

**Toolox** - Ist ein hochfester vorvergüteter Feinkornbaustahl bzw. Werkzeugstahl aus Schweden mit hervorragenden homogenen Eigenschaften über den gesamten Querschnitt - auch bei größeren Dimensionen, wo konventionelle Stähle oft Eigenschaftsschwankungen im Kern aufweisen. Aber was genau macht ihn so hervorragend und wo liegen die Vorteile von Toolox gegenüber „herkömmlichem“ Werkzeugstahl, wie den Kunststoffformenstählen 1.2311 und 1.2312, dem Kaltarbeitsstahl 1.2379 oder den Warmarbeitsstählen 1.2344 oder 1.2343? Toolox enthält sorgfältig abgestimmte Legierungselemente wie Chrom, Molybdän und Vanadium, die für seine besonderen Eigenschaften sorgen. Hauptsächlich wird Toolox für Anwendungen verwendet, die keine hohen Betriebstemperaturen erfordern, wenn kurze Fertigungszeiten wichtig sind, bei komplexen Geometrien mit Verzugsrisiko, bei Anwendungen die eine hohe Oberflächengüte erfordern oder wenn eine gute Kombination aus Härte und Zähigkeit und einfacher Verarbeitung gefordert ist. Zum Beispiel Werkzeuge und Werkzeugaufbauten, Formen und Formteile oder Verschleißteile. Toolox unterliegt auch sehr strengen Qualitätsanforderungen - Jede Toolox-Platte wird im Werk ultraschallgeprüft, was bei Standardwerkzeugstählen nicht immer der Fall ist.

Wir vergleichen Toolox mit gängigen alternativen Werkstoffen und zeigen Vorteile und Nachteile auf. Allgemein verfügt Toolox über eine **hohe Härte und Festigkeit**. **Toolox33** kommt gewöhnlich mit einer Härte von 33 HRC und **Toolox44** mit 44 HRC, daher wohl auch der Name Toolox33 bzw. Toolox44! Trotz der Härte weist Toolox eine **außergewöhnliche Zähigkeit** auf - normalerweise nimmt die Zähigkeit mit steigender Härte ab. Toolox muss auch nicht zunächst wärmebehandelt werden, um ihn zu härten, wie bei einigen Werkzeugstählen sonst oft üblich: Er kommt **vorvergütet** und ist somit bereits gehärtet und eine direkte (Weiter-)Bearbeitung ist möglich. Wo wir auch direkt beim Thema **Bearbeitung** wären - fräsen, bohren, schleifen, polieren - kein Problem. Toolox33 lässt sich überraschend gut zerspanen und hält zuverlässig seine Form. Toolox44 hat hier aufgrund der höheren Härte bei der Bearbeitung die Nase nicht ganz so weit vorn, ist dafür aber sehr verzugsarm. Insgesamt weist Toolox eine sehr geringe Verzugsgefahr auf, während normale Stähle bei Wärmebehandlungen oft zu Verformungen neigen.

Auch beim **Erodieren** schneidet er überdurchschnittlich gut ab, ebenso lässt er sich hervorragend **nitrieren** - durch den moderaten Chromgehalt bildet Toolox eine dünne, aber sehr harte Nitrierschicht. Zusammenfassend bietet Toolox trotz seiner höheren Härte eine sehr gute Bearbeitbarkeit bei allen gängigen Fertigungsverfahren.

Durch einen sehr sauberen Herstellungsprozess weist Toolox eine **hervorragende Reinheit** (ähnlich **ESU-Material**) auf. Der Stahl wird aus Eisenerz als Ausgangsmaterial hergestellt, anders als Baustahl oder Werkzeugstahl, die häufig aus Stahlschrott hergestellt werden. Zusätzlich sorgen moderne Stahlveredelungsverfahren (Sekundärmetallurgie) und Wärmebehandlungen dafür, dass Verunreinigungen oder unerwünschte Elemente, wie Schwefel, Phosphor oder Sauerstoff, auf ein Minimum reduziert werden. Das macht Toolox zu einem hervorragenden Material mit

überlegenen Oberflächeneigenschaften für anspruchsvolle Werkzeug- und Formbauanwendungen.

