

Allgemeines über Edelstahl

1. Was ist ein rost- bzw. säurebeständiger Stahl ?

Alle rostbeständigen Stähle sind Eisenbasislegierungen, d. h. der Anteil Fe beträgt mind. 50%. Ein Stahl wird dann als rostbeständig bezeichnet, wenn er in Kontakt mit Wasser oder feuchter Luft, auch nach längerer Zeit nicht rostet bzw. korrodiert. Rost selbst besteht im wesentlichen aus einer Mischung von Eisen-Hydroxyden (FeOH_3) und Eisenoxyden.

Die hauptsächlichsten Legierungselemente und ihr Einfluss auf die Eigenschaften des Stahls

Die rostbeständigen Stähle verdanken ihre Rostsicherheit in erster Linie dem Legierungsmetall *Chrom* (Cr). Chrom führt durch die Bildung von Chromoxyd auf der Oberfläche des Stahls zu einem passiven Zustand. Schon relativ geringe Mengen - ab 12,5 % Cr-Anteil spricht man von rostbeständigem Stahl - führen zur Passivierung der Oberfläche durch die Bildung von Chromoxyden.

Man spricht vom passiven Zustand eines Metalles, wenn sein elektrochemisches Verhalten unter bestimmten Bedingungen ähnlich dem eines Edelmetalles wird (Silber, Platin, Gold etc.). Bei der Bildung der Passivität spielt die Sauerstoffkonzentration des Mediums eine grosse Rolle, denn ohne Sauerstoff können sich keine Oxyde bilden. Daraus folgt, dass oxydierende Medien rostbeständige Stähle viel weniger angreifen als reduzierende.

Chrom erhöht im übrigen die Festigkeit des Stahls ganz spürbar, ohne die Dehnung wesentlich zu verschlechtern. Chrom ist ein starker Karbidbildner, aus diesem Grunde muss *der Kohlenstoff* (C) in rostbeständigen Stählen tief gehalten werden oder durch Stabilisierungselemente (Ti, Nb) gebunden werden. C stabilisiert das Austenitgefüge in rostbeständigen Cr-Ni-Stählen. Mit steigendem C-Gehalt steigt die Festigkeit des Stahls sowie die Härte bei martensitischen Stählen. Schweissbarkeit, Dehnung, Schmiedbarkeit und Bearbeitbarkeit nehmen ab.

Nickel (Ni) verbessert die allgemeine Korrosionsbeständigkeit. Bei einem Anteil von mind. 7% tritt eine Gefügeveränderung ein: Ferrit → Austenit. Ni verbessert die Kerbschlagzähigkeit, insbesondere bei extrem tiefen Temperaturen.

Molybdän (Mo) verbessert die Korrosionsbeständigkeit ganz wesentlich, insbesondere gegen Lochfrass. Es erhöht die Festigkeitswerte, speziell die Warmfestigkeit. Mo ist ein Ferritbildner.

Kupfer (Cu) erhöht schon in relativ geringen Konzentrationen (1,5%) die Beständigkeit gegen reduzierende Säuren (z.B. Schwefelsäure).

Silizium und **Aluminium** (Si+Al) sind Ferritbildner, sie erhöhen insbesondere bei den ferritischen Stählen (Chromstähle mit relativ niederem C-Gehalt) die Zunderbeständigkeit (Schältemperaturen).

Titan und **Niob** (Ti+Nb) werden ferritischen und austenitischen Stählen als sogenannte Stabilisierungselemente zulegiert. Sie sind starke Karbidbildner und führen insbesondere in Schweissnähten zu einer Verbesserung der Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion (siehe Kapitel 3).

Schwefel (S) ist als nicht metallisches Element an und für sich eine Verunreinigung und wird normalerweise ganz tief gehalten. Für die rostbeständigen Automatenstähle wird Schwefel in Gehalten bis ca. 0,35% bewusst zulegiert und verbessert markant die Zerspanbarkeit. Schwefellegierte Stähle sind nicht schweisbar.

Stickstoff (N) stabilisiert das austenitische Gefüge etwa in gleichem Ausmass wie C und erhöht die Festigkeit. N wird speziell tiefgekohlten rostbeständigen Stählen zulegiert (WN 1.4311+4429).

Mangan (Mn) erhöht Festigkeitswerte und Verschleissfestigkeit der Stähle.

2. Die dreit Hauptgruppen rost- und säurebeständiger Stähle, ihre Eigenschaften und Anwendungen

Man unterscheidet folgende drei Hauptgruppen nach ihrer Gefügeform.

- martensitische Stähle
- ferritische Stähle
- austenitische Stähle.

2.1. Martensitische Stähle

Bei den martensitischen Stählen handelt es sich vorwiegend um chromstähle mit Chromgehalten von 12 bis

bis 18%; bei einem C-Gehalt von 0,10 bis 1,2%, je nach Qualität, finden sich Zusätze von Ni (0,5-2,5%) und Mo (bis ca. 1,2%).

Die martensitischen Stähle sind *magnetisch* und können durch entsprechende Wärmebehandlung vergütet bzw. gehärtet und angelassen werden. Wegen der relativ hohen C-Gehalte sind die martensitischen Stähle nicht oder nur mit speziellen Massnahmen schweisssbar (Vorwärme/Glügen).

2.2. Ferritische Stähle

Bei den ferritischen Stählen handelt es sich vorwiegend um reine Chromstähle mit Cr-Gehalten von 12,5 bis 18% und C-Gehalten unter 0,1%. Sie sind magnetisch, nicht härtbar, können aber geschweisst werden; insbesondere werden sie in der Salpetersäureindustrie eingesetzt. Andere Einsatzgebiete sind: Haushaltwaren aller Art, Innenarchitektur sowie Automobilindustrie (Zierleisten, Raddeckel etc.).

