

# Mixen und Mischen von Regelwerken bei der Herstellung von Druckgeräten

Dr. Dirk Kölbl, Essen



## 1. Kurzfassung

Mixen und Mischen von Regelwerken wird in der Herstellung von Druckgeräten täglich angewandt. Diese Mischungen sorgen gelegentlich bei den Bestellern, Herstellern und Abnehmern für Probleme. In diesem Beitrag werden Beispiele verschiedener Mischungen betrachtet. Nach einem Plädoyer für die Verwendung ungemischter Regelwerke werden Gründe und Konsequenzen der Mischungen dargestellt. Eine Checkliste wird vorgeschlagen, mit der sich viele Probleme vermeiden lassen.

## 2. Einleitung

„Etwas ASME Code, eine Prise EN Norm und ein paar Tropfen AD-Merkblätter, kräftig schütteln, mit Australian Standards garnieren“. Es wird nach Herzenslust gemischt und was kommt dann? Auf eine solche Mischung folgen in aller Regel heftige Kopfschmerzen und „unbezahlbare“ Diskussionen. Diskussionen, die im wahrsten Sinne des Wortes „unbezahlbar“ sind, denn sie sind nicht erwartet, nicht kalkuliert, nicht erwünscht, werden jedoch geführt. Der Ausgang der Diskussionen ist ungewiss, mal verliert der Hersteller, mal verliert der Planer, mal verliert der Betreiber, Gewinner sind in diesen Diskussionen selten. Am Ende der Diskussion bleibt oft eine Frage offen: „Wer bezahlt das Ganze?“

An dieser Stelle soll einmal das Mixen und Mischen von Regelwerken bei der Herstellung von Druckgeräten genauer betrachtet werden. „Mixen und Mischen“ deutet schon an, dass unterschiedliche Zubereitungen möglich sind und viele Beteiligte unterschiedliche Vorstellungen von guten Mischungen haben. Genau wie an der Bar, wo der Martini gemixt oder gemischt werden kann, „Geschüttelt oder gerührt“, diese Frage hat schon erbitterte Debatten ausgelöst (Bild 1).

Im Folgenden werden verschiedene Arten von Mischungen dargestellt und mit Beispielen aus der Praxis veranschaulicht. Sowohl vernünftige als auch gefährliche Mischungen sollen hier betrachtet werden.

## 3. Was heißt Mischen von Regelwerken?

Mixen und Mischen sind in der Küche und an der Bar alltägliche Vorgänge. Es kommt darauf an, die richtigen Zutaten nach dem richtigen Rezept zu vermischen. Erst dann können wir von einer gelungenen Mischung sprechen. Manchmal sind es kleine Details, die eine gelungene Mischung ausmachen, erinnern wir uns an den Martini: gerührt oder geschüttelt.

Wenden wir uns jedoch den Regelwerken zu: Mischen von Regelwerken heißt nicht etwa Zutaten zu mischen, sondern Rezepte. Einem Rezept oder Regelwerk zu folgen erscheint manchmal weder einfach noch bequem, jedes Regelwerk hat seine Ecken und Kanten. Rezepte oder Regelwerke zu mischen ist im

Vergleich dazu allerdings erheblich schwerer. Es ist schon eine große Kunst, eine gelungene Mischung aus verschiedenen Rezepten, d.h. Regelwerken, anzurichten (Bild 1).

## 4. Regelwerke als Gesamtkonzept begreifen

Betrachten wir zunächst ein einzelnes Regelwerk. Jedes Regelwerk führt bei korrekter und vollständiger Anwendung zu einem Bauteil, das unter den geplanten Einsatzbedingungen wie Druck und Temperatur voraussichtlich nicht versagt.