Kommen wir zur vergleichbaren Konkurrenz. Der Hauptunterschied zwischen Toolox und vergleichbaren Werkzeugstählen besteht darin, dass Toolox als vorvergüteter „ready-to-use“ Stahl konzipiert wurde, der keine nachträgliche Wärmebehandlung erfordert. Dies spart Zeit und Kosten und minimiert das Risiko von Verzug bei der Wärmebehandlung. Die einzigartige Kombination aus hoher Härte und gleichzeitig hoher Zähigkeit macht Toolox in vielen Anwendungen überlegen. Toolox ist dennoch am ehesten mit den folgenden Werkzeugstählen vergleichbar:

**1.2343 / AISI H11 / X37CrMoV5-1:** Ein weichgeglühter Warmarbeitsstahl, der eine komplexe Wärmebehandlung (Vorwärmen, Härten, mehrfaches Anlassen) erfordert. Während der Wärmebehandlung besteht das Risiko von Verzug und Rissbildung und eine Nachbearbeitung nach der Wärmebehandlung ist oft notwendig. 1.2343 wird bevorzugt für Kunststoffformen, Presswerkzeug oder Werkzeuge mit hoher thermischer Beanspruchung verwendet (und wo thermische Ermüdung ein kritischer Faktor ist). Toolox dagegen verfügt nur über eine **mäßige Warmfestigkeit** und wird idealerweise bis 350°C (Toolox33) bzw. 400°C (Toolox44) eingesetzt.

**1.2344 / AISI H13 / X40CrMoV5-1:** 1.2344 ist ein weit verbreiteter Warmarbeitsstahl, der aufgrund seines sehr gutem Warmverschleißwiderstands, der hohen Temperaturwechselbeständigkeit (wie auch 1.2343) sowie sehr guten Zähigkeit gern für Druckgussformen, Pressformen und Kunststoffformen verwendet wird. Er hat im Vergleich zum Toolox eine geringere Wärmeleitfähigkeit.

1.2343 und 1.2344 sind ideale Werkstoffe für Anwendungen in hoher Betriebstemperatur, bei großen Werkzeugen, wo der Materialpreis stärker ins Gewicht fällt oder für Anwendungen bei denen spezifische Wärmebehandlungszyklen für sehr spezielle Eigenschaften erforderlich sind. Toolox kommt bereits vergütet und eine weitere Wärmebehandlung ist nicht nötig und das Verzugsrisiko somit geringer. Die geringeren Kosten des 1.2343 bzw. 1.2343 könnten sich durch aufwändigere Wärmebehandlungen aufwiegen.

**1.2379 / AISI D2 / X153CrMoV12:** 1.2379 ist ein klassischer hochlegierter Kaltarbeitsstahl für schwerste Umform- oder Schneid- und Stanzwerkzeuge mit hoher Druckfestigkeit, der jedoch für höchste Härte und Verschleißanforderungen eine Wärmebehandlung benötigt. Die Wahl, ob Toolox oder 1.2379 der richtige Werkstoff ist, hängt stark von den spezifischen Anwendungen ab. 1.2379 erreicht gehärtet eine deutlich höhere Endhärte und ist dann der bessere Werkstoff, wenn diese sehr hohe Härte besonders wichtig ist und es bereits etablierte Prozesse der Wärmebehandlung gibt. Auch bei höchsten Anforderungen an die Verschleißfestigkeit bleibt 1.2379, trotz hierfür benötigter Behandlungsverfahren die bessere Wahl. Zudem ist 1.2379 deutlich kostengünstiger. Toolox ist die bessere Entscheidung, wenn die Werkzeuggeometrie komplex wird, die Maßhaltigkeit kritisch werden könnte, eine Härte bis 45 HRC ausreicht oder die Bearbeitungszeiten entscheidend sind.

**1.2311 / AISI P20 / 40CrMnMo7:** 1.2311 ein vorvergüteter Kunststoffformenstahl mit einer Härte von etwa 30 - 34 HRC. Der Werkstoff wird häufig für Kunststoffformwerkzeuge, Formeinsätze und Formrahmen verwendet und bietet eine gute Zähigkeit, mäßig gute Zerspanbarkeit und sehr gute Polierbarkeit & Schweißbarkeit. Toolox33 bietet im Vergleich eine leicht bessere Zähigkeit und leicht bessere Polierbarkeit bei deutlich besserer Zerspanbarkeit.