2.3. Austenitische Stähle

Es sind dies die mit Abstand am meisten verwendeten Stähle und auch für die Wasserwirtschaft von grösstem Interesse. Sie enthalten folgende Legierungselemente:

Cr	17-26%	ferner, je nach Qualität:
Ni	7-26%	Mo 2,0-4,5%
C	unter 0,12%	Cu 1,5-2,5%

sowie allenfalls die Stabilisierungselemente Ti oder Nb. Die austenitischen Stähle sind *antimagnetisch*, durch *Wärmebehandlung nicht härtbar*, jedoch im allgemeinen sehr gut schweisssbar. Sie zeichnen sich in geglühtem Zustand durch ein niedriges Streckgrenzverhältnis und durch sehr hohe Zähigkeitswerte aus, die auch bei extrem tiefen Temperaturen beibehalten werden (Deh-



nung bei Raumtemperatur ca 50%). Sie neigen zu starker Kaltverfestigung, insbesondere bei höheren C-Gehalten, d.h. ihre Festigkeitswerte können durch Kaltumformung sehr stark erhöht werden bei gleichzeitig stark verminderter Dehnung.

Die hauptsächlich verwendeten Qualitäten sind:

2.3.1 Oberbegriff V2A

- *AISI Type 304 / WN 1.4301*: C max. 0,07%, Cr 17-19%, Ni 8,5-10,5 %.

Diese Qualität findet eine ausserordentlich breite Anwendung in allen Industrien, z.B. für Haushaltgeräte und Maschinen, für Besteck, in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie, für Heizungs- und Klimaanlage, in der chemischen Industrie, der Papierindustrie, für korrosionsbeanspruchte Konstruktionsteile in der Maschinenindustrie sowie im Anlagenbau.

Varianten dieser Grundqualität sind:

- *AISI Type 304L / WN 1.4306* mit eingeschränktem C-Gehalt von max. 0,03%: bessere Schweisssbarkeit bzw. keine Karbidausscheidungen (interkristalline Korrosion).

- *AISI Type 321 WV 1.4541* mit Zusatz von Ti als Stabilisierungselement: siehe auch WN 1.4306!

2.3.2. Oberbegriff V4A

- *AISI Type 316 / WN 1.4401*: C max. 0,07%, Cr 16,5-18,5%, Ni 10,5-13,5%, Mo 2-2,5%.

Die Säurebeständigkeit des Stahls wird durch den Zusatz von Mo ganz wesentlich verbessert. Damit das Gefüge austenitisch bleibt (Mo ist Ferritbildner!), wird dem Stahl gleichzeitig mehr Ni zulegiert (min. 10,5%). Ferner bewirkt die Zulegierung von Mo eine wesentlich verbesserte Beständigkeit gegen Lochfrass sowie allgemein reduzierende Säuren.

- *AISI Type 316L / WN 1.4435 (BN2!)*

mit eingeschränktem C-Gehalt von max. 0,03%, Cr 17-18%, Mo 2,5-3,0%, Ni 12,5-14,0%; Schweisssbar ohne thermische Nachbehandlung, korrosionsfallbeständig.

- *AISI Type 316 Ti / WN 1.4571*.

Wie WN 1.4401, jedoch zusätzlich mit Ti stabilisiert, schweisssbar ohne thermische Nachbehandlung, korrosionsfallbeständig. Die Qualität WN 1.4571 ist die in der chemischen Industrie sowie in Abwasserbehandlungsanlagen am häufigsten eingesetzte Qualität.

Die Qualitäten WN 1.4401 / 4435 sind auch die im Rohrleitungsbau / Sanitärbereich am häufigsten eingesetzten Qualitäten, insbesondere im Kontakt mit weichem Wasser, mit reduzierenden Säuren und Medien, deren Zusammensetzung und Aggressivität nur abgeschätzt, nicht aber mit Sicherheit festgestellt werden können.

3. Die Korrosion bei rost- und säurebeständigen Stählen

Unter Korrosion wird im allgemeinen die von der Oberfläche eines Stahls ausgehende Veränderung des Werkstoffes durch chemische oder elektrochemische Angriffe verstanden. Die dabei entstehenden, durch Färbung erkennbaren oxydischen Korrosionsprodukte werden als Rost bezeichnet. Man stellt dabei im Normalfall eine mehr oder weniger gleichmässige Abtragung der Stahloberfläche fest, welche stets eine Gewichtsabnahme zur Folge hat.

Wie uns bekannt ist, wird durch die hohen Gehalte an den Legierungsmetallen Chrom, Nickel und Molybdän der Korrosionswiderstand der austenitischen Stähle derart erhöht, dass man von säurebeständigen Stählen sprechen darf. Dabei muss aber ausdrücklich festgehalten werden, dass es keinen säurebeständigen Stahl gibt, der gegen stark reduzierend wirkende Angriffsmittel wie z.B. Salz-, Fluss- und Schwefelsäure beständig ist (Beizsäuren).

Ein Stahl wird dann als beständig gegen bestimmte Säuren, Laugen oder Salze bezeichnet, wenn er nach Prüfung in einem dieser Angriffsmittel, während einer bestimmten Zeit und bei einer bestimmten Temperatur, keinen oder nur einen sehr geringen Gewichtsverlust in Gramm pro Quadratmeter und Stunde erleidet.

Die im Anhang befindliche Beständigkeitstabelle erleichtert, bei Bekanntsein des Angriffsmittels, die Qualitätswahl des zu verwendenden Stahls.

Leider wird bei Korrosion eher selten eine gleichmässige Abtragung auf der Stahloberfläche festgestellt, es kann auch, je nach Erscheinungsform, ein örtlich beschränkter Angriff erfolgen. Es gibt also verschiedene Korrosionsarten.

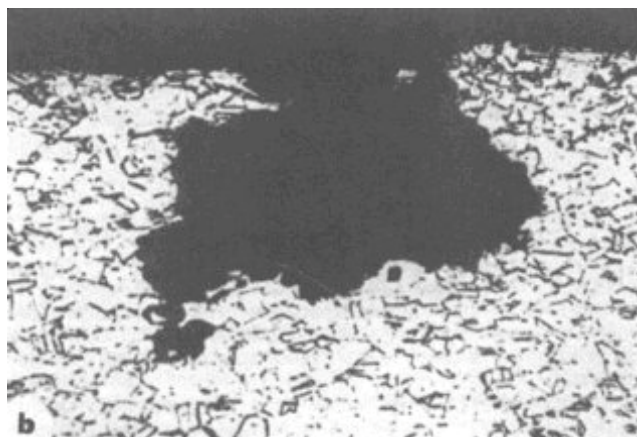
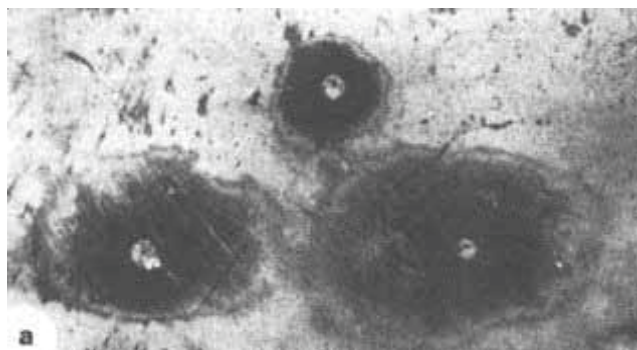
3.1. Bei rostsicheren Stählen unterscheidet man nachfolgende Korrosionsarten:

3.1.1. **Die gleichmässige Abtragung** über die ganze Stahloberfläche, wie unter 3. beschrieben. Fazit: der eingesetzte Stahl ist gegen das vorliegende Angriffsmittel nicht beständig.

3.1.2. **Die Lochfrasskorrosion** (siehe Bilder a und b). Beim Lochfrass handelt es sich um einen lokalen, teilweise nur punktförmig begrenzten Korrosionsangriff mit grosser Tiefenwirkung. Zwischen den angegriffenen Stellen können Flächen liegen, die in keiner Weise angegriffen bzw. zerstört sind.

Bei der Lochfrasskorrosion entsteht also eine lokale Aktivierung einer ansonsten sehr passiven Stahloberfläche. Die einmal aktivierten Stellen bleiben dauernd aktiv, sodass der Stahl an dieser Stelle völlig zerstört wird. Lochfrass wird vorwiegend durch das Vorhandensein von Halogenverbindungen (Salzbildner) wie Chlor, Brom und Jod verursacht.

Mo-haltige Stähle sind widerstandsfähiger gegen Lochfrasskorrosion als die Chrom-Nickel-Stähle.



3.1.3. Die Spannungsriiss-Korrosion

Sie kann besonders bei den austenitischen Cr-Ni-Stählen auftreten, wenn diese unter äusseren und inneren Spannungen Korrosionsmitteln ausgesetzt sind. Ausgelöst wird die Spannungsriiss-Korrosion meist durch chloridhaltige Salzlösungen oder feuchte Chlorverbindungen, feuchtes Kochsalz, Beizbäder etc. Die Risse sind meist stark verästelt und verlaufen senkrecht zur Spannungsrichtung.

Durch ein Spannungsfreiglühen kaltverformter Teile bei ca. 480° C können innere Spannungen im Stahl etwas abgebaut werden, wobei die mechanischen Werte noch steigen, falls ein Weichglühen bei 1050°C nicht mehr möglich ist. Im übrigen sind die V4A-Qualitäten mit Mo-Zusatz etwas weniger anfällig gegen die transkristalline Spannungsrissskorrosion. Bei den ferritischen Chromstählen ist diese Korrosionsart so gut wie unbekannt.



3.1.4. Die Kontaktkorrosion

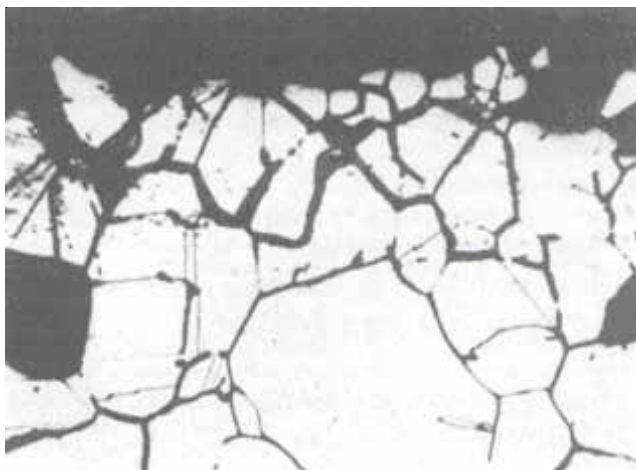
Werden metallische Werkstoffe mit unterschiedlichem elektrochemischem Verhalten (Potentialdifferenz) metallisch leitend verbunden und einem Elektrolyt ausgesetzt, so bildet sich ein galvanisches Element aus. Dabei wird das unedlere Metall zur Anode und geht in Lösung. Rost- und säurebeständige Stähle weisen in passivem Zustand ein hohes Elektrodenpotential auf und werden bei Kontakt mit unedleren Metallen und Legierungen wie Kupfer, Bronze, Messing oder Aluminium zur Kathode und aus diesem Grund nicht angegriffen. Verschraubte Messingarmaturen an rostfreien Rohrleitungen sind also zulässig, vorausgesetzt, dass Messing selbst genügend beständig ist gegen das vorliegende Angriffsmittel. Bei Anwesenheit von reduzierenden Angriffsmitteln kann die Passivität des säurebeständigen Stahls verlorengehen, d. h. sein Elektrodenpotential wird unedler. In diesem Fall können diese Stähle bei unterschiedlichen elektrochemischen Verhalten angegriffen werden. Es empfiehlt sich also, für Verbindungselemente stets artgleiche Werkstoffe zu verwenden. Wenn dies aus konstruktiven Gründen nicht möglich ist, sollte man den unmittelbaren Kontakt durch eine Isolierschicht verhindern.

3.1.5. Die Spaltkorrosion

Als Spaltkorrosion bezeichnet man einen Korrosionsangriff, der unter Dichtungen, an gefalzten Blechteilen oder an solchen Stellen auftritt, die durch Punktschweissung miteinander verbunden sind. Bei dieser Korrosionsform ist ein *Spalt* zwischen zwei Teilen aus gleichen oder ungleichen Werkstoffen das Kriterium. Der zur Bildung einer Passivschicht auf nichtrostenden Stählen ständig erforderliche Sauerstoff hat zu den Spalten nicht oder nur in ungenügender Masse Zugang. Dadurch können sich die Spaltflächen leicht aktivieren und zu örtlicher Korrosion führen. Die Spaltkorrosion wird durch chlorionenhaltige Medien gefördert. Fazit: Schon bei der Konstruktion von Apparaten und Geräten sollten schädliche Fugen und Falzungen möglichst vermieden werden.