In der Auslegung vereinfacht ein Regelwerk das betreffende Bauteil zu einem Modell, um mit wirtschaftlich vertretbaren, daher vereinfachten Methoden die Gültigkeit der gewählten Lösungen zu beurteilen. Zum Beispiel ist die Festigkeitsberechnung immer eine vereinfachte Betrachtung des Modells, das für das Druckgerät erstellt wird. Zum Ausgleich für die Vereinfachung werden Sicherheiten eingebaut. Sicherheiten für die einfache Berechnungsmethode, für die Streuung der Materialeigenschaften, für die mögliche Unschärfe der zerstörungsfreien Prüfung, für die Restspannungen nach dem Schweißen und so weiter. Natürlich unterliegen alle Regelwerke mit der Zeit einer evolutionären Weiterentwicklung. Alle Regelwerke gehen unterschiedliche Wege, um das Ziel „sicheres Bauteil“ zu erreichen. Anders gesagt, jedes Regelwerk versteckt seine Sicherheiten an anderen Stellen. Diese Sicherheiten sind natürlich in einem Regelwerk aufeinander abgestimmt. So ist die zerstörungsfreie Prüfung immer so ausgelegt, dass der größte Defekt, der nicht gefunden wird, oder toleriert werden kann, sicher in die Reserven aus der Berechnung passt. Alle Regelwerke sind, soweit nicht voneinander abgeschrieben, verschieden in der rechnerischen Betrachtung der Druckgeräte, also ist auch die Sensibilität der geforderten zerstörungsfreien Prüfungen unterschiedlich. Dieses ist nur ein Beispiel von vielen und soll an dieser Stelle genügen. Es macht allerdings bereits bei Berechnung und zerstörungsfreier Prüfung deutlich, dass Regelwerke nicht aus austauschbaren Modulen bestehen, sondern dass die einzelnen Regelwerksteile jeweils aufeinander abgestimmt sind.

Ein Regelwerk sollte daher vorzugsweise als Gesamtkonzept angewandt werden. Wenn nur ein Teil eines

Regelwerkes angewandt wird, läuft der Anwender Gefahr, die Sicherheit, die in anderen Teilen dieses Regelwerkes vorgesehen ist, außer Acht zu lassen. Werden diese Teile aus anderen Regelwerken hinzugesetzt, kann das Gesamtsicherheitsniveau sinken und in der Folge eine gefährliche Mischung entstehen.

Außerdem bestehen alle Regelwerke neben den technischen Anforderungen aus administrativen Teilen, was in der Praxis gern außer Acht gelassen wird. Herstellerzulassungen, Fremdadnahmen, Personalqualifikationen, Qualitätssicherung und Dokumentation sind genau wie die Berechnungsformeln, Bestandteile von Regelwerken und daher Teile des Gesamtkonzeptes.

## 5. Mögliche Mischungen von Regelwerken

### Vertikale Mischungen

Als vertikale Mischung werden Mischungen bezeichnet, bei denen in den aufeinander folgenden Herstellungsphasen verschiedene Regelwerke angewandt werden.

In der Praxis heißt das, wenn ein Regelwerk zur Berechnung und ein anderes für die zerstörungsfreie Prüfung eingesetzt wird, sind drei Resultate möglich:

- 1) Die gemischten Regelwerke sind ebenbürtig, das heißt, die Berechnungsmargen und Prüfkonzepte sind so ähnlich, dass vergleichbare Resultate erzielt werden. Die Konsequenz lautet: die Mischung ist gelungen.
- 2) Die Prüfung ist sensibler, als es das Berechnungsregelwerk verlangt. Die Konsequenz lautet, es wurde genauer geprüft als nötig, es werden mehr Anzeigen verworfen, als nötig. Die Komponente ist sicher, aber der Aufwand war größer als nötig.
- 3) Die Prüfung ist toleranter, als es die Berechnung erfordert. Die Konsequenz lautet, dass diese Mischung zwar Prüfkosten spart, aber die Sicherheit außer Acht lässt. Es könnte sich ein Defekt im Bauteil verbergen, der in der Berechnung nicht toleriert wird.

Der erste Fall ist sicherlich der angestrebte Zustand. Der zweite Fall ist zwar aus Sicht der Kaufleute unangenehm, aber für die Ingenieure akzeptabel. Der dritte Fall ist auf den ersten Blick kostengünstig, aber eine Mischung, die nicht die erforderliche Sicherheit bietet.

