^{-5}$ bis 0,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$ Gew.-%

enthält, wobei alle vorgenannten Mengenangaben auf die Zusammensetzung bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren, und

50

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2) und Nickelchlorid (NiCl_2) ausgebildet ist.

Aspekt 7:

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

55

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) ein Alkali- und/oder Erdalkalichlorid enthält; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens ein

EP 3 663 429 A1

Alkali- und/oder Erdalkalisalz eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen enthält; und/oder

5 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkali- und/oder Erdalkalisalze, insbesondere mindestens zwei Alkali- und/oder Erdalkalisalze eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen, enthält; und/oder

10 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkalisalze, insbesondere zwei voneinander verschiedene Alkalichloride, vorzugsweise Natriumchlorid und Kaliumchlorid, insbesondere mit einem Natrium/Kalium-Gewichtsverhältnis im Bereich von 50 : 1 bis 1 : 50, insbesondere im Bereich von 25 : 1 bis 1 : 25, vorzugsweise im Bereich von 10 : 1 bis 1 : 10, enthält.

Aspekt 8:

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

20 wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, auch von Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist; und/oder

25 wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist und/oder wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Chloriden aus der Gruppe von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist; und/oder

30 wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Metallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist; und/oder

35 wobei die Flussmittelzusammensetzung, abgesehen von Zinkchlorid (ZnCl_2) sowie von Aluminium- und/oder Silbersalz, insbesondere Silberchlorid (AgCl) und/oder Aluminiumchlorid (AlCl_3), zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Übergangs- und Schwermetallen ausgebildet ist.

Aspekt 9:

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

45 wobei die Flussmittelbehandlung in Verfahrensschritt (e) durch Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung, insbesondere durch Tauchen oder Sprühauftrag, vorzugsweise Tauchen, erfolgt, insbesondere wobei das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von 0,001 bis 30 Minuten, insbesondere 0,01 bis 20 Minuten, vorzugsweise 0,1 bis 15 Minuten, vorzugsweise 0,5 bis 10 Minuten, besonders bevorzugt 1 bis 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird, und/oder insbesondere wobei das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von bis zu 30 Minuten, insbesondere bis zu 20 Minuten, vorzugsweise bis zu 15 Minuten, vorzugsweise bis zu 10 Minuten, besonders bevorzugt bis zu 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird; und/oder

55 wobei die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 400 °C, insbesondere im Bereich von 75 bis 350 °C, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 300 °C, bevorzugt im Bereich von 125 bis 275 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 250 °C, erfolgt und/oder wobei die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur bis zu 400 °C, insbesondere bis zu 350 °C, vorzugsweise bis zu 300 °C, bevorzugt bis zu 275 °C, besonders bevorzugt bis zu 250 °C, erfolgt; und/oder

EP 3 663 429 A1

wobei die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) derart durchgeführt wird, dass die Oberfläche des Eisen- oder Stahlbauteils bei der Trocknung eine Temperatur im Bereich von 100 bis 300 °C, insbesondere im Bereich von 125 bis 275 °C, vorzugsweise im Bereich von 150 bis 250 °C, bevorzugt im Bereich von 160 bis 225 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 170 bis 200 °C, aufweist; und/oder

5

wobei die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) in Gegenwart von und/oder mittels Luft erfolgt; und/oder

10

wobei die Trocknungsbehandlung in mindestens einer Trocknungseinrichtung, insbesondere in mindestens einem Ofen, erfolgt.

Aspekt 10:

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

15

wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Aluminium im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%, aufweist, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, insbesondere wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Zink von mindestens 75 Gew.-%, insbesondere mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, sowie gegebenenfalls mindestens ein weiteres Metall, insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-% und/oder insbesondere ausgewählt aus der Gruppe von Bismut (Bi), Blei (Pb), Zinn (Sn), Nickel (Ni), Silizium (Si), Magnesium (Mg) und deren Kombinationen, aufweist, wobei alle vorstehend genannten Mengenangaben derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren; und/oder

20

25

30

wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad die folgende Zusammensetzung aufweist, wobei alle nachfolgend genannten Mengenangaben auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren:

35

(i) Zink (Zn), insbesondere in Mengen im Bereich von 75 bis 99,9999 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 80 bis 99,999 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 82,5 bis 99,995 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 85 bis 99,99 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 87,5 bis 99,98 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 90 bis 99,95 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 92 bis 99,9 Gew.-%,

40

(ii) Aluminium (Al), insbesondere in Mengen im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%,

45

(iii) gegebenenfalls Bismut (Bi), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(iv) gegebenenfalls Blei (Pb), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,2 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

50

(v) gegebenenfalls Zinn (Sn), insbesondere in Mengen von bis zu 0,9 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,6 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%,

55

(vi) gegebenenfalls Nickel (Ni), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,08 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,06 Gew.-%,

(vii) gegebenenfalls Silizium (Si), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,05 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,01 Gew.-%,

(viii) gegebenenfalls Magnesium (Mg), insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 2,5 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,8 Gew.-%; und/oder

5 wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad eine Temperatur im Bereich von 375 °C bis 750 °C, insbesondere Temperatur im Bereich von 380 °C bis 700 °C, vorzugsweise Temperatur im Bereich von 390 °C bis 680 °C, noch mehr bevorzugt im Bereich von 395 °C bis 675 °C, aufweist; und/oder

10 wobei das Eisen- oder Stahlbauteil in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder in das Verzinkungsbad getaucht, insbesondere hierin getaucht und bewegt, wird, insbesondere für eine Zeitdauer, welche ausreichend ist, um eine wirksame Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung), zu gewährleisten, insbesondere für eine Zeitdauer im Bereich von 0,0001 bis 60 Minuten, vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 45 Minuten, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 30 Minuten, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 15 Minuten; und/oder

15 wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad mit mindestens einem Inertgas, insbesondere Stickstoff, kontaktiert und/oder gespült oder durchgeleitet wird.

20 Aspekt 11:

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

wobei das Verfahren kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben wird; und/oder

25 wobei das Eisen- oder Stahlbauteil ein einzelnes Erzeugnis oder eine Vielzahl einzelner Erzeugnisse ist oder wobei das Eisen- oder Stahlbauteil ein Langprodukt, insbesondere ein Draht-, Rohr-, Blech-, Coil-Material oder dergleichen, ist.

30 Aspekt 12:

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Aspekte,

35 wobei sich der in Verfahrensschritt (g) durchgeführten Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) ein Abkühlungsschritt (h) anschließt und/oder wobei das in Verfahrensschritt (g) feuerverzinkte (schmelztauchverzinkte) Eisen- oder Stahlbauteil einer Abkühlungsbehandlung (h) unterzogen wird, gegebenenfalls gefolgt von einem weiteren Nachbearbeitungs- und/oder Nachbehandlungsschritt (i);

insbesondere wobei der Abkühlungsschritt (h) und/oder die Abkühlungsbehandlung (h) mittels Luft und/oder in Gegenwart von Luft erfolgt, vorzugsweise bis auf Umgebungstemperatur.