3.1.6. Die interkristalline Korrosion oder Kornzerfall

Bei den ferritischen und austenitischen Qualitäten kann es bei Überhitzungen, z.B. beim Schweißen, zu Gefügausscheidungen in Form von *Chromkarbiden* kommen. Diese Chromkarbide (Verbindung von Chrom und Kohlenstoff) setzen sich an den Korngrenzen des Gefüges ab. Bei anschließendem chemischem Angriff werden diese Korngrenzbereiche aktiv, während die Kornflächen passiv bleiben. Der chemische Angriff schreitet also entlang den Korngrenzen fort. Er verläuft interkristallin und führt schliesslich zum Herauslösen von Gefügekörnern und zum Bruch des Materials. Die Bildung dieser schädlichen chromkarbide und damit die chromverarmung des Stahls entsteht innerhalb einer gewissen *Zeit* und innerhalb eines bestimmten *Temperatur-Intervalls* der sogenannten *kritischen Temperaturzone*.



Diese kritische Temperaturzone liegt bei den ferritischen Chromstählen etwa über 1000°C, während sie bei den austenitischen Güten zwischen 450 und 900°C liegt. Dies heisst also, dass ferritische Chromstähle, wenn sie längere Zeit über 1000°C erwärmt werden, Chromkarbide ausscheiden, während austenitische Güten diese Neigung bereits zwischen 450 und 900°C zeigen.

Da bereits beim Schweißen der rostsicheren Stähle Temperaturen über 1300°C auftreten, muss dafür gesorgt werden, dass die Stähle beim Abkühlen bzw. beim Eintritt in ihre kritische Temperaturzone keine Chromkarbide bilden können. Dies kann auf folgende 3 Arten verhindert werden:

a) Die Abkühlung geht so schnell vor sich, dass sich Chrom und Kohlenstoff nicht zu Chromkarbiden vereinigen können, denn, wie erwähnt, zur Karbidbildung ist eine gewisse Zeit erforderlich. Je mehr Kohlenstoff der Stahl enthält, desto schneller geht die Chromkarbidausscheidung vor sich. Normale austenitische Qualitäten mit C-Gehalten unter 0,07% kühlen bis ca. 4mm Blechstärke nach dem Schweißen genügend schnell an Luft ab (die Werkstoffe 1.4301, 1.4401 oder 1.4436).

b) Man senkt den Kohlenstoff-Gehalt der rostsicheren Stähle unter 0,03 % ab, um eine Karbidausscheidung zu verhindern; die Werkstoffe 1.4306, 1.4404 und 1.4435. Nachteil: ihre mechanischen Eigenschaften werden durch den sehr tiefen Kohlenstoffgehalt etwas reduziert.

c) Man legiert den rostsicheren Stählen bestimmte Mengen der sogenannten *Sabilisatoren* Titan (Ti) oder Niob (Nb) zu. Diese beiden Legierungselemente haben eine wesentlich grössere *Affinität* zu Kohlenstoff als das Metall Chrom. Diese hat zur Folge, dass bei Erreichen der kritischen Temperaturzone sofort Titan- oder Niob-Karbide bilden. Zur Bildung von Chromkarbiden ist kein Kohlenstoff mehr zur Verfügung.

Zufolge ihrer etwas grösseren Zähigkeit finden diese Stähle insbesondere dort Verwendung, wo die Schweißnahtzonen auch bei Temperaturen über 450°C höheren mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt sind (die Werkstoffe 1.4541, 1.4550, 1.4571 und 1.4580).

4. Wirtschaftlichkeit

Korrosionen in Wasserver- und -entsorgungsanlagen richten bedeutende Schäden an.

Die Kosten der gesamten Einbauteile für die Bauwerke bei der Neuerstellung machen nur ca. 5% der Gesamtkosten aus. Bei Nichtverwendung von Edelstahl hingegen liegen die Wartungskosten für dieselben Einbauteile, bei ca. 60% der gesamten baulich bedingten Wartungskosten.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsache ist der Einsatz von Edelstahl auch bei höheren Anschaffungskosten rentabel.

Die Preisunterschiede zwischen Edelstahleinbauteilen und solchen aus anderen Materialien können durch verschiedene Maßnahmen drastisch reduziert werden:

a) **Edelstahlgerechte Konstruktion:**

Hier sind erhebliche Gewichtseinsparungen möglich, die in der Eigenschaft des Werkstoffes liegen und zu erheblichen Verbilligungen des Endproduktes führen. Zu nutzen ist dabei die hohe Festigkeit des Werkstoffes, der mögliche Entfall von Korrosionszuschlägen sowie die Wandstärkenreduzierung durch entsprechende Formgebung, d. h. Erreichen von erhöhtem Widerstandsmoment durch Profilierung.

b) **Serienfertigung und Spezialisierung:**

Es ist notwendig, daß die Betriebe ihre Produkte hinsichtlich technischer Ausführung und Größe standardisieren, um damit zu einer Serienfertigung zu gelangen. Darin liegen erhebliche Reserven durch günstigeren Materialeinkauf und kürzere Fertigungszeiten.

c) **Rationelle Fertigung:**

Betriebe, die auf die Verarbeitung von Edelstahl spezialisiert sind, werden durch Einsatz speziell ausgelegter Maschinen weitere Reserven ausschöpfen, die über den Produktpreis an den Kunden weitergegeben werden.

Literaturhinweise:

- „Nichtrostende Stähle“, Herausgeber Krupp Stahl.
- „Nichtrostende, hochkorrosionsbeständige und hitzebeständige Werkstoffe, Wissenswertes für den Praktiker“, Herausgeber Stappert Spezial-Stahl.
- „Die Verarbeitung von Edelstahl Rostfrei“. Ein Leitfaden für den Praktiker. Informationsstelle Edelstahl rostfrei, Düsseldorf.