### Horizontale Mischungen

Werden in benachbarten Anlagenteilen verschieden Regelwerke eingesetzt, so wird dieses horizontale Mischung genannt.

Wird zum Beispiel ein **Druckbehälter nach EN 13445 gebaut und die daran angeflanschte Rohrleitung nach ASME B31.3**, so gilt diese Mischung als wenig problematisch. Zwei bewährte und sichere Regelwerke grenzen aneinander.

In diesen Fällen ist zunächst eine gute Schnittstellendefinition wichtig. Kräfte, Momente, Maße, Verschiebungen und Druckprobendruck müssen aufeinander abgestimmt werden. An der Schnittstelle muss eine Wahl getroffen werden, denn ein ASME/ANSI-Flansch passt nicht an einen DIN-Flansch, der Konstrukteur muss sich für eine Variante entscheiden.

Außer den Schnittstellen sind die Anforderungen der Kunden und der Gesetze, Richtlinien und Verordnungen am Aufstellort zu erfüllen. Das heißt, bei jeder Mischung muss der Hersteller, Planer oder Betreiber sicher stellen, dass die angewandte Regelwerksmischung diese Anforderungen erfüllt.

## 6. Beispiele für eine gelungene Mischung

Nach Meinung des Verfassers ist eine Mischung von Regelwerken dann gelungen, wenn damit ein Druckgerät gebaut wurde, das in seiner Beschaffenheit sicher betrieben werden kann und das den Kundenwunsch und die gesetzlichen Anforderungen am Aufstellort erfüllt. Wenn dabei auch noch wirtschaftlich mit den Ressourcen Material und Arbeitszeit umgegangen wurde, sind sicher alle Zuhörer vom Gelingen der Mischung überzeugt.

Soll zum **Beispiel Material nach ASME Code mit einer AD 2000 Berechnung** gemischt werden, können unterschiedliche Ansätze gewählt werden. Die Bilder 2 und 3 zeigen die zulässigen Umfangsspannungen in jeweils ähnlichen Materialien nach EN- und ASME Normen. Eine gelungene Mischung berücksichtigt im Ansatz möglichst ganzheitlich und umfassend die Berechnung, Materialauswahl, Materialherstellung und Fertigung. Wenn EN Material nach AD 2000 berechnet wird, so sind die Spannungen der jeweils linken Säulen zulässig. Mit ASME Material (SA-) besteht die Auswahl zwischen Spannungen, die nach ASME Code ermittelt wurden, oder Spannungen, die nach AD 2000 zulässig sind. Eine sichere Mischung ermittelt die Spannungen nach den AD 2000 Kriterien, dargestellt in der jeweils rechten Säule. Nur diese Spannungen sind den Berechnungsmodellen und dem Sicherheitskonzept aller anderen Aspekte des AD 2000 Regelwerkes angepasst. Unter Umständen müssen Zusatzforderungen erhoben werden, die zum Beispiel Zeugnisbelegung, Werksabnahme und Zähigkeitsnachweis ansprechen, um ein Sicherheitsniveau zu erreichen, das AD 2000 ebenbürtig ist.

Die beschriebene Mischung führt bei Raumtemperatur im Vergleich zur reinen AD 2000 Lösung zu geringeren zulässigen Spannungen. Das hört sich zunächst gut an, führt allerdings zu etwa einem Fünftel größeren Wanddicken. Bei höheren Auslegungstemperaturen sind für das Edelstahlbeispiel in Bild 2 ebenfalls größere Wanddicken einzusetzen. Das Beispiel für Kohlenstoffstahl in Bild 3 weist bei höheren Temperaturen größere zulässige Spannungen auf. Die resultie-

rende Wanddicke ist bei 400°C immerhin ein Siebtel geringer, als bei der reinen AD 2000 Lösung.

Trotz der zum Teil gravierenden Unterschiede in der Wanddicke können die hier dargestellten Mischungen durchaus als gelungen bezeichnet werden, wenn die oben geforderte Ganzheitlichkeit gewahrt bleibt.

