

ATLAS ZUR WÄRMEBEHANDLUNG DER STÄHLE

BAND 2

www.stahleisen.de

ATLAS ZUR WÄRMEBEHANDLUNG DER STÄHLE

HERAUSGEGEBEN VOM
MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR EISENFORSCHUNG
IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM
WERKSTOFFAUSSCHUSS DES
VEREINS DEUTSCHER EISENHUTTENLEUTE

BAND 2
VON
ADOLF ROSE UND HANS HOUGARDY

1972

VERLAG STAHL EISEN M. B. H., DUSSELDORF

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege (Photokopie, Mikrokopie)
zu vervielfältigen.

© 1972 Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf

Printed in Germany

B-20-9 72 u

ISBN 3-514-00413-7

INHALTSÜBERSICHT

TEIL I

TEXT

	Seite
I-0. Einführung	9
I-0.1. Vorwort	9
I-0.2. Auswahl der Stähle	9
I-1. Darstellung der Schaubilder	10
I-2. Meßverfahren	11
I-3. Umwandlungsverhalten der Einsatzstähle	13
I-3.1. ZTU-Schaubilder	13
I-3.2. Bestimmung der Ac-Temperaturen	13
I-3.3. Festlegung der Austenitisierungstemperaturen	14
I-3.4. Bestimmung der kritischen Kühlzeiten	14
I-3.5. Bestimmung der Ms-Temperaturen	14
I-3.6. Randhärtebarkeitskurven	14
I-4. Abkühlungs- und Umwandlungsvorgänge im Bereich der Schweißnaht	14

TEIL II

TAFELN

II-100 Chemische Zusammensetzung der in den Tafeln enthaltenen Stähle	18
Einsatzstähle	
II-120 A, B, EE bis QQ	Stahl Ck 15 20
II-121 A, B, EE bis QQ	Stahl 16 MnCr 5 46
II-122 A, B, EE bis QQ	Stahl 15 CrNi 6 72
II-123 A, B, EE bis MM, PP, QQ	Stahl 18 CrNi 8 98
II-124 A, B, EE bis QQ	Stahl 14 NiCr 14 120
II-125 A, B, EE bis QQ	Stahl 20 MoCr 4 146
II-126 A, B, EE bis QQ	Stahl 25 MoCr 4 172
II-127 A, B, EE bis QQ	Stahl 20 NiMoCr 6 198
II-128 A, B, EE bis QQ	Stahl 20 Mo 5 224
Vergütungsstahl	
II-140 A, EE, GG	Stahl Ck 35 251
Stahl für besondere technische Zwecke	
II-325 A, E	Stahl 20 MnMo 4 mit erhöhtem Mo-Gehalt 256
Schweißbare Baustähle	
II-330 A, E, G	Stahl StE 26 259
II-331 A, EE	Stahl StE 36 263
II-332 A, EE	Stahl StE 47 (Ni-V) 267
II-333 A, EE	Stahl StE 47 (Ni-Ti) 271
II-334 A, EEE	Stahl StE 47 (Cu-Ni-V) 274
II-335 A, EEE	Stahl StE 47 (Cu-Ni-Ti) 278
II-336 A, EE, GG	Stahl StE 70 (Cr-Mo-Zr) 283
II-337 A, EE	Stahl StE 70 (Ni-Cr-Mo-B) 289
Schweißzusatzwerkstoffe	
II-350 A, E	Schweißzusatzwerkstoff für unlegierte und niedriglegierte Stähle Gruppe Kb IX nach DIN 1913 292
II-351 A, E	Schweißzusatzwerkstoff für hochfeste Stähle 294
II-352 A, E	Schweißzusatzwerkstoff für verschleißfeste Auftragschweißung Gruppe E6-60 nach DIN 8555 296
Schienenstähle	
II-360 A, EEE	Schienenstahl nach DB TL 918 254 Bl. 2 298
II-361 A, EE	Schienenstahl nach UIC 860 V, B 303
II-362 A, EE	Schienenstahl nach UIC 860 V, C 307

ATLAS ZUR WÄRMEBEHANDLUNG DER STÄHLE

BAND 2

TEIL I

I-0. Einführung

I-0.1. Vorwort

Der Herausgabe eines zweiten Bandes des Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle ist eine kritische Prüfung vorausgegangen darüber, ob – 14 Jahre nach der letzten Ergänzung 1958 – eine weitere Vervollständigung in einem neuen Bande notwendig ist.

Der erste Band verträgt nach der zweimaligen Ergänzung vom Umfang des Ringbuches her keine Erweiterung. Der Inhalt ist hinsichtlich der Methoden der Aufnahme der ZTU-Schaubilder und ihrer Darstellung unverändert und aktuell. Die Anwendung der Schaubilder auf die vielfältigen Verfahren der Wärmebehandlung und zur Werkstoffauswahl hat sowohl nach der Zahl der Anwender als auch der Probleme bis jetzt zugenommen. Trotzdem besteht auch heute noch unter dem Gesichtspunkt einer quantitativen und qualitativen Verbesserung unserer Produktionsgrundlagen weiter die Notwendigkeit, die Scheu vor der Anwendung derartiger scheinbar theoretischer Darstellungen zu beseitigen. Das kann zu einem wesentlichen Teil dadurch geschehen, daß man sie hinsichtlich der dargestellten Werkstoffe erweitert und aktuell erhält.

In der Zwischenzeit haben die meisten großen Stahlerzeugerfirmen in ihren Laboratorien nach dem Muster des „Atlas“ ZTU-Schaubilder ihrer Stahlsorten erstellt und in ihren Katalogen veröffentlicht, sie werden dies auch in der Zukunft für neu entwickelte Legierungen tun. Es wäre sinnlos, diese bereits vorhandenen Unterlagen in einem neuen Bande des Atlas zu sammeln, um so mehr, als die Daten der ZTU-Schaubilder nicht unwesentlich von der jeweiligen Durchführung der Messungen abhängen; diese müßten bis in die Einzelheiten einheitlich und verbindlich festgelegt sein. Versuche hierzu sind im nationalen Bereich und in dem der europäischen Gemeinschaft im Gange.

Es war also zweckmäßig, sich bei einer Vervollständigung der Unterlagen für die Wärmebehandlung auf vergleichbare Darstellungen des Umwandlungsverhaltens besonders aktueller Stahlgruppen zu beschränken, die an einer Stelle systematisch untersucht wurden.

Erwähnenswert ist noch, daß die mathematische Beschreibung des Umwandlungsablaufes sowie die Informationsspeicherung in Digitalrechnern inzwischen soweit fortgeschritten sind, daß in absehbarer Zukunft mathematisch formulierte Umwandlungsschaubilder in Datenbanken vorliegen werden.

Die Zusammenstellung dieses ergänzenden Bandes wurde wesentlich erleichtert dadurch, daß

Fräulein M. Neu die große Zahl der Messungen zur Bestimmung der Umwandlungspunkte durchführte,

Herr F. Pentzlin die ergänzenden Wärmebehandlungen und die Vermessung der Stirnabschreckproben übernahm

und Herr H. Priester neben der Gefügebeurteilung die Ergebnisse sammelte und zeichnerisch darstellte.

Da für den vorliegenden Band ein Ringbuch nicht zwingend notwendig war, wurde – auch auf mehrfachen Wunsch besonders von Büchereien – die Form des gebundenen Bandes gewählt. Auf die Mitlieferung eines durchsichtigen Deckblattes zur Bestimmung der Abkühlungsvorgänge wurde verzichtet, da den meisten Benutzern dieses Blatt aus dem Band 1 zur Verfügung stehen wird. Einzelne Deckblätter können jedoch vom Verlag Stahl-Eisen bezogen werden.

I-0.2. Auswahl der Stähle

Im Sinne der obigen Ausführungen wird versucht, im Folgenden das Umwandlungsverhalten der Einsatzstähle möglichst umfassend darzustellen. Dabei werden nicht nur die zur Zeit genormten Legierungen wiedergegeben, sondern auch moderne Weiterentwicklungen

und ein charakteristisches Beispiel für inzwischen als überholt angesehene Stahlsorten. Da es bei der Wärmebehandlung der Einsatzstähle und bei der Beurteilung der erreichten Eigenschaftsänderungen darauf ankommt, insbesondere den Umwandlungsablauf der aufgekohlten Randschicht bei schneller Abkühlung zu kennen, werden die ZTU-Schaubilder für kontinuierliche Abkühlung der gleichen Schmelze für sechs verschiedene Kohlenstoffgehalte abgebildet. Sie wurden gewonnen aus Messungen an entsprechend gleichmäßig auf bestimmte Kohlenstoffgehalte aufgekohlten Einzelproben der gleichen Schmelze. Um alle Unterlagen für die vielen Wärmebehandlungsmöglichkeiten aufgekohlter Einsatzstähle bereitzustellen, werden die Schaubilder sowohl für eine Randhärte-temperatur als auch eine Einsatztemperatur wiedergegeben, da die Tendenz der Wärmebehandlung in Richtung auf ein Abschrecken aus der Aufkühlungswärme geht. Auf die Darstellung isothermischer Umwandlungsvorgänge kann hier verzichtet werden.

Eine weitere Stahlgruppe, für die die Kenntnis der ZTU-Schaubilder von besonderem Interesse ist, stellt die der hochfesten schweißbaren Baustähle dar. Natürlich ist die Aufstellung von Umwandlungsschaubildern nur für die Stähle sinnvoll, die mit etwa gleichbleibender Zusammensetzung hergestellt werden. Deren Zahl wird aber, wie es schon das Werkstoffblatt 889-71 erkennen läßt, mit den steigenden Anforderungen an die Festigkeit und Schweißbarkeit dieser Art Werkstoffe zunehmen.

Das Schweißen ist zwangsläufig eine Wärmebehandlung, die dadurch besonders unangenehm ist, daß die Austenitisierungstemperaturen bis an die Schmelzgrenze ansteigen und die Abkühlungsvorgänge bei kleinem Wärmeeinbringen und großem wärmeableitenden Querschnitt sehr schnell werden. Die ZTU-Schaubilder ermöglichen Aussagen über die Entstehung und die Art der Gefüge an der Schweißnaht und in der wärmebeeinflussten Zone, die ihrerseits wieder Schlüsse auf die Schweißbarkeit des Stahles unter den gegebenen Bedingungen zulassen. Eine solche Analyse setzt voraus, daß ZTU-Schaubilder für kontinuierliche Abkühlung dieser schweißbaren Stähle für Austenitisierungsbedingungen ähnlich denen an der Grenze zum Schweißgut erstellt werden. Durch einen Vergleich der Gefüge stellte sich heraus, daß eine Kurzzeit-Austenitisierung bei 1300°C diesen Bedingungen ausreichend nahekommt. Zur Beurteilung des Schweißgutes müssen ZTU-Schaubilder von den Schweißzusatzwerkstoffen nach Aufschmelzen und Reaktion mit der Umhüllung oder dem Pulver entsprechend DIN 1913 aufgenommen werden.

Eine ähnliche Entwicklung vom Massenstahl zum Sonderstahl wird sich bei den Schienenstählen vollziehen, wenn die Schienen zur Erhöhung ihrer Verschleißbeständigkeit an besonders beanspruchten Stellen oder im Schienenkopf zur Verbesserung des Widerstandes gegen Verschleiß durchgehend wärmebehandelt, d. h. vergütet werden.

Die Tiefe der erforderlichen Vergütung und die erforderlichen Wärmemengen und Temperaturen hängen vom Legierungsgehalt der Stähle, d. h. ihrem Umwandlungsverhalten, und dem angewendeten Wärmebehandlungsverfahren ab. Bevorzugt wird sich hier eine Oberflächenhärtung im Durchlaufverfahren anbieten. Eine Beurteilung dieser Möglichkeiten wird durch die ZTU-Schaubilder der angebotenen Legierungen ebenso erleichtert wie die Entwicklung neuer Legierungen. Sollen die Folgen der Schienenverbindungsschweißung auf das Gefüge der Schienenstähle abgeschätzt werden, so müssen auch die Schaubilder dieser Stähle für Austenitisierungstemperaturen bis zu 1300°C aufgenommen und dargestellt werden.

I-1. Darstellung der Schaubilder

Gegenüber Band 1 ist die Darstellung der ZTU-Schaubilder etwas erweitert worden. Zu jedem Schaubild ist die zugehörige Gefüge-Mengen-Kurve abgebildet, in der zusätzlich die Härtewerte eingezeichnet sind. Aufgetragen sind die Gefügemengen bzw. die Härtewerte in

Abhängigkeit von der Kühlzeit bis 500°C. Die Gefügeanteile zu einem bestimmten Abkühlungsvorgang erhält man, indem man die zu dem Schnittpunkt dieser Abkühlungskurve mit der 500°C-Linie gehörende Zeit abliest und der Gefüge-Mengen-Kurve die zu dieser Kühlzeit gehörenden Gefügeanteile entnimmt. Diese Gefüge-Mengen-Kurven wurden zur Interpolation der gemessenen Gefügeanteile verwendet. Sie geben gleichzeitig dem Benutzer ein geschlossenes Bild der Änderung der Gefügeverteilung und der Härte mit der Abkühlungszeit. Der Beginn einer sichtbaren Karbidvorauscheidung ist ebenfalls markiert. Die in den ZTU-Schaubildern eingetragenen Werte für die Gefügemengen sind an den Gefüge-Mengen-Kurven abgelesen. Entsprechendes gilt für die Härte.

Die Definitionen der kritischen Abkühlungszeiten sind – um die Allgemeingültigkeit zu wahren – geändert worden. Der Begriff „Perlitbildung“ ist durch „Umwandlung in der Perlitstufe“, „gerade noch vollständige Martensitbildung“ durch „längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung“ ersetzt.

Da die Bestimmungsmethoden bei allen Schaubildern einheitlich sind, sind sie nicht mehr unter jedem Schaubild angegeben, sondern unter dem Kapitel „Meßverfahren“ zusammenfassend beschrieben.

Zu den Einsatzstählen sind für jeweils zwei Austenitisierungszustände und alle Kohlenstoffgehalte die wesentlichen bei der Abkühlung entstehenden Gefügebildungen wiedergegeben. Die Ausgangszustände nach der Aufkohlung sind, soweit nötig, ebenfalls abgebildet. Bei den übrigen Stählen wurde auf diese systematische Darstellung der Gefügebilder verzichtet, da inzwischen der metallographische Atlas „De Ferri Metallographia“ in drei Bänden erschienen ist und ein 4. Band unter anderem mit einer Darstellung der Gefüge kennzeichnender Schweißverbindungen vorbereitet wird.

I-2. Meßverfahren

Die Messungen zur Bestimmung der ZTU-Schaubilder wurden im Prinzip in der gleichen Weise durchgeführt, wie in Band 1, Teil I beschrieben. Lediglich die verwendeten Apparaturen wurden gegenüber dem dort beschriebenen Stand wesentlich verbessert. Das Grundbett des Dilatometers, Bild 1, wurde vergrößert, so daß Öfen mit höherer Wärmekapazität verwendet werden können. Damit war es möglich, in den Schaubildern die Kühlzeit, bis zu der eine „natürliche“ oder „freie Abkühlung“, d. h. ohne Regelung vorliegt, bis auf 1000 sec

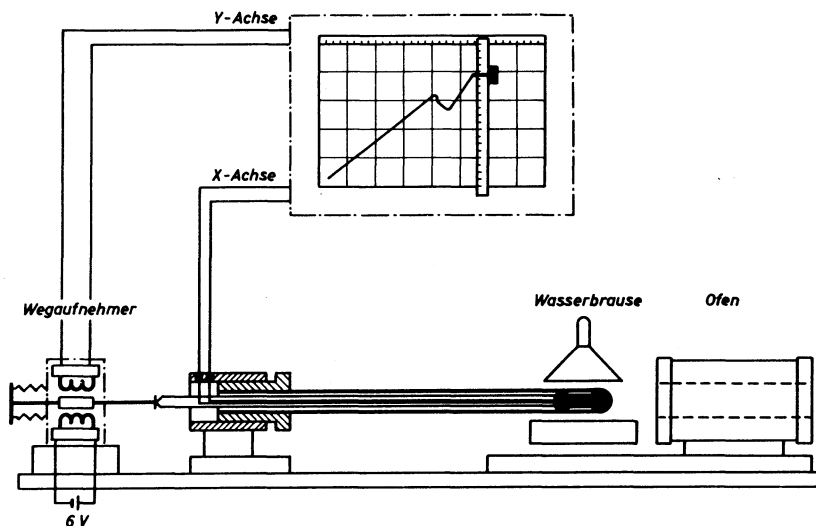


Bild 1: Dilatometer für Messungen bei mittleren Abkühlungsgeschwindigkeiten.

von 800 bis 500°C zu verlängern. Für eine Austenitisierung bei 1300°C wurden Öfen mit Platinwicklung gebaut. Da die bei dieser Temperatur austenitisierten Stähle nicht auf der Austenitisierungstemperatur gehalten, sondern sofort wieder abgekühlt werden, können wie für die übrigen Messungen Quarzrohre verwendet werden, die bei diesen Temperaturen zwar kurzzeitig fließen, bei den Temperaturen der Umwandlung dagegen bereits wieder so fest sind, daß eine einwandfreie Bestimmung der Umwandlungspunkte möglich ist. Für die Messung der Längenänderung der Probe wird an Stelle des Bolometers ein induktiver Wegaufnehmer mit eingebautem Träger-Frequenz-Verstärker eingesetzt, der eine sehr gute Linearität und Betriebssicherheit gewährleistet. Die Temperatur wird mit einem Platin/Platin-Rhodium-Thermoelement in der Mitte einer Probe von 4,5 mm Durchmesser und 15 mm Länge gemessen. Dieses Thermoelement wird in regelmäßigen Abständen überprüft, da einige Legierungselemente in den Stählen merkliche Änderungen der Thermokraft verursachen. Auf einem üblichen X-Y-Schreiber wird die Spannung des Wegaufnehmers als Funktion der Proben temperatur registriert. Die Zeitmarken werden auf der X- oder der Y-Achse in Form einer kurzzeitig überlagerten Spannung aufgebracht. Diese Darstellung der Längenänderung als Funktion der Temperatur gewährleistet eine sehr gute Auswertung der Umwandlungspunkte. Lediglich der mechanisch bedingte tote Gang des X-Y-Schreibers kann in einigen Fällen bei Unkenntnis dieses Fehlers zu Fehlinterpretationen der Diagramme führen.

In Vorbereitung ist eine Logikeinheit zur automatischen Erfassung der Temperatur-Zeit- und Längenwerte, die über Lochstreifen als Datenträger in einem Digitalrechner verarbeitet werden können.

Mit dem Dilatometer werden alle Abkühlungen mit Kühlzeiten von 800 bis 500°C zwischen 40 sec und 1000 sec gefahren. Eine Abkühlung von 20 sec von 800 bis 500°C ist zwar durch Abschrecken mit der Wasserbrause möglich, die Umwandlungspunkte können jedoch nicht mehr einwandfrei bestimmt werden, da bei der gewählten Probenform ein sehr großer Temperaturgradient über die Probe entsteht und damit kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der angezeigten Längenänderung und der gemessenen Temperatur gegeben ist.

Bei kleinen Abkühlungsgeschwindigkeiten, d.h. langen Zeiten wird weiterhin das Dilatometer nach Bollenrath mit Proben von 4,5 mm Dmr. und 50 mm Länge verwendet, das ohne elektrische Übertragung der Längenänderung arbeitet und damit zeitlich sehr stabil gehalten werden kann.

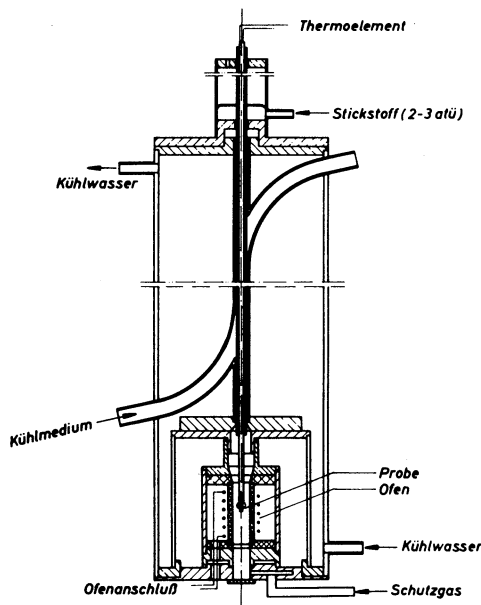


Bild 2: Anlage zur thermischen Analyse bei hohen Abkühlungsgeschwindigkeiten.

Die Anlage für die Bestimmung des Umwandlungsverhaltens bei hohen Abkühlungsgeschwindigkeiten wurde gegenüber dem in Band 1 beschriebenen Gerät erheblich verbessert, Bild 2. Das Gerät wurde so umgebaut, daß durch die Gasabschreckung der Austenitisierungsöfen nicht mitgekühlt wird, so daß die Versuche unmittelbar hintereinander gefahren werden können. Die Proben temperatur wird elektrisch nach der Zeit differenziert und in Abhängigkeit von der Temperatur registriert. Zusätzlich kann der Umwandlungsablauf durch magnetische Messung verfolgt werden. Zur Aufzeichnung steht ein lichtoptisch arbeitender X-Y-Schreiber mit einer Schreibgeschwindigkeit von 80 m/sec und einer Schreibfläche von 200 × 200 mm zur Verfügung. Die Zeitmarken werden in Form einer

Zusatzspannung aufgebracht. Wie beim Dilatometer steht mit Abschluß des Versuches eine unmittelbar auswertbare Aufzeichnung – hier statt der Längenänderung die Abkühlungsgeschwindigkeit als Funktion der Temperatur – zur Verfügung. Mit dieser Anlage werden alle Versuche mit Abkühlungszeiten von 800 bis 500°C zwischen 0,8 und 20 sec gefahren.

Auch hier ist der Schritt zur Automatisierung vorbereitet. Der Verlauf der Abkühlungskurve wird on line vom Rechner aufgenommen, differenziert, ausgewertet und das Ergebnis in den Maßstäben des ZTU-Schaubildes ausgedruckt werden.

I-3. Umwandlungsverhalten der Einsatzstähle

I-3.1 ZTU-Schaubilder

Die Untersuchungen an den Einsatzstählen *) wurden an Proben jeweils einer Schmelze durchgeführt, die auf einen bestimmten Kohlenstoffgehalt durchgekohlt waren. Damit ist gewährleistet, daß allen Schaubildern die gleiche Schmelze zugrunde liegt und nur der Einfluß des Kohlenstoffgehaltes gemessen wird. Vor der Aufkohlung wurden die Proben fertig bearbeitet. Die Proben wurden über die Gasphase mit einem bestimmten Kohlenstoffpotential aufgekohlt. Damit ist der erreichte Kohlenstoffgehalt von dem Einfluß der Legierungselemente auf die Kohlenstoffaktivität abhängig. Eingestellt wurde eine Aufkohlung auf 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 und 1,5% Kohlenstoff, die an beigelegtem reinen Eisen auch erreicht wurde. Die Proben der Kohlungsstufen 0,3; 0,6 und 0,9% Kohlenstoff wurden bei 930°C aufgekohlt. Die Proben der Stufen 1,2 und 1,5% C wurden bei 1050°C aufgekohlt, um sicherzustellen, daß die Aufkohlung im Einphasengebiet des Austenits abläuft, da im Zweiphasengebiet Austenit + Karbid der Endkohlenstoffgehalt nicht mehr potential- sondern zeitabhängig ist. Diese Proben wurden zudem zunächst scharf aufgekohlt und anschließend in einer Atmosphäre mit bestimmtem Kohlenstoffpotential auf den gewünschten Kohlenstoffgehalt eingestellt. Die Aufkohlung erfolgte für die Proben gleichzeitig. Die erreichten überhöhten Kohlenstoffgehalte zeigen jedoch, daß trotz der erhöhten Kohlungetemperatur die legierten Stähle im Zweiphasengebiet Austenit + Karbid aufgekohlt worden sind.

In den Kohlungsstufen 0,3; 0,6 und 0,9% C wurden in zwei Gruppen die Proben der Stähle Ck 15, 16 MnCr 5, 15 CrNi 6 und 18 CrNi 8 sowie der Stähle 14 NiCr 14, 20 MoCr 4, 25 MoCr 4, 20 NiMoCr 6 und 20 Mo 5 jeweils gemeinsam aufgekohlt. Die Schwankungen der nach der Aufkohlung an mehreren Proben jeder Stufe gemessenen Kohlenstoffgehalte über den Querschnitt betragen rd. $\pm 3\%$. Lediglich bei den Kohlungsstufen 1,2 und 1,5% C traten entsprechend der Aufkohlung im Zweiphasengebiet Austenit + Karbid Schwankungen bis zu $\pm 10\%$ auf.

I-3.2 Bestimmung der Ac-Temperaturen

Die Ac-Temperaturen wurden im Dilatometer mit einer konstanten Aufheizgeschwindigkeit von 3°C/min bestimmt. Bei einigen Stählen wurde unter diesen Bedingungen ein über-eutektoidisches Verhalten festgestellt, obwohl der Stahl nach dem ZTU-Schaubild eindeutig untereutektoidisch ist. Diese Diskrepanz, die mit der langsamen Auflösung der Karbide in Zusammenhang steht, blieb auch bei einer Verringerung der Aufheizgeschwindigkeit auf 0,5°C/min bestehen. Für die Schaubilder wurde eine Ac-Temperatur angegeben, die aus der Abhängigkeit der aus allen Versuchen sich ergebenden Ac-Temperaturen vom Kohlenstoffgehalt und dem vermutlichen Gleichgewichtsverlauf bestimmt wurde. Für diese Bestimmung wurden zusätzlich einige Proben entkohlt, um die Ac-Temperaturen bis zu 0% C darstellen

*) Der Climax Molybdenum Company of Michigan danken wir für die Förderung dieser Arbeiten, der Indugas Essen für die Aufkohlung der zahlreichen Proben

zu können. Für den Austenitisierungszustand ist „A“ für Austenit angegeben, auch dann, wenn noch vereinzelte ungelöste Karbide vorhanden sind. Die Angabe „A + K“ bezieht sich auf einen Anteil an ungelösten Karbiden von mehr als 1 %.

I-3.3 Festlegung der Austenitisierungstemperaturen

Für den nichtaufgekohlten Zustand sind in Band 1 für die Stähle 16 MnCr 5, 15 CrNi 6 und 18 CrNi 8 bereits die Temperaturen 870°C als Kernhärtetemperatur und 1050°C als überhitzte Austenitisierungstemperatur gewählt worden. Für die neu hinzugenommenen Stähle mußte die Kernhärtetemperatur entsprechend den Ac-Temperaturen – beim Ck 15 bis auf 900°C – erhöht werden. Die überhöhte Temperatur von 1050°C wurde beibehalten.

Für die aufgekohlten Zustände wurden einheitlich 830°C als Randhärtetemperatur und 930°C als Direkthärtetemperatur gewählt.

I-3.4 Bestimmung der kritischen Kühlzeiten

Die Werte der kritischen Kühlzeiten sind nach den Gefügemengenkurven interpoliert und in ihrer Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt überprüft worden. Bei einem Vergleich dieser Zahlen für verschiedene Austenitisierungstemperaturen ist darauf zu achten, daß bei den Einsatzstählen die kritischen Kühlzeiten jeweils von der Austenitisierungstemperatur an gerechnet und damit gegeneinander verschoben sind. Um den Vergleich zu erleichtern, sind für die nicht aufgekohlten Zustände die kritischen Kühlzeiten auf 930°C oder 830°C extra- bzw. interpoliert.