Werkstoffe: Vergleichstabelle verschiedener Normen

Deutschland Werkstoff Nr. DIN	USA	Schweden	England	Frankreich	Italien
	AISI	SIS	BS	AFNOR	UNI
1.4310	301	2331		Z 12 CN 17-08	X 12 CrNi 17 07
1.4305	303	2346	303 S21	Z 10 CNF 18-09	X 10 CrNiS 18 09
1.4301	304	2332	304 S15	Z 6 CN 18-09	X 5 CrNi 18 10
1.4306	304L	2352	304 S12	Z 2 CN 18-10	X 2 CrNi 18 11
1.4303	305		305 S19	Z 8 CN 18-12	X 8 CrNi 18 12
1.4828	309			Z 15 CNS 20-12	
1.4841	310	2361	310 S24	Z 12 CNS 25-20	X 15 CrNiSi 25 20
1.4401	316	2347	316 S16	Z 6 CND 17-11	X 5 CrNiMo 17 12
1.4436	316	2343	316 S16	Z 6 CND 17-12	X 5 CrNiMo 17 13
1.4571	316 Ti	2350	320 S17	Z 6 CNDT 17-12	X 6 CrNiMoTi 17 12
1.4580	316 Cb			Z 6 CNDNb 17-12	X 6 CrNiMoNb 17 12
1.4404	316 L	2348	316 S12	Z 2 CND 17-12	X 2 CrNiMo 17 12
1.4435	316 L	2353	316 S12	Z 2 CND 17-13	X 2 CrNiMo 17-13
1.4406	316 LN		316 S62	Z 2 CND 17-12 Az	X 2 CrNiMoN 17 12
1.4429	316 LN	2375		Z 2 CND 17-13 Az	X 2 CrNiMoN 17 13
1.4573	316 Ti	2344	320 S33	Z 6 CNDT 17-13	X 6 CrNiMoTi 17 13
1.4583	316 Cb	2345		Z 6 CNDNb 17-13	X 6 CrNiMoNb 17 13
1.4438	317 L	2367	317 S12	Z 2 CND 19-15	X 2 CrNiMo 18 16
1.4541	321	2337	321 S12	Z 6 CNT 18-10	X 6 CrNiTi 18 11
1.4460	329	2324			
1.4462	2205			Z 2 CND 22-5 Az	
1.4550	347	2338	347 S17	Z 6 CNNb 18-10	X 8 CrNiNb 18 11
1.4539		2562		Z 1 NCDU 25-20	
1.4000	403	2301	403 S17	Z 6 C 13	X 5 Cr 13
1.4002	405		405 S17	Z 6 CA 13	X 6 CrA 13
1.4512	409				
1.4006	410	2302	410 S21	Z 12 C 13	X 12 Cr 13
1.4005	416	2380	416 S21	Z 12 CF 13	X 12 CrS 13
1.4021	420	2303	420 S29	Z 20 C 13	X 20 Cr 13
1.4034	420	2304	420 S45	Z 40 C 14	X 40 Cr 14
1.4016	430	2320	430 S15	Z 8 C 17	X 8 Cr 17
1.4104	430 F	2383		Z 10 CF 17	X 10 CrS 17
1.4510	430 Ti				
1.4057	431	2321	431 S29	Z 15 CN 16-02	X 15 CrNi 16
1.4113	434		432 S19	Z 8 CD 17-01	X 8 Cr Mo 17
1.4112	440 B				
1.4125	440 C			Z 100 CD 17	
1.4762	446	2322		Z 10 CAS 24	X 16 Cr 26
1.4540/42	630			Z 6 CNU 17-04	
1.4568	631			Z 8 CNA 17-7	
1.4532	632			Z 8 CNDA 15-7	

Rostsichere austenitische Crom-Nickel-Stähle

Chemische Zusammensetzung der Stähle nach DIN 17440

AISI- Qualität	Werkstoff Nr.	Bezeichnung	C max. %	Mn max. %	Si max. %	Cr %	Ni %	Ti min. %	S max. %	Mo %
Stainless 304	1.4301	X 5 CrNi 18 10	0,07	2,0	1,0	17-19	8,5-10,5	-	0,030	-
Stainless 316	1.4401	X 5 CrNiMo 18 10	0,07	2,0	1,0	16,5-18,5	10,5-13,5	-	-	2-2,5
Stainless 316	1.4436	X 5 CrNiMo 18 10	0,07	2,0	1,0	16,5-18,5	11,5-14,0	-	-	2,5-3
Stainless 316 L	1.4404	X 2 CrNiMo 18 10	0,03	2,0	1,0	16,5-18,5	11,0-14,0	-	-	2-2,5
Stainless 316 L	1.4435	X 2 CrNiMo 18 12	0,03	2,0	1,0	16,5-18,5	12,5-15,0	-	-	2,5-3
Stainless 316 Ti	1.4571	X 10 CrNiMoTi 18 10	0,08	2,0	1,0	16,5-18,5	11,0-14,0	5 x C	-	2-2,5

Mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur, gegläht

Werkstoff Nr.	Streckgrenze bzw. 0,2%-Grenze N/mm ² min.	1%-Dehngrenze N/mm ² min.	Zugfestigkeit N/mm ²	Härte HB
	1.4301	185	225	500-700
1.4401	205	245	500-700	130-180
1.4436	205	245	500-700	130-180
1.4404	195	235	450-700	120-180
1.4435	195	235	450-700	120-180
1.4571	225	265	500-750	130-190

Werkstoff Nr.	Bruchdehnung (L=5d)		Einschnürung min. %	Kerbschlagzähigkeit(DVM)	
	längs min. %	quer min. %		längs J min.	quer J min.
1.4301	50	37	60	85	55
1.4401	45	34	60	85	55
1.4436	45	34	60	85	55
1.4404	45	34	60	85	55
1.4535	45	34	60	85	55
1.4571	50	30	65	85	55

Physikalische Eigenschaften

Werkstoff Nr.	Spez. Gewicht Kg/dm ³	Wärmeleitfähigkeit bei 20°C W/mx°C	Spezifische Wärme bei 20°C kJ/kg x°C	Elektrischer Widerstand bei:	
				20°C	200°C
				Ohm x mm ² /m	
1.4301	7.90	15	0,50	0,73	0,83
1.4401	7,90	15	0,50	0,75	0,85
1.4436	7,90	15	0,50	0,75	0,85
1.4404	7,90	15	0,50	0,75	0,85
1.4435	7,90	15	0,50	0,75	0,85
1.4471	7,95	15	0,50	0,75	0,85