## 7. Gefährliche Mischungen

Gefährlich werden die Mischungen, wenn Oberflächlichkeit, Unkenntnis, Leichtsinns oder Profitgier im Spiel sind. Wenn also in unserem Beispiel die jeweils größten Spannungen in die Berechnungsformeln eingesetzt werden, ohne dass die anderen Aspekte der Herstellung und Prüfung berücksichtigt werden, wie oben dargestellt, entsteht eine gefährliche Mischung.

Mindestens ebenso gefährlich sind lückenhafte Mischungen. Heißt es zum Beispiel in der Spezifikation: **„Berechnung nach ASME Code Section VIII Division 1, Material nach AD 2000“**, so sieht das auf den ersten Blick eindeutig aus. Bei genauer Betrachtung bleiben allerdings Fragen offen. Werden die Festigkeitskennwerte nach AD 2000 in die ASME Formeln eingesetzt (Bilder 2 und 3, jeweils linke Säule), werden Festigkeitskennwerte für das AD 2000 Material nach den Regeln des ASME Code ermittelt (zweite Säule von links), oder werden die Kennwerte der vergleichbaren ASME Materialien eingesetzt (dritte Säule von links)? Welche Anforderungen gelten für Sprödbruchvermeidung, Zeugnisbelegung, zerstörungsfreie Prüfung, Abnahme, Arbeitsproben, Druckprobe, Qualitätssicherung und Dokumentation? Diese Fragen haben mehr als eine berechnete Antwort, aber welche ist die richtige? „Unbezahlbare Diskussionen“ stehen bevor.

## 8. Warum werden Regelwerke gemischt?

Im Rahmen der Herstellung von Druckgeräten lassen sich zwei Hintergründe für Mischungen von Regelwerken unterscheiden. Erstens: Der Kunde schreibt eine Mischung vor und zweitens: Der Hersteller legt eine Mischung fest.

Wenden wir uns zunächst dem Kunden zu. Mischungen von Regelwerken können beabsichtigt und wohl begründet sein. Dieser Zustand ist unproblematisch, vorausgesetzt, die Spezifikation beschreibt die Regelwerke, Schnittstellen und Grundlagen der Herstellung vollständig und hinreichend genau. Es existieren viele Beispiele für solche gelungenen Mischungen, die durchdacht und gut definiert sind.

Gelegentlich sind die Mischungen von Regelwerken weit vom Idealzustand entfernt. Spezifikationen sind unvollständig, ungenau, die Schnittstellen sind nicht klar beschrieben oder sogar widersprüchlich. Hierzu ein Beispiel, diesmal mit den Tücken der Englischen Sprache: **“Construction Code shall be ASME Section VIII, Material shall be according to AD 2000. “**

Das liest sich auf den ersten Blick wie das oben angeführte Beispiel. Genauer betrachtet steckt in diesem

Satz ein Widerspruch. Die korrekte Übersetzung von „Construction“ ist nicht etwa „Konstruktion“, sondern „Herstellung“. Da das Regelwerkwerk „ASME Section VIII“ jedoch die Verwendung von AD 2000 Material nicht zulässt, ist eine Herstellung nach ASME Code unter Verwendung des geforderten AD 2000 Materials nicht ohne weiteres zulässig. Diese Spezifikation verlangt die Quadratur des Kreises und muss unbedingt korrigiert werden.

Warum werden solche Spezifikationen verwendet? Warum werden die beschriebenen Mischungen angeordnet?: Unkenntnis, Unfähigkeit, Überlastung, Nachlässigkeit und Gottvertrauen sind schon als Gründe ausgemacht worden.