**1.2312 / AISI P20-S / 40CrMnMoS8-6:** 1.2312 ist ähnlich wie 1.2311, jedoch mit Schwefelzusatz für verbesserte Zerspanbarkeit. Die typische Härte des Werkstoffs liegt bei 30-34 HRC und ist vergleichbar mit Toolox33. Der Schwefelzusatz verbessert zwar die Zerspanbarkeit, reduziert dafür aber die Polierbarkeit. 1.2312 wird häufig für große Formwerkzeuge oder im Maschinenbau verwendet, wo die Bearbeitbarkeit wichtiger ist als höchste Oberflächenqualität. Toolox bietet im Vergleich eine höhere Reinheit (weniger nicht-metallische Einschlüsse), was zu besserer Polierbarkeit führt.

Beide Stähle (1.2311 und 1.2312) sind klassische vorvergütete Werkzeugstähle und direkte Wettbewerber zu Toolox 33. Der Hauptunterschied liegt darin, dass Toolox durch seinen speziellen Herstellungsprozess eine bessere Kombination aus Härte, Zähigkeit und Homogenität bietet. Zudem ist Toolox durch seine höhere Reinheit besser polierbar und weist eine bessere Dimensionsstabilität auf, was besonders bei präzisen Werkzeugen von Vorteil ist. Auch der 1.2311 lässt sich, wie Toolox, gut nitrieren und schweißen. Der 1.2312 schneidet hier jedoch etwas schlechter ab.

**1.7225 / AISI 4140 / 42CrMo4:** 1.7225 ist ebenfalls ein typischer Maschinenbau- und Werkzeugstahl und überzeugt (wie Toolox auch) durch eine gute Kombination aus Festigkeit und Zähigkeit. 1.7225 gibt es sowohl weichgeglüht, als auch auch vergütet (dann als „QT - quenched and tempered“ Variante). Vergleichbar mit Toolox ist eher der Werkstoff 1.7225 QT! Toolox ist nämlich ebenso wie der QT bereits vergütet, jedoch teurer als 42CrMo4. Die Verzugsgefahr von Toolox ist geringer - 1.7225 wird eher für weniger komplexe Teile verwendet als Toolox. Dafür ist 1.7225 ein gut verfügbarer und weit verbreiteter Stahl der selbst weichgeglüht durch die nachträgliche Wärmebehandlungsmöglichkeit viel Flexibilität und bei einfachen, großen Teilen mehr Wirtschaftlichkeit bietet.

Aber so viele Vorteile allein? Es muss doch auch einen Haken geben?

**Höhere Kosten!** Der Preisunterschied zwischen Toolox und den genannten alternativen Werkstoffen ist erheblich: Toolox ist typischerweise etwa 30 - 40 % teurer als konventionelle vorvergütete Werkzeugstähle wie 1.2311 und 1.2312. Die Preisdifferenz erklärt sich hauptsächlich durch den aufwendigeren Herstellungsprozess von Toolox mit einer strengen Qualitätskontrolle, der **höheren Reinheit** des Ausgangsmaterials, der präziseren Legierungszusammensetzung sowie der besseren Durchvergütung und homogeneren Eigenschaften.

So einfach ist die Entscheidung dann leider, wie so oft, doch nicht: Die Wahl zwischen diesen Werkstoffen hängt, wie so oft, stark vom konkreten Anwendungsfall und den spezifischen Anforderungen ab - besonders wenn höchste Präzision, Oberflächengüte oder Langlebigkeit gefordert sind. In der Gesamtkostenbetrachtung kann Toolox in manchen Anwendungsfällen jedoch sogar wirtschaftlicher sein, wenn bpsw. keine nachträgliche Wärmebehandlung nötig ist (Einsparung von Zeit und Kosten) oder ein geringeres Verzugsrisiko und damit weniger Ausschuss gefragt sind.

Wir beraten Sie in jedem Fall, wenn Sie sich unsicher sind!