Werkstoff Nr	Elastizitätsmodul E bei einer Temperatur von:						
	20°C N/mm ²	100°C N/mm ²	200°C N/mm ²	300°C N/mm ²	400°C N/mm ²	500°C N/mm ²	600°C N/mm ²
1.4301	200000	194000	186000	179000	172000	165000	-
1.4401	200000	194000	186000	179000	172000	165000	157000
1.4436	200000	194000	186000	179000	172000	165000	157000
1.4404	200000	194000	186000	179000	172000	165000	157000
1.4435	200000	194000	186000	179000	172000	165000	157000
1.4571	200000	194000	186000	179000	172000	165000	157000

Werkstoff Nr.	Wärmeausdehnung zwischen 20°C und:							
	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
10 ⁻⁶ x m/mx°C								
1.4301	16,0	17,0	17,0	18,0	18,5	18,5	18,5	19,0
1.4401	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5	19,0	19,5	19,5
1.4436	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5	19,0	19,5	19,5
1.4404	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5	19,0	19,5	19,5
1.4435	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5	19,0	19,5	19,5
1.4571	16,5	17,5	18,0	18,5	19,0	19,0	19,5	19,5

Chemische Beständigkeit der rost- und säurebeständigen Stähle

Quelle: STAPPERT SPEZIAL-STAHL Handel GmbH

AUSZUG

Die Beständigkeitstabelle wurde an Hand von Laboratoriumsversuchen mit chemisch reinen Angriffsmitteln zusammengestellt und soll dem Verbraucher nur als Anhaltswert dienen. In der Praxis sind meistens noch Verunreinigungen, insbesondere Metallsalze, vorhanden, was zu verstärkten Korrosionsangriffen führen kann.

Die Stärke der Korrosion wird durch die Dickenabnahme in mm pro Jahr festgelegt. Diese wird aus dem Gewichtsverlust in Gramm pro m² und Stunde festgelegt. Die in der Tabelle angegebene Stufen-Ziffer ist ein Maß für die Stärke des chemischen Angriffs.

Stufe	Gewichtsverlust Gr/m ² .h	Dickenabnahme pro Jahr	Beständigkeit
0	max. 0.1	max. 0.11 mm	vollkommen beständig
1	0.2-0.1	0.12-1.1 mm	praktisch beständig
2	1.1-10.0	1.2-11.0 mm	wenig beständig
3	über 10.0	über 11.0	unbeständig

Beständigkeitstabelle							
Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Werkstoff Nr.				
			1.4021 1.4104	1.4016 1.4510 1.4057	1.4301 1.4306 1.4541 1.4305 1.4540	1.4401 1.4404 1.4436 1.4571 1.4435	1.4449 1.4577 1.4506 + 1.4539
Abwasser (säurefrei)	-	bis 40°C	1	0	0	0	
Abwasser (mit Spuren Schwefelsäure)	-	bis 40°C	2	2	0	0	
Aluminiumchlorid Al ₂ Cl ₃ · 6 H ₂ O	5% 25%	50°C 20°C	- -	- -	2 3	1 2	0 + 2 +
Aluminiumnitrat Al(NO ₃) ₃ · 9 H ₂ O	-	20°C	0	0	0	0	
Aluminiumsulfat Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	10% kalt oder heiß gesättigt	20°C	2	1	0	0	
		kochend	3	2	1	0	
		20°C	2	2	1	0	0 +
Ameisensäure HCOOH	10%	kochend	3	3	2	1	
		20°C	2	1	0	0	
		70°C	3	2	1	0	
Ammoniak NH ₃	-	-	0	0	0	0	0 +
Ammoniumbifluorid NH ₄ HF ₂	kalt gesättigt	20°C	3	3	0	0	
Ammoniumchlorid (Salmiak) NH ₄ Cl	10%	kochend	1	0	0	0	
	25%	kochend	1	1	1	1	
	50%	kochend	-	-	2	1	1 +
Ammoniumnitrat NH ₄ NO ₃ · 9H ₂ O	kalt und heiß gesättigt	20°C	0	0	0	0	
		kochend	1	0	0	0	
Ammoniumperchlorat NH ₄ ClO ₄	10%	20°C	-	0	0	0	
Ammoniumsulfat (NH ₄) ₂ SO ₄	kalt und heiß gesättigt	20°C	1	1	0	0	
		kochend	2	2	1	0	

Beständigkeitstabelle							
Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Werkstoff Nr.				
			1.4021 1.4104	1.4016 1.4510 1.4057	1.4301 1.4306 1.4541 1.4305 1.4540	1.4401 1.4404 1.4436 1.4571 1.4435	1.4449 1.4577 □ 1.4506 + 1.4539 □
Äthylchlorid C ₂ H ₅ Cl	wasserfrei	kochend	0	0	0	0	
Äthylglykol CH ₂ OH·CH ₂ OH	-	20°C	2	1	0	0	
Athmosphäre ²	-	-	1	1	0	0	
Bariumchlorid Ba Cl ₂	-	Schmelzfluss	3	3	3	3	3
Borsäure H ₃ BO ₃	alle Konzentrationen	20°C kochend	- 1	0 1	0 0	0 0	
Buttermilch	-	20°C	1	0	0	0	
Buttersäure C ₃ H ₇ COOH	100%	20°C kochend	- 2	0 2	0 1	0 0	
Chlor Cl Gas in trockenem Zustand	-	20°C	0	0	0	0	
Gas in feuchtem Zustand	-	20°C 100°C	3 3	3 3	3 3	3 3	
Chlorkalk Ca (ClO) ₂ , CaO, 2H ₂ O	trocken feucht	20°C 20°C	3 3	3 3	0 1	0 1	0
Bleichlösung	2,5 g Cl/ll	20°C	3	3	1	0	
Chlorsäure HClO ₃	-	20°C	-	-	3	3	1
Chlorschwefel	-	20°C	1	1	0	0	
Chlorwasser kalt mit Chlor gesättigtes Wasser	-	20°C	3	3	1	1	0
Chlorwasserstoffgas H Cl	-	20°C 50°C	3 3	2 2	1 1	1 1	
Dichloräthan CH ₂ Cl·CH ₂ Cl	-	20°C	-	-	0	0	
Eisen-III-chlorid Fe Cl ₃	30°C 50°C	20°C 50°C	3 3	3 3	3 3	2 3	
Eisen-III-nitrat Fe (NO ₃) ₃ ·9 H ₂ O	alle Konzentrationen	20°C	0	0	0	0	
Eisenphosphat Lösung nach dem Bonderverfahren	-	98°C	1	0	0	0	
Eisen-II-sulfat Fe SO ₄ ·7 H ₂ O	10%	20°C kochend	0 1	0 1	0 0	0 0	
Eisessig	-	-	?				
Essigsäure CH ₃ COOH	10%	20°C kochend	- 2	0 2	0 0	0 0	
Essigsäure + Wasserstoffperoxyd CH ₃ COOH+ H ₂ O ₂	10% und 50%	20°C 50°C 90°C	1 2 3	0 0 1	0 0 0	0 0 0	
Fettsäure =Oleinsäure C ₁₇ H ₃₃ COOH	technisch 30 at	150°C 180°C 235°C 300°C	0 2 3 3	0 2 2 3	0 1 1 2	0 0 0 0	
Flußsäure=Fluorwasserstoffsäure H ₂ F ₂	40%	20°C	3	3	3	3	
Fluorwasserstoff HF	gasförmig trocken	100°C	3	3	1	1	
Gerbsäure =Tannin	5%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	1	0	0	0	
	10%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	1	0	0	0	
		50%	20°C	0	0	0	0
Grubenwasser	sauer	20°C	1	0	0	0	
		kochend	1	1	0	0	