40 Aspekt 13:

13. Anlage zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) von Eisen- oder Stahlbauteilen, insbesondere Anlage zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der vorangehenden Aspekte,

wobei die Anlage die folgenden Behandlungsvorrichtungen in der nachfolgend aufgeführten Abfolge umfasst:

45 (A) mindestens eine Entfettungsvorrichtung, insbesondere mindestens ein Entfettungsbad, zur vorzugsweise alkalischen Entfettungsbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (A)

50 (B) gegebenenfalls mindestens eine Spülvorrichtung, insbesondere mindestens ein Spülbad, zum Spülen von in der Entfettungsvorrichtung (A) entfetteten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (B)

55 (C) mindestens eine Beizvorrichtung, insbesondere mindestens ein Beizbad, zur vorzugsweise sauren Beizbehandlung von in der Entfettungsvorrichtung (A) entfetteten und gegebenenfalls in der Spülvorrichtung (B) gespülten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (C)

(D) gegebenenfalls mindestens eine Spülvorrichtung, insbesondere mindestens ein Spülbad, zum Spülen von in der Beizvorrichtung (C) gebeizten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder strom-

abwärts zu (D)

(E) mindestens eine Flussmittelbehandlungsvorrichtung zur Flussmittelbehandlung von in der Beizvorrichtung (C) gebeizten und gegebenenfalls in der Spülvorrichtung (D) gespülten Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Flussmittelbehandlungsvorrichtung mindestens ein Flussmittelbad mit einer Flussmittelzusammensetzung enthält,

wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (E)

(F) gegebenenfalls mindestens eine Trocknungsvorrichtung zur Trocknung von in der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) einer Flussmittelbehandlung unterzogenen Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (F)

(G) mindestens eine Feuerverzinkungsvorrichtung (Schmelztauchverzinkungsvorrichtung) zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) von in der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) einer Flussmittelbehandlung unterzogenen und gegebenenfalls in der Trocknungsvorrichtung (F) getrockneten Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (Schmelztauchverzinkungsvorrichtung) mindestens eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere mindestens eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltendes Verzinkungsbad, vorzugsweise ausgebildet zum Tauchen von Eisen- oder Stahlbauteilen, umfasst.

Aspekt 14:

14. Anlage nach Aspekt 13,

wobei das Flussmittelbad sauer eingestellt ist; und/oder

wobei das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt ist, insbesondere im pH-Wert-Bereich von 0 bis 6,9, vorzugsweise im pH-Wert-Bereich von 0,5 bis 6,5, bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1 bis 5,5, besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1,5 bis 5, ganz besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4,5, noch mehr bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4; und/oder

wobei das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt ist, wobei die Einstellung des pH-Werts mittels einer vorzugsweise anorganischen Säure in Kombination mit einer vorzugsweise anorganischen basischen Verbindung, insbesondere Ammoniak (NH_3), erfolgt ist.

Aspekt 15:

15. Anlage nach Aspekt 13 oder 14,

wobei das Flussmittelbad das Alkohol/Wasser-Gemisch in einem gewichtsbezogenen Alkohol/Wasser-Mengenverhältnis im Bereich von 0,5 : 99,5 bis 99 : 1, insbesondere im Bereich von 2 : 98 bis 95 : 5, vorzugsweise im Bereich von 5 : 95 bis 90 : 10, bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 45 : 55, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, noch mehr bevorzugt im Bereich von 10 : 90 bis 30 : 70, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, enthält; und/oder

wobei das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von mindestens 0,5 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von mindestens 1 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 2 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 4 Gew.-%, enthält; und/oder

wobei das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von bis zu

EP 3 663 429 A1

90 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von bis zu 70 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von bis zu 50 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von bis zu 30 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von bis zu 25 Gew.-%, enthält; und/oder

5 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus Alkoholen mit Siedepunkten unter Atmosphärendruck (1.013,25 hPa) im Bereich von 40 °C bis 200 °C, insbesondere im Bereich von 45 °C bis 180 °C, vorzugsweise im Bereich von 50 °C bis 150 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 55 °C bis 130 °C, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 60 °C bis 110 °C; und/oder

10 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser mischbarer und/oder ein in Wasser löslicher Alkohol ist; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser ein azeotropes Gemisch bildender Alkohol ist; und/oder

15 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von C₁-C₁₀-Alkoholen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen und deren Mischungen; und/oder

20 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen, primären, sekundären oder tertiären, ein-, zwei- oder dreiwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten, aliphatischen, primären, sekundären oder tertiären einwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen; und/oder

25 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol, Hexan-1-ol, Heptan-1-ol, Octan-1-ol, Nonan-1-ol, Decan-1-ol, Ethan-1,2-diol, Propan-1,2-diol, Cyclopentanol, Cyclohexanol, Prop-2-en-1-ol, But-2-en-1-ol und deren Mischungen, insbesondere aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol und deren Mischungen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol und deren Mischungen, noch mehr bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen; und/oder

30 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen; und/oder

35 wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein tensidischer Alkohol (Tensid-Alkohol) und/oder ein Alkohol mit tensidischen Eigenschaften ist, insbesondere ausgewählt aus alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten C₆-C₂₅-Alkoholen, vorzugsweise C₈-C₁₅-Alkoholen, und alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten Fettalkoholen, vorzugsweise C₆-C₃₀-Fettalkoholen, hydroxyfunktionellen Polyalkylenglykolethern, hydroxyfunktionellen Fettalkoholalkoxylaten, insbesondere C₆-C₃₀-Fettalkoholalkoxylaten, hydroxyfunktionellen Alkyl(poly)-glukosiden und hydroxyfunktionellen Alkylphenolalkoxylaten sowie deren Mischungen.

50 Aspekt 16:

16. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

wobei das Flussmittelbad außerdem mindestens ein Netzmittel und/oder Tensid, insbesondere mindestens ein ionisches oder nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, bevorzugt mindestens ein nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, enthält;

insbesondere wobei das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 8 Gew.-%

EP 3 663 429 A1

%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 6 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Gew.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthält; und/oder

5 insbesondere wobei das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 10 Vol.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 8 Vol.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Vol.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthält.