I-3.5 Bestimmung der Ms-Temperaturen

Die Ms-Temperaturen wurden im Dilatometer oder mit Hilfe der thermischen Analyse bestimmt. In einigen Fällen war es auch mit der höchsten zur Verfügung stehenden Abkühlungsgeschwindigkeit nicht möglich, die voreutektoidische Karbidausscheidung vollständig zu unterdrücken, so daß auch im Gebiet der rein martensitischen Umwandlung die Ms-Temperatur noch geschwindigkeitsabhängig ist.

I-3.6 Randhärtbarkeitskurven

Die Proben für die Bestimmung des Stirnabschreckhärteverlaufes wurden nicht auf bestimmte Kohlenstoffgehalte durchgekühlt, sondern getrennt von den übrigen Proben gasaufgekühlt. Hier wurde auf einen flachen Kohlenstoffgradienten besonderer Wert gelegt, damit die Härteeindrücke auf den Meßbahnen als kennzeichnend für einen bestimmten Kohlenstoffgehalt in verschiedener Tiefe angesehen werden können. Vor dem eigentlichen Versuch wurde an der Stirnseite der Probe die aufgekühlte Zone abgetrennt. Der Kohlenstoffverlauf über den Querschnitt wurde durch Abdrehen und chemische Analyse an Proben bestimmt, die in der gleichen Weise wie die Stirnabschreckproben aufgekühlt und wärmebehandelt waren. Nach dem Abschrecken wurde für die einzelnen Meßbahnen jeweils bis in eine Tiefe abgeschliffen, die aus den Proben zur Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes über den Querschnitt ermittelt wurde. Die Meßbahnen befanden sich auf einheitlicher Tiefe, so daß sie für einen mittleren Kohlenstoffgehalt kennzeichnend sind.

I-4. Abkühlungs- und Umwandlungsvorgänge im Bereich der Schweißnaht

Die ZTU-Schaubilder für schweißbare Baustähle sollen Aussagen ermöglichen über die Umwandlungsvorgänge, die in der Zone des Grundwerkstoffes ablaufen, die beim Schweißen über die A₃-Temperatur erhitzt wurde (WbZ = wärmebeeinflusste Zone). Voraussetzung hier-

für ist, wie oben erwähnt, daß die Umwandlung dieser Stähle für Austenitisierungsbedingungen untersucht wurden, die denen beim Schweißen entsprechen. Das bedeutet aber, daß Austenitisierungstemperaturen nahe dem Schmelzpunkt bis A_3 bei außerordentlich kurzen Zeiten möglich sind. Durch Vergleich der Gefüge von technischen Schweißverbindungen mit unterschiedlich austenitisierten und für die Umwandlungsuntersuchung abgekühlten Einzelproben ergab sich, daß der kritische Bereich nahe dem Schweißgut durch eine Wärmebehandlung simuliert werden kann, bei der die Austenitisierung im Dilatometer durch Überschieben eines auf 1350°C erwärmten Ofens mit Nickelausgleichsmasse erzielt wird. Der Aufwärmvorgang wird durch den entsprechenden Abkühlvorgang abgelöst, wenn die an der Probe gemessene Temperatur 1300°C erreicht hat. In ähnlicher Weise wird die Austenitisierungstemperatur bei der thermischen Analyse an dünnen Plättchen erreicht, die in einen ebenfalls auf 1350°C erwärmten Ofen eingefahren werden. Die Austenitisierungsdauer – etwa zwischen 1300 und 1200°C – ist damit nicht mehr ganz unabhängig vom Abkühlvorgang. Sie liegt zwischen 30 und 60 Sekunden.

Der Abkühlvorgang bestimmt die Unterkühlung des Austenits, die Art seines Zerfalls und damit die Ausbildung der Gefüge mit ihren sehr unterschiedlichen Eigenschaften zwischen Ferrit-Perlit einerseits und Martensit andererseits. Mit zunehmender Abkühlungsgeschwindigkeit und Unterkühlung bis zum Martensit nimmt nicht nur die Zähigkeit der Gefüge ab, sondern auch die Spannungsbeanspruchung zu. Die Abkühlungsgeschwindigkeit hängt ab von der Art des Schweißverfahrens und der Geometrie der Schweißnaht. Sie steigt an mit abnehmender je Zentimeter Schweißnaht eingebrachter Wärmemenge und mit zunehmendem wärmeableitendem Querschnitt senkrecht zur Schweißnaht.

Man bemüht sich zur Zeit, diese Abhängigkeit zahlenmäßig zu erfassen. Die folgende Beschreibung ist als Versuch in dieser Richtung anzusehen. Aus einer großen Zahl von Temperatur-Zeit-Messungen bei technischen Schweißvorgängen und an Versuchsschweißungen ergibt sich die in Bild 3 und 4 dargestellte Abhängigkeit der Abkühlungszeit – gemessen von 800 bis 500°C –, die für den kritischen Bereich der WbZ nahezu als konstant angesehen werden kann, von einem Wert $\frac{60 \cdot E \cdot J}{v \cdot \sqrt{nd}}$, wobei n nach Bild 5 in Zahlenwerten zwischen 10

und 30 den Winkelbereich der Wärmeableitung in den Grundwerkstoff und d die Blech-

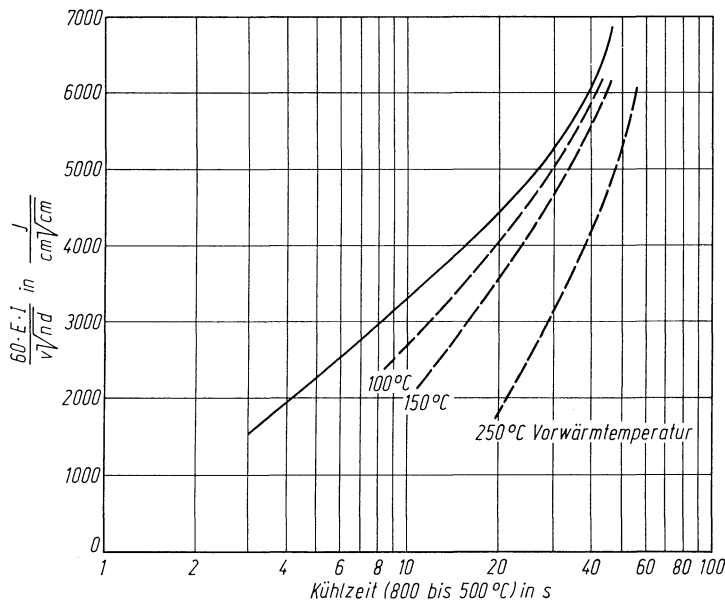


Bild 3: Abkühlung der WbZ in Abhängigkeit von den Bedingungen beim Elektroschweißen mit umhüllten Drähten

dicke in cm wiedergibt. Bild 3 gilt für Elektroschweißungen mit umhüllten Drähten. Der Drahtdurchmesser steht in Zusammenhang mit der eingebrachten Wärmemenge. Bild 4 bezieht sich auf Einlagen-Lichtbogenschweißungen unter Pulver.

Die sehr kurzen Abkühlungszeiten unter 10 s bei Werten zwischen 3000 und 1000 $\frac{\text{J}}{\text{cm}\sqrt{\text{cm}}}$ treten dann auf, wenn bei Konstruktionen aus sehr großen Blechquerschnitten ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen kleine Konstruktionsteile angeschweißt oder Reparaturschweißungen durchgeführt werden. Zu den ganz wesentlichen Vorsichtsmaßnahmen gehört das Vorwärmen, da durch die Verringerung des Temperaturgefälles nach Bild 3 die Abkühlungsvorgänge verlangsamt werden. Damit werden nicht nur verformungsfähigere Gefüge sondern auch geringere Spannungen erzeugt. Hinzu kommt verbessernd der Spannungsabbau infolge der bei Vorwärmtemperatur geringeren Warmfestigkeit.

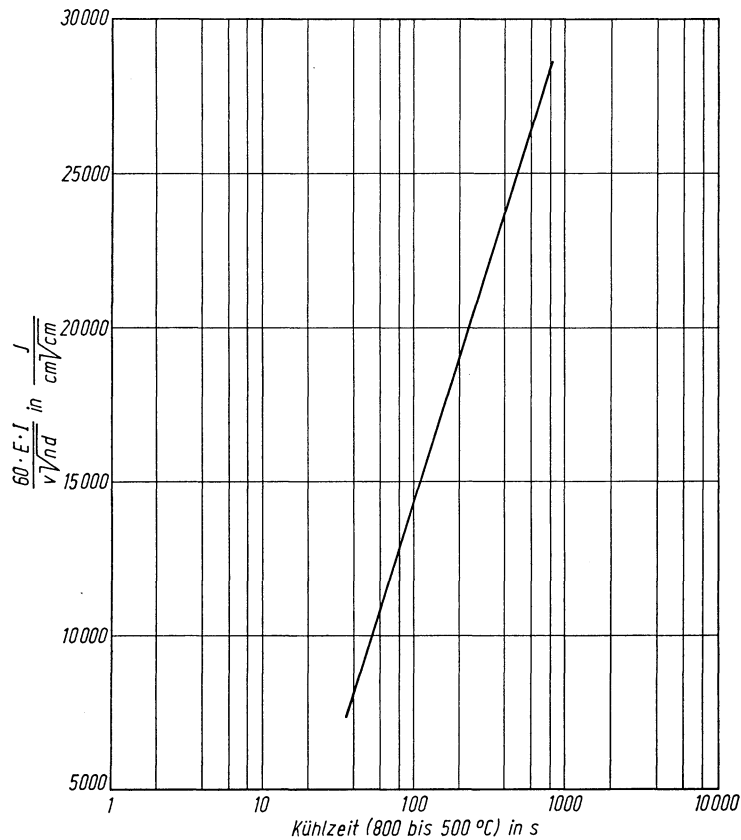


Bild 4: Abkühlung der WbZ in Abhängigkeit von den Bedingungen bei der Einlagen-Lichtbogenschweißung unter Pulver

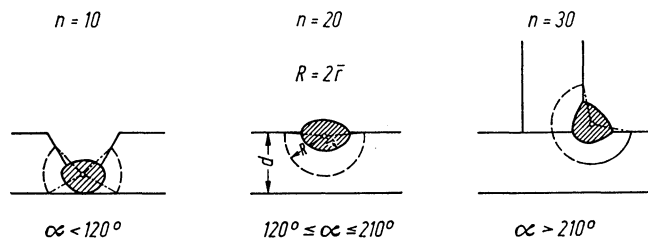


Bild 5: Der Beiwert n als Maß für die Geometrie der Wärmeableitung bei der Blechdicke d

ATLAS ZUR WÄRMEBEHANDLUNG DER STÄHLE

BAND 2

TEIL II

Chemische Zusammensetzung der in den Tafeln enthaltenen Stähle

Stahl	Blatt	Chemische Zusammensetzung in %											
		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	Sonstiges
Ck 15 (Schmelze 2)	II-120	0,15	0,22	0,41	0,021	0,024	< 0,005	0,06	0,15	n. b.	n. b.	n. b.	0,005 N
Ck 15 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-120	0,30	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,21	n. b.	n. b.	n. b.	0,006 N
Ck 15 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-120	0,46	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,21	n. b.	n. b.	n. b.	0,006 N
Ck 15 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-120	0,90	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,21	n. b.	n. b.	n. b.	0,006 N
Ck 15 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-120	0,98	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,21	n. b.	n. b.	n. b.	0,006 N
Ck 15 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-120	1,75	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,21	n. b.	n. b.	n. b.	0,006 N
16 MnCr 5	II-121	0,16	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	n. b.	
16 MnCr 5 aufgekohlt	II-121	0,33	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	n. b.	
16 MnCr 5 aufgekohlt	II-121	0,53	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	n. b.	
16 MnCr 5 aufgekohlt	II-121	1,00	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	n. b.	
16 MnCr 5 aufgekohlt	II-121	1,20	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	n. b.	
16 MnCr 5 aufgekohlt	II-121	3,00	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	n. b.	
15 CrNi 6	II-122	0,13	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	n. b.	
15 CrNi 6 aufgekohlt	II-122	0,32	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	n. b.	
15 CrNi 6 aufgekohlt	II-122	0,50	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	n. b.	
15 CrNi 6 aufgekohlt	II-122	0,97	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	n. b.	
15 CrNi 6 aufgekohlt	II-122	1,07	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	n. b.	
15 CrNi 6 aufgekohlt	II-122	2,60	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	n. b.	
18 CrNi 8 (Schmelze 1)	II-123	0,16	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	n. b.	0,03	2,02	0,01	
18 CrNi 8 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-123	0,34	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	n. b.	0,03	2,02	0,01	
18 CrNi 8 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-123	0,56	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	n. b.	0,03	2,02	0,01	
18 CrNi 8 (Schmelze 1) aufgekohlt	II-123	1,10	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	n. b.	0,03	2,02	0,01	
18 CrNi 8 (Schmelze 2) aufgekohlt	II-123	3,20	0,13	0,61	0,014	0,008	0,03	1,94	n. b.	0,06	2,02	< 0,01	
14 NiCr 14	II-124	0,13	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	n. b.	
14 NiCr 14 aufgekohlt	II-124	0,25	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	n. b.	
14 NiCr 14 aufgekohlt	II-124	0,53	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	n. b.	
14 NiCr 14 aufgekohlt	II-124	0,81	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	n. b.	
14 NiCr 14 aufgekohlt	II-124	1,03	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	n. b.	
14 NiCr 14 aufgekohlt	II-124	1,80	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	n. b.	
20 MoCr 4	II-125	0,22	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	0,56	0,18	0,44	0,15	n. b.	< 0,0005 B 0,020 N
20 MoCr 4 aufgekohlt	II-125	0,28	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	0,56	0,18	0,44	0,15	n. b.	< 0,0005 B 0,020 N
20 MoCr 4 aufgekohlt	II-125	0,57	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	0,56	0,18	0,44	0,15	n. b.	< 0,0005 B 0,020 N
20 MoCr 4 aufgekohlt	II-125	0,88	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	0,56	0,18	0,44	0,15	n. b.	< 0,0005 B 0,020 N
20 MoCr 4 aufgekohlt	II-125	1,00	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	0,56	0,18	0,44	0,15	n. b.	< 0,0005 B 0,020 N
20 MoCr 4 aufgekohlt	II-125	2,35	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	0,56	0,18	0,44	0,15	n. b.	< 0,0005 B 0,020 N
25 MoCr 4	II-126	0,27	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,50	n. b.	0,45	0,11	n. b.	0,002 B 0,005 N
25 MoCr 4 aufgekohlt	II-126	0,31	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,50	n. b.	0,45	0,11	n. b.	0,002 B 0,005 N
25 MoCr 4 aufgekohlt	II-126	0,60	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,50	n. b.	0,45	0,11	n. b.	0,002 B 0,005 N
25 MoCr 4 aufgekohlt	II-126	0,92	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,50	n. b.	0,45	0,11	n. b.	0,002 B 0,005 N
25 MoCr 4 aufgekohlt	II-126	1,18	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,50	n. b.	0,45	0,11	n. b.	0,002 B 0,005 N
25 MoCr 4 aufgekohlt	II-126	2,60	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,50	n. b.	0,45	0,11	n. b.	0,002 B 0,005 N
20 NiMoCr 6	II-127	0,20	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	0,47	n. b.	0,48	1,58	n. b.	< 0,0005 B

Stahl	Blatt	Chemische Zusammensetzung in %											Sonstiges
		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	
20 NiMoCr 6 aufgekohlt	II-127	0,28	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	0,47	n. b.	0,48	1,58	n. b.	<0,0005 B
20 NiMoCr 6 aufgekohlt	II-127	0,58	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	0,47	n. b.	0,48	1,58	n. b.	<0,0005 B
20 NiMoCr 6 aufgekohlt	II-127	0,90	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	0,47	n. b.	0,48	1,58	n. b.	<0,0005 B
20 NiMoCr 6 aufgekohlt	II-127	1,14	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	0,47	n. b.	0,48	1,58	n. b.	<0,0005 B
20 NiMoCr 6 aufgekohlt	II-127	2,25	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	0,47	n. b.	0,48	1,58	n. b.	<0,0005 B
20 Mo 5	II-128	0,23	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	
20 Mo 5 aufgekohlt	II-128	0,31	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	
20 Mo 5 aufgekohlt	II-128	0,58	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	
20 Mo 5 aufgekohlt	II-128	0,85	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	
20 Mo 5 aufgekohlt	II-128	1,11	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	
20 Mo 5 aufgekohlt	II-128	2,00	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	
Ck 35 (Schmelze 1)	II-140	0,36	0,27	0,64	0,030	0,022	< 0,005	n. b.	0,12	n. b.	0,05	n. b.	0,006 N 0,011 O
Ck 35 (Schmelze 2)	II-140	0,37	0,16	0,60	0,027	0,020	< 0,005	n. b.	0,12	n. b.	0,05	n. b.	0,005 N 0,003 O
20 MnMo 4 mit erhöhtem Mo-Gehalt	II-325	0,21	0,29	1,17	0,011	0,003	0,031	0,05	0,09	0,54	0,05	n. b.	
StE 26 (Schmelze 1)	II-330	0,14	0,23	0,48	0,014	0,032	0,014	0,07	0,19	n. b.	0,07	n. b.	
StE 26 (Schmelze 2)	II-330	0,16	0,28	0,68	0,012	0,030	0,028	0,06	0,08	n. b.	0,05	n. b.	
StE 36	II-331	0,17	0,51	1,39	0,025	0,024	0,069	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,005 N
StE 47 (Ni-V)	II-332	0,21	0,40	1,52	0,022	0,023	0,043	n. b.	n. b.	n. b.	0,07	0,13	0,019 N
StE 47 (Ni-Ti)	II-333	0,17	0,55	1,45	0,016	0,017	0,055	n. b.	n. b.	n. b.	0,74	n. b.	0,18 Ti
StE 47 (Cu-Ni-V)	II-334	0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,024	n. b.	0,67	n. b.	0,62	0,15	
StE 47 (Cu-Ni-Ti)	II-335	0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,021	n. b.	0,67	n. b.	0,62	n. b.	0,18 Ti
StE 70 (Cr-Mo-Zr) Schmelze 1	II-336	0,17	0,54	0,84	0,019	0,011	0,031	0,89	0,07	0,40	0,05	0,01	0,019 As 0,008 N 0,005 O 0,008 Sn 0,09 Zr
StE 70 (Cr-Mo-Zr) Schmelze 2	II-336	0,17	0,66	0,90	0,018	0,013	0,027	0,85	n. b.	0,34	n. b.	n. b.	
StE 70 (Ni-Cr-Mo-B)	II-337	0,18	0,29	0,86	0,018	0,012	n. b.	0,57	0,29	0,48	0,87	0,05	0,003 B
Schweißzusatzwerkstoff für unlegierte u. niedriglegierte Stähle. Gruppe Kb IX nach DIN 1913	II-350	0,06	0,54	1,04	0,013	0,010	0,025	0,04	0,04	n. b.	0,02	n. b.	0,006 N 0,03 Ti
Schweißzusatzwerkstoff für hochfeste Stähle	II-351	0,045	0,27	1,65	0,014	0,010	n. b.	0,56	n. b.	0,35	1,78	n. b.	
Schweißzusatzwerkstoff für verschleißfeste Auftragschweißung. Gruppe E 6-60 nach DIN 8555	II-352	0,35	3,27	0,97	0,013	0,006	n. b.	8,95	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	
Schienenstahl nach DB TL 918254 Bl. 2	II-360	0,55	0,29	0,90	0,014	0,020	0,014	0,09	0,10	0,01	0,07	n. b.	0,015 Sn
Schienenstahl nach UIC 860 V, B	II-361	0,56	0,28	1,47	0,031	0,027	0,004	0,18	0,09	<0,01	0,07	n. b.	
Schienenstahl nach UIC 860 V, C	II-362	0,59	0,31	2,04	0,022	0,020	0,018	0,14	0,10	<0,01	0,08	n. b.	

(Bezeichnung nach DIN 17006)

Stoffnummer nach DIN 17007: 1.1141

Einsatzstahl nach DIN 17210

Chemische Zusammensetzung in %

	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N
Sollwerte mindestens	0,12	0,15	0,25						
höchstens	0,18	0,35	0,50	0,035	0,035				
untersuchte Schmelze 1	0,15	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,21	0,006
untersuchte Schmelze 2	0,15	0,22	0,41	0,021	0,024	< 0,005	0,06	0,15	0,005

Lieferzustand

	Erschmelzungsart	Verarbeitung
Schmelze 1	bas. Siemens-Martin-Ofen	gewalzt auf 30 mm Dmr.
Schmelze 2	bas. Siemens-Martin-Ofen	geschmiedet auf 50 mm vierkant

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Blindhärten	Einfachhärten	Kernhärten	Anlassen auf
890 – 910 °C	880 – 920 °C	770 – 800 °C	150 – 180 °C

Kenngrößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p	
Ck 15 (Schm. 2)	0,15	725	735	870	–	L.Z.	n. b.					
						900						
						1050	A	2, 3 4, wenige 5	0,45 ²⁾	0,45 ²⁾	6,7 ²⁾	490
						A.Z.	A	2, 3, 4				
Ck 15 (Schm. 1) aufgekühlt	0,30	715	735	810	–	830						
						930	A	2, 3, 4	1,2	1,3	36	425
Ck 15 (Schm. 1) aufgekühlt	0,46	715	740	775	–	A.Z.	A	0, 1 und 3, 4				
						830						
						930	A	2, 3, 4, wenige 1	2,0	2,0	12	360
						A.Z.	A	n. b.				
Ck 15 (Schm. 1) aufgekühlt	0,90	715	740	–	825	830						
						930	A	3, 4, 5	3,5	3,5	12	215
Ck 15 (Schm. 1) aufgekühlt	0,98	715	740	–	875	A.Z.	A + K	n. b.				
						830						
						930	A	3, 4, 5	3,6	3,6	13	200
						A.Z.	A + K	–1, 0, 1, 2				
Ck 15 (Schm. 1) aufgekühlt	1,75	720	745	–	> 1050	830						
						930	A + K	n. b.	1,4	1,4	8,0	< 115

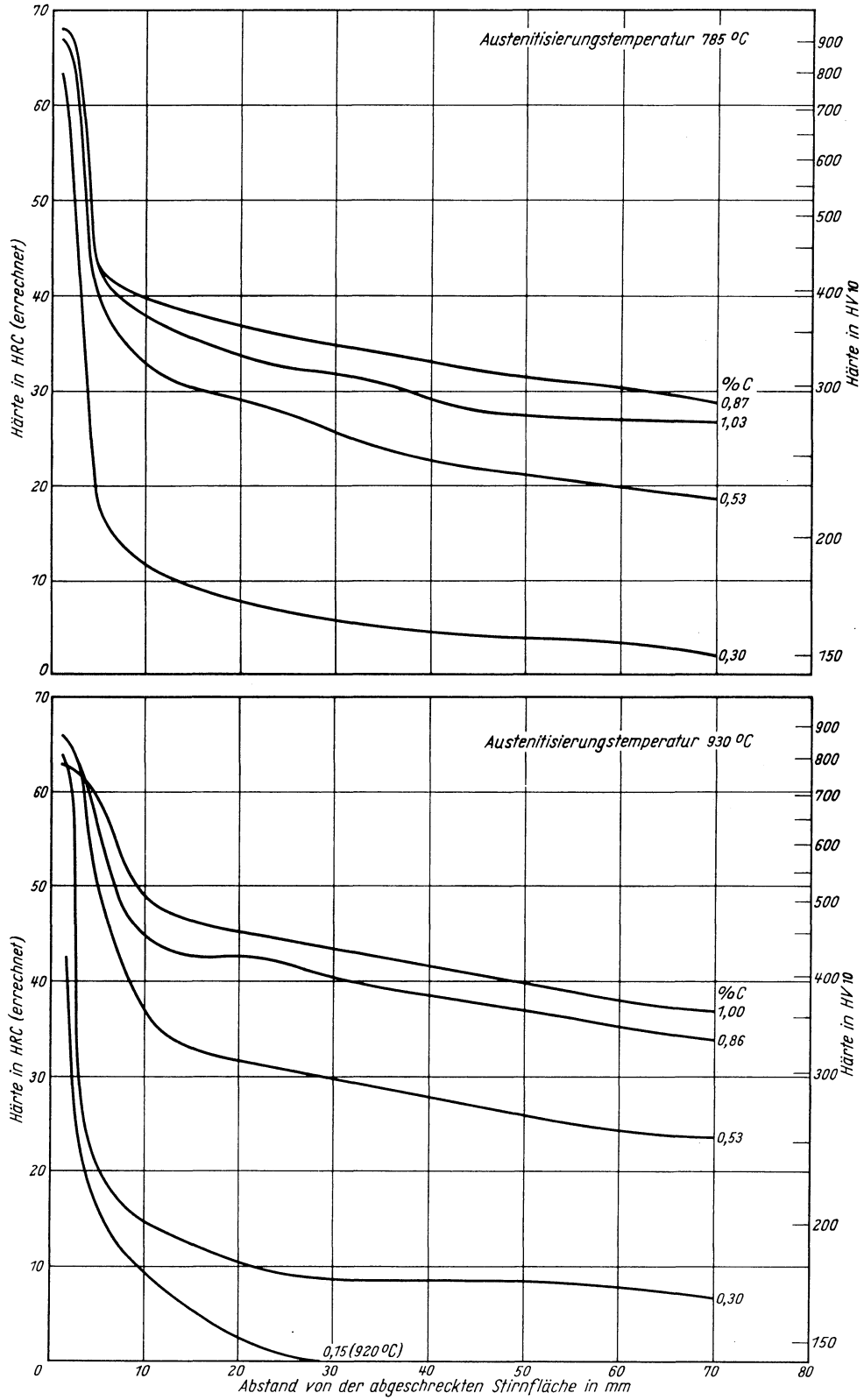
¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkohlungszustand

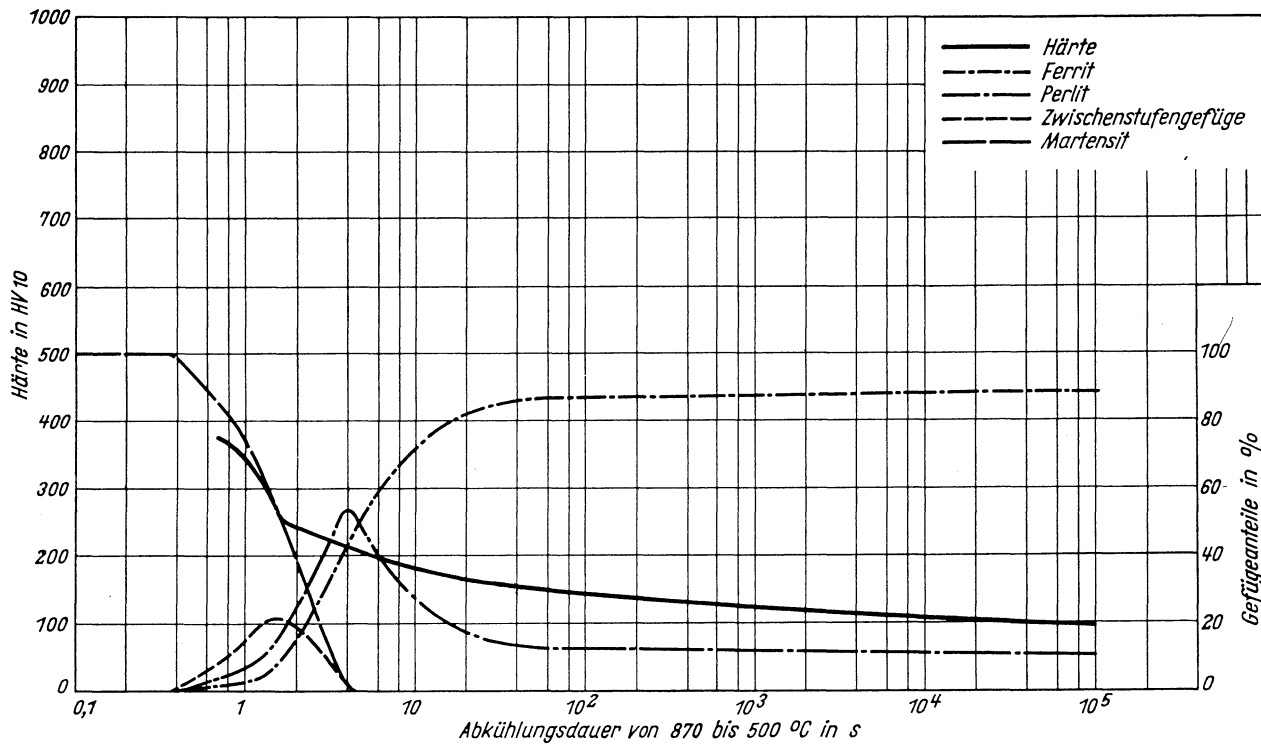
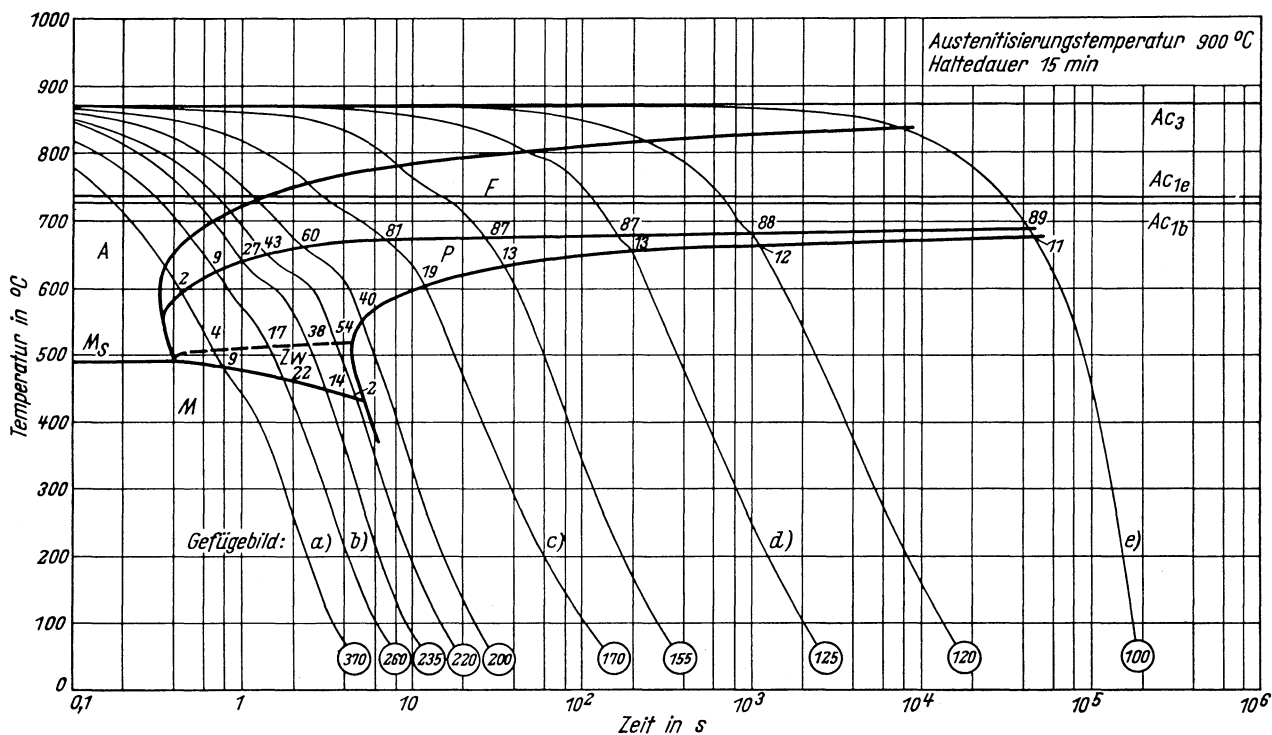
K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit.
K_p = Kühlzeit be. Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
K_f = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)



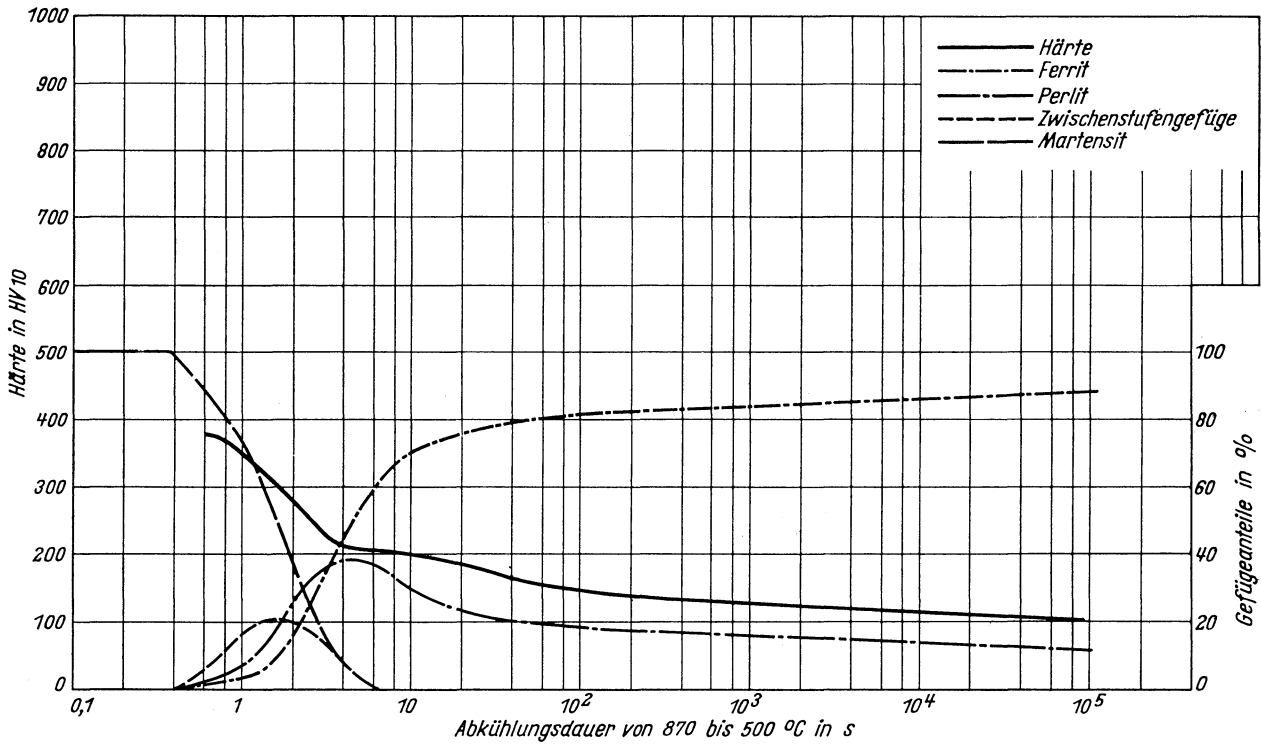
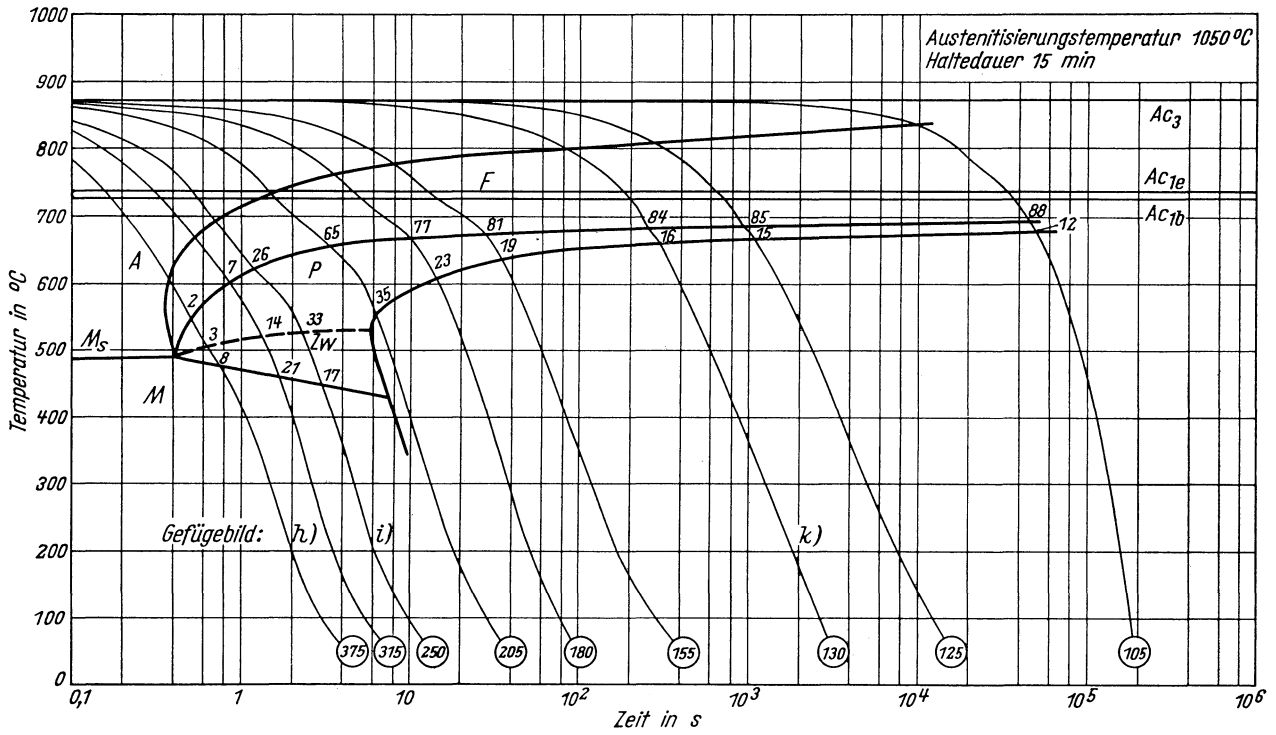
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	Ni	-	-
	0,15	0,22	0,41	0,021	0,024	<0,005	0,06	0,15	0,005	0,06	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	Ni	-	-
	0,15	0,22	0,47	0,021	0,024	<0,005	0,06	0,15	0,005	0,06	-	-

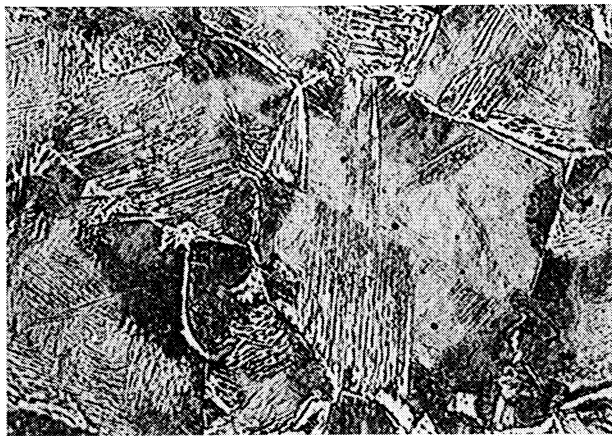


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



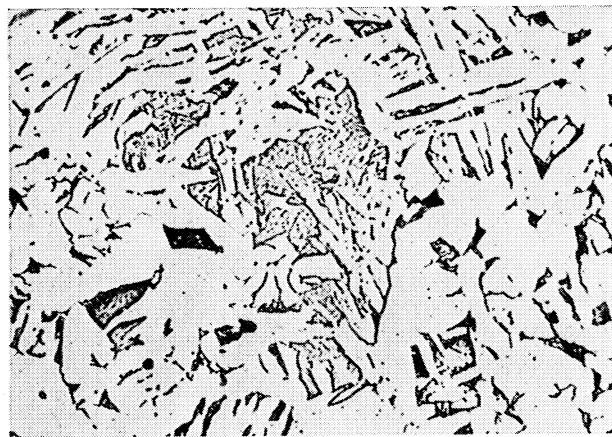
a) 900 °C 15 min/0,8 s →500 °C

500:1



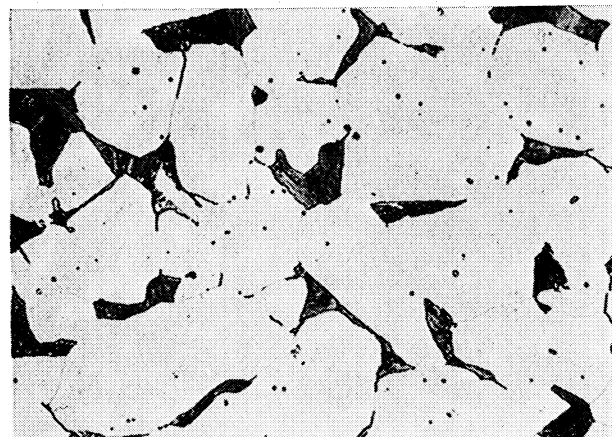
b) 900 °C 15 min/1,6 s →500 °C

500:1



c) 900 °C 15 min/18 s →500 °C

500:1



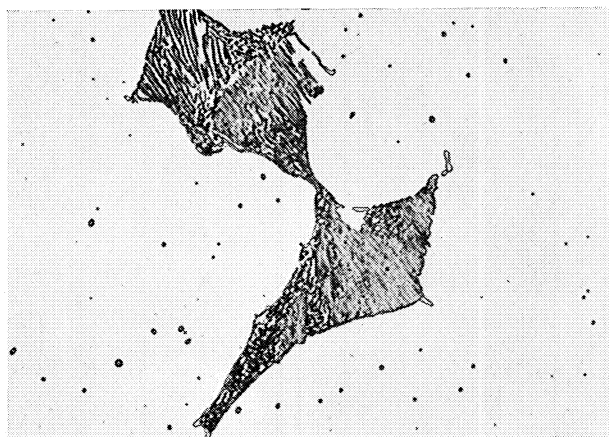
d) 900 °C 15 min/380 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

e) 900 °C 15 min/90 000 s → 500 °C

500:1



h) 1050 °C 15 min/0,65 s → 500 °C

500:1



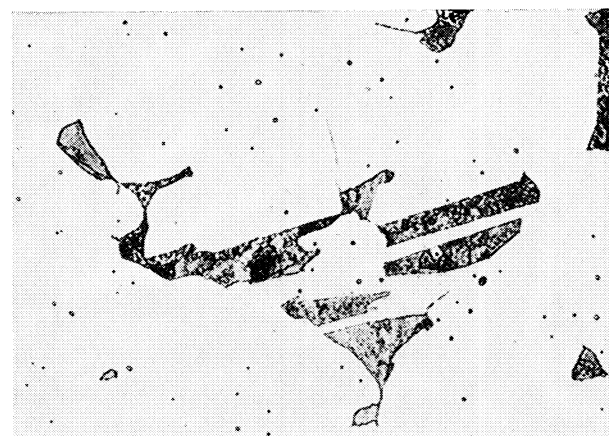
i) 1050 °C 15 min/2,6 s → 500 °C

500:1



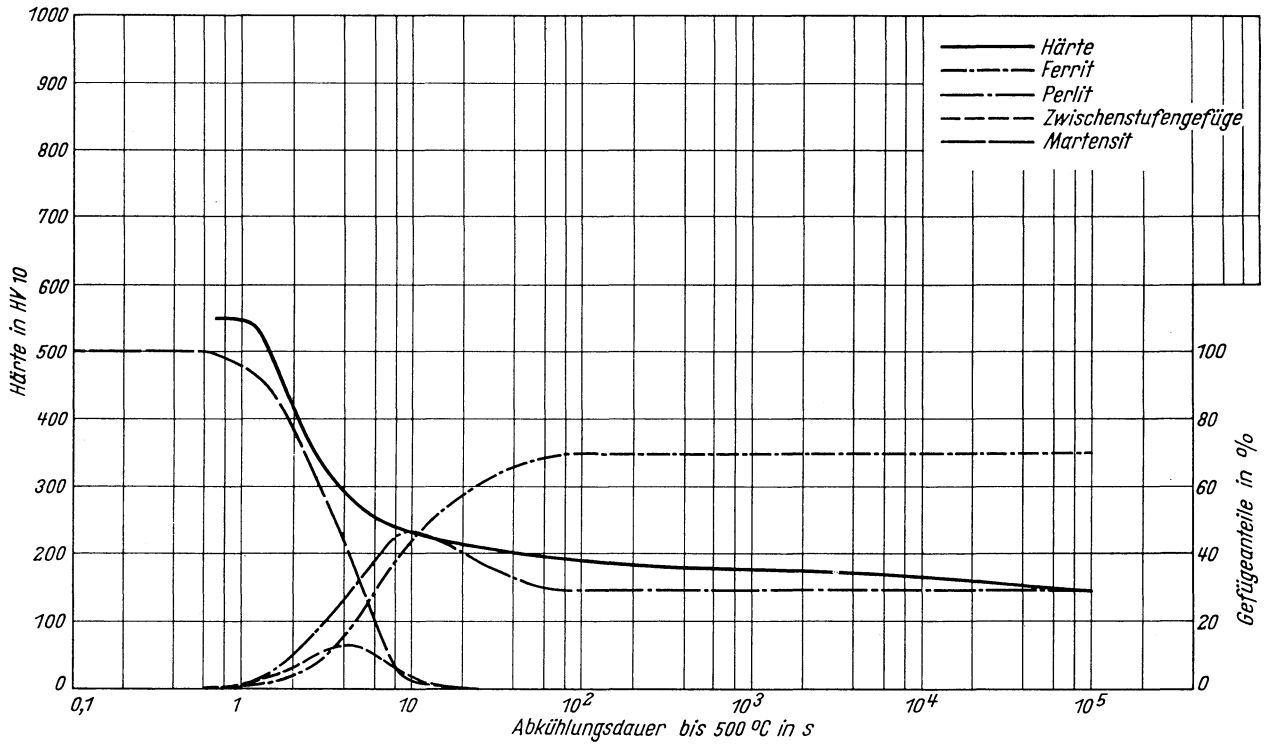
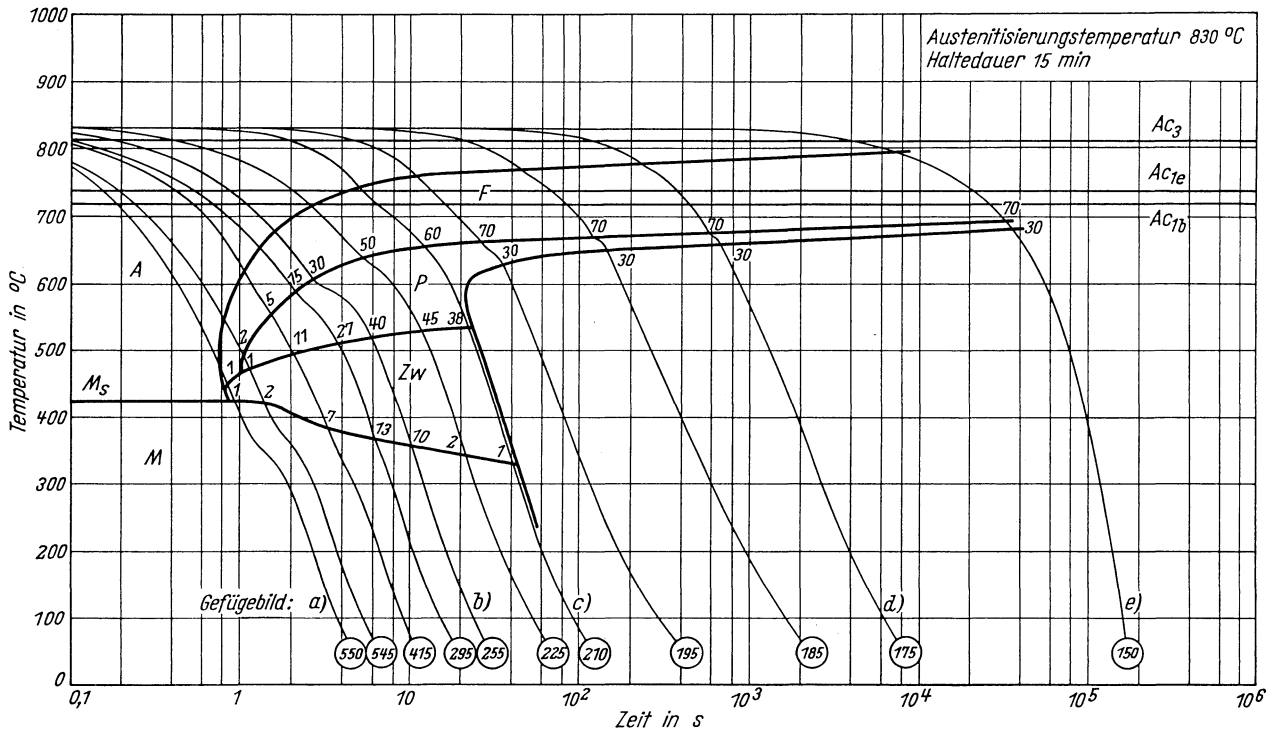
k) 1050 °C 15 min/600 s → 500 °C

500:1



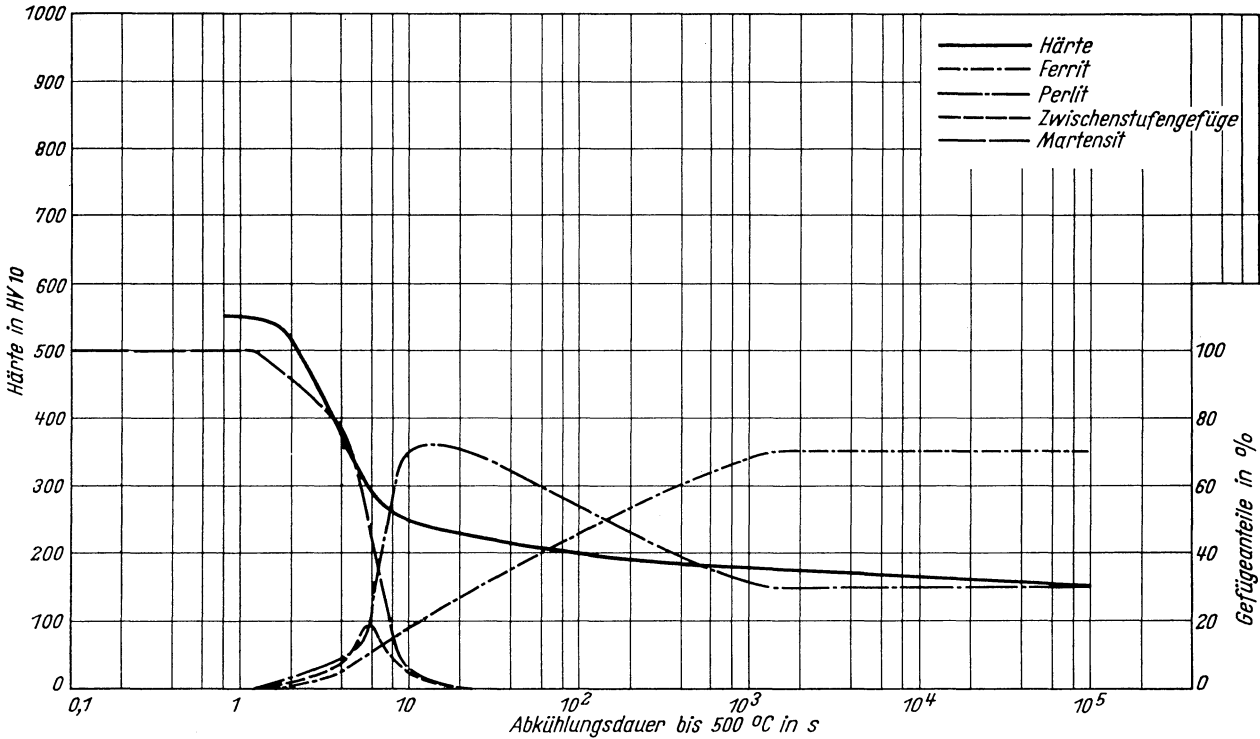
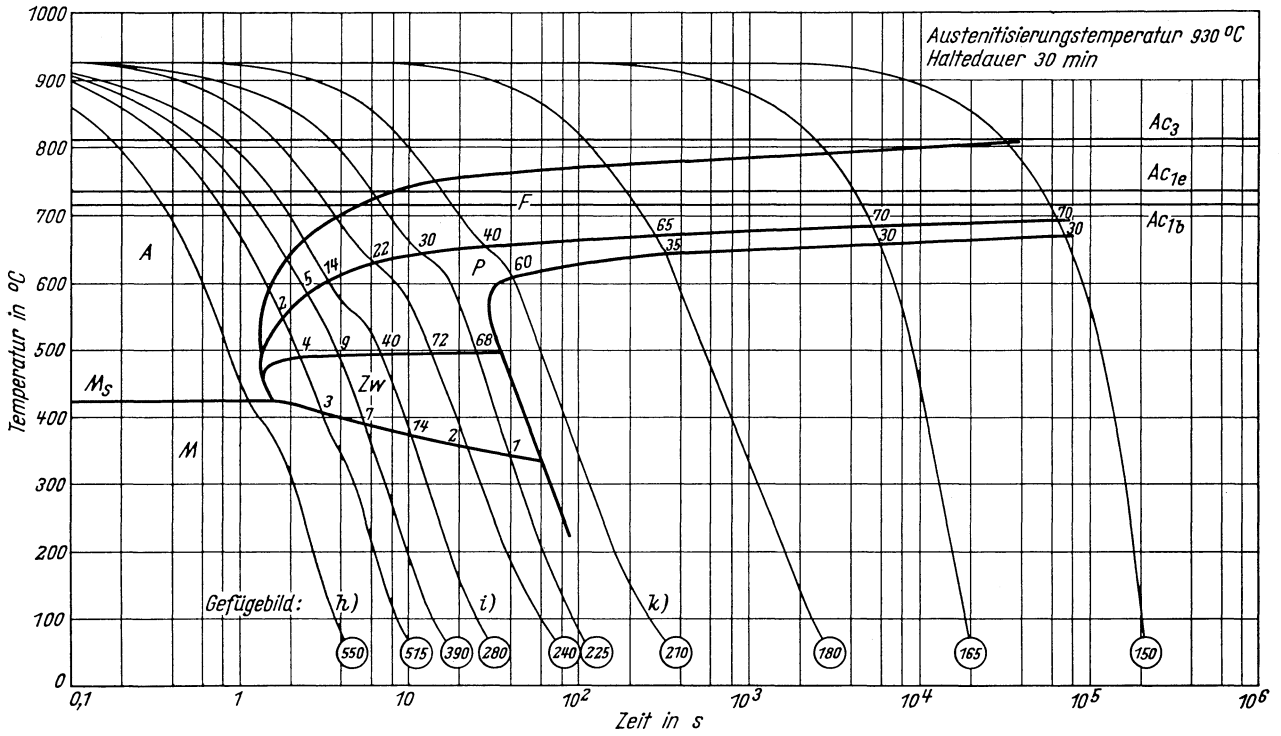
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
		0,30	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-



*Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)*

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
	0,30	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



a) 830 °C 15 min/0,7 s → 500 °C

500:1



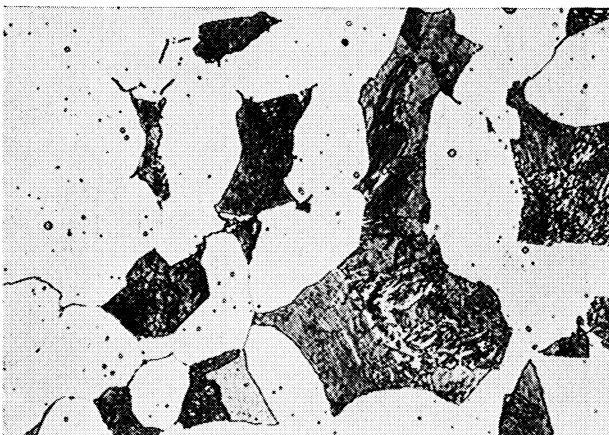
b) 830 °C 15 min/6,5 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/25 s → 500 °C

500:1



d) 830 °C 15 min/1300 s → 50 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

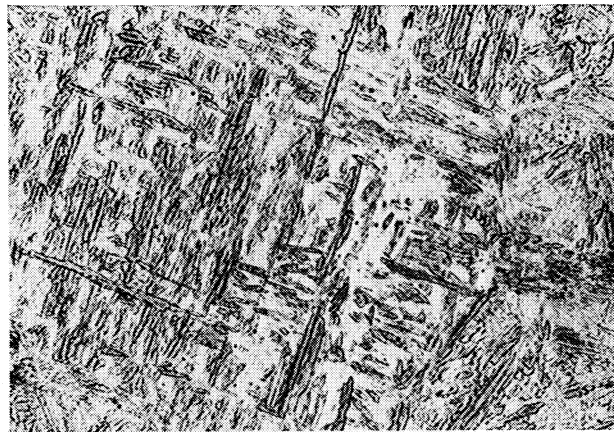
e) 830 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



h) 930 °C 30 min/0,85 s → 500 °C

500:1



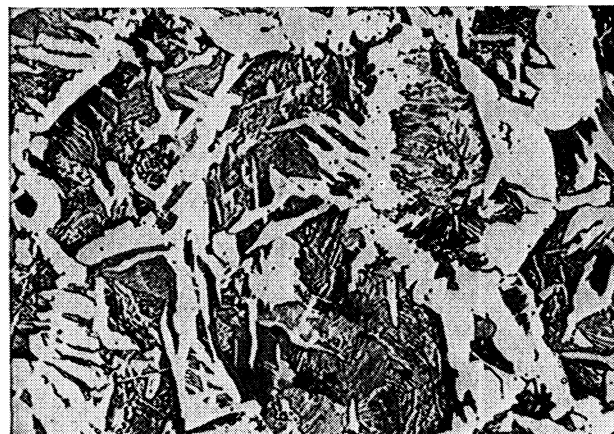
i) 930 °C 30 min/7 s → 500 °C

500:1



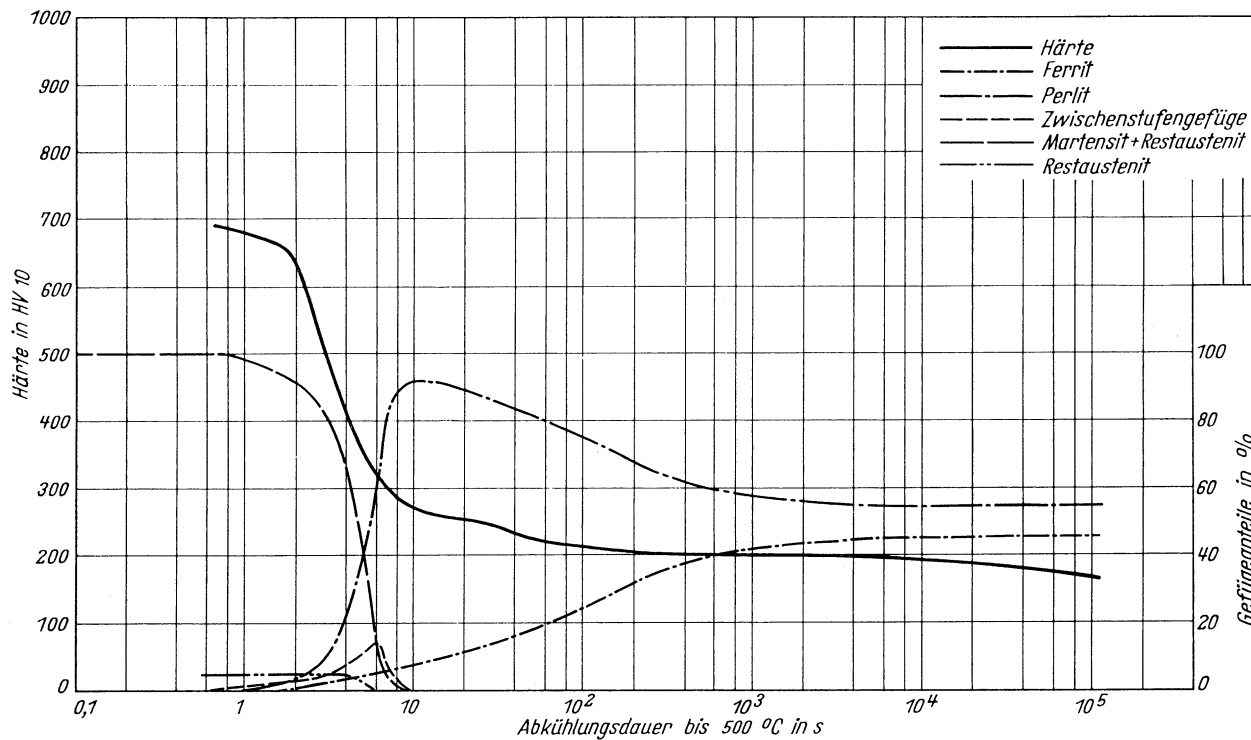
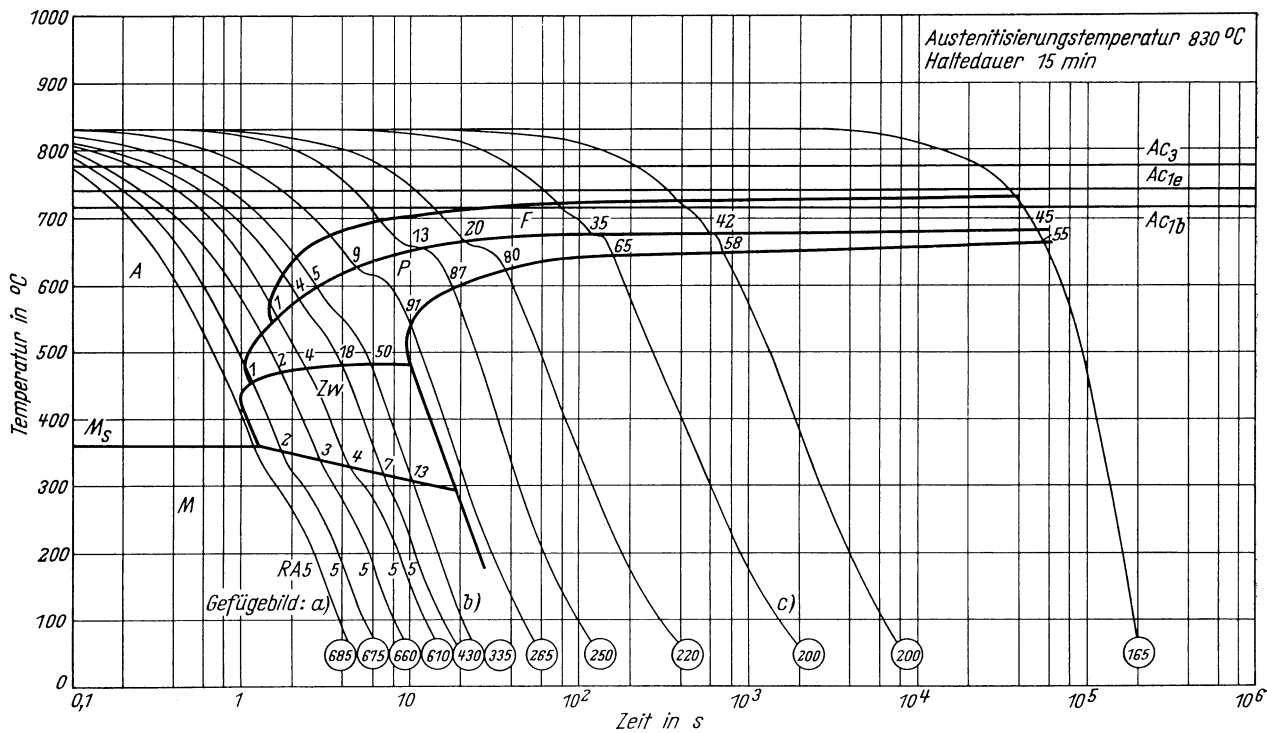
k) 930 °C 30 min/62 s → 500 °C

500:1



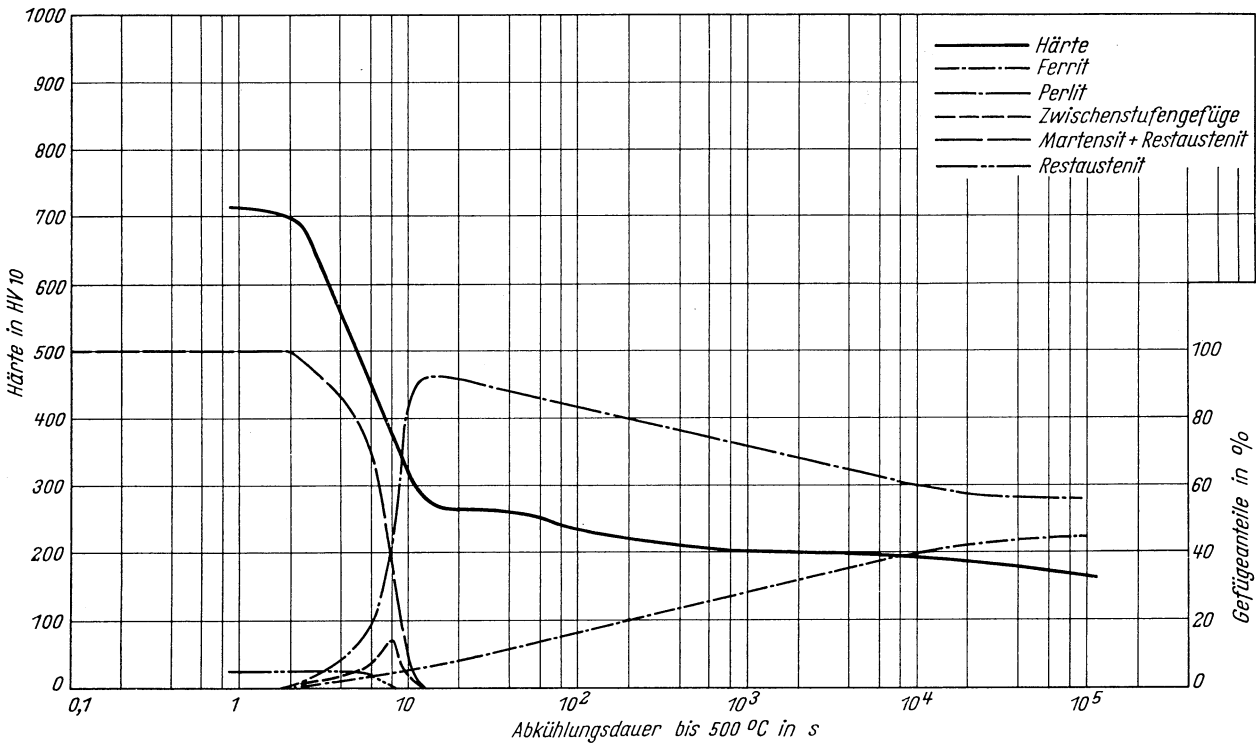
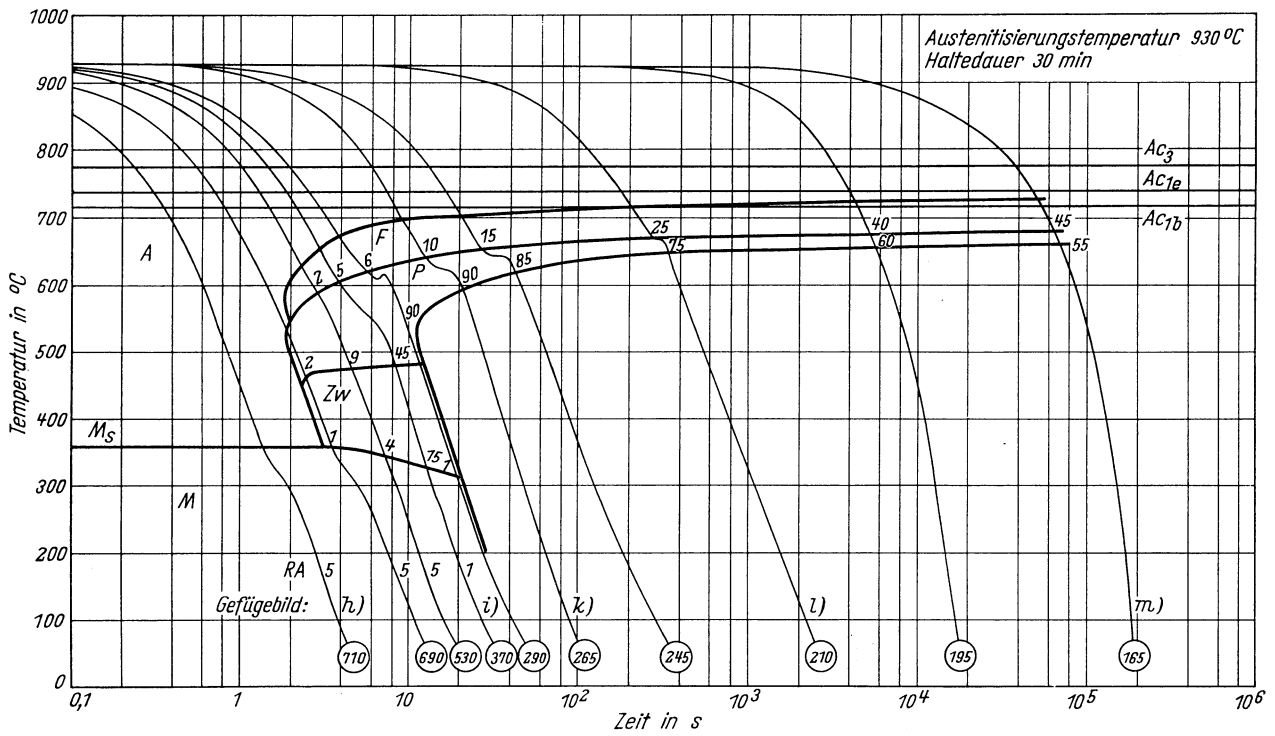
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
	0,46	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-	-

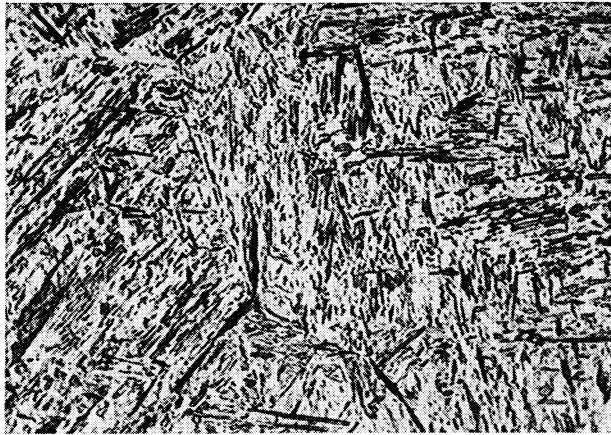


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
	0,46	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-	-

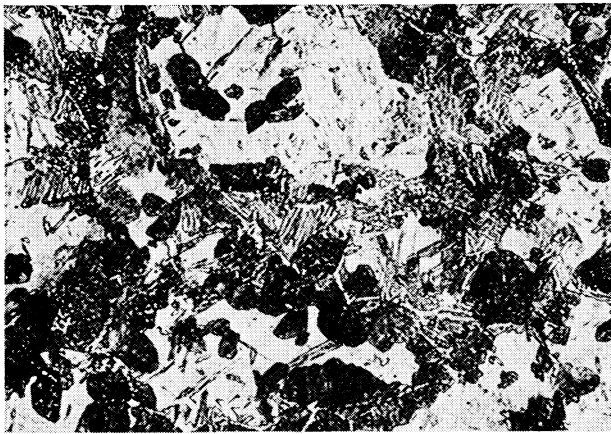


Gefügebilder zu den Umwandelungsschaubildern
kontinuierlich



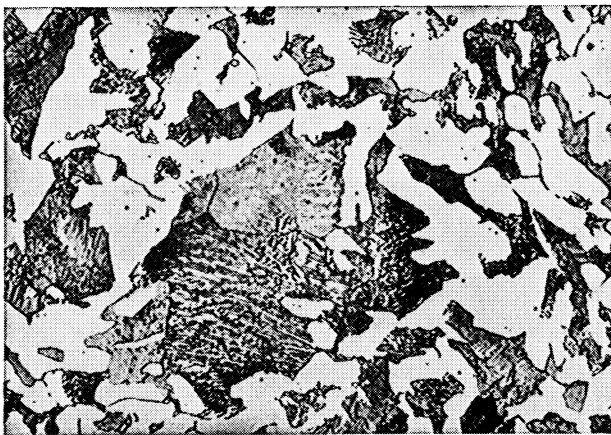
a) 830 °C 15 min/0,7 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/5,5 s →500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/260 s →500 °C

500:1



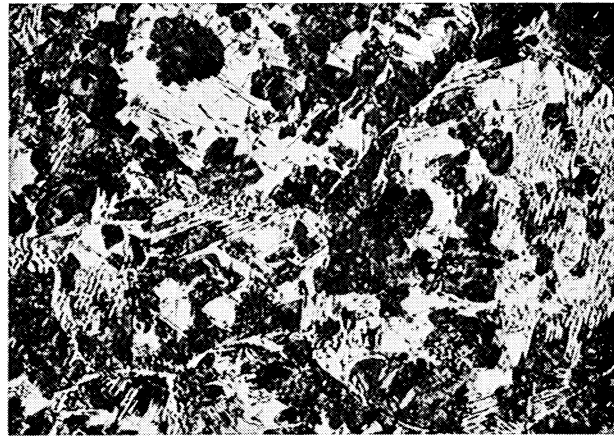
h) 930 °C 30 min/0,9 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandelungsschaubildern
kontinuierlich

i) 930 °C 30 min/8,2 s → 500 °C

500:1



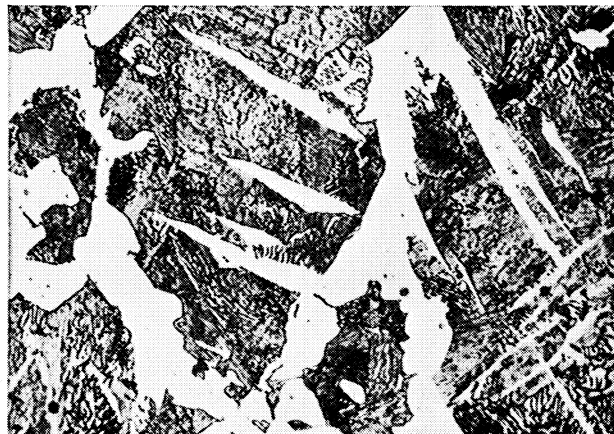
k) 930 °C 30 min/28 s → 500 °C

500:1



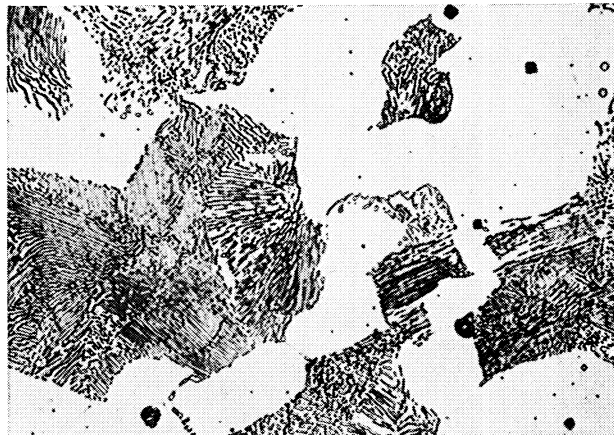
l) 930 °C 30 min/570 s → 500 °C

500:1



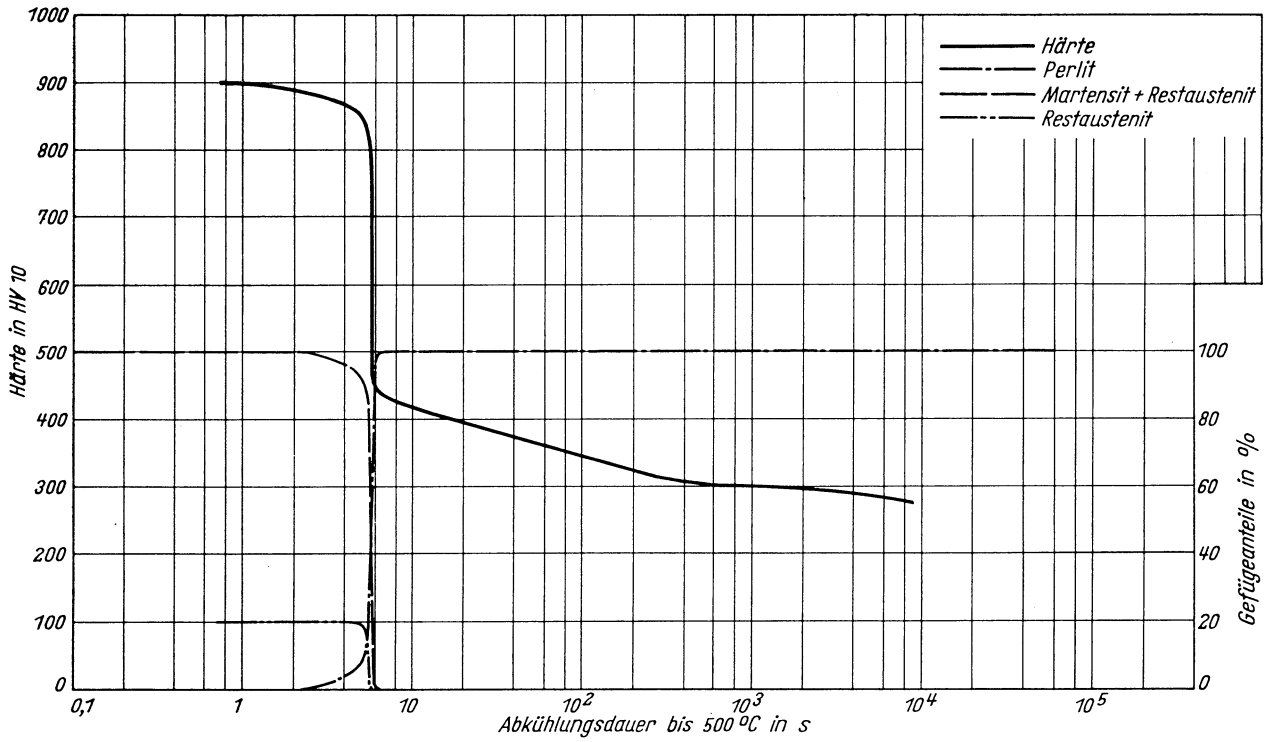
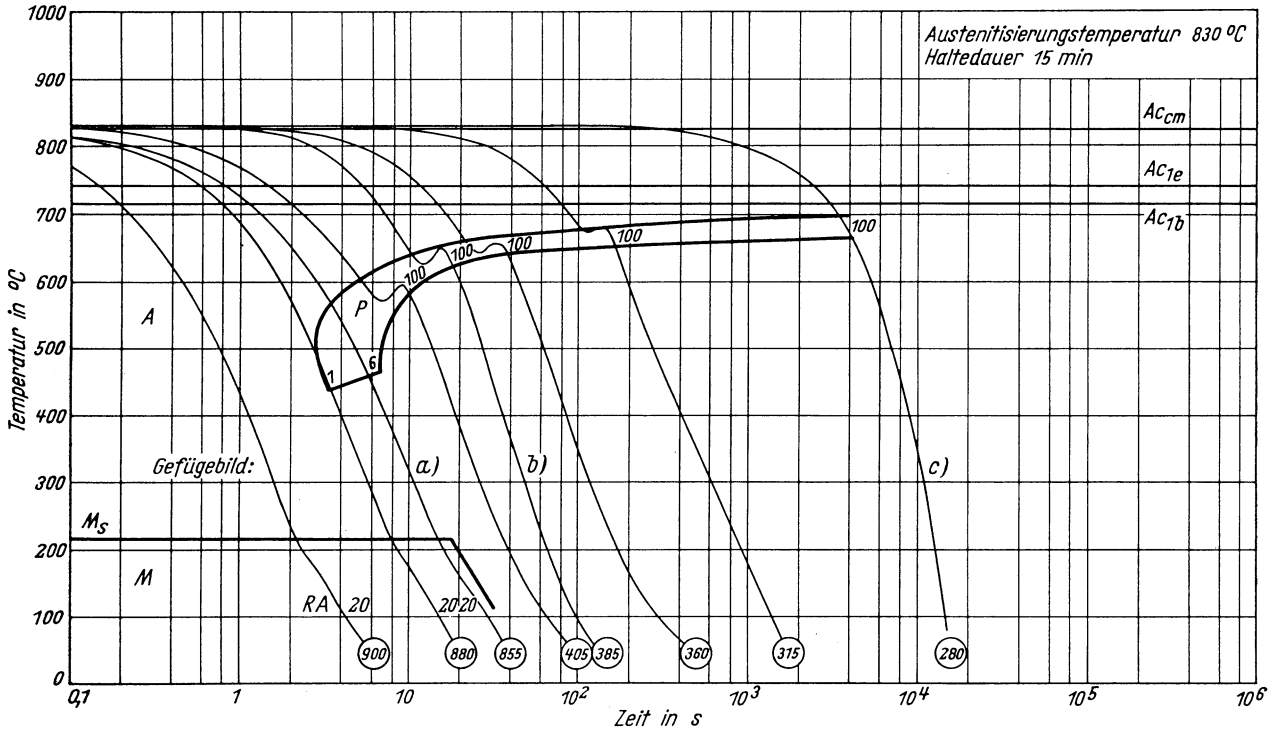
m) 930 °C 30 min/100000 s → 500 °C