Beständigkeitstabelle							
Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Werkstoff Nr.				
			1.4021 1.4104	1.4016 1.4510 1.4057	1.4301 1.4306 1.4541 1.4305 1.4540	1.4401 1.4404 1.4436 1.4571 1.4435	1.4449 1.4577 1.4506 + 1.4539 □
Kaliumaluminiumsulfat =Alaun KAL (SO ₄) ₂ , 12 H ₂ O	-	20°C	1	0	0	0	
		kochend	2	2	1	0	
		20°C	2	2	0	0	
		kochend	3	3	3	2	1 +
Kaliumbifluorid KHF ₂	kalt gesättigt	20°C	3	2	0	0	
Kaliumchlorat K Cl O ₃	heiß gessättigt	kochend	-	0	0	0	
Kaliumchlorid K Cl	-	20°C	1	0	0	0	
		kochend	3	1	0	0	0
Kaliumchromsulfat =Chromalaun KCr (SO ₄) ₂ , 12 H ₂ O	-	20°C	2	2	0	0	0 +
		kochend 2	3	3	3	3	1 +
Kaliumhypochlorit K Cl O	-	20°C	-	-	2	1	0
		150°C	-	-	2	1	0
Kaliumjodid KJ	-	20°C	2	1	0	0	
		kochend					
Kaliumkarbonat K ₂ CO ₃ = Pottasche	-	20°C	0	0	0	0	
		Kochend	1	0	0	0	
Kaliumnitrat = Kalisalpeter KNO ₃	25%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	-	0	0	0	
		50%	0	0	0	0	
		kochend	-	0	0	0	
Kaliumsulfat K ₂ SO ₄	-	20°C und	-	0	0	0	
		kochend					
Kalziumbisulfat Ca H ₂ (SO ₃) ₂ =Sulfitlauge	-	20°C	2	2	0	0	
		kochend	3	3	2	0	
		20 at	3	3	3	0	
Kalziuchlorid Ca Cl ₂ , 6H ₂ O	kalt gesättigt	20°C	-	-	0	0	
		kochend	-	-	1	1	0
Kalziumhypochlorit Ca (OCl) ₂ , 4H ₂ O	kalt gesättigt	bis 40°C	-	-	2	1	0
Kalziumhydroxyd Ca (OH) ₂ = Kalkmich	-	20°C	0	0	0	0	
		kochend	-	-	0	0	
Kieselfluorwasserstoffsäure H ₂ SiF ₆	Dämpfe	100°C	3	2	1	1	0
Kohlendioxid =Kohlensäure CO ₂	trocken feucht	heiß	0	0	0	0	
		heiß	1	1	0	0	
Kohlenstofftetrachlorid C Cl ₄ =Tetrachlorkohlenstoff	wasserfrei	20°C	0	0	0	0	
		kochend	0	0	0	0	
Königswasser H Cl + H N O ₃	-	20°C	3	3	3	3	
Kupfer-II-Clorid Cu Cl ₂ , 2 H ₂ O	kalt gesättigt	20°C	3	3	3	3	
Kupfer-II-cyanid Cu (CN) ₂	heiß gesättigt	kochend	3	2	0	0	
Kupferkarbonat 2 Cu CO ₃ , Cu (OH) ₂	-	20°C	0	0	0	0	
Kupfer-II-nitrat Cu (NO ₃) ₂ , 3 H ₂ O	50%	20%	0	0	0	0	
		kochend	0	0	0	0	
Kupfer-II-sulfat Cu SO ₄ , 5 H ₂ O =Kupfervitriol + 30% H ₂ SO ₄	alle Konzentrationen	20°C und	0	0	0	0	
		kochend					
		20°C	0	0	0	0	
Magnesiumchlorid Mg Cl ₂ , 6 H ₂ O	10% 30%	20°C	2	1	0	0	
		20°C	2	1	0	0	