10 Aspekt 17:

17. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

15 wobei das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von mindestens 150 g/l, insbesondere in einer Menge von mindestens 200 g/l, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 250 g/l, bevorzugt in einer Menge von mindestens 300 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 400 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 450 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 500 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung; und/oder

20 wobei das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von 150 g/l bis 750 g/l, insbesondere in einer Menge von 200 g/l bis 700 g/l, vorzugsweise in einer Menge von 250 g/l bis 650 g/l, bevorzugt in einer Menge von 300 g/l bis 625 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von 400 g/l bis 600 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von 450 g/l bis 580 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von 500 g/l bis 575 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

25

Aspekt 18:

18. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe

30

(i) Zinkchlorid (ZnCl_2), insbesondere in Mengen im Bereich von 50 bis 95 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 55 bis 90 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 60 bis 85 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 65 bis 82,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 70 bis 82 Gew.-%,

35

(ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), insbesondere in Mengen im Bereich von 5 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 7,5 bis 40 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 10 bis 35 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 11 bis 25 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 12 bis 20 Gew.-%,

40

(iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz, insbesondere in Mengen im Bereich von 0,1 bis 25 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 20 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 1 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 2 bis 12,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 4 bis 10 Gew.-%, und

45

(iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid (AlCl_3) und/oder Silberchlorid (AgCl), vorzugsweise Aluminiumchlorid (AlCl_3), insbesondere in Mengen im Bereich von $1 \cdot 10^{-7}$ bis 2 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von $1 \cdot 10^{-6}$ bis 1,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von $1 \cdot 10^{-5}$ bis 1 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von $2 \cdot 10^{-5}$ bis 0,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$ Gew.-%

50

enthält, wobei alle vorgenannten Mengenangaben auf die Zusammensetzung bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2) und Nickelchlorid (NiCl_2) ausgebildet ist.

55

Aspekt 19:

19. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

EP 3 663 429 A1

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) ein Alkali- und/oder Erdalkalichlorid enthält; und/oder

5 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen enthält; und/oder

10 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkali- und/oder Erdalkalisalze, insbesondere mindestens zwei Alkali- und/oder Erdalkalisalze eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen, enthält; und/oder

15 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkalisalze, insbesondere zwei voneinander verschiedene Alkalichloride, vorzugsweise Natriumchlorid und Kaliumchlorid, insbesondere mit einem Natrium/Kalium-Gewichtsverhältnis im Bereich von 50 : 1 bis 1 : 50, insbesondere im Bereich von 25 : 1 bis 1 : 25, vorzugsweise im Bereich von 10 : 1 bis 1 : 10, enthält.

Aspekt 20:

20. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

25 wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, auch von Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist; und/oder

30 wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist und/oder wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Chloriden aus der Gruppe von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist; und/oder

35 wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Metallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist; und/oder

40 wobei die Flussmittelzusammensetzung, abgesehen von Zinkchlorid (ZnCl_2) sowie von Aluminium- und/oder Silbersalz, insbesondere Silberchlorid (AgCl) und/oder Aluminiumchlorid (AlCl_3), zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Übergangs- und Schwermetallen ausgebildet ist.

Aspekt 21:

45 21. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

wobei die Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung, insbesondere eine Einrichtung zum Tauchen oder zum Sprühauftrag, vorzugsweise eine Einrichtung zum Tauchen, umfasst, insbesondere wobei die Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von 0,001 bis 30 Minuten, insbesondere 0,01 bis 20 Minuten, vorzugsweise 0,1 bis 15 Minuten, vorzugsweise 0,5 bis 10 Minuten, besonders bevorzugt 1 bis 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird, und/oder insbesondere wobei die Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von bis zu 30 Minuten, insbesondere bis zu 20 Minuten, vorzugsweise

EP 3 663 429 A1

bis zu 15 Minuten, vorzugsweise bis zu 10 Minuten, besonders bevorzugt bis zu 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird; und/oder

5 wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass die Trocknungsbehandlung bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 400 °C, insbesondere im Bereich von 75 bis 350 °C, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 300 °C, bevorzugt im Bereich von 125 bis 275 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 250 °C, erfolgt und/oder
10 dass die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur bis zu 400 °C, insbesondere bis zu 350 °C, vorzugsweise bis zu 300 °C, bevorzugt bis zu 275 °C, besonders bevorzugt bis zu 250 °C, erfolgt; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass die Trocknungsbehandlung derart durchgeführt wird, dass
15 die Oberfläche des Eisen- oder Stahlbauteils bei der Trocknung eine Temperatur im Bereich von 100 bis 300 °C, insbesondere im Bereich von 125 bis 275 °C, vorzugsweise im Bereich von 150 bis 250 °C, bevorzugt im Bereich von 160 bis 225 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 170 bis 200 °C, aufweist; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) in Gegenwart von Luft betrieben wird und/oder wobei die
20 Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) mindestens einen Einlass zum Einführen und/oder Einlassen von Luft aufweist; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) mindestens eine Trocknungseinrichtung, insbesondere mindestens einen Ofen, umfasst.

25

Aspekt 22:

22. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das
30 Verzinkungsbad, eine Menge an Aluminium im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%, aufweist, bezogen
35 auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, insbesondere wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Zink von mindestens 75 Gew.-%, insbesondere mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, sowie gegebenenfalls mindestens ein weiteres Metall, insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-%
40 und/oder insbesondere ausgewählt aus der Gruppe von Bismut (Bi), Blei (Pb), Zinn (Sn), Nickel (Ni), Silizium (Si), Magnesium (Mg) und deren Kombinationen, aufweist, wobei alle vorstehend genannten Mengenangaben derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren; und/oder

wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das
45 Verzinkungsbad die folgende Zusammensetzung aufweist, wobei alle nachfolgend genannten Mengenangaben auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren:

(i) Zink (Zn), insbesondere in Mengen im Bereich von 75 bis 99,9999 Gew.-%, insbesondere im Bereich
50 von 80 bis 99,999 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 82,5 bis 99,995 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 85 bis 99,99 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 87,5 bis 99,98 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 90 bis 99,95 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 92 bis 99,9 Gew.-%,

(ii) Aluminium (Al), insbesondere in Mengen im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich
55 von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%,

EP 3 663 429 A1

(iii) gegebenenfalls Bismut (Bi), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

5 (iv) gegebenenfalls Blei (Pb), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,2 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(v) gegebenenfalls Zinn (Sn), insbesondere in Mengen von bis zu 0,9 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,6 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%,

10 (vi) gegebenenfalls Nickel (Ni), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,08 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,06 Gew.-%,

(vii) gegebenenfalls Silizium (Si), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,05 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,01 Gew.-%

15 (viii) gegebenenfalls Magnesium (Mg), insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 2,5 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,8 Gew.-%; und/oder

20 wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad eine Temperatur im Bereich von 375 °C bis 750 °C, insbesondere Temperatur im Bereich von 380 °C bis 700 °C, vorzugsweise Temperatur im Bereich von 390 °C bis 680 °C, noch mehr bevorzugt im Bereich von 395 °C bis 675 °C, aufweist; und/oder

25 wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (G) derart ausgestaltet und/oder betreibbar ist und/oder derart ausgestaltet und/oder betrieben wird, insbesondere derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder in das Verzinkungsbad getaucht, insbesondere hierin getaucht und bewegt, wird, insbesondere für eine Zeitdauer, welche ausreichend ist, um eine wirksame Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung), zu gewährleisten, insbesondere für eine Zeitdauer im Bereich von 30 0,0001 bis 60 Minuten, vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 45 Minuten, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 30 Minuten, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 15 Minuten; und/oder

35 wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (G) mindestens eine Einrichtung zum Kontaktieren und/oder Spülen oder Durchleiten der aluminiumhaltigen, insbesondere aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder des Verzinkungsbades mit mindestens einem Inertgas, insbesondere Stickstoff, aufweist.