500:1



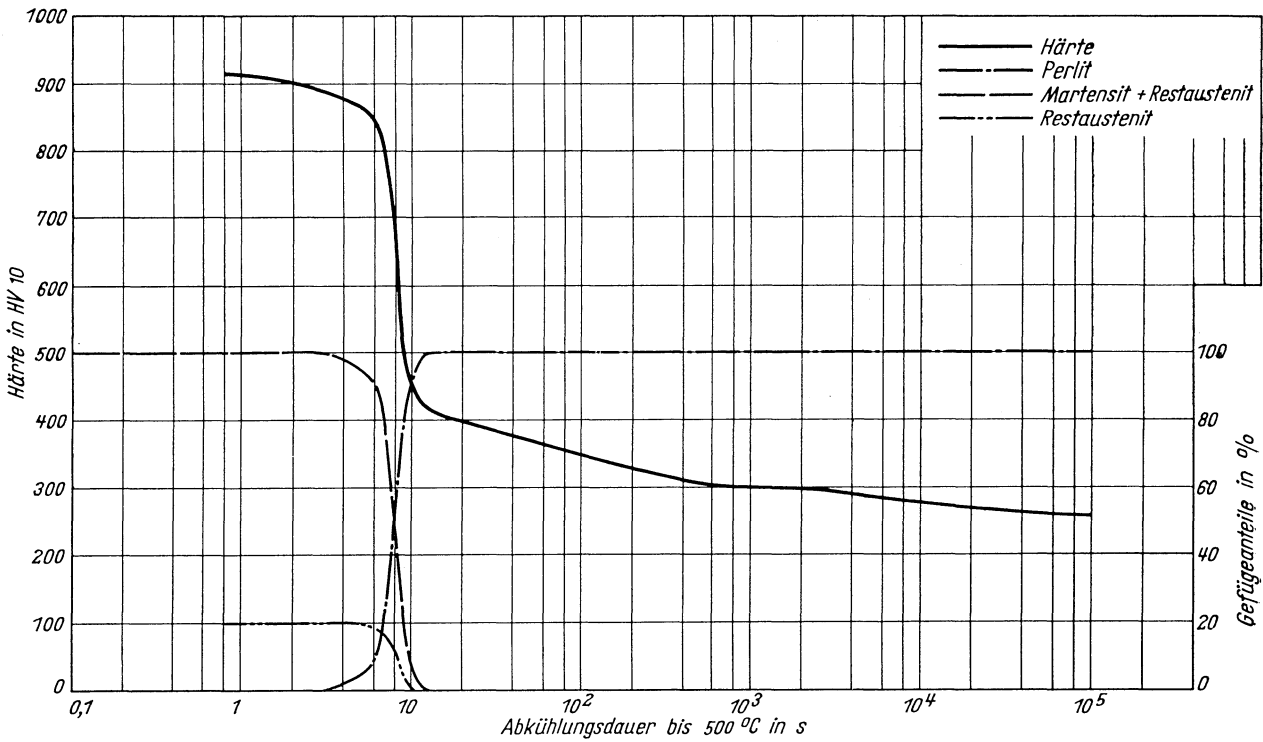
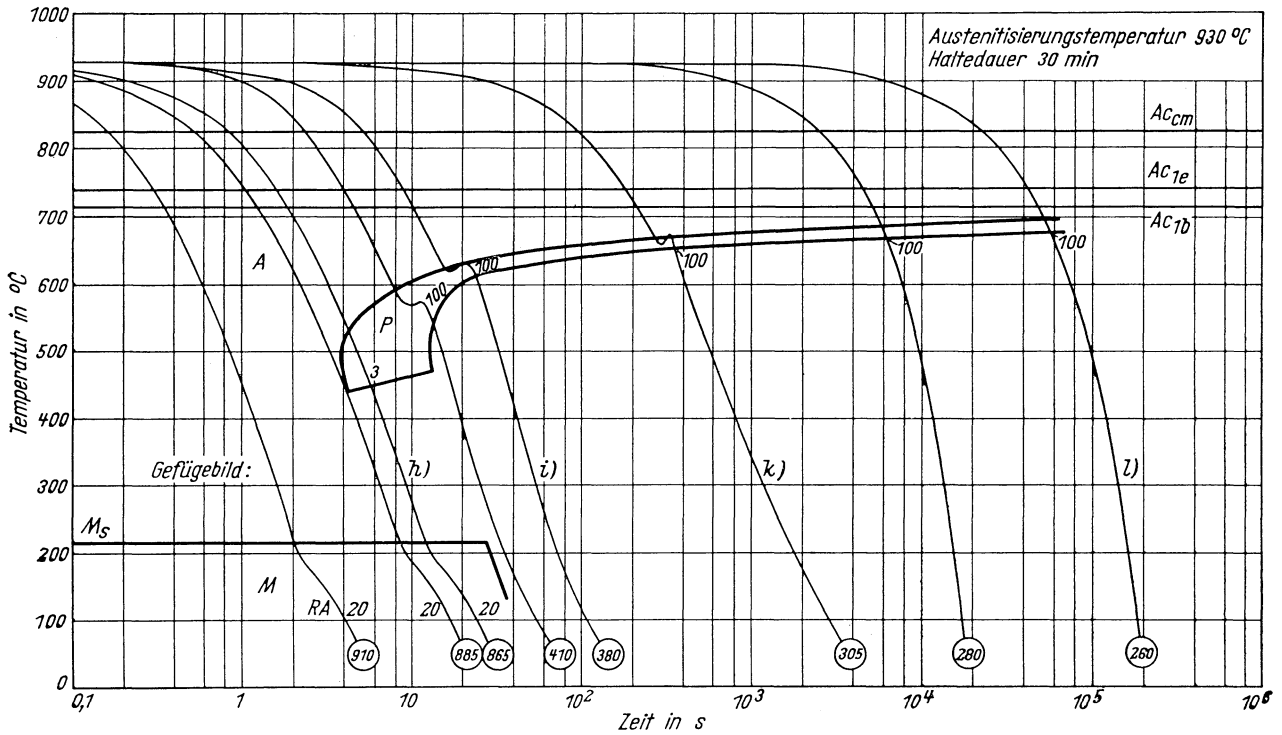
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
		0,90	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
	0,90	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-	-

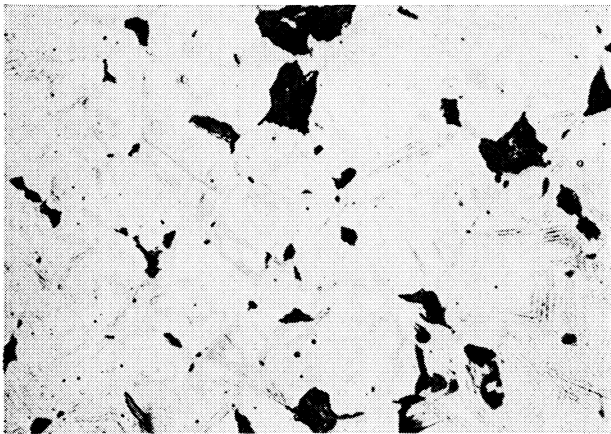


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



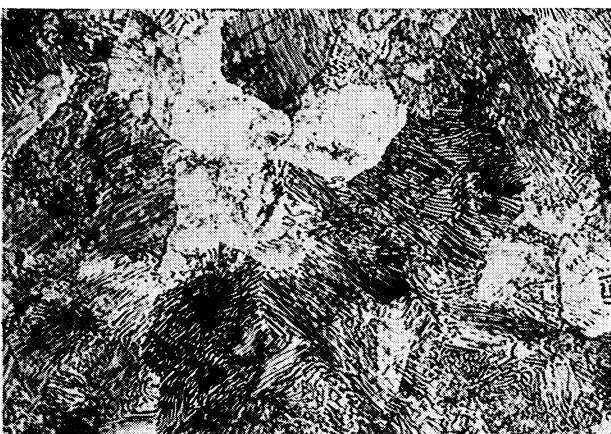
a) 830 °C 15 min/4,9 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/28 s →500 °C

500:1



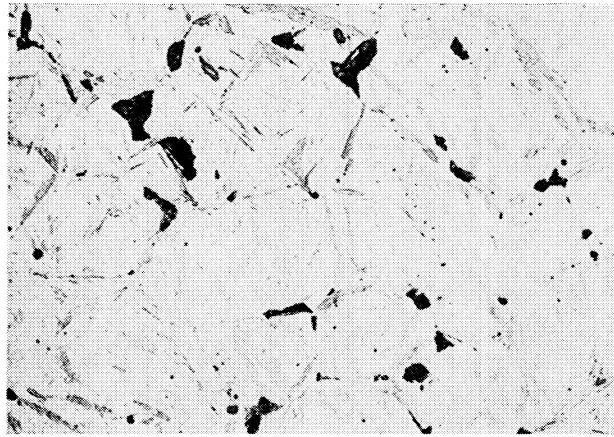
c) 830 °C 15 min/7200 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/4,9 s → 500 °C

500:1



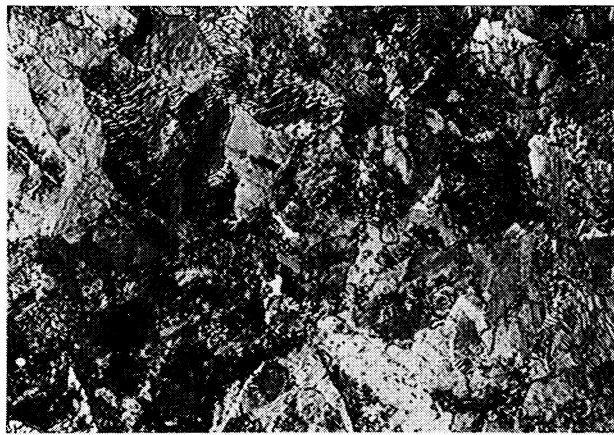
i) 930 °C 30 min/34 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/580 s → 500 °C

500:1



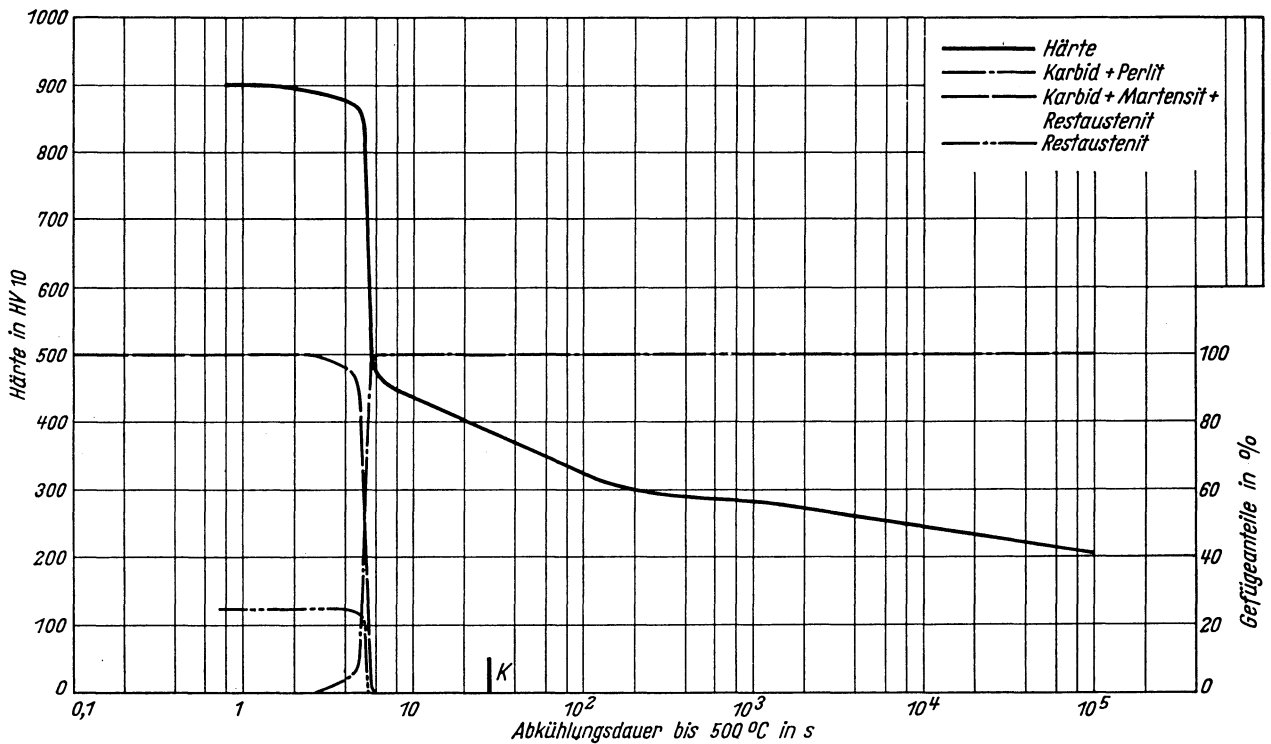
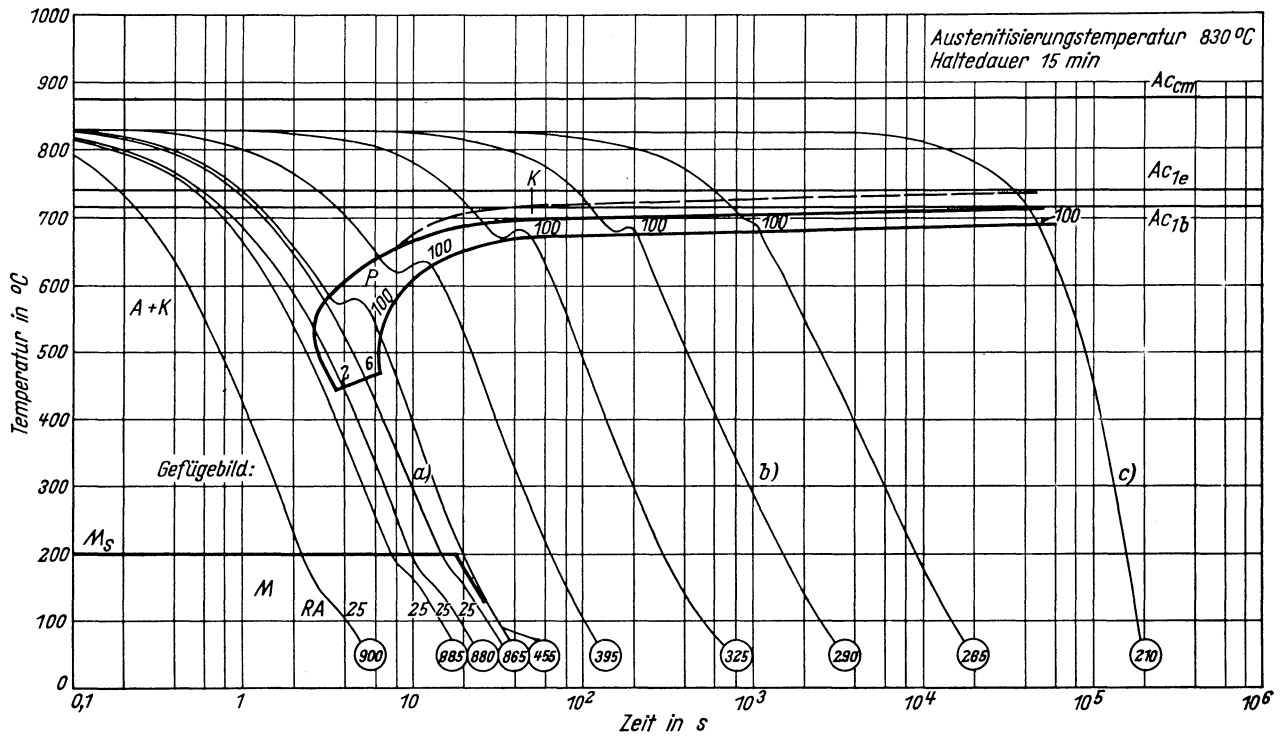
l) 930 °C 30 min/100 000 s → 500 °C

500:1



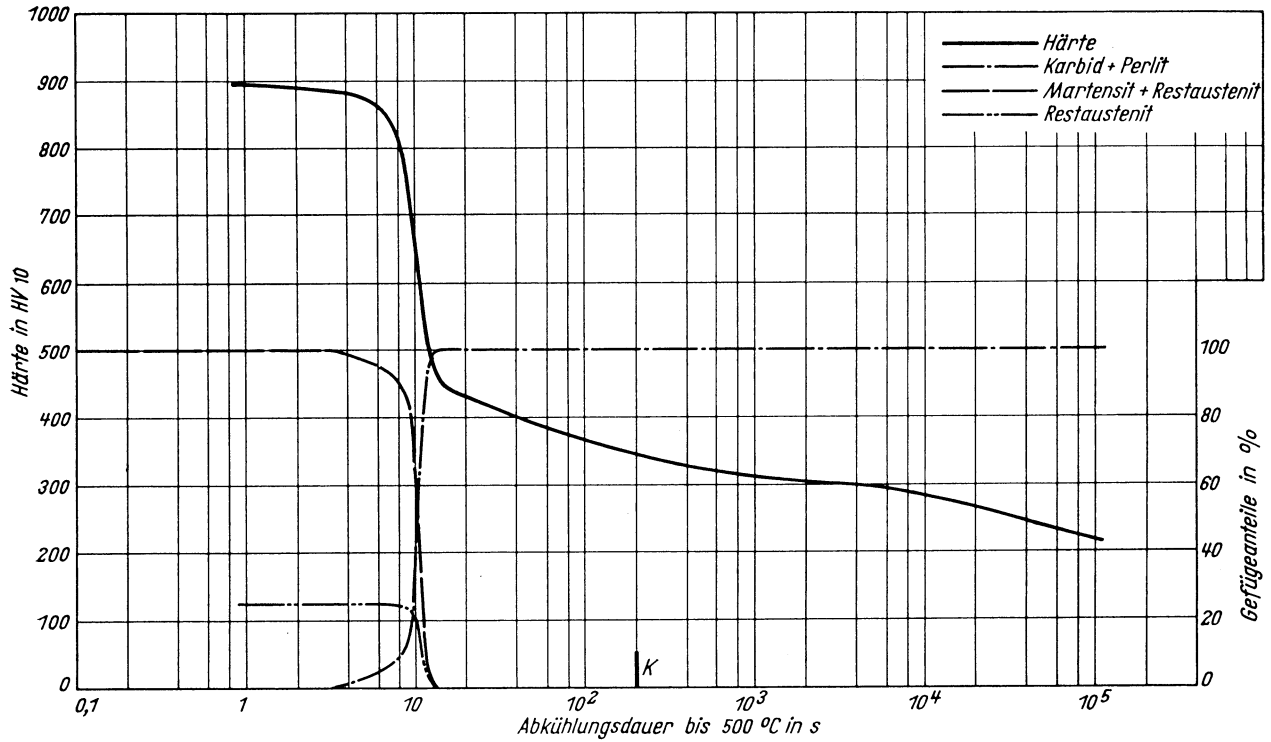
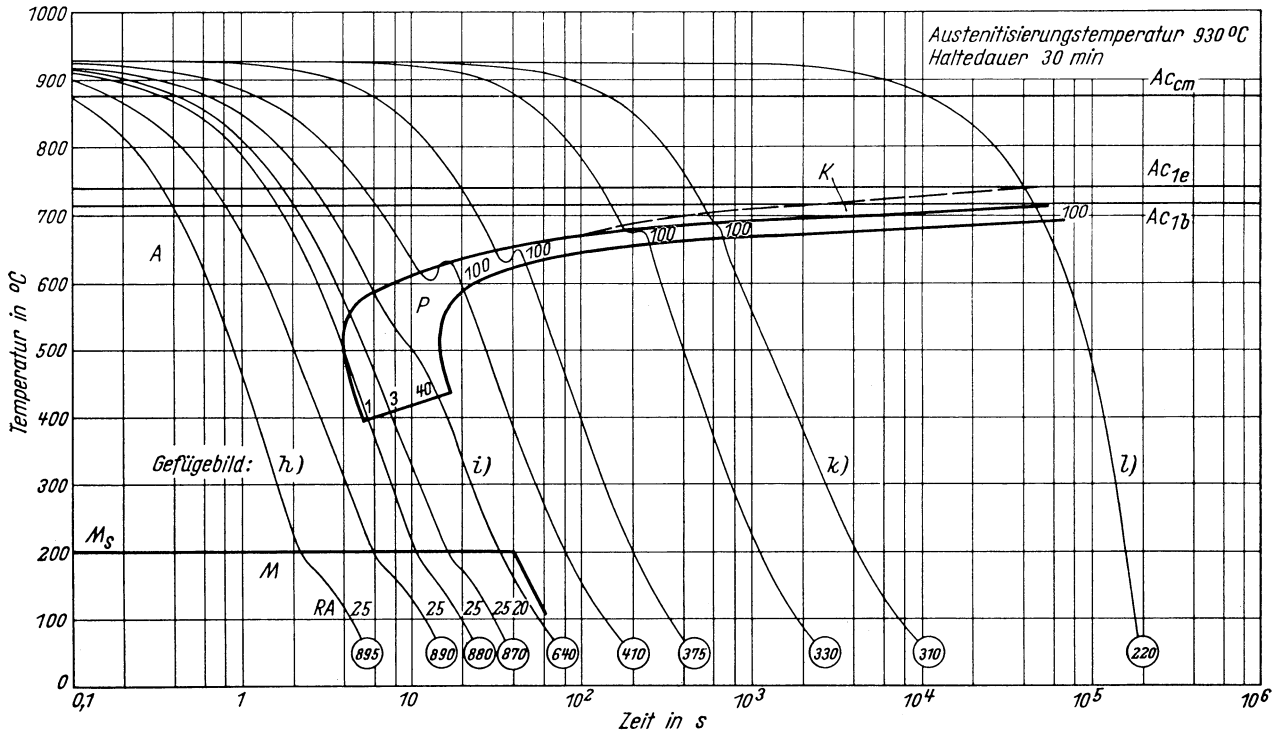
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
	0,98	0,29	0,39	0,012	0,028	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
	0,98	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-	-

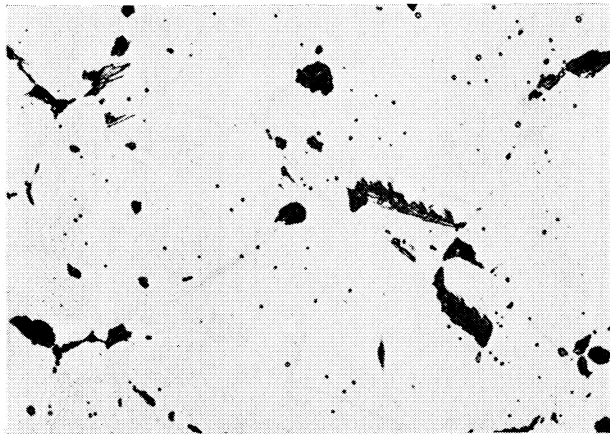


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



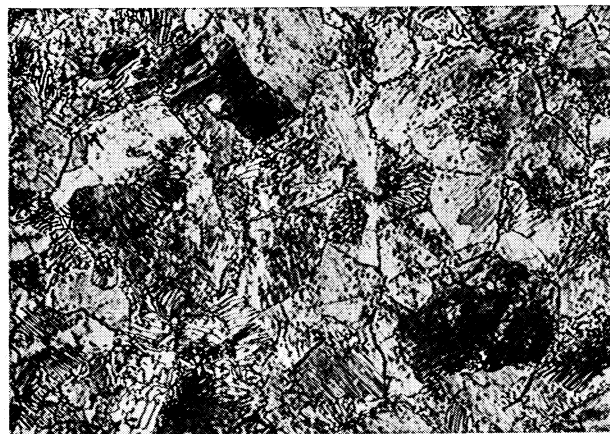
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/4,7 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/420 s → 500 °C

500:1



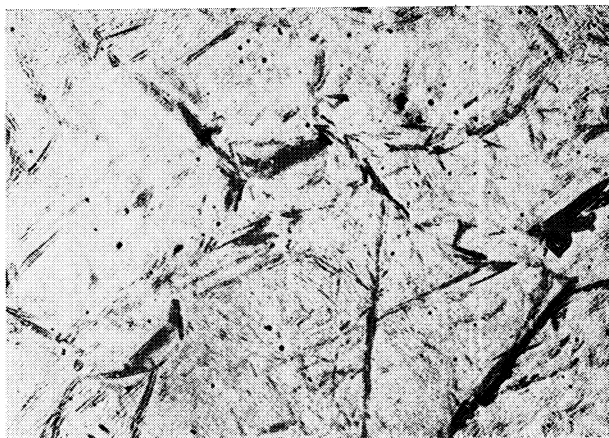
c) 830 °C 15 min/100 000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

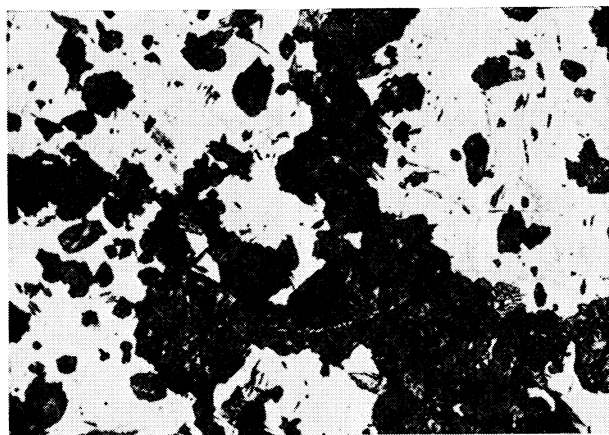
h) 930 °C 30 min/0,9 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/10 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/1250 s → 500 °C

500:1



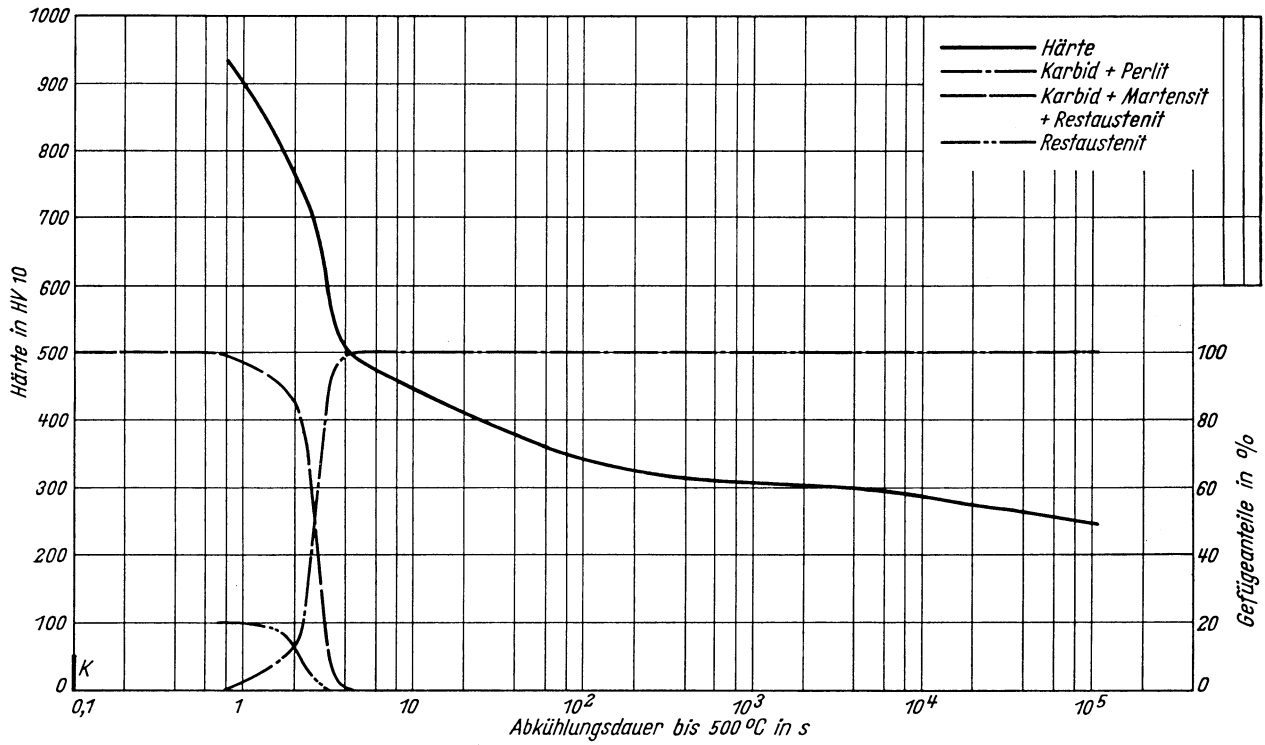
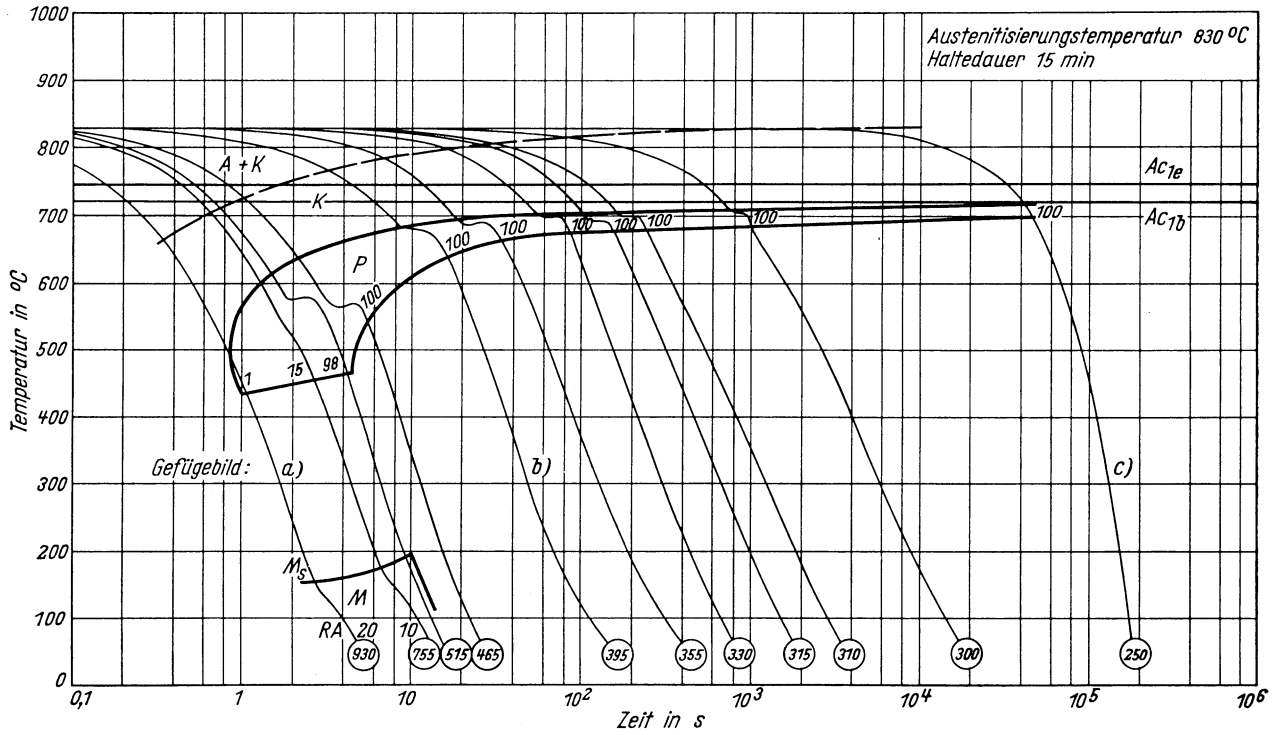
l) 930 °C 30 min/100000 s → 500 °C