„Ist das etwa nicht genau genug“, „das haben wir immer schon so gemacht“, „das steht in der Spezifikation von Maier & Co aber genauso“, „ich habe gedacht, der Hersteller weiß schon, was er machen muss“, „was meinen Sie, wieviele Bestellungen ich jeden Tag mache“, „das hat aber der Endkunde so bestellt“ sind keine Gründe, sondern Ausreden. Diese helfen niemandem, die „unbezahlbaren Diskussionen“ zu führen. Erinnern wir uns an die Programmiererweisheit: „Es gibt immer Zeit genug, es von Anfang an richtig zu machen!“

Liebe Besteller, beschreiben Sie genau, was Sie wollen und prüfen Sie Ihre Bestellung vor dem Versand nicht nur auf Zahlungskonditionen, AGBs und Pönale, sondern auch auf die technische Sinnhaftigkeit. Bitte kopieren Sie keine „bewährten“ Spezifikationen, ohne jedes Wort zu überprüfen. Dadurch schränken Sie auch den Umfang einer Spezifikation auf das notwendige Maß ein. So können Sie unbezahlbare Diskussionen und teure Nacharbeiten vermeiden.

Und nun zum Hersteller von Druckgeräten: Liebe Hersteller, lesen Sie die Bestellung, nehmen Sie sie ernst und zögern Sie nicht, den Kunden zu fragen. Klären Sie Unstimmigkeiten schriftlich und Sie müssen das Druckgerät nur noch so bauen, wie bestellt, ohne Angst vor den „unbezahlbaren Diskussionen“.

Hersteller von Druckgeräten können durchaus gute Gründe haben, Regelwerke zu mischen:

- Das gewählte Regelwerk ist im Detail unzureichend, daher wird auf ein anderes ausgewichen. Ein Beispiel: ASME Section VIII Division 1 verlangt zwar die Berechnung von Lastwechseln, schreibt jedoch keine Berechnungsmethode vor. Der Hersteller kann die AD Merkblätter für die Lastwechselberechnung heranziehen, wenn er sich über die Schnittstellen im Klaren ist.

- Ein vorgesehene Material ist nicht am Markt verfügbar, es wird auf ein ähnliches Material aus einem anderen Regelwerk zurückgegriffen. Die Festlegung der Festigkeitskennwerte wurde bereits beispielhaft betrachtet.

- Verfahren, Personal und Ausrüstung entsprechen einem Regelwerk und werden mit anderen Regelwerken kombiniert. Kann eine Verfahrensprüfung nach ASME Code nicht auch in der Druckgeräterichtlinie genutzt werden? Die Antwort auf diese Frage hängt

wiederum von der Regelwerksumgebung und leider auch von der beauftragten Prüfstelle oder der benannten Stelle ab. Zu diesem Thema wird im Rahmen der Arbeitsgruppe sicher angeregt diskutiert.

## 9. Vorschlag für eine Checkliste

Bevor über die Mischung von Regelwerken nachgedacht wird, sollte sich der Besteller oder der Hersteller eines Druckgerätes gut überlegen, ob nicht mit einem einzigen Regelwerk auch das gesetzte Ziel erreicht werden kann. Wenn das der Fall ist, sollte, das dürfte nach den oben ausgeführten Beispielen klar sein, dem einen Regelwerk der Vorzug gegeben werden.

Wenn eine Mischung nötig ist, ist zunächst die gute Planung gefragt. Die zu mischenden Regelwerke müssen festgelegt und die Schnittstellen definiert werden. Für die Entwurfsprüfung, Bauprüfung und Dokumentation sind die geforderten Eigenschaften klar festzulegen. Nur so kann verhindert werden, dass Missverständnisse den Terminplan gefährden oder zusätzlichen Aufwand verursachen.

Eine Checkliste kann hier gute Dienste leisten, ein Beispiel wurde angehängt. Der Vorteil einer gut strukturierten Regelwerksmischung mit entsprechender Dokumentation ist ein großer Gewinn an Sicherheit für alle Beteiligten und die Vermeidung der „unbezahlbaren Diskussionen“.

Nur durch eindeutige Festlegungen wird die Abnahme nicht „Zitterpartie, Eiertanz, Kaffeesatzleserei, Schlachtfest, Selbstdarstellung“, etc., sondern eine faire Würdigung des Druckgerätes, das der Hersteller gebaut hat und für das der Kunde bezahlt.