Datenblatt 1.2311

Datenblatt 1.2379

Datenblatt 1.2312

Datenblatt 1.7225

Datenblatt 1.2343

Datenblatt Toolox33

Datenblatt 1.2344

Datenblatt Toolox44

EIGENSCHAFT	1.2311	1.2312	1.2343	1.2344	1.2379	1.7225	Toolox33	Toolox44
<b>HÄRTE IM LIEFERZUSTAND</b>	vergütet, 30 - 34 HRC	vergütet, 30 - 34 HRC	weichgeglüht, ca. 22 HRC	weichgeglüht, ca. 22 HRC	weichgeglüht, ca. 25 HRC	weichgeglüht, ca. 20 HRC	vergütet, 28 - 33 HRC	vergütet, 44 - 45 HRC
<b>ERREICHBARE HÄRTE (NACH WÄRMEBEHANDL.)</b>	nicht vorgesehen	nicht vorgesehen	42 - 52 HRC	42 - 52 HRC	58 - 63 HRC	28 - 58 HRC	nicht vorgesehen	nicht vorgesehen
<b>KERBSCHLAGARBEIT</b>	ca. 25-35 J (bei 30 - 34 HRC)	ca. 20 - 30 J (bei 30 - 34 HRC)	ca. 10 - 15 J (bei 48 - 50 HRC)	ca. 10-15 J (bei 48 - 50 HRC)	ca. 8 - 15 J (bei 58 - 63 HRC)	ca. 8 - 15 J (bei 50-58 HRC) ca. 15 - 40 J (bei 28 - 45 HRC)	ca. 35 J (bei 33 HRC)	ca. 13 - 18 J (bei 44 HRC)
<b>STRECKGRENZE</b>	800 - 950 N/mm <sup>2</sup>	800 - 950 N/mm <sup>2</sup>	Lieferstreckgrenze: ca. 425 N/mm <sup>2</sup> vergütet: 1100 - 1200 N/mm <sup>2</sup>	vergütet: 1200 - 1300 N/mm <sup>2</sup>	Lieferstreckgrenze: ca. 420 N/mm <sup>2</sup> vergütet: 1800 - 2200 N/mm <sup>2</sup>	Lieferstreckgrenze: ca. 550 N/mm <sup>2</sup>	700 - 900 N/mm <sup>2</sup>	1150 - 1300 N/mm <sup>2</sup>
<b>BRUCHDEHNUNG</b>	8 - 12 %	6 - 10 %	12 - 16 % (vergütet) 22 - 28 % (weichgeglüht)	10 - 15 % (vergütet) 20 - 25 % (weichgeglüht)	8 - 12 % (vergütet) 15 - 20 % (weichgeglüht)	10 - 13 % (vergütet)	10 - 16 %	8 - 13 %
<b>ZUGFESTIGKEIT</b>	950 - 1100 N/mm <sup>2</sup>	950 - 1200 N/mm <sup>2</sup>	Lieferzugfestigkeit: 720 N/mm <sup>2</sup> vergütet: 1350 - 1600 N/mm <sup>2</sup>	Lieferzugfestigkeit: 770 N/mm <sup>2</sup> vergütet: 1400 - 1700 N/mm <sup>2</sup>	Lieferzugfestigkeit: 830 - 870 N/mm <sup>2</sup> vergütet: 2000 - 2500 N/mm <sup>2</sup>	Lieferzugfestigkeit: 720 N/mm <sup>2</sup> vergütet: 800 - 1300 N/mm <sup>2</sup>	800 - 980 N/mm <sup>2</sup>	ca. 1300 - 1450 N/mm <sup>2</sup>
<b>HÄRTBARKEIT</b>	vorvergütet	vorvergütet	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	vorvergütet	vorvergütet
<b>ZERSPANBARKEIT</b>	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
<b>POLIERBARKEIT</b>	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
<b>SCHWEISSBARKEIT</b>	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
<b>ZÄHIGKEIT</b>	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
<b>VERSCHLEISSFESTIGKEIT</b>	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
<b>KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT</b>	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●	●●●●●
<b>ÄTZBARKEIT</b>	sehr gut gleichmäßigere Mikrostruktur, daher homogeneres Ätzbild	mäßig - gut durch Schwefelzusatz, Schwefelsulfide können zu leichten Unregelmäßigkeiten im Ätzbild führen	sehr gut gleichmäßigere Mikrostruktur, daher homogeneres Ätzbild	sehr gut gleichmäßigere Mikrostruktur, daher homogeneres Ätzbild	gut durch den hohen Chromgehalt und die ausgeprägte Karbidstruktur zeigt er ein kontrastreiches Ätzbild	gut vorherige Vergütung für feine Muster - gleichmäßiger, Ätztiefe u. -qualität hängt vom Wärmebehandlungszustand ab	sehr gut gleichmäßiges Ätzbild durch kontrollier- te Herstellung und Wärmebehandlung	sehr gut durch feinere Karbidverteilung etwas detaillierteres Ätzbild möglich