500:1



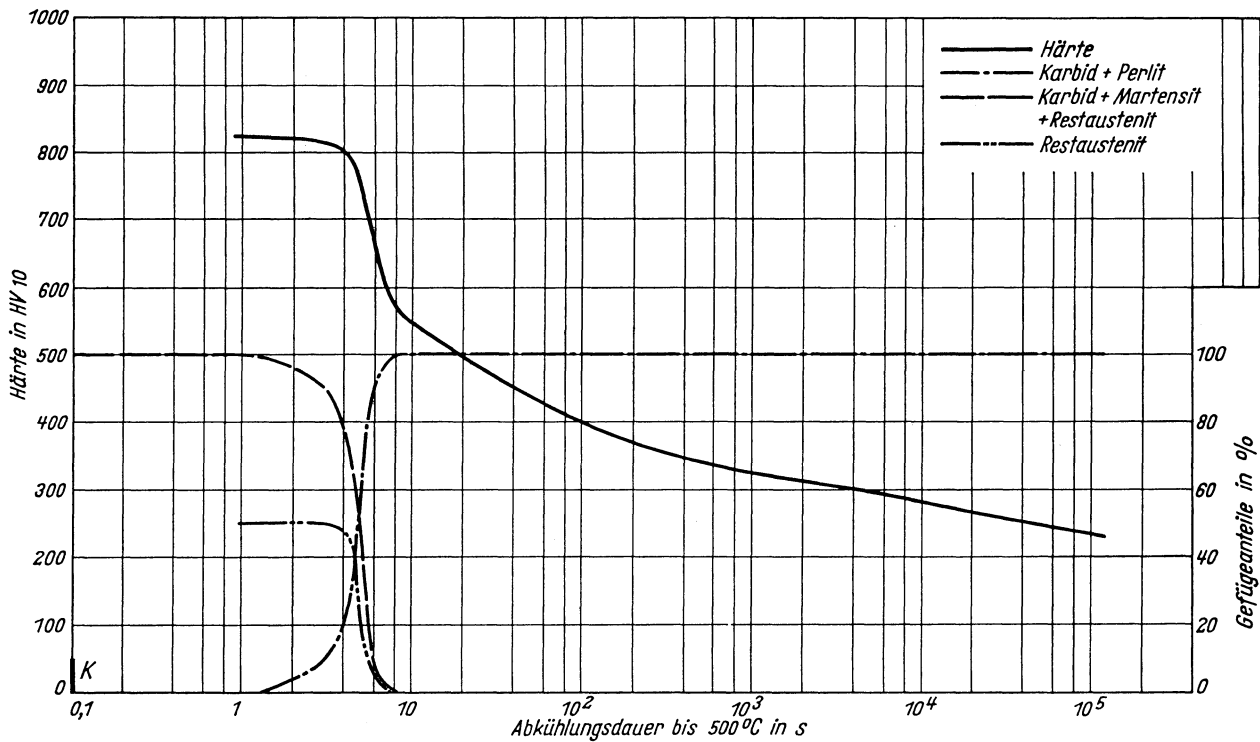
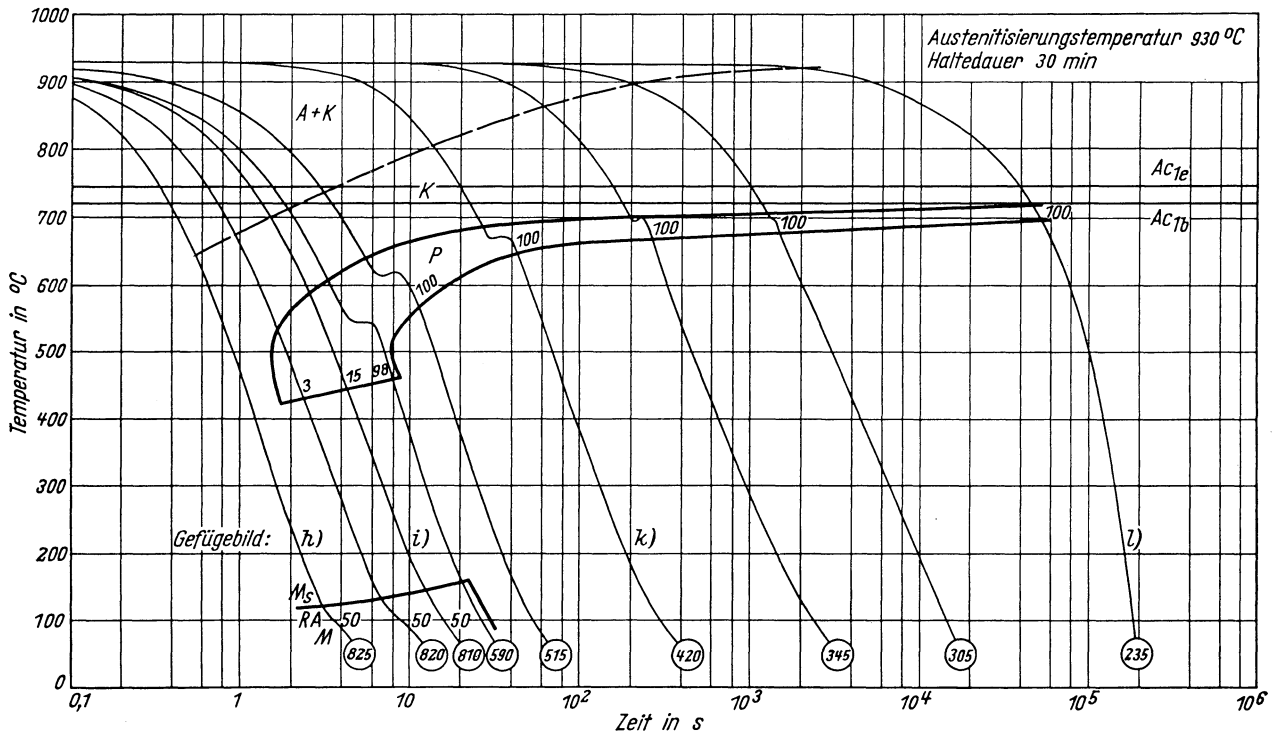
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
		1,75	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	-	-	-
		1,75	0,29	0,39	0,012	0,026	0,003	0,12	0,215	0,006	-	-

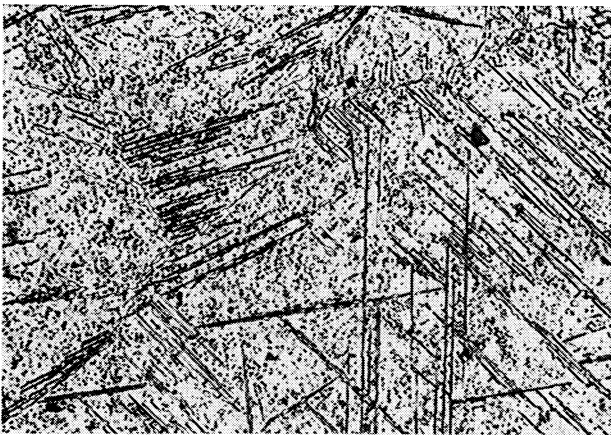


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500: 1



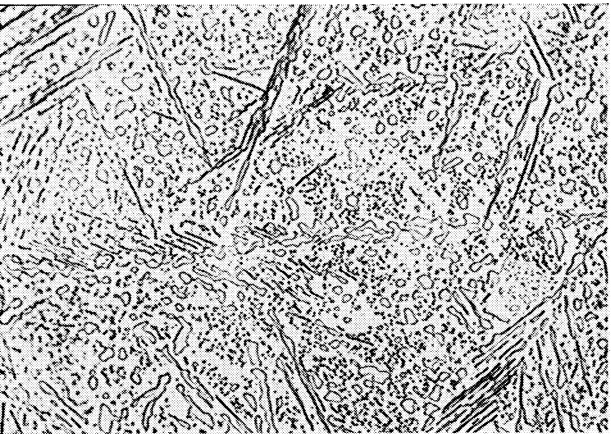
a) 830 °C 15 min/0,85 s → 500 °C

500: 1



b) 830 °C 15 min/27 s → 500 °C

500: 1



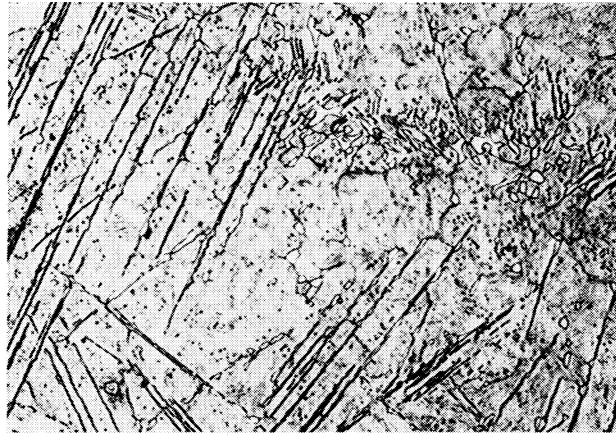
c) 830 °C 15 min/100 000 s → 500 °C

500: 1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

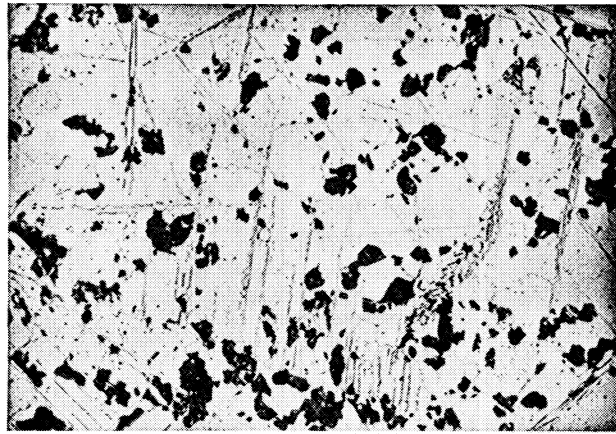
h) 930 °C 30 min/0,95 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/3,6 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/70 s → 500 °C

500:1



l) 930 °C 30 min/100000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17006)
 Stoffnummer nach DIN 17007: 1.7131
 Einsatzstahl nach DIN 17210

Chemische Zusammensetzung in %

	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni
Sollwerte mindestens	0,14	0,15	1,00				0,80			
höchstens	0,19	0,40	1,30	0,035	0,035		1,10			
untersuchte Schmelze	0,16	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Siemens-Martin-Ofen
 Verarbeitung: geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Blindhärten	Einfachhärten	Kernhärten	Anlassen auf
860 – 880 °C	850 – 880 °C	810 – 840 °C	170 – 210 °C

Kenngößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p	
16 MnCr 5	0,16	750	n.b.	845	—	L.Z.		n. b.				
						870	A	6	1,6 ¹⁾	13 ¹⁾	900 ¹⁾	400
						1050	A	2, 3	1,6 ²⁾	55 ²⁾	2350 ²⁾	400
16 MnCr 5 aufgekühlt	0,33	725	755	780	—	A.Z.		n. b.				
						830	A	9, 10	12	45	850	345
						930	A	2, 3, 4	26	60	1300	345
16 MnCr 5 aufgekühlt	0,53	725	755	760	—	A.Z.		n. b.				
						830	A	5, 6	45	300	500	280
						930	A	3	50	320	800	280
16 MnCr 5 aufgekühlt	1,00	725	755	—	885	A.Z.		n. b.				
						830	A + K	9, 10	9	23	160	175
						930	A	3, 4, 5	100	100	320	125
16 MnCr 5 aufgekühlt	1,20	725	755	—	945	A.Z.		n. b.				
						830	A + K	n. b.	10	10	360	160
						930	A + K	1, 2, 3 und 6	60	60	420	110
16 MnCr 5 aufgekühlt	3,00	725	755	—	> 1050	A.Z.		0, 1				
						830	A + K	n. b.	4	4	18	< 140
						930	A + K	0, 1	8,5	8,5	60	< 80

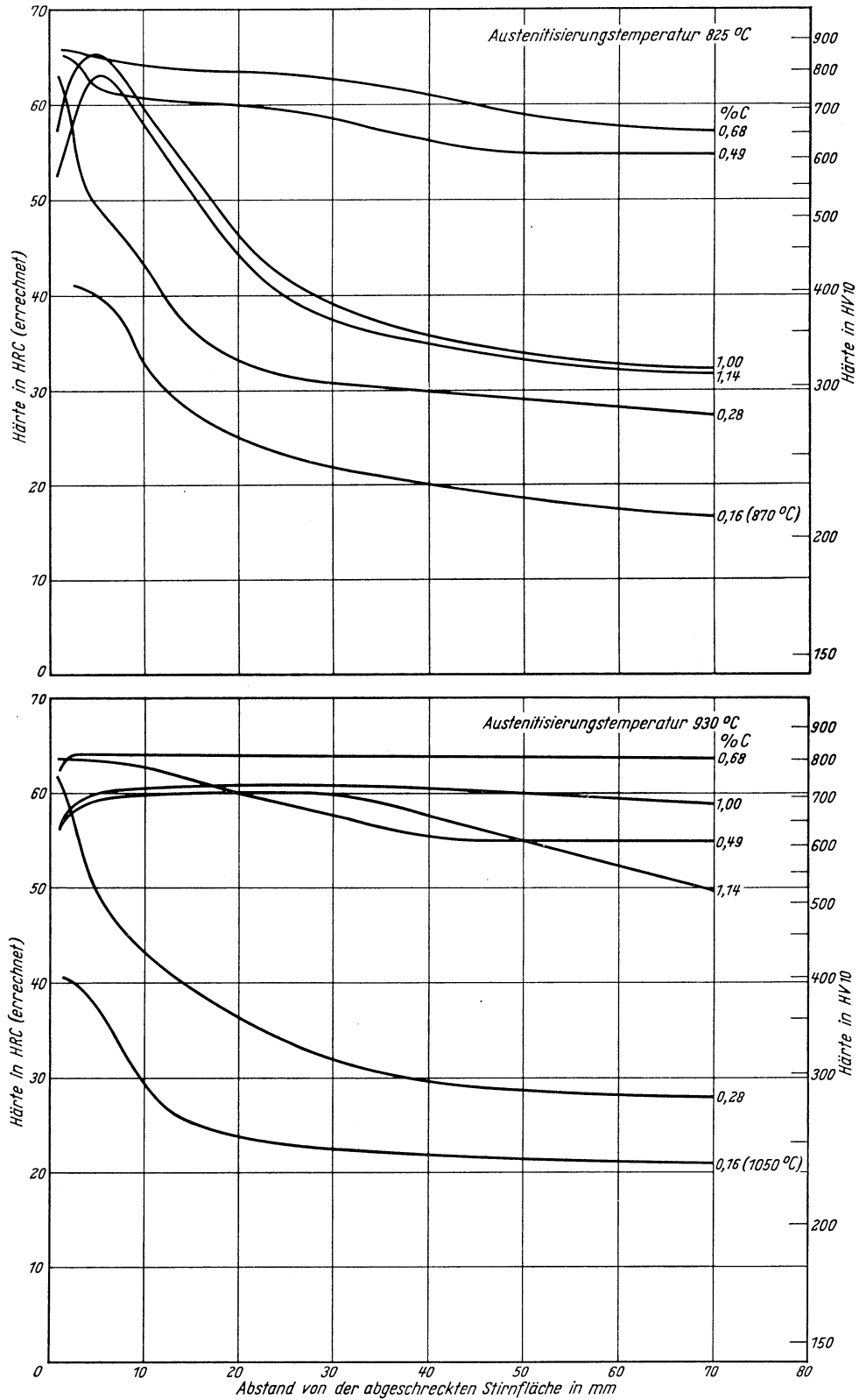
¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

L.Z. = Lieferzustand
 A.Z. = Aufkohlungszustand

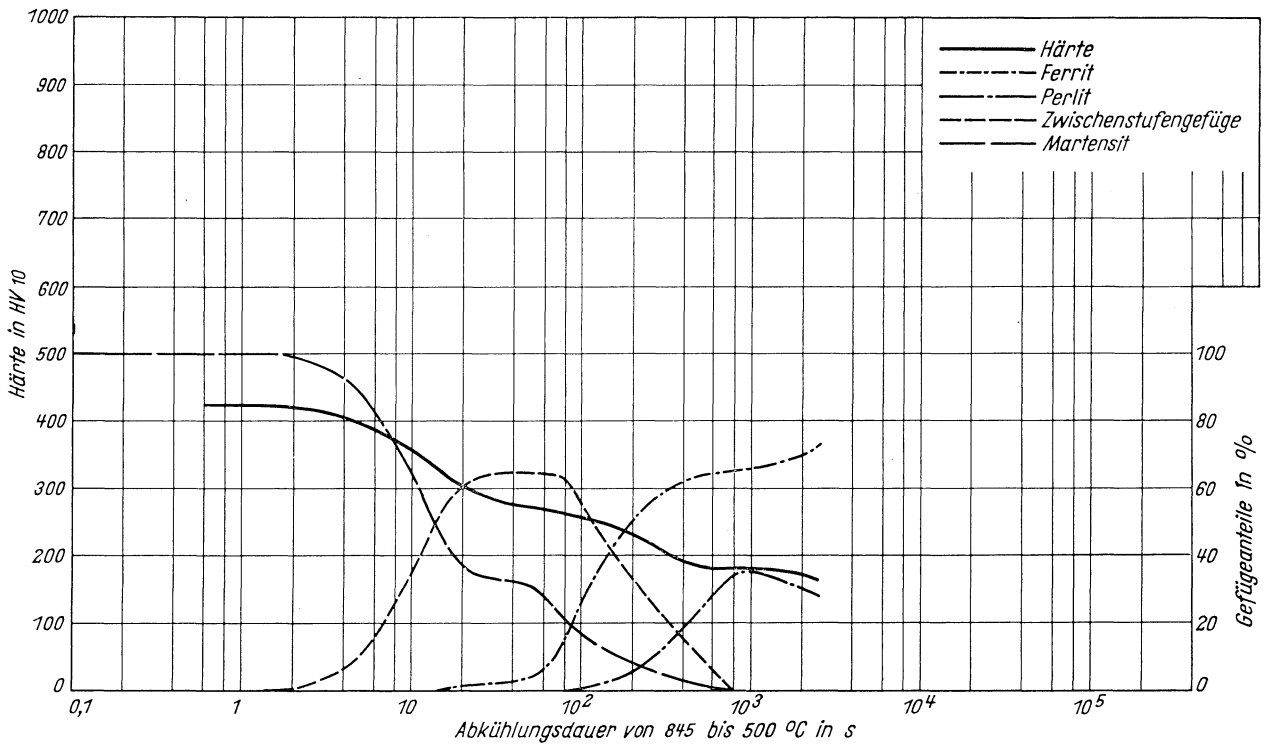
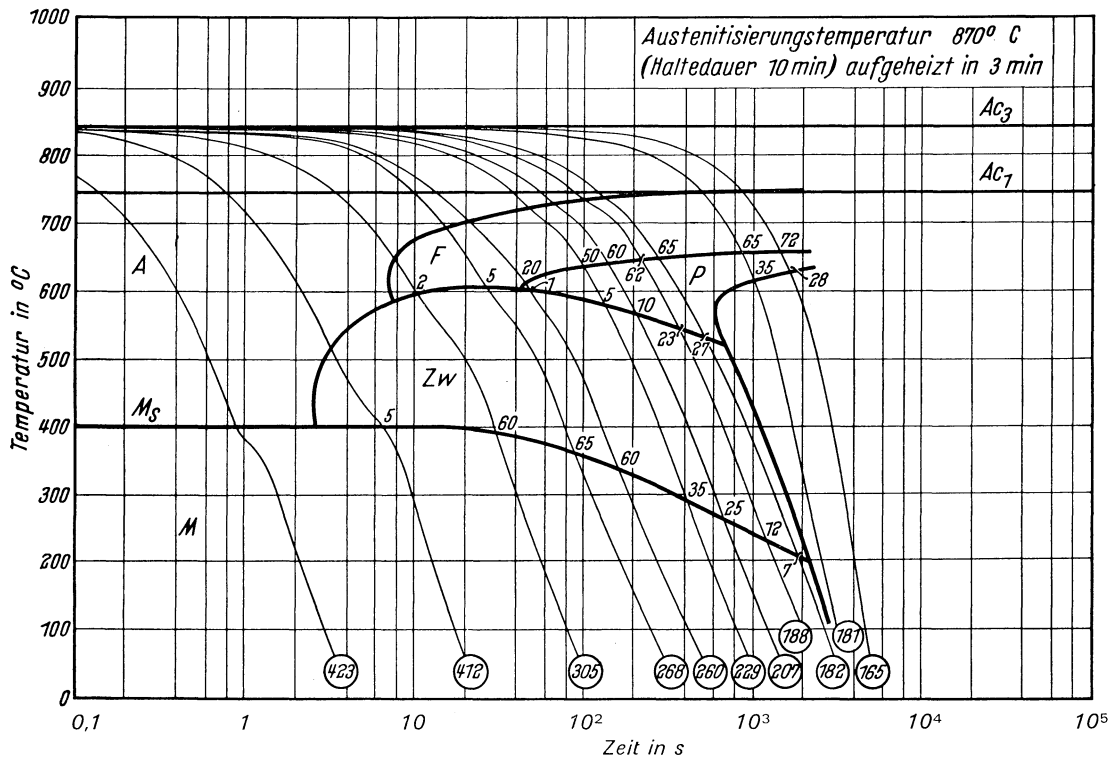
K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit
 K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
 K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohten Probe
(Randhärtheprüfung nach Teil I)



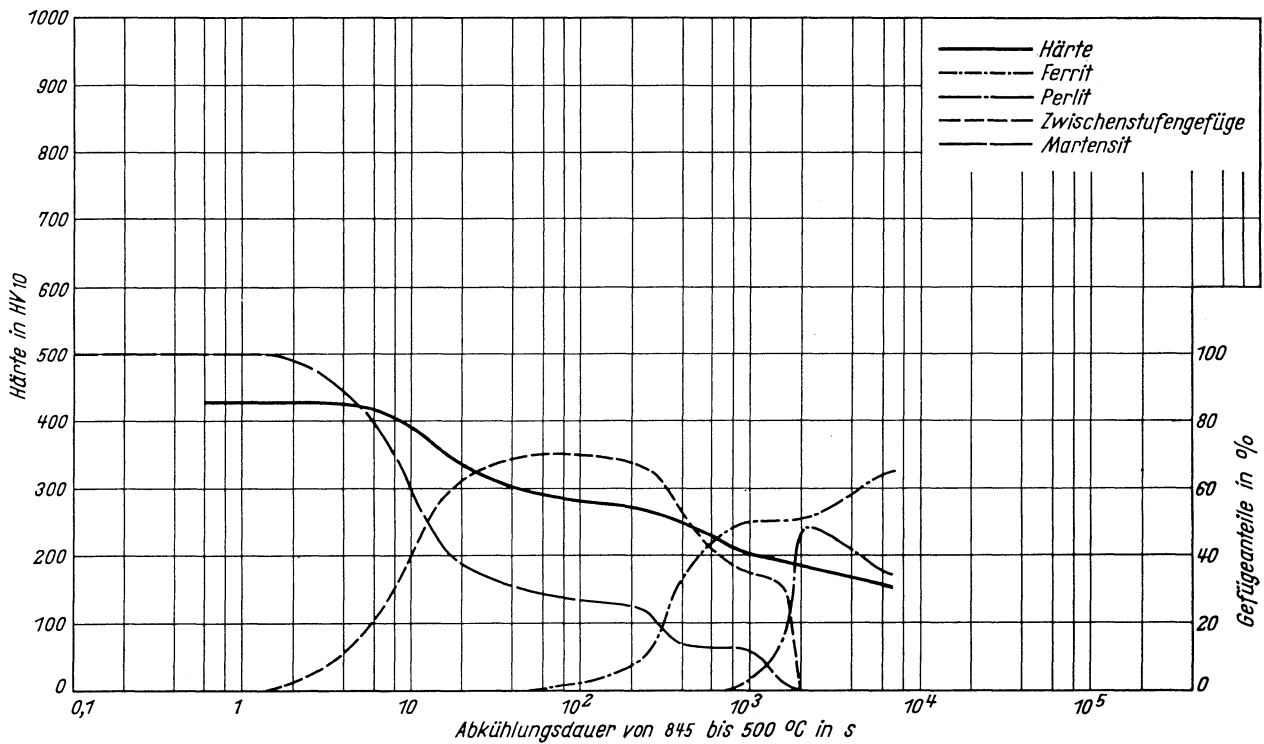
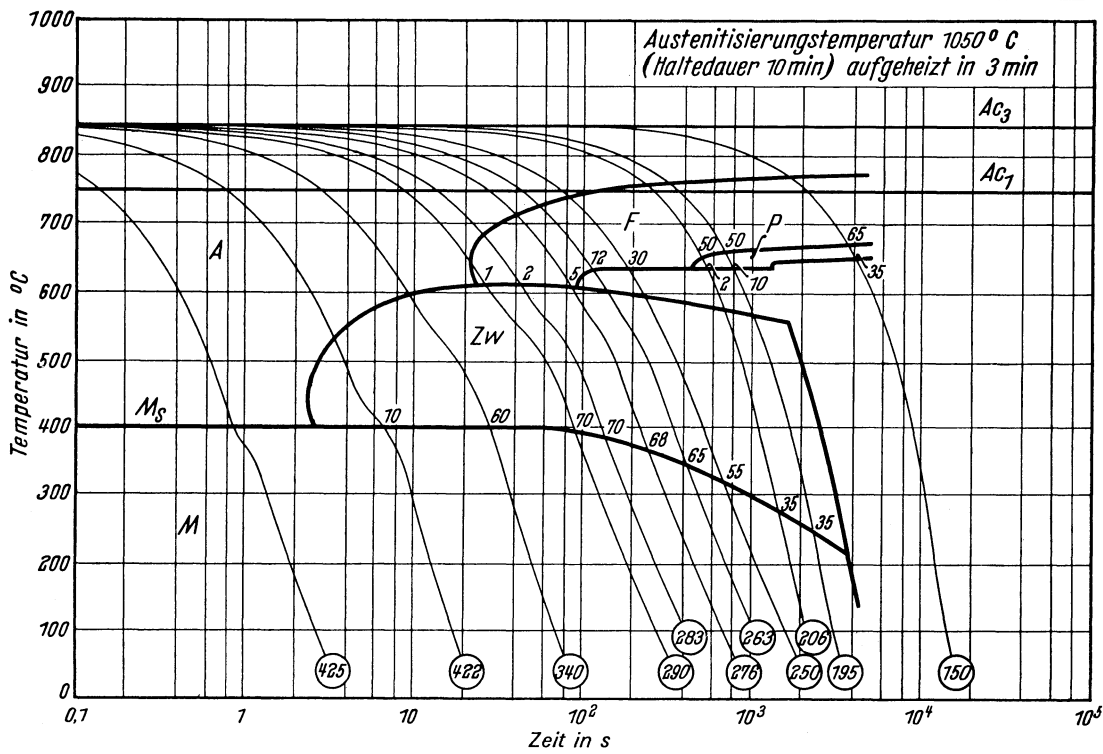
Zeit - Temperatur - Umwandlungs - Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al, ges.	Cr	Mo	Ni	V
	0,16	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,02	0,12	0,01