Aspekt 23:

23. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

40 wobei die Anlage kontinuierlich oder diskontinuierlich betreibbar ausgestaltet ist und/oder kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben wird; und/oder

45 wobei die Anlage derart ausgestaltet ist, dass das Eisen- oder Stahlbauteil als ein einzelnes Erzeugnis oder als eine Vielzahl einzelner Erzeugnisse feuerverzinkbar ist oder dass das Eisen- oder Stahlbauteil als ein Langprodukt, insbesondere ein Draht-, Rohr-, Blech-, Coil-Material oder dergleichen, feuerverzinkbar ist.

Aspekt 24:

24. Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte,

50 wobei die Anlage, in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zur Feuerverzinkungsvorrichtung (F), außerdem mindestens Abkühlvorrichtung (H) zur Abkühlung des in der Feuerverzinkungsvorrichtung (F) feuerverzinkten Eisen- oder Stahlbauteils aufweist, insbesondere wobei die Abkühlvorrichtung (H) in Gegenwart von Luft betreibbar ausgestaltet ist und/oder betrieben wird und/oder insbesondere wobei die Anlage, in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zur Abkühlvorrichtung (H), außerdem mindestens eine Nachbearbeitungs- und/oder Nachbehandlungsvorrichtung (I) zur Nachbearbeitung und/oder Nachbehandlung des feuerverzinkten und abgekühlten Eisen- oder Stahlbauteils aufweist.

Aspekt 25:

25. Flussmittelbad zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren

(Schmelztauchverzinkungsverfahren),

5 wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades eine Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und
10 wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist.

Aspekt 26:

15 26. Flussmittelbad nach Aspekt 25, gekennzeichnet durch eines oder mehrere der Merkmale des Verfahrens oder der Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte.

Aspekt 27:

20 27. Flussmittelzusammensetzung zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren), wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist.

Aspekt 28:

25 28. Flussmittelzusammensetzung nach Aspekt 27, wobei die Flussmittelzusammensetzung gelöst oder dispergiert, vorzugsweise gelöst, in einer flüssigen Phase eines Flussmittelbades vorliegt, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades ein Alkohol/Wasser-Gemisch umfasst.

Aspekt 29:

30 29. Flussmittelzusammensetzung nach Aspekt 27 oder 28, gekennzeichnet durch eines oder mehrere der Merkmale des Verfahrens oder der Anlage nach einem der vorangehenden Aspekte.

Aspekt 30:

35 30. Verwendung eines Flussmittelbades nach Aspekt 25 oder 26 oder einer Flussmittelzusammensetzung nach einem der Aspekte 27 bis 29 zur Flussmittelbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen in einem Feuerverzinkungsverfahren (Schmelztauchverzinkungsverfahren).

Aspekt 31:

40 31. Verwendung nach Aspekt 30, wobei die Flussmittelzusammensetzung mit einem Flussmittelbad kombiniert wird, wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form.

Aspekt 32:

45 32. Verwendung nach Aspekt 30 oder 31, gekennzeichnet durch eines oder mehrere der Merkmale der vorangehenden Aspekte.

Aspekt 33:

50 33. Feuerverzinktes (schmelztauchverzinktes) Eisen- oder Stahlbauteil, erhältlich nach einem Verfahren gemäß einem der vorangehenden Aspekte bzw. in einer Anlage gemäß einem der vorangehenden Aspekte.

Aspekt 34:

55 34. Feuerverzinktes (schmelztauchverzinktes) Eisen- oder Stahlbauteil nach Aspekt 33, wobei das Eisen- oder Stahlbauteil an seiner Oberfläche mit einer Feuerverzinkungsschicht von 0,5 bis 300 μm Dicke, insbesondere 1 bis 200 μm Dicke, vorzugsweise 1,5 bis 100 μm Dicke, bevorzugt 2 bis 30 μm Dicke, versehen ist.

Aspekt 35:

35. Feuerverzinktes (schmelztauchverzinktes) Eisen- oder Stahlbauteil nach Aspekt 33 oder 34, wobei das Eisen- oder Stahlbauteil an seiner Oberfläche mit einer Feuerverzinkungsschicht versehen, wobei die Feuerverzinkungsschicht zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von aus der Flussmittelbehandlung stammenden Blei (Pb) und/oder Nickel (Ni) ist.

Aspekt 36:

36. Feuerverzinktes (schmelztauchverzinktes) Eisen- oder Stahlbauteil nach einem der vorangehenden Aspekte, wobei das Eisen- oder Stahlbauteil an seiner Oberfläche mit einer Feuerverzinkungsschicht versehen, wobei die Feuerverzinkungsschicht zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von aus der Flussmittelbehandlung stammenden Schwermetallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist.

Patentansprüche

1. Anlage zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) von Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Anlage die folgenden Behandlungsvorrichtungen in der nachfolgend aufgeführten Abfolge umfasst:

(A) mindestens eine Entfettungsvorrichtung, insbesondere mindestens ein Entfettungsbad, zur vorzugsweise alkalischen Entfettungsbehandlung von Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (A)

(B) gegebenenfalls mindestens eine Spülvorrichtung, insbesondere mindestens ein Spülbad, zum Spülen von in der Entfettungsvorrichtung (A) entfetteten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (B)

(C) mindestens eine Beizvorrichtung, insbesondere mindestens ein Beizbad, zur vorzugsweise sauren Beizbehandlung von in der Entfettungsvorrichtung (A) entfetteten und gegebenenfalls in der Spülvorrichtung (B) gespülten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (C)

(D) gegebenenfalls mindestens eine Spülvorrichtung, insbesondere mindestens ein Spülbad, zum Spülen von in der Beizvorrichtung (C) gebeizten Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (D)

(E) mindestens eine Flussmittelbehandlungsvorrichtung zur Flussmittelbehandlung von in der Beizvorrichtung (C) gebeizten und gegebenenfalls in der Spülvorrichtung (D) gespülten Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Flussmittelbehandlungsvorrichtung mindestens ein Flussmittelbad mit einer Flussmittelzusammensetzung enthält,

wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (E)

(F) gegebenenfalls mindestens eine Trocknungsvorrichtung zur Trocknung von in der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) einer Flussmittelbehandlung unterzogenen Eisen- oder Stahlbauteilen; in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zu (F)

(G) mindestens eine Feuerverzinkungsvorrichtung (Schmelztauchverzinkungsvorrichtung) zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) von in der Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) einer Flussmittelbehandlung unterzogenen und gegebenenfalls in der Trocknungsvorrichtung (F) getrockneten Eisen- oder Stahlbauteilen, wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (Schmelztauchverzinkungsvorrichtung) mindestens eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere mindestens ein eine aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltendes Verzinkungsbad, vorzugsweise ausgebildet zum Tauchen von Eisen- oder Stahlbauteilen, umfasst.