## 10. Mischungen in der Druckgeräterichtlinie

Die Druckgeräterichtlinie macht es dem Anwender leicht, Regelwerke zu mischen. Und um es ganz deutlich zu machen, wurde die Leitlinie 9/6 verfasst, in der Mischungen von Regelwerken klar angesprochen sind. Zusammengefasst kann der Hersteller für die Richtlinienkonformität mischen, was er mag, solange die grundlegenden Anforderungen des Anhang 1 erfüllt sind.

## 11. Leitlinie 6/9

**Frage:** Ist es möglich, beim Entwurf und der Fertigung von Druckgeräten entsprechend der Druckgeräte richtlinie eine oder mehrere harmonisierte Normen, Regelwerke oder Spezifikationen teilweise anzuwenden?

**Antwort:** Die verschiedenen Teile (Entwurf, Fertigung, Prüfung, ...) einer harmonisierten Norm, eines Regelwerkes oder einer Spezifikation für Druckgeräte bilden ein zusammenhängendes Dokument, dem gefolgt werden sollte.

Dennoch ist die teilweise Anwendung einer harmonisierten Norm, eines Regelwerkes oder einer Spezifikation nicht verboten.

Unter diesen Umständen ist zu ermitteln, welche grundlegenden Anforderungen von den entsprechenden Teilen der harmonisierten Normen, Regelwerke oder Spezifikationen erfasst sind.

Zusätzlich müssen die grundlegenden Anforderungen, die nicht von den entsprechenden Teilen der harmonisierten Normen, Regelwerke oder Spezifikationen erfasst sind, analysiert werden, um die Gültigkeit der gewählten Lösungen zu beurteilen.

Wenn mehrere unterschiedliche Teile von harmonisierten Normen, Regelwerken oder Spezifikationen angewandt werden, ist zu prüfen, ob es zwischen diesen Teilen keine Unvereinbarkeiten oder Widersprüchlichkeiten besonders bei den Anwendungsdaten gibt (zulässige Spannung, Sicherheitsbeiwert, Umfang der Prüfung, ...)

**Vorschlag Checkliste:** Eine eindeutige Spezifikation der Anforderungen vermeidet Probleme. Dargestellt ist ein Beispiel für die Mischung verschiedener Regelwerke. Diese Minimalliste definiert die Anforderungen für die Herstellung eines Druckgerätes. In der Praxis kann die Checkliste erheblich umfangreicher werden.

✓ Herstellerzulassung	ASME Stamp oder DGRL Modul H
✓ Qualitätssicherung	ASME Stamp oder DGRL Modul H
✓ Material,	ASME oder EN oder ASTM
✓ Auslegung	ASME VIII-1 Edition 04 Metrisch, Hersteller ist verantwortlich
✓ Festigkeitskennwerte	ASME II-D oder VIII-1 Appendix P,
✓ Entwurfsprüfung	durch One/TÜV/BV vor Fertigungsbeginn
✓ Fertigung	ASME VIII-1
✓ Schweißen	ASME oder EN-qualifikation
✓ Wärmebehandlung	nach ASME Code
✓ Prüfen	ASME Code
✓ Sprödbruchvermeidung	nach ASME Code oder EN-13445
✓ RT Umfang	RT 2 oder RT 3 nach ASME VIII-1 UG-116,
✓ Bewertung zfP	ASME Code
✓ Prüfpersonal	ASME oder EN 473
✓ Abnahme	ONE/TÜV/BV
✓ Druckprobe	ASME VIII-1, UG-99 Hydrostatic Test
✓ Konformitätserklärung	Certificate of Conformance, Englisch
✓ Dokumentation	Zeichnungen, Materialzeugnisse, WPS und NDE Reports
✓ Überdruckschutz	AS 1210



Bild 1: Drei Beispiele für gelungene Mischungen: von links Kiwi Martini (zerstoßen und gerührt) , Singapore Sling (gemixt), Daiquiri (geschüttelt). Allerdings wurden in diesen Beispielen nur Zutaten und keine Rezepte gemischt. Werden die Rezepte gemischt, ist das Resultat sicher weniger appetitlich.