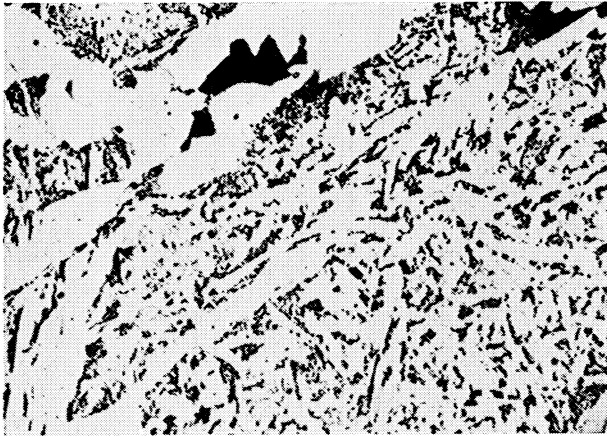


Zeit - Temperatur - Umwandlungs - Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al, ges.	Cr	Mo	Ni	V
	0,16	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,02	0,12	0,01



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



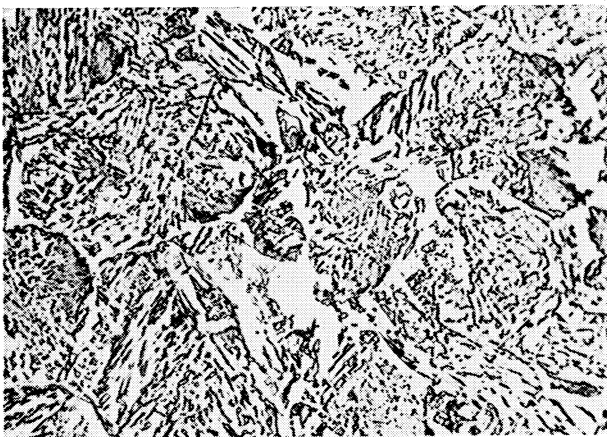
Ausgangszustand

500:1



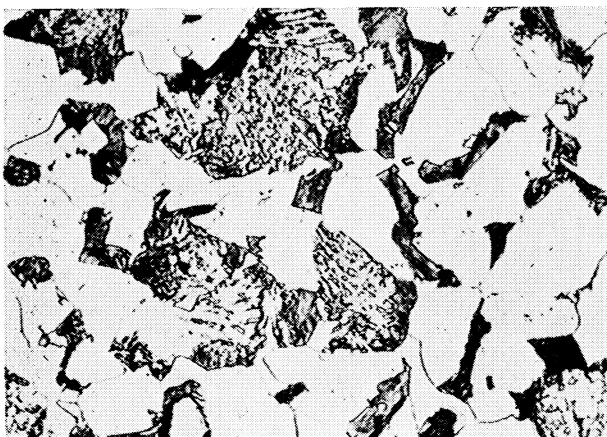
a) 870 °C 10 min/0,6 s →500 °C

500:1



b) 870 °C 10 min/55 s →500 °C

500:1



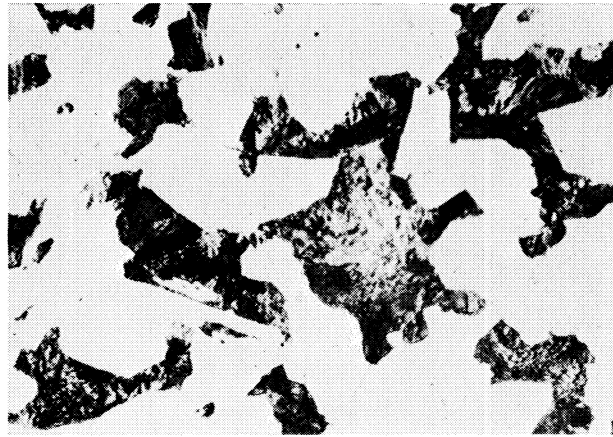
c) 870 °C 10 min/280 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

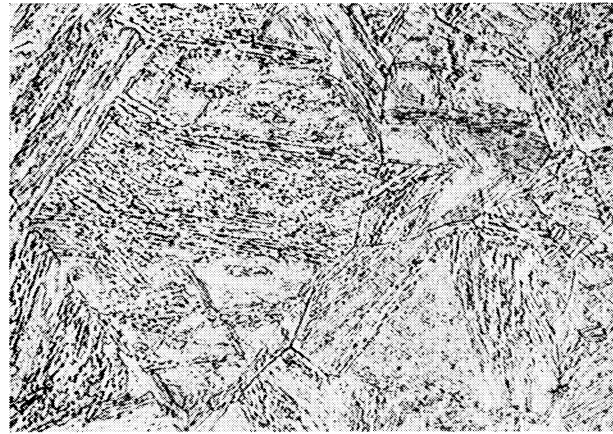
d) 870 °C 10 min/1400 s → 500 °C

500:1



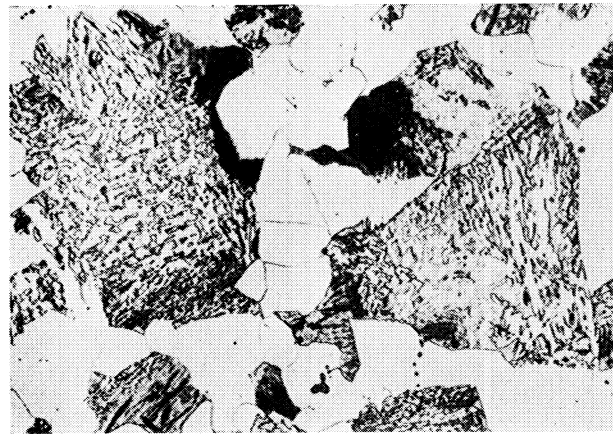
h) 1050 °C 10 min/18 s → 500 °C

500:1



i) 1050 °C 10 min/900 s → 500 °C

500:1



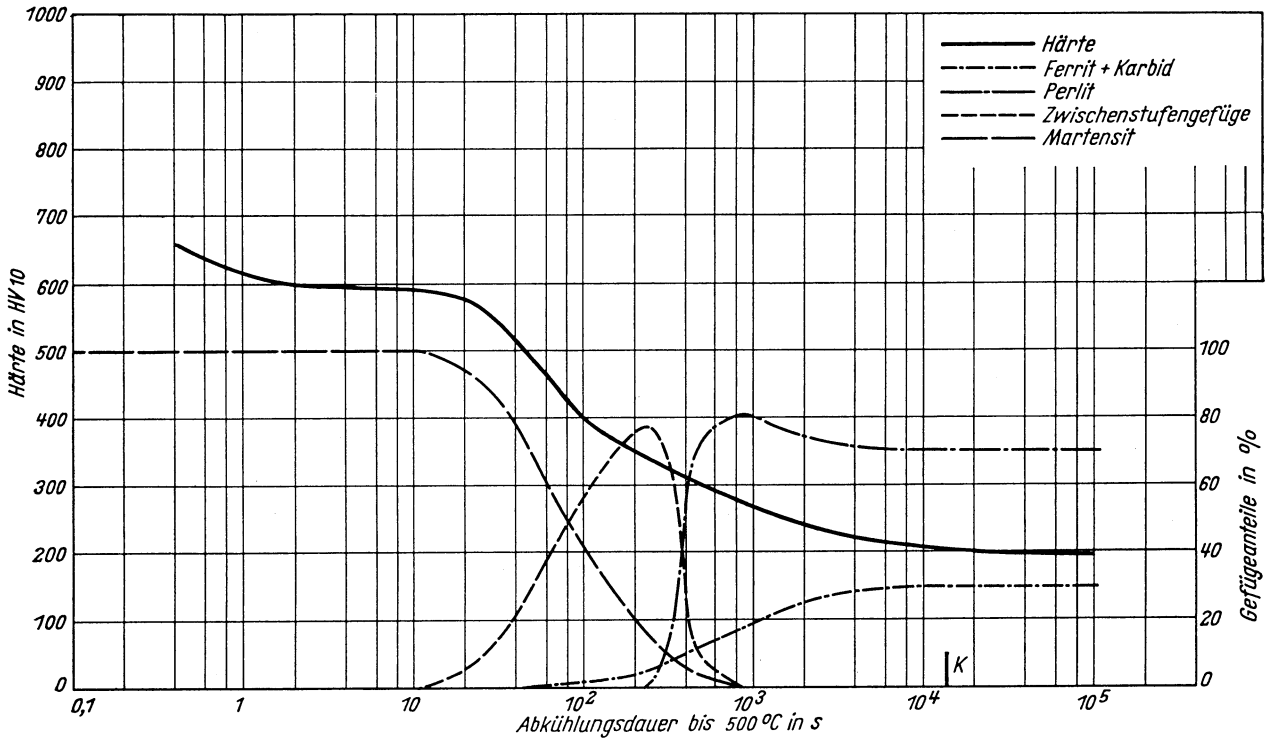
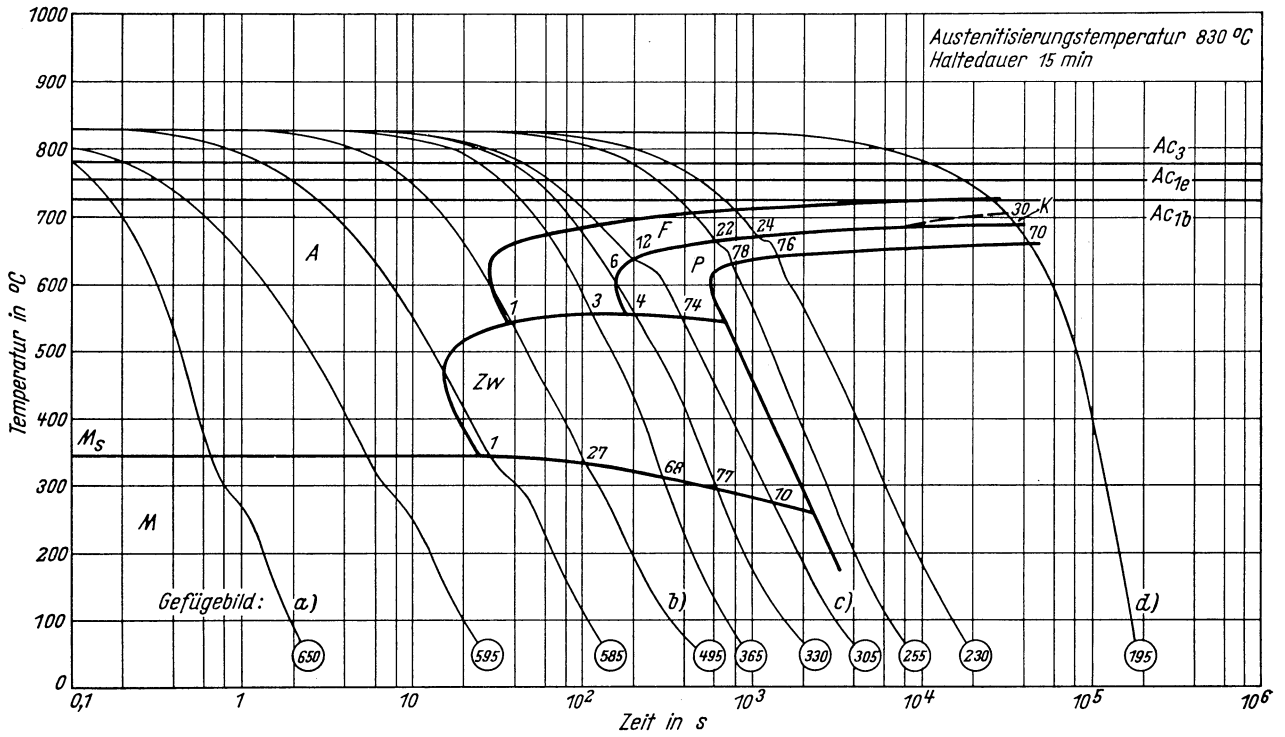
k) 1050 °C 10 min/7300 s → 500 °C

500:1



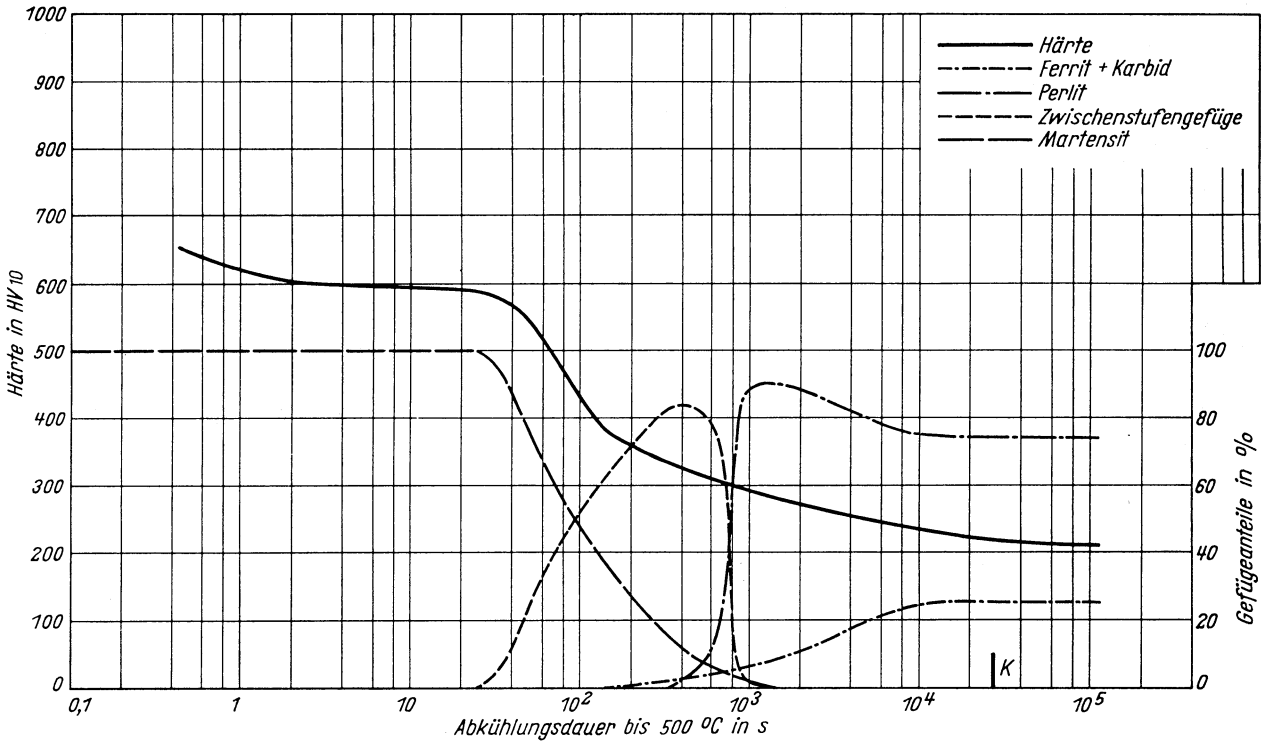
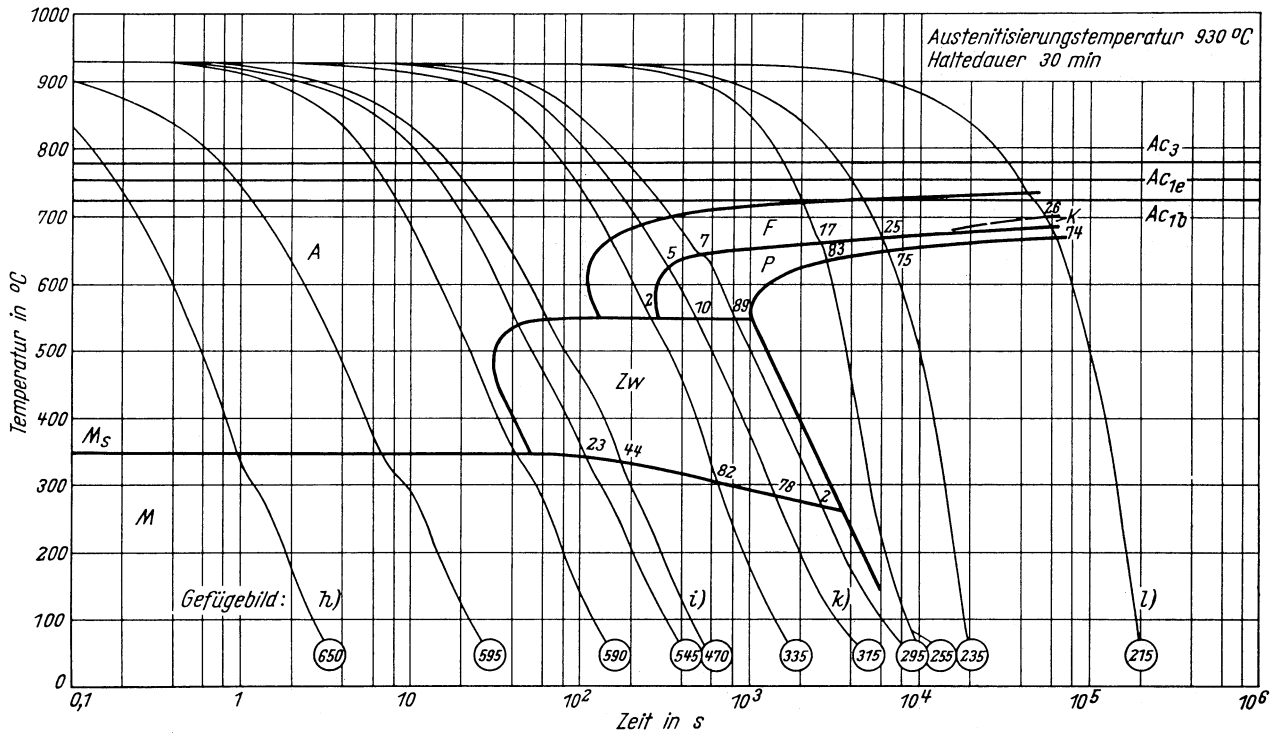
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,33	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	-	-

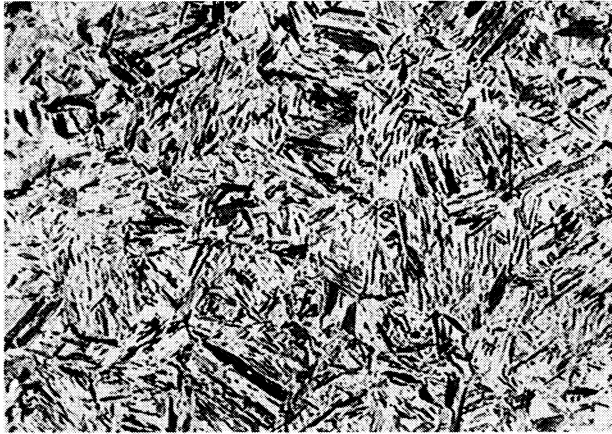


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		0,33	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



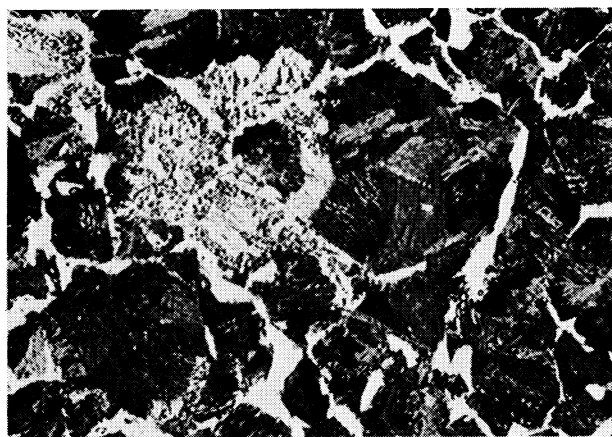
a) 830 °C 15 min/0,45 s → 500 °C

500:1



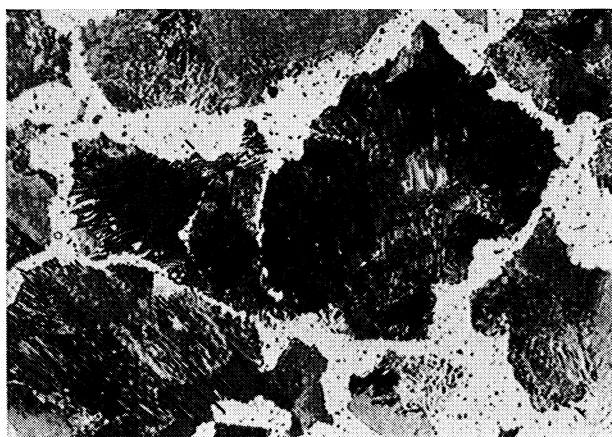
b) 830 °C 15 min/47 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/490 s → 500 °C

500:1



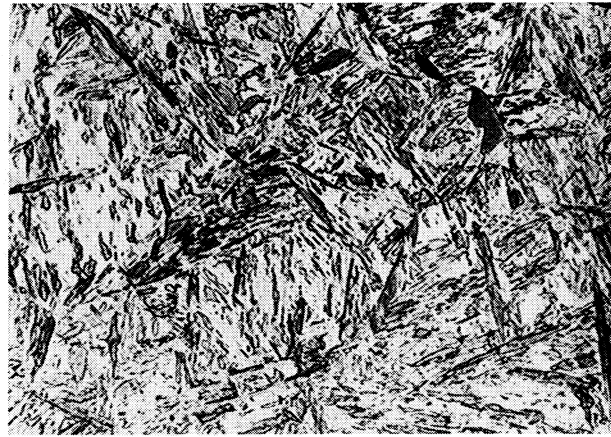
d) 830 °C 15 min/80000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/0,55 s → 500 °C