2. Anlage nach Anspruch 1, wobei das Flussmittelbad sauer eingestellt ist; und/oder wobei das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt

ist, insbesondere im pH-Wert-Bereich von 0 bis 6,9, vorzugsweise im pH-Wert-Bereich von 0,5 bis 6,5, bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1 bis 5,5, besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 1,5 bis 5, ganz besonders bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4,5, noch mehr bevorzugt im pH-Wert-Bereich von 2 bis 4; und/oder wobei das Flussmittelbad auf einen definierten und/oder vorgegebenen, insbesondere sauren pH-Wert eingestellt ist, wobei die Einstellung des pH-Werts mittels einer vorzugsweise anorganischen Säure in Kombination mit einer vorzugsweise anorganischen basischen Verbindung, insbesondere Ammoniak (NH₃), erfolgt ist.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2,

wobei das Flussmittelbad das Alkohol/Wasser-Gemisch in einem gewichtsbezogenen Alkohol/Wasser-Mengenverhältnis im Bereich von 0,5 : 99,5 bis 99 : 1, insbesondere im Bereich von 2 : 98 bis 95 : 5, vorzugsweise im Bereich von 5 : 95 bis 90 : 10, bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 45 : 55, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 : 95 bis 50 : 50, noch mehr bevorzugt im Bereich von 10 : 90 bis 30 : 70, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, enthält; und/oder

wobei das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von mindestens 0,5 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von mindestens 1 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 2 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 4 Gew.-%, enthält; und/oder

wobei das Flussmittelbad den Alkohol, bezogen auf das Alkohol/Wasser-Gemisch, in einer Menge von bis zu 90 Gew.-%, insbesondere in einer Menge von bis zu 70 Gew.-%, vorzugsweise in einer Menge von bis zu 50 Gew.-%, besonders bevorzugt in einer Menge von bis zu 30 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in einer Menge von bis zu 25 Gew.-%, enthält; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus Alkoholen mit Siedepunkten unter Atmosphärendruck (1.013,25 hPa) im Bereich von 40 °C bis 200 °C, insbesondere im Bereich von 45 °C bis 180 °C, vorzugsweise im Bereich von 50 °C bis 150 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 55 °C bis 130 °C, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 60 °C bis 110 °C; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser mischbarer und/oder ein in Wasser löslicher Alkohol ist; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein mit Wasser ein azeotropes Gemisch bildender Alkohol ist; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von C₁-C₁₀-Alkoholen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen und deren Mischungen; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten oder ungesättigten, aliphatischen, cycloaliphatischen oder aromatischen, primären, sekundären oder tertiären, ein-, zwei- oder dreiwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von linearen oder verzweigten, gesättigten, aliphatischen, primären, sekundären oder tertiären einwertigen C₁-C₁₀-Alkoholen und deren Mischungen, insbesondere C₁-C₆-Alkoholen, bevorzugt C₁-C₄-Alkoholen; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol, Hexan-1-ol, Heptan-1-ol, Octan-1-ol, Nonan-1-ol, Decan-1-ol, Ethan-1,2-diol, Propan-1,2-diol, Cyclopentanol, Cyclohexanol, Prop-2-en-1-ol, But-2-en-1-ol und deren Mischungen, insbesondere aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol, Pentan-1-ol, Pentan-2-ol, Pentan-3-ol, 2-Methylbutan-1-ol, 3-Methylbutan-1-ol, 2-Methylbutan-2-ol, 3-Methylbutan-2-ol, 2,2-Dimethylpropan-1-ol und deren Mischungen, besonders bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol, 2-Methylpropan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol und deren Mischungen, noch mehr bevorzugt aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen; und/oder

wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ausgewählt ist aus der Gruppe von Methanol, Ethanol, Propan-1-ol, Propan-2-ol, Butan-1-ol, Butan-2-ol und deren Mischungen; und/oder wobei der Alkohol des Alkohol/Wasser-Gemischs des Flussmittelbades ein tensidischer Alkohol (Tensid-Alkohol) und/oder ein Alkohol mit tensidischen Eigenschaften ist, insbesondere ausgewählt aus alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten C₆-C₂₅-Alkoholen, vorzugsweise C₈-C₁₅-Alkoholen, und alkoxylierten, vorzugsweise ethoxylierten oder propoxylierten Fettalkoholen, vorzugsweise C₆-C₃₀-Fettalkoholen, hydroxyfunktionellen Polyalkylenglykolethern, hydroxyfunktionellen Fettalkoholalkoxylaten, insbesondere C₆-C₃₀-Fettalkoholalkoxylaten, hydroxyfunktionellen Alkyl(poly)-glukosiden und hydroxyfunktionellen Alkylphenolalkoxylaten sowie deren Mischungen.

4. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

EP 3 663 429 A1

wobei das Flussmittelbad außerdem mindestens ein Netzmittel und/oder Tensid, insbesondere mindestens ein ionisches oder nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, bevorzugt mindestens ein nichtionisches Netzmittel und/oder Tensid, enthält;

insbesondere wobei das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 15 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 10 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 8 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 6 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Gew.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Gew.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthält; und/oder insbesondere wobei das Flussmittelbad das mindestens eine Netzmittel und/oder Tensid in Mengen von 0,0001 bis 10 Vol.-%, vorzugsweise in Mengen von 0,001 bis 8 Vol.-%, bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,01 bis 5 Vol.-%, ganz besonders bevorzugt in Mengen von 0,05 bis 3 Vol.-%, noch mehr bevorzugt in Mengen von 0,1 bis 2 Vol.-%, bezogen auf das Flussmittelbad, enthält.

5. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von mindestens 150 g/l, insbesondere in einer Menge von mindestens 200 g/l, vorzugsweise in einer Menge von mindestens 250 g/l, bevorzugt in einer Menge von mindestens 300 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 400 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von mindestens 450 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von mindestens 500 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung; und/oder

wobei das Flussmittelbad die Flussmittelzusammensetzung in einer Menge von 150 g/l bis 750 g/l, insbesondere in einer Menge von 200 g/l bis 700 g/l, vorzugsweise in einer Menge von 250 g/l bis 650 g/l, bevorzugt in einer Menge von 300 g/l bis 625 g/l, besonders bevorzugt in einer Menge von 400 g/l bis 600 g/l, ganz besonders bevorzugt in einer Menge von 450 g/l bis 580 g/l, noch mehr bevorzugt in einer Menge von 500 g/l bis 575 g/l, enthält, insbesondere berechnet als Gesamtsalzgehalt der Flussmittelzusammensetzung.

6. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe

(i) Zinkchlorid (ZnCl_2), insbesondere in Mengen im Bereich von 50 bis 95 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 55 bis 90 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 60 bis 85 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 65 bis 82,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 70 bis 82 Gew.-%,

(ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), insbesondere in Mengen im Bereich von 5 bis 45 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 7,5 bis 40 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 10 bis 35 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 11 bis 25 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 12 bis 20 Gew.-%,

(iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz, insbesondere in Mengen im Bereich von 0,1 bis 25 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 20 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 1 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 2 bis 12,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 4 bis 10 Gew.-%, und

(iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid (AlCl_3) und/oder Silberchlorid (AgCl), vorzugsweise Aluminiumchlorid (AlCl_3), insbesondere in Mengen im Bereich von $1 \cdot 10^{-7}$ bis 2 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von $1 \cdot 10^{-6}$ bis 1,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von $1 \cdot 10^{-5}$ bis 1 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von $2 \cdot 10^{-5}$ bis 0,5 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von $5 \cdot 10^{-5}$ bis $5 \cdot 10^{-3}$ Gew.-%

enthält, wobei alle vorgenannten Mengenangaben auf die Zusammensetzung bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2) und Nickelchlorid (NiCl_2) ausgebildet ist.

7. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) ein Alkali- und/oder Erdalkalichlorid enthält; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium (Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen enthält; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkali- und/oder Erdalkalisalze, insbesondere mindestens zwei Alkali- und/oder Erdalkalisalze eines Alkali- und/oder Erdalkalimetalls aus der Gruppe von Lithium (Li), Natrium (Na), Kalium (K), Rubidium

(Rb), Cäsium (Cs), Beryllium (Be), Magnesium (Mg), Calcium (Ca), Strontium (Sr) und Barium (Ba) sowie der Kombinationen, enthält; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Alkali- und/oder Erdalkalisalz der Komponente (iii) mindestens zwei voneinander verschiedene Alkalisalze, insbesondere zwei voneinander verschiedene Alkalichloride, vorzugsweise Natriumchlorid und Kaliumchlorid, insbesondere mit einem Natrium/Kalium-Gewichtsverhältnis im Bereich von 50 : 1 bis 1 : 50, insbesondere im Bereich von 25 : 1 bis 1 : 25, vorzugsweise im Bereich von 10 : 1 bis 1 : 10, enthält.

8. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, auch von Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist und/oder wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Chloriden aus der Gruppe von Bleichlorid (PbCl_2), Nickelchlorid (NiCl_2), Cobaltchlorid (CoCl_2), Manganchlorid (MnCl_2), Zinnchlorid (SnCl_2), Bismutchlorid (BiCl_3) und Antimonchlorid (SbCl_3) ausgebildet ist; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Metallen aus der Gruppe von Blei (Pb), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Mangan (Mn), Zinn (Sn), Bismut (Bi) und Antimon (Sb) ausgebildet ist; und/oder

wobei die Flussmittelzusammensetzung, abgesehen von Zinkchlorid (ZnCl_2) sowie von Aluminium- und/oder Silbersalz, insbesondere Silberchlorid (AgCl) und/oder Aluminiumchlorid (AlCl_3), zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Salzen und Verbindungen von Übergangs- und Schwermetallen ausgebildet ist.

9. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Flussmittelbehandlungsvorrichtung (E) eine Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung, insbesondere eine Einrichtung zum Tauchen oder zum Sprühauftrag, vorzugsweise eine Einrichtung zum Tauchen, umfasst, insbesondere wobei die Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von 0,001 bis 30 Minuten, insbesondere 0,01 bis 20 Minuten, vorzugsweise 0,1 bis 15 Minuten, vorzugsweise 0,5 bis 10 Minuten, besonders bevorzugt 1 bis 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird, und/oder insbesondere wobei die Einrichtung zum Inkontaktbringen des Eisen- oder Stahlbauteils mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil für eine Dauer von bis zu 30 Minuten, insbesondere bis zu 20 Minuten, vorzugsweise bis zu 15 Minuten, vorzugsweise bis zu 10 Minuten, besonders bevorzugt bis zu 5 Minuten, mit dem Flussmittelbad und/oder der Flussmittelzusammensetzung in Kontakt gebracht wird, insbesondere in das Flussmittelbad getaucht wird; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass die Trocknungsbehandlung bei einer Temperatur im Bereich von 50 bis 400 °C, insbesondere im Bereich von 75 bis 350 °C, vorzugsweise im Bereich von 100 bis 300 °C, bevorzugt im Bereich von 125 bis 275 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 150 bis 250 °C, erfolgt und/oder dass die Trocknungsbehandlung in Verfahrensschritt (f) bei einer Temperatur bis zu 400 °C, insbesondere bis zu 350 °C, vorzugsweise bis zu 300 °C, bevorzugt bis zu 275 °C, besonders bevorzugt bis zu 250 °C, erfolgt; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass die Trocknungsbehandlung derart durchgeführt wird, dass die Oberfläche des Eisen- oder Stahlbauteils bei der Trocknung eine Temperatur im Bereich von 100 bis 300 °C, insbesondere im Bereich von 125 bis 275 °C, vorzugsweise im Bereich von 150 bis 250 °C, bevorzugt im Bereich von 160 bis 225 °C, besonders bevorzugt im Bereich von 170 bis 200 °C, aufweist; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) in Gegenwart von Luft betrieben wird und/oder wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) mindestens einen Einlass zum Einführen und/oder Einlassen von Luft aufweist; und/oder

wobei die Trocknungsbehandlungsvorrichtung (F) mindestens eine Trocknungseinrichtung, insbesondere mindestens einen Ofen, umfasst.

10. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Ver-

zinkungsbad, eine Menge an Aluminium im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%, aufweist, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, insbesondere wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, bezogen auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad, eine Menge an Zink von mindestens 75 Gew.-%, insbesondere mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 85 Gew.-%, bevorzugt mindestens 90 Gew.-%, sowie gegebenenfalls mindestens ein weiteres Metall, insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-% und/oder insbesondere ausgewählt aus der Gruppe von Bismut (Bi), Blei (Pb), Zinn (Sn), Nickel (Ni), Silizium (Si), Magnesium (Mg) und deren Kombinationen, aufweist, wobei alle vorstehend genannten Mengenangaben derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren.

11. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad die folgende Zusammensetzung aufweist, wobei alle nachfolgend genannten Mengenangaben auf die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad bezogen sind und derart auszuwählen sind, dass insgesamt 100 Gew.-% resultieren:

(i) Zink (Zn), insbesondere in Mengen im Bereich von 75 bis 99,9999 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 80 bis 99,999 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 82,5 bis 99,995 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 85 bis 99,99 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 87,5 bis 99,98 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 90 bis 99,95 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 92 bis 99,9 Gew.-%,

(ii) Aluminium (Al), insbesondere in Mengen im Bereich von 0,0001 bis 25 Gew.-%, insbesondere im Bereich von 0,001 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise im Bereich von 0,005 bis 17,5 Gew.-%, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 15 Gew.-%, besonders bevorzugt im Bereich von 0,02 bis 12,5 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt im Bereich von 0,05 bis 10 Gew.-%, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 8 Gew.-%,

(iii) gegebenenfalls Bismut (Bi), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(iv) gegebenenfalls Blei (Pb), insbesondere in Mengen von bis zu 0,5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,2 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%,

(v) gegebenenfalls Zinn (Sn), insbesondere in Mengen von bis zu 0,9 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,6 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,3 Gew.-%,

(vi) gegebenenfalls Nickel (Ni), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,08 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,06 Gew.-%,

(vii) gegebenenfalls Silizium (Si), insbesondere in Mengen von bis zu 0,1 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 0,05 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,01 Gew.-%

(viii) gegebenenfalls Magnesium (Mg), insbesondere in Mengen von bis zu 5 Gew.-%, vorzugsweise in Mengen von bis zu 2,5 Gew.-%, bevorzugt in Mengen von bis zu 0,8 Gew.-%.

12. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder das Verzinkungsbad eine Temperatur im Bereich von 375 °C bis 750 °C, insbesondere Temperatur im Bereich von 380 °C bis 700 °C, vorzugsweise Temperatur im Bereich von 390 °C bis 680 °C, noch mehr bevorzugt im Bereich von 395 °C bis 675 °C, aufweist; und/oder wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (G) derart ausgestaltet und/oder betreibbar ist und/oder derart ausgestaltet und/oder betrieben wird, insbesondere derart steuerbar ist und/oder derart gesteuert wird, insbesondere mittels einer Steuerungseinrichtung, dass das Eisen- oder Stahlbauteil in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder in das Verzinkungsbad getaucht, insbesondere hierin getaucht und bewegt, wird, insbesondere für eine Zeitdauer, welche ausreichend ist, um eine wirksame Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung), zu gewährleisten, insbesondere für eine Zeitdauer im Bereich von 0,0001 bis 60 Minuten, vorzugsweise im Bereich von 0,001 bis 45 Minuten, bevorzugt im Bereich von 0,01 bis 30 Minuten, noch mehr bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 15 Minuten; und/oder wobei die Feuerverzinkungsvorrichtung (G) mindestens eine Einrichtung zum Kontaktieren und/oder Spülen oder Durchleiten der aluminiumhaltigen, insbesondere aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze") und/oder des Verzinkungsbades mit mindestens einem Inertgas, insbesondere Stickstoff, aufweist.

13. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Anlage kontinuierlich oder diskontinuierlich betreibbar ausgestaltet ist und/oder kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben wird; und/oder

wobei die Anlage derart ausgestaltet ist, dass das Eisen- oder Stahlbauteil als ein einzelnes Erzeugnis oder als eine Vielzahl einzelner Erzeugnisse feuerverzinkbar ist oder dass das Eisen- oder Stahlbauteil als ein Langprodukt, insbesondere ein Draht-, Rohr-, Blech-, Coil-Material oder dergleichen, feuerverzinkbar ist.

14. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Anlage, in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zur Feuerverzinkungsvorrichtung (F), außerdem mindestens Abkühlvorrichtung (H) zur Abkühlung des in der Feuerverzinkungsvorrichtung (F) feuerverzinkten Eisen- oder Stahlbauteils aufweist, insbesondere wobei die Abkühlvorrichtung (H) in Gegenwart von Luft betreibbar ausgestaltet ist und/oder betrieben wird und/oder insbesondere wobei die Anlage, in Prozessrichtung nachgeschaltet oder stromabwärts zur Abkühlvorrichtung (H), außerdem mindestens eine Nachbearbeitungs- und/oder Nachbehandlungsvorrichtung (I) zur Nachbearbeitung und/oder Nachbehandlung des feuerverzinkten und abgekühlten Eisen- oder Stahlbauteils aufweist.

15. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche zur Durchführung eines Verfahrens zur Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) eines Eisen- oder Stahlbauteils,

wobei das Verfahren die folgenden Verfahrensschritte in der nachfolgend aufgeführten Reihenfolge umfasst:

(a) Entfettungsbehandlung, vorzugsweise alkalische Entfettungsbehandlung, des Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Entfettungsbad; dann

(b) gegebenenfalls Spülen des in Verfahrensschritt (a) entfetteten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Spülbad; dann

(c) Beizbehandlung, vorzugsweise saure Beizbehandlung, des in Verfahrensschritt (a) entfetteten und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (b) gespülten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Beizbad; dann

(d) gegebenenfalls Spülen des in Verfahrensschritt (c) gebeizten Eisen- oder Stahlbauteils, insbesondere in mindestens einem Spülbad; dann

(e) Flussmittelbehandlung des in Verfahrensschritt (c) gebeizten und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (d) gespülten Eisen- oder Stahlbauteils mittels einer Flussmittelzusammensetzung in einem Flussmittelbad, wobei das Flussmittelbad eine ein Alkohol/Wasser-Gemisch enthaltende flüssige Phase umfasst, wobei die flüssige Phase des Flussmittelbades die Flussmittelzusammensetzung enthält, insbesondere in gelöster oder dispergierter Form, vorzugsweise in gelöster Form, und

wobei die Flussmittelzusammensetzung als Inhaltsstoffe (i) Zinkchlorid ($ZnCl_2$), (ii) Ammoniumchlorid (NH_4Cl), (iii) gegebenenfalls mindestens ein Alkali- und/oder Erdalkalisalz und (iv) mindestens ein Aluminiumsalz und/oder mindestens ein Silbersalz, insbesondere Aluminiumchlorid ($AlCl_3$) und/oder Silberchlorid ($AgCl$), vorzugsweise Aluminiumchlorid ($AlCl_3$), enthält und wobei die Flussmittelzusammensetzung zumindest im Wesentlichen frei, vorzugsweise vollkommen frei, von Bleichlorid ($PbCl_2$) und Nickelchlorid ($NiCl_2$) ausgebildet ist; dann

(f) gegebenenfalls Trocknungsbehandlung des in Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung unterzogenen Eisen- oder Stahlbauteils; dann

(g) Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung) des in Verfahrensschritt (e) der Flussmittelbehandlung unterzogenen und gegebenenfalls in Verfahrensschritt (f) getrockneten Eisen- oder Stahlbauteils in einer aluminiumhaltigen, insbesondere aluminiumlegierten Zinkschmelze ("Zn/Al-Schmelze"), insbesondere in einem die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze enthaltenden Verzinkungsbad, vorzugsweise durch Tauchen des Eisen- oder Stahlbauteils in die aluminiumhaltige, insbesondere aluminiumlegierte Zinkschmelze und/oder in das Verzinkungsbad.