Beständigkeitstabelle								
Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Werkstoff Nr.					
			1.4021 1.4104	1.4016 1.4510 1.4057	1.4301 1.4306 1.4541 1.4305 1.4540	1.4401 1.4404 1.4436 1.4571 1.4435	1.4449 1.4577 1.4506+ 1.4539□	
Magnesiumsulfat Mg SO ₄ · 7 H ₂ O =Bittersalz	konzentriert	20°C kochend	2 -	1 -	0 0	0 0		
Milchsäure CH ₃ COH COOH	1,5%	20°C kochend	1 -	0 1	0 0	0 0		
	10%	20°C kochend	1 3	1 3	0 2	0 1	0 +	
	80%	20°C kochend	1 3	1 2	0 2	0 1	0 +	
	konzentriert	20°C kochend	1 3	1 2	0 2	0 1	0 +	
	Mischsäuren (Nitriersäure)	50% H ₂ SO ₄ + 50% HNO ₃	50°C	3	2	0	0	
			90°C	3	3	1	1	
120°C			3	3	2	2		
75% H ₂ SO ₄ + 25% HNO ₃		50°C	3	2	1	0		
		90°C	3	3	1	1		
		157°C	3	3	3	3		
20% H ₂ SO ₄ + 15% HNO ₃		50°C	3	3	0	0		
		80°C	3	3	1	0		
70% H ₂ SO ₄ + 10% HNO ₃		50°C	3	3	0	0		
		90°C	3	3	1	0		
		168°C	3	3	3	3		
30% H ₂ SO ₄ +5% HNO ₃		90°C	3	3	0	0		
		110°C	3	3	1	0		
15% H ₂ SO ₄ +5% HNO ₃		134°C		3	3	1	1	
2% H ₂ SO ₄ +1% HNO ₃	kochend		3	3	2	0		
Natriumchlorid Na Cl =Kochsalz	kalt gesättigt	20°C	1	0	0	0		
	heiß gesättigt	100°C	2	0	1	0		
		100°C	3	2	1	1	0	
Natriumfluorid Na F	5%	20°C	-	-	-	0		
Natriumhypochlorit Na Cl O = Bleichlauge	5%	20°C	3	2	1	1	0	
		kochend	3	3	1	1	1	
Natriumsulfat=Glaubersalz Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O	kalt gesättigt	20°C	-	0	0	0		
		kochend	1	0	0	0		
Natriumsulfid Na ₂ S · 9 H ₂ O	25%	kochend	-	2	0	0		
	ges. Lösung	100°C	-	-	1	1	1 +	
Natriumsulfat Na ₂ SO ₄ · 7 H ₂ O	50%	kochend	2	2	0	0		

Beständigkeitstabelle							
Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Werkstoff Nr.				
			1.4021 1.4104	1.4016 1.4510 1.4057	1.4301 1.4306 1.4541 1.4305 1.4540	1.4401 1.4404 1.4436 1.4571 1.4435	1.4449 1.4577 1.4506 + 1.4539 □
Nickelchlorid Ni Cl ₂ , 6 H ₂ O	-	20°C	-	-	1	1	
Oxalsäure (COOH) ₂ , 2 H ₂ O	5%	20°C	1	1	0	0	
	10%	kochend	-	3	1	1	
		20°C	-	1	1	0	
		kochend	-	-	2	2	1 + □
		25%	kochend	-	-	2	2
50%	kochend	-	-	2	2	1 + □	
Phenol =Karbolsäure C ₆ H ₅ OH	rein	kochend	2	1	1	0	
	+ 10% H ₂ O	kochend	3	1	1	0	
	roh 90% Ph	kochend	3	3	1	0	
Phosphorsäure H ₃ PO ₄ chemisch rein	1%	20°C	-	0	0	0	
	10%	kochend	1	1	0	0	
		20°C	2	1	0	0	
		kochend	2	2	0	0	
	45%	20°C	2	2	0	0	
		kochend	3	2	2	1	1 + □
	60%	20°C	2	2	0	0	
		kochend	3	3	2	1	1 +
	70%	20°C	2	2	0	0	
		kochend	3	3	2	2	1 +
80%	20°C	2	2	1	0		
	kochend	3	3	3	2	1 +	
konzentriert	20°C	2	2	1	0		
	kochend	3	3	3	3		
Quecksilber-II-chlorid Hg Cl ₂ (Sublimat)	0,1%	20°C	2	1	0	0	
	0,7%	kochend	3	2	1	0	
		20°C	2	2	1	1	0
Salpetersäure H NO ₃	7%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	1	0	0	0	
	10%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	1	1	0	0	
	25%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	2	1	0	0	
	37%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	2	1	0	0	
	50%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	2	1	1	1	
	66%	20°C	0	0	0	0	
		kochend	3	2	0	1	
	99% (Hoko)	20°C	2	1	1	2	
		kochend	3	3	2	2	
Salzsäure H Cl	0,5%	20°C	3	2	1	1	0 + □ □
	kochend	3	3	3	3		

Beständigkeitstabelle							
Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Werkstoff Nr.				
			1.4021 1.4104	1.4016 1.4510 1.4057	1.4301 1.44306 1.4305 1.4541 1.4540	1.4401 1.4404 1.4436 1.4571 1.4435	1.4449 1.4577 1.4506 + 1.4539 □
Schwefelsäure H ₂ SO ₄	1%	20°C	3	3	1	0	
		70°C	3	3	1	0	
		kochend	3	3	1	1	0 + □
	5%	20°C	3	3	1	0	
		70°C	3	3	1	1	0 + □
		kochend	3	3	3	2	1 +
	10%	20°C	3	3	2	1	0 +
		70°C	3	3	2	2	1 +
		kochend	3	3	3	2	1 +
Schwefelwasserstoff trocken H ₂ S	< 4	20°C	0	0	0	0	
		100°C	2	2	0	0	
		< 400°C	2	2	0	0	
Schwefelwasserstoff feucht	-	-	3	3	0	0	
		20°C	-	0	0	0	
Seewasser	-	kochend	-	-	2	1	0
Silberchlorid Ag Cl	-	-	-	3	3	3	
Trichloressigsäure C Cl ₃ COOH	wasserfrei	20°C	-	-	3	3	
Wasser: Leitungswasser	-	20°C	0	0	0	0	
Grubenwasser = saures Wasser	-	20°C	1	1	0	0	
Wasserdampf	-	400°C	0	0	0	0	
Wasserdampf mit SO ₂	-	-	2	-	1	0	
Wasserdampf mit CO ₂	-	-	2	2	0	0	
Wasserstoffsuperoxyd H ₂ O ₂	-	20°C	0	0	0	0	
Weinsäure COOH (CHOH) ₂ COOH	10°C	20°C	1	0	0	0	
		kochend	2	2	0	0	
	50%	20°C	2	1	0	0	
Zinkchlorid Zn Cl ₂	-	kochend	3	2	2	2	1 +
		20°C	1	1	0	0	
		45°C	-	-	2	1	1
Zinksulfat Zn SO ₄ , 7 H ₂ O	kalt gesättigt	20°C	-	-	0	0	
		kochend	-	-	0	0	
		heiß gesättigt	2	2	0	0	
Zitronensäure HO C (CH ₂ COOH) ₂ COOH, H ₂ O	1%	20°C	1	0	0	0	
		kochend	2	1	0	0	
	10%	20°C	2	1	0	0	
		kochend	3	2	0	0	