<b>ERODIERBARKEIT</b>	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich	möglich
<b>NITRIERBARKEIT</b>	moderat, möglich Nitrierschicht: 0,05 - 0,15 mm Oberflächenhärte: 600 - 800 HV	moderat, möglich Nitrierschicht: 0,05 - 0,15 mm Oberflächenhärte: 550 - 750 HV	sehr gut Nitrierschicht: 0,2 - 0,4 mm Oberflächenhärte: 900 - 1050 HV • eignet sich gut für kombinierte Be- handlung (Härten - Nitrieren), ähnlich wie 1.2344	sehr gut Nitrierschicht: 0,2 - 0,4 mm Oberflächenhärte: 950 - 1100 HV • wird oft mit einer sehr dünnen weißen Schicht (Verbindungsschicht) oder ohne weiße Schicht nitriert, um die Warmrisbildung zu minimieren	möglich Nitrierschicht: 0,1 - 0,2 mm Oberflächenhärte: 1000 - 1200 HV • aufgrund des hohen Chromgehalts bildet sich eine vergleichsweise dünne Verbindungsschicht, dafür eine harte Diffusionszone	sehr gut Nitrierschicht: 0,2 - 0,6 mm Oberflächenhärte: 650 - 800 HV • aufgrund des höheren Chromgehalts bildet sich eine stabile Nitrierzone • vorteilhaft = Kombination aus zähem Kern nach Vergütung und harter, ver- schleißfester Oberfläche nach Nitrieren	sehr gut Nitrierschicht: 0,1 - 0,3 mm Oberflächenhärte: 900 - 1000 HV	hervorragend Nitrierschicht: 0,05 - 0,2 mm Oberflächenhärte: 1000 - 1200 HV
<b>TYP. ANWENDUNGEN</b>	mittelgroße Kunststoffformen, hoch- feste Teile im Maschinenbau, hochfeste Formenrahmen, Formen und Einsätze	große Kunststoffformen mit Fokus auf Bearbeitbarkeit, Maschinenbau, Konstruktionsteile, hochfeste Formenrahmen	Warmumformwerkzeuge, Druckgussformen (Aluminium, Zink, Messing), Druckgießwerkzeuge, Warmumformwerkzeuge, Schmiedegesenke, Extrusionswerkzeuge, Warmschneidmesser, Werkzeuge mit hoher thermischer Beanspruchung Idealer Einsatz bei hohen Betriebstemperaturen (> 400 °C)	Schnitt-, Stanz- und Schneidwerkzeuge, Kunststoffformen, Zieh-, Tief- und Fließpresswerkzeuge	Maschinenbau, Fahrzeugbau, mittlere bis stark belastete Bauteile, Achsen, Wellen & Zahnräder	Präzisionswerkzeuge, hochwertige Kunststoffformen, Anwendungen mit hohen Oberflächenanforderungen, Kunststoffformen, Komponenten im Ma- schinenbau, Formplatten und -rahmen, Idealtemperatur bis ca. 350 °C	Verschleißteile, Präzisionskompo- nenten, Anwendungen mit extremen Anforderungen, hochbelastbare Werk- zeuge und Komponenten, Schneid- und Stanzwerkzeuge Idealtemperatur bis ca. 400 °C	
<b>BESONDERHEIT</b>		gleichmäßige Härte bei großen Querschnitten schwefelhaltiges Pendant zum 1.2311	überlegene Beständigkeit gegen Temperaturwechsel, bessere Heißfestigkeit und Anlassbeständigkeit, geringere Wärmeleitfähigkeit als Toolox,	ledeburitischer Chrom-Stahl mit hohem Kohlenstoff- und Chromgehalt, sehr abriebfest durch Chromkarbide	gute Kombination aus Festigkeit und Zähigkeit, weit verbreitet und kosten- günstig, muss wärmebehandelt werden	bessere Zähigkeit bei vergleichbarer Härte, höhere Reinheit und bessere Polier- barkeit, bessere Beständigkeit gegen Verzug, bessere Schweißbarkeit, höhere Wärmeleitfähigkeit, bessere Oberflächenqualität im Lieferzustand		