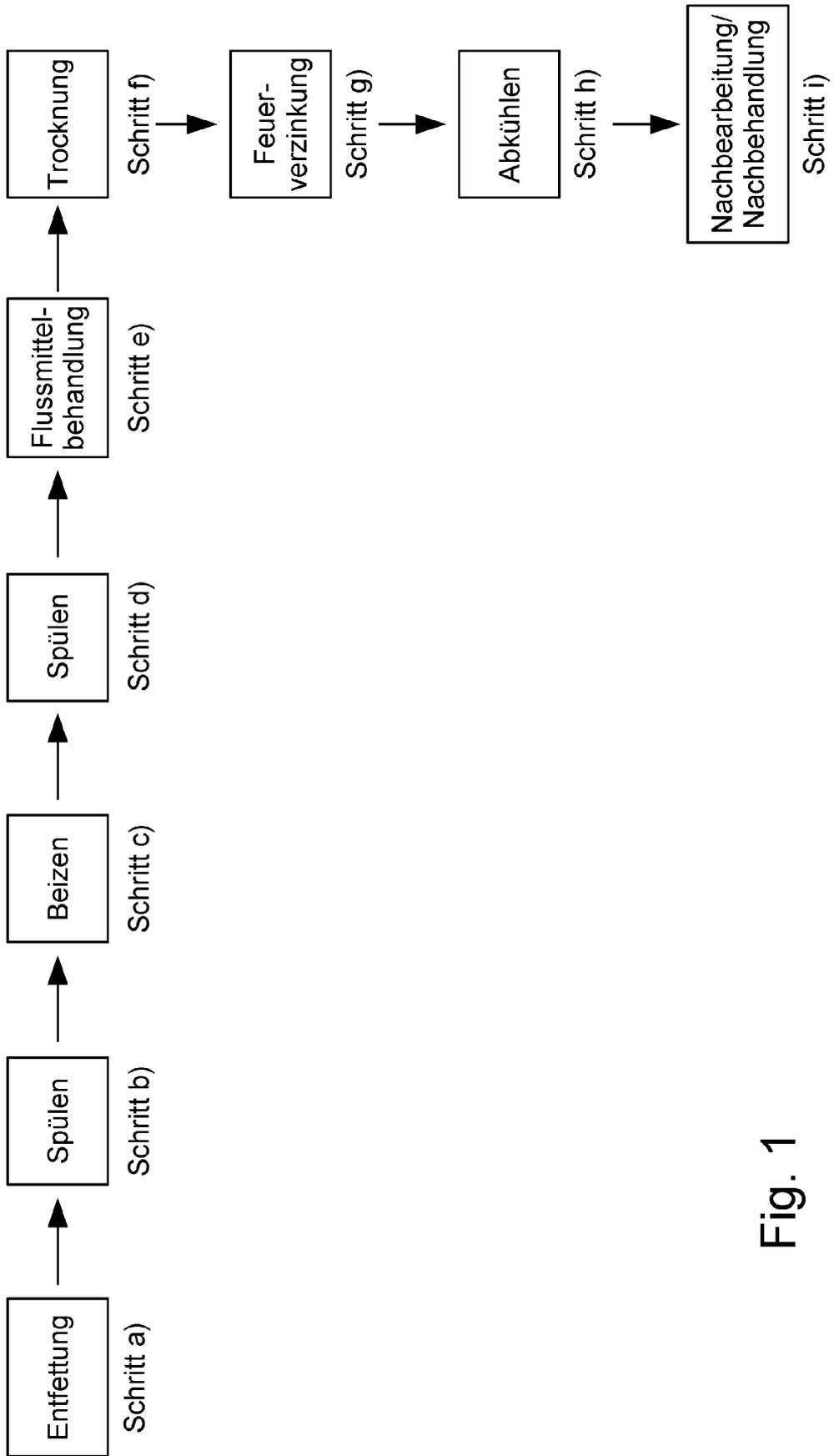


Fig. 1

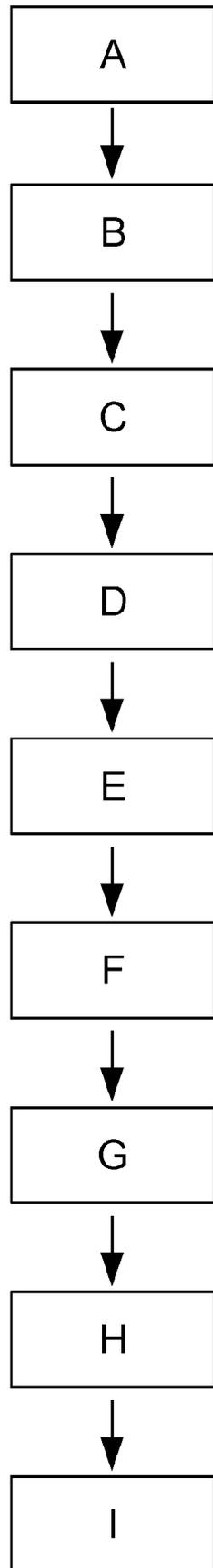


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 20 15 1616

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	Roeling: "Stahlbau Arbeitshilfe", 28. April 2010 (2010-04-28), XP055677329, Gefunden im Internet: URL:http://bauforumstahl.de/upload/documen ts/publikationen/arbeitshilfen/sta.01.4.pd f [gefunden am 2020-03-18] * das ganze Dokument *	1-15	INV. C23C2/02 C23C2/06 C23C2/26 C23C2/30
X	EP 2 725 115 A1 (FONTAINE HOLDINGS NV [BE]) 30. April 2014 (2014-04-30) * Absätze [0021] - [0053] *	1-15	
X	WO 95/04607 A1 (FERRO TECH INC [US]; GERENROT YUM [US]; LEYCHKIS DAVID [US]; RANCK THO) 16. Februar 1995 (1995-02-16) * Seiten 10-11 * * Seite 22, Absatz 3 - Seite 26, Absatz 1; Beispiele 3-5 *	1-15	
X	DE 23 17 600 A1 (BASF AG) 24. Oktober 1974 (1974-10-24) * Seite 1 - Seite 3; Ansprüche 1-5; Beispiel 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C23C
X	EP 1 694 880 A2 (UMICORE NV [BE]) 30. August 2006 (2006-08-30) * Absätze [0008] - [0013]; Beispiel 2 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. März 2020	Prüfer Tsipouridis, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 15 1616

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-03-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2725115 A1	30-04-2014	BR 102013027376 A2	21-10-2014
		CA 2831049 A1	25-04-2014
		CN 103774074 A	07-05-2014
		DK 2725115 T3	10-04-2017
		EP 2725115 A1	30-04-2014
		ES 2620302 T3	28-06-2017
		GB 2507310 A	30-04-2014
		HU E032167 T2	28-09-2017
		JP 6133752 B2	24-05-2017
		JP 2014088615 A	15-05-2014
		KR 20150035343 A	06-04-2015
		PL 2725115 T3	30-06-2017
		PT 2725115 T	29-03-2017
US 2014120368 A1	01-05-2014		
WO 9504607 A1	16-02-1995	AU 7554394 A	28-02-1995
		WO 9504607 A1	16-02-1995
DE 2317600 A1	24-10-1974	BE 813451 A	08-10-1974
		DE 2317600 A1	24-10-1974
		FR 2224554 A1	31-10-1974
		IT 1004156 B	10-07-1976
EP 1694880 A2	30-08-2006	AT 364732 T	15-07-2007
		EP 1694880 A2	30-08-2006
		WO 2005056867 A2	23-06-2005

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2002042512 A1 [0022] [0023]
- EP 1352100 B1 [0022] [0176]
- DE 60124767 T2 [0022]
- US 20030219543 A1 [0022]