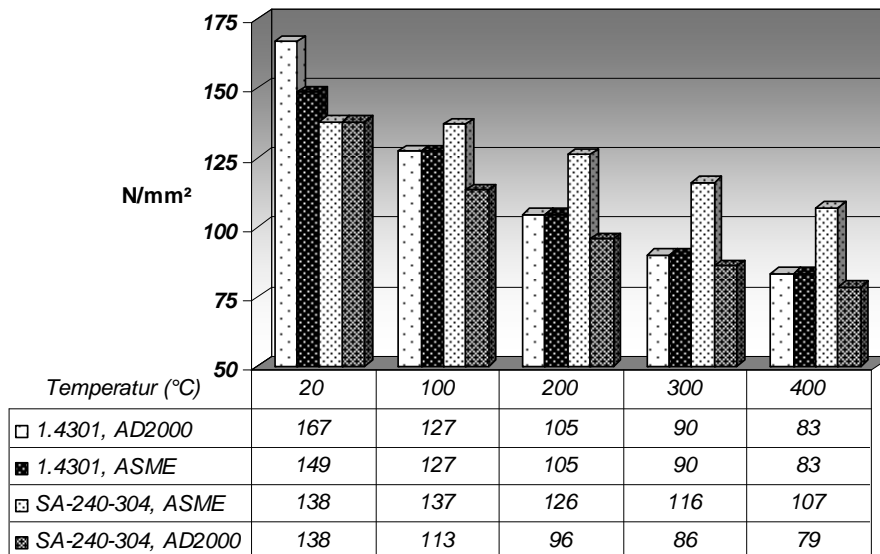


Bild 2: Zulässige Membranspannungen im Material 1.4301 nach EN10028-7 bzw. dem metallurgisch vergleichbaren SA-240-304 nach ASME Code. Die Spannungen wurden jeweils nach den Kriterien von AD 2000 ermittelt, bzw. aus ASME Section II Part D Tabelle 1A entnommen. Auf Zuschläge und Berechnungsverfahren wurde keine Rücksicht genommen.

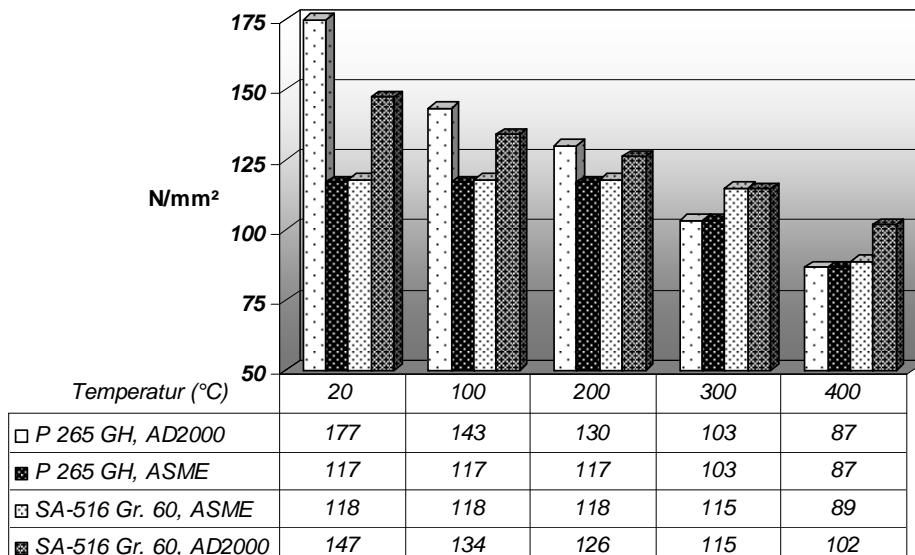


Bild 3: Zulässige Membranspannungen im Material P265GH nach EN10028-2 bzw. dem metallurgisch vergleichbaren SA-516 Gr. 60 nach ASME Code. Die Spannungen wurden jeweils nach den Kriterien von AD 2000 ermittelt, bzw. aus ASME Section II Part D Tabelle 1A entnommen. Auf Zuschläge und Berechnungsverfahren wurde keine Rücksicht genommen.