500:1



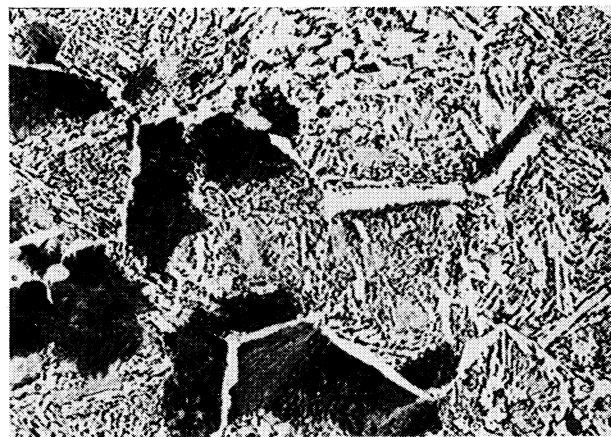
i) 930 °C 30 min/80 s → 500 °C

500:1



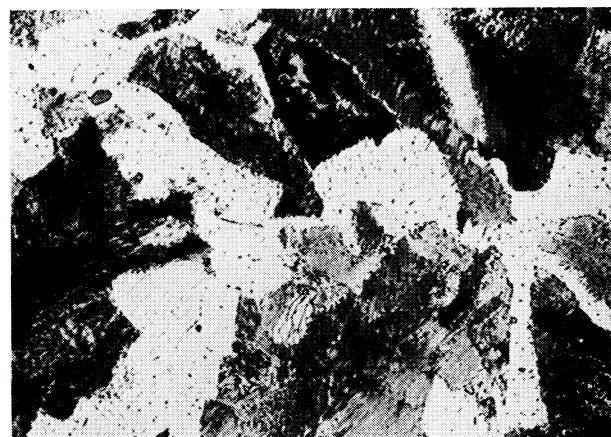
k) 930 °C 30 min/600 s → 500 °C

500:1



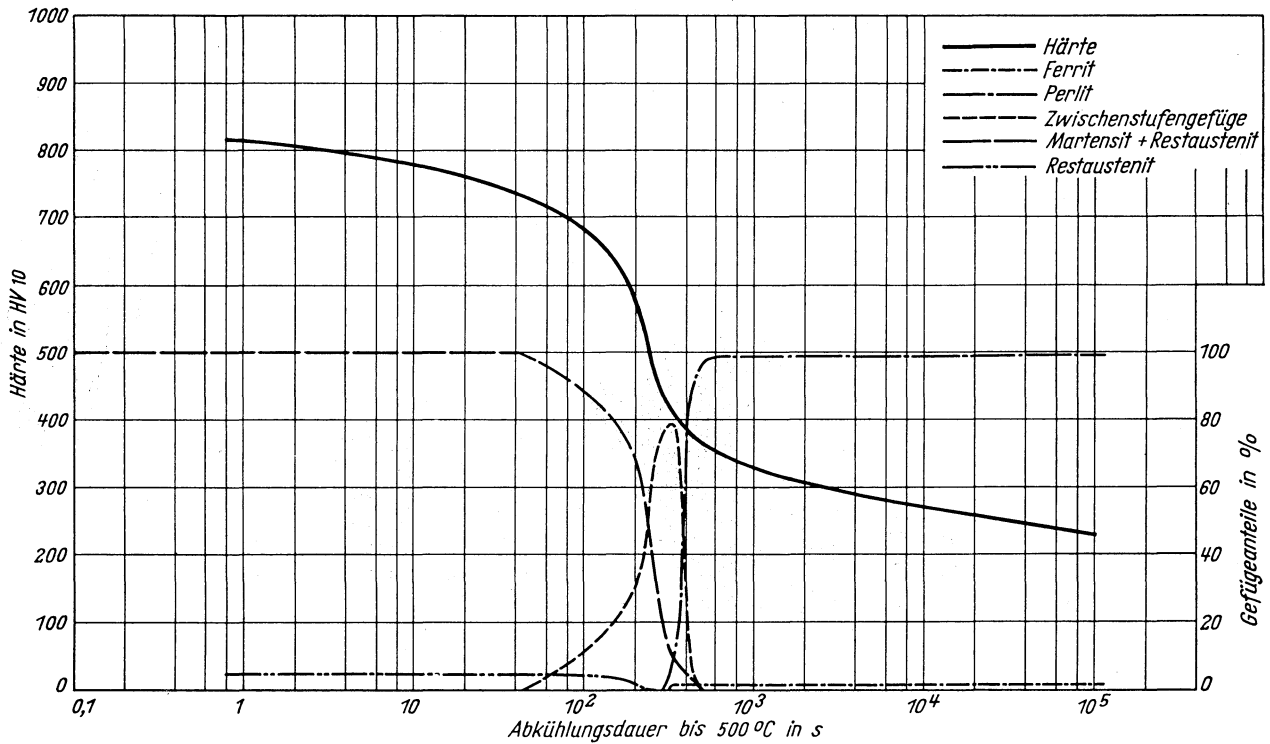
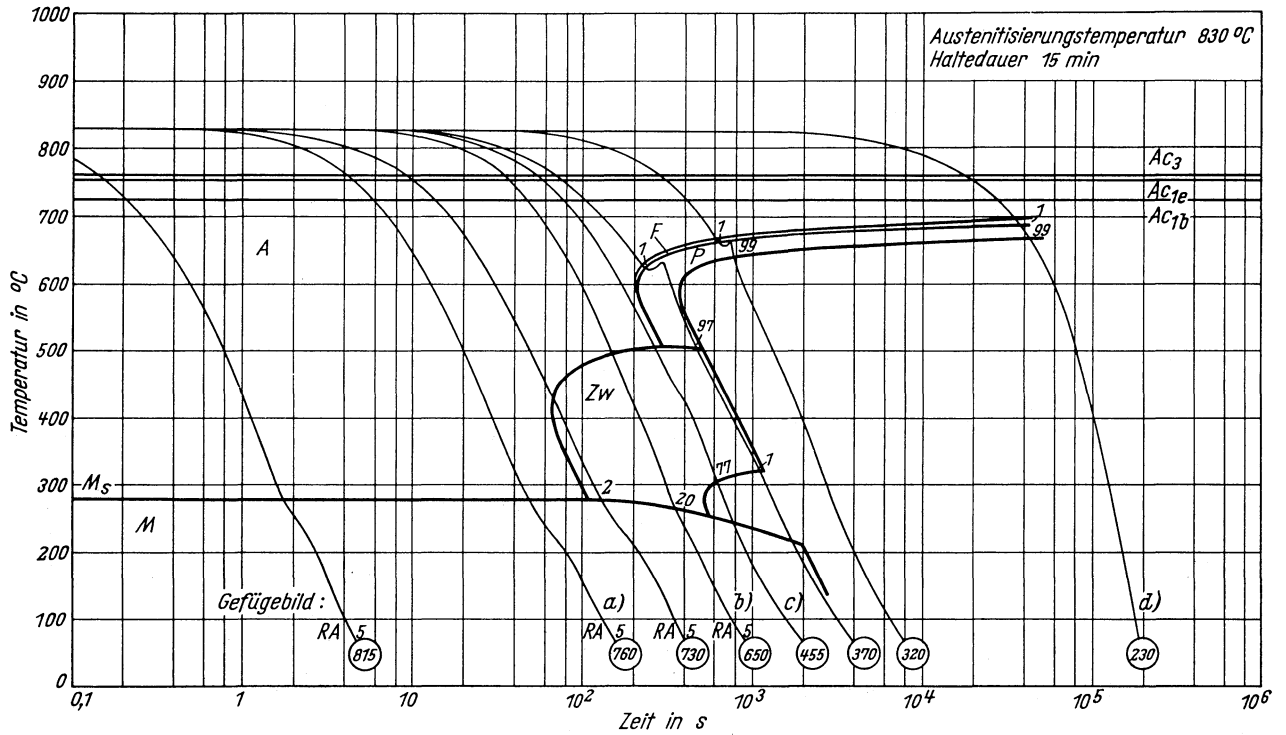
l) 930 °C 30 min/105 000 s → 500 °C

500:1

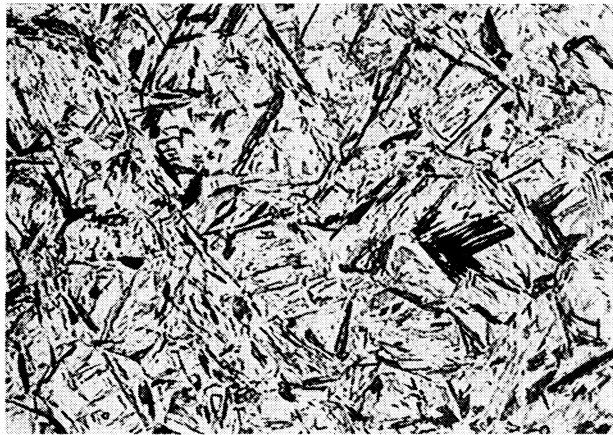


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,53	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	-	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



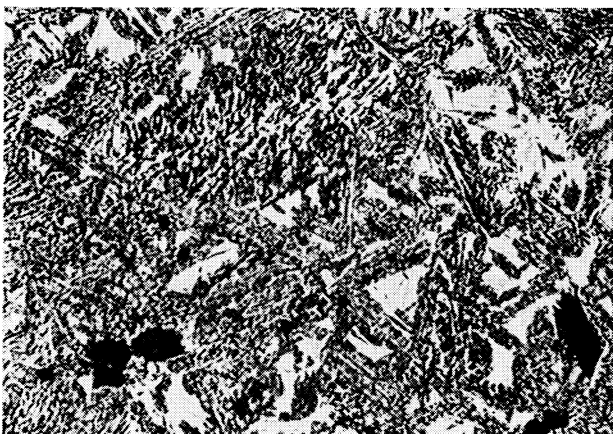
a) 830 °C 15 min/20 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/150 s → 500 °C

1000:1



c) 830 °C 15 min/280 s → 500 °C

500:1



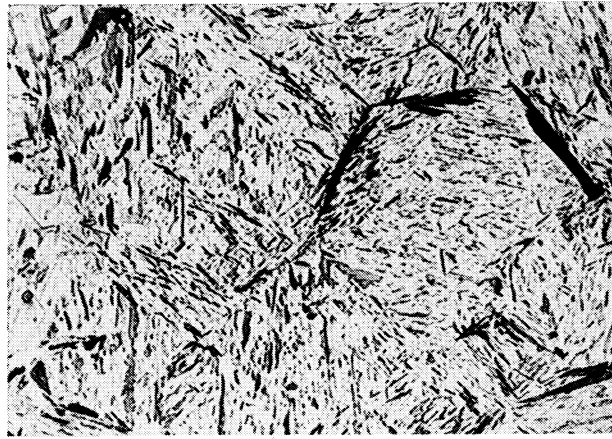
d) 830 °C 15 min/82000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

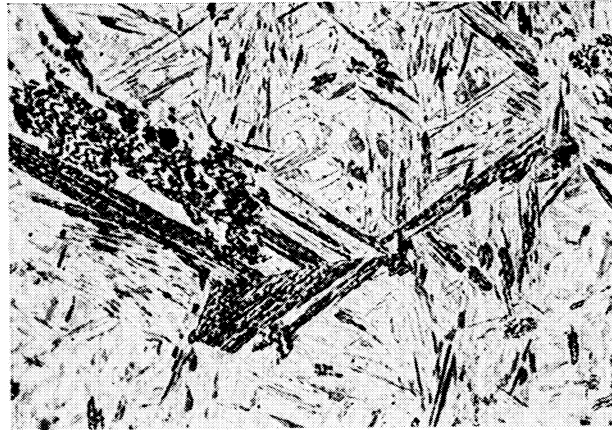
h) 930 °C 30 min/22 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/170 s → 500 °C

500:1



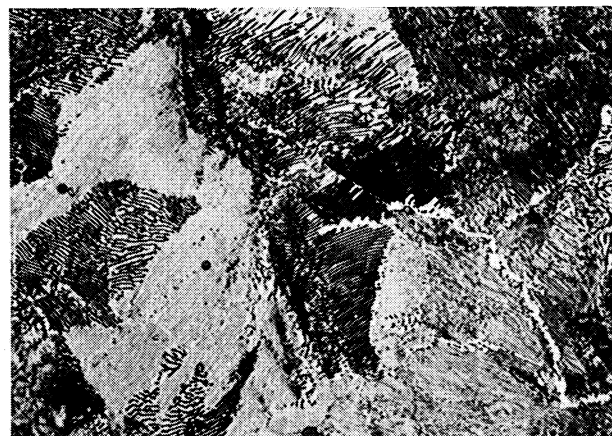
k) 930 °C 30 min/580 s → 500 °C

1000:1



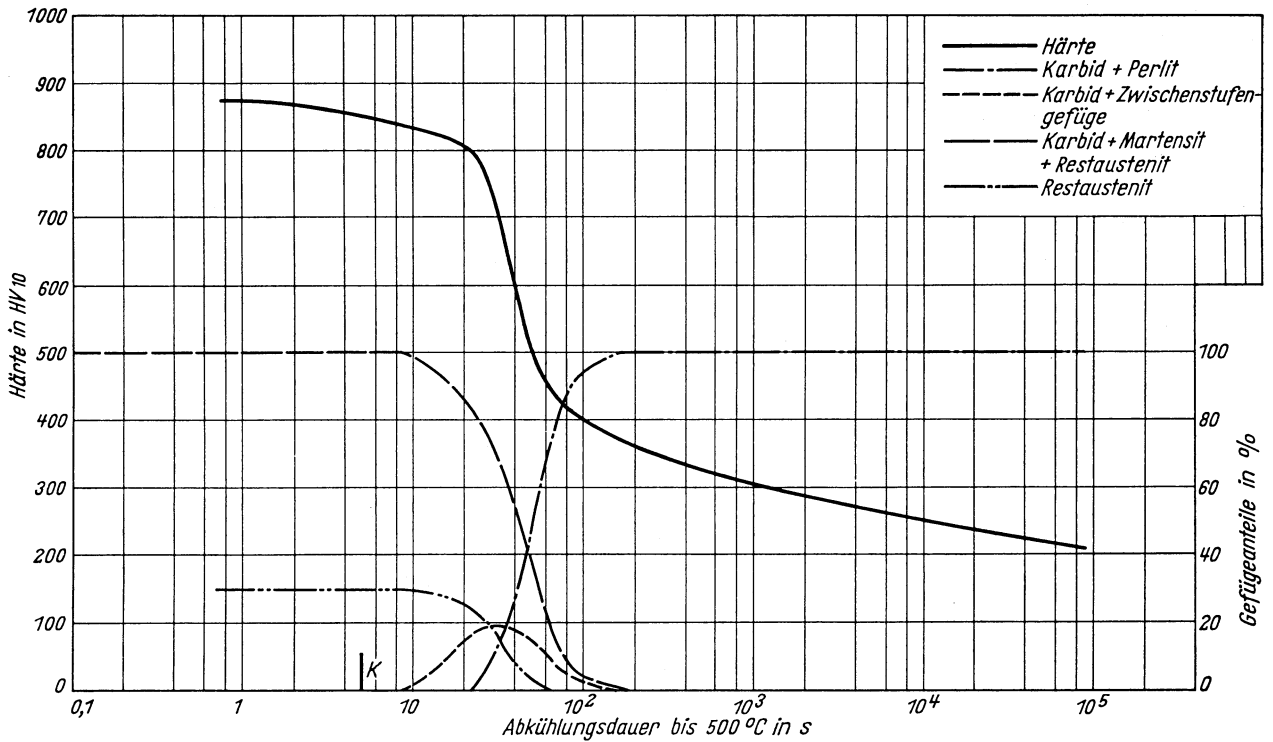
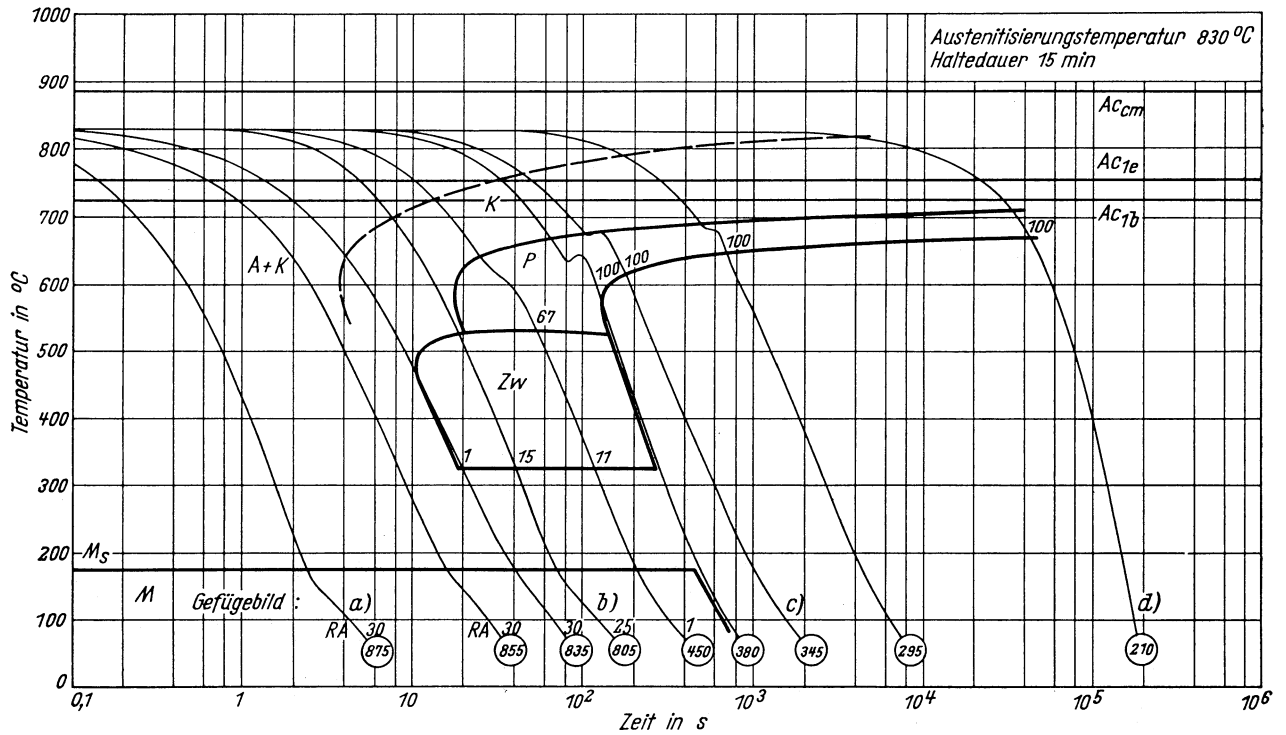
l) 930 °C 30 min/115 000 s → 500 °C

500:1



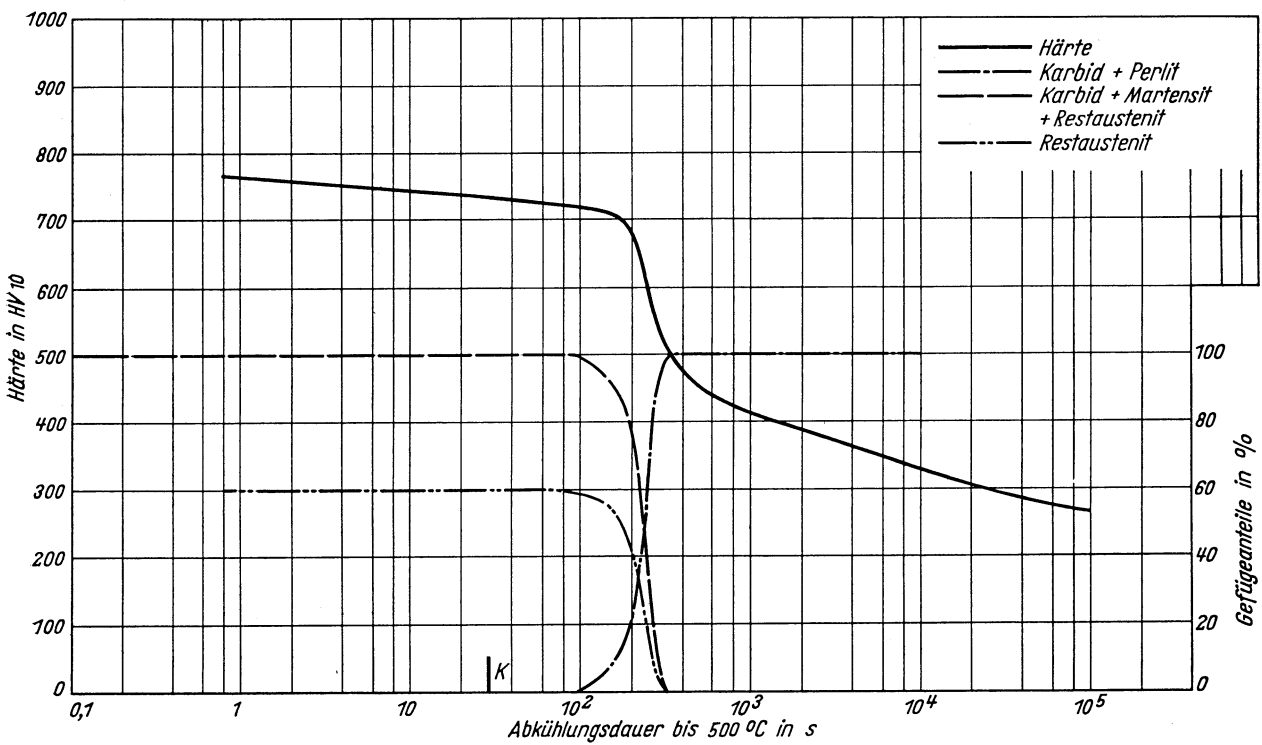
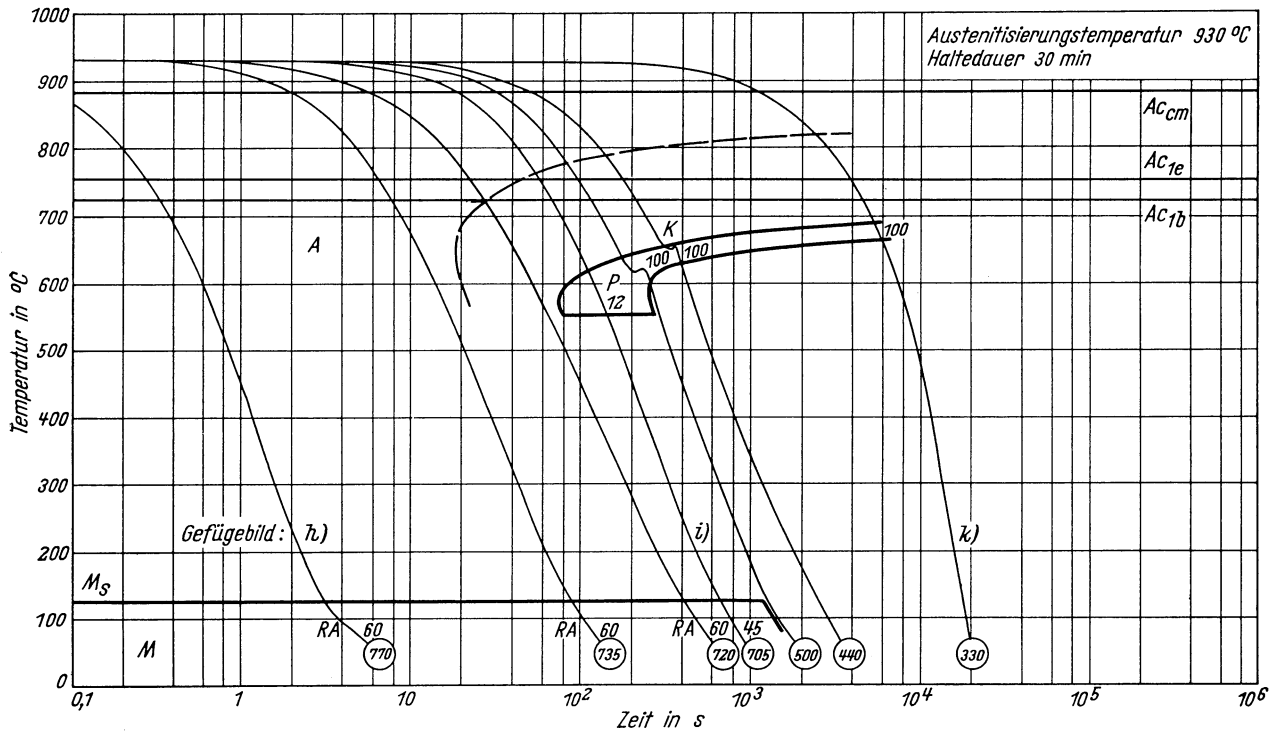
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	1,00	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	-	-

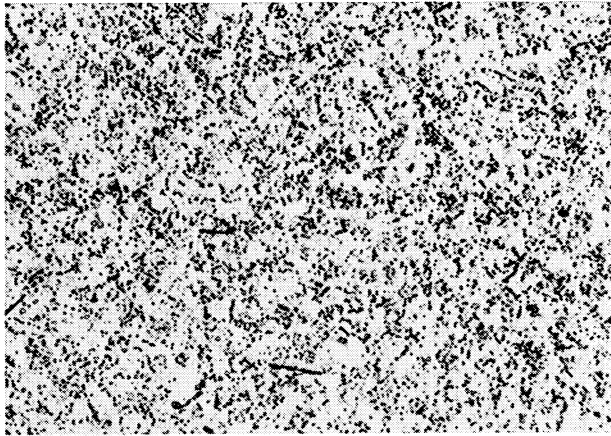


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	1,00	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	—	—

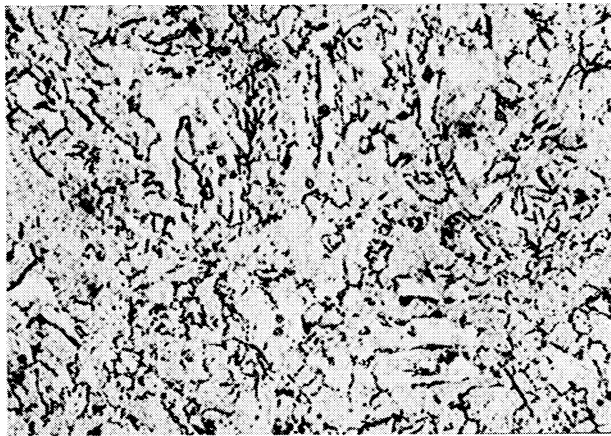


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



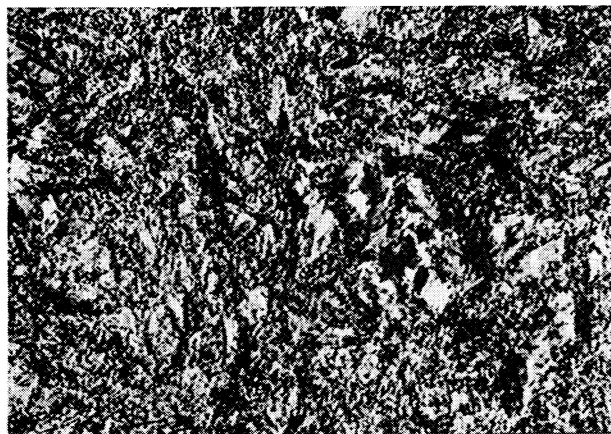
a) 830 °C 15 min/0,75 s →500 °C

500:1



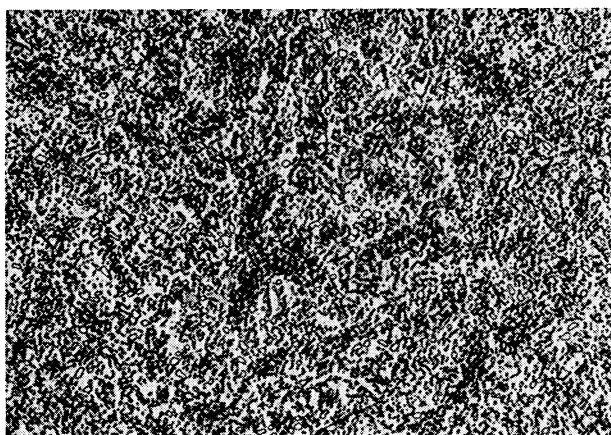
b) 830 °C 15 min/21 s →500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/270 s →500 °C

500:1



d) 830 °C 15 min/80000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

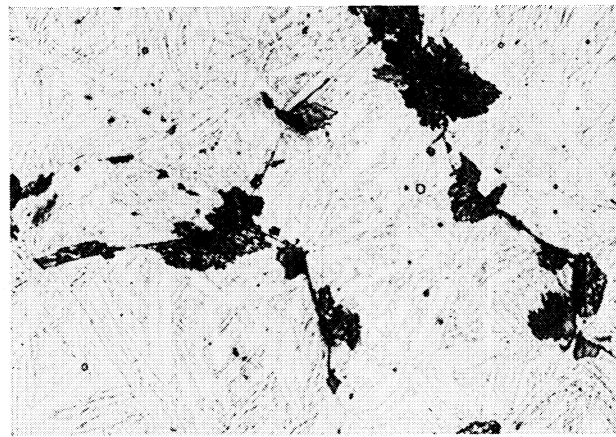
h) 930 °C 30 min/0,85 s → 500 °C

500:1



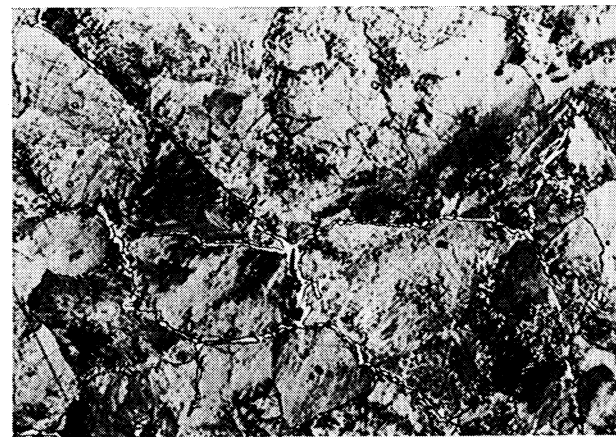
i) 930 °C 30 min/170 s → 500 °C

500:1



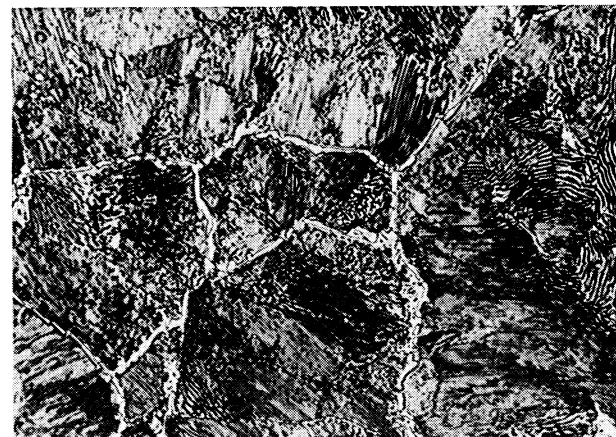
k) 930 °C 30 min/9500 s → 500 °C

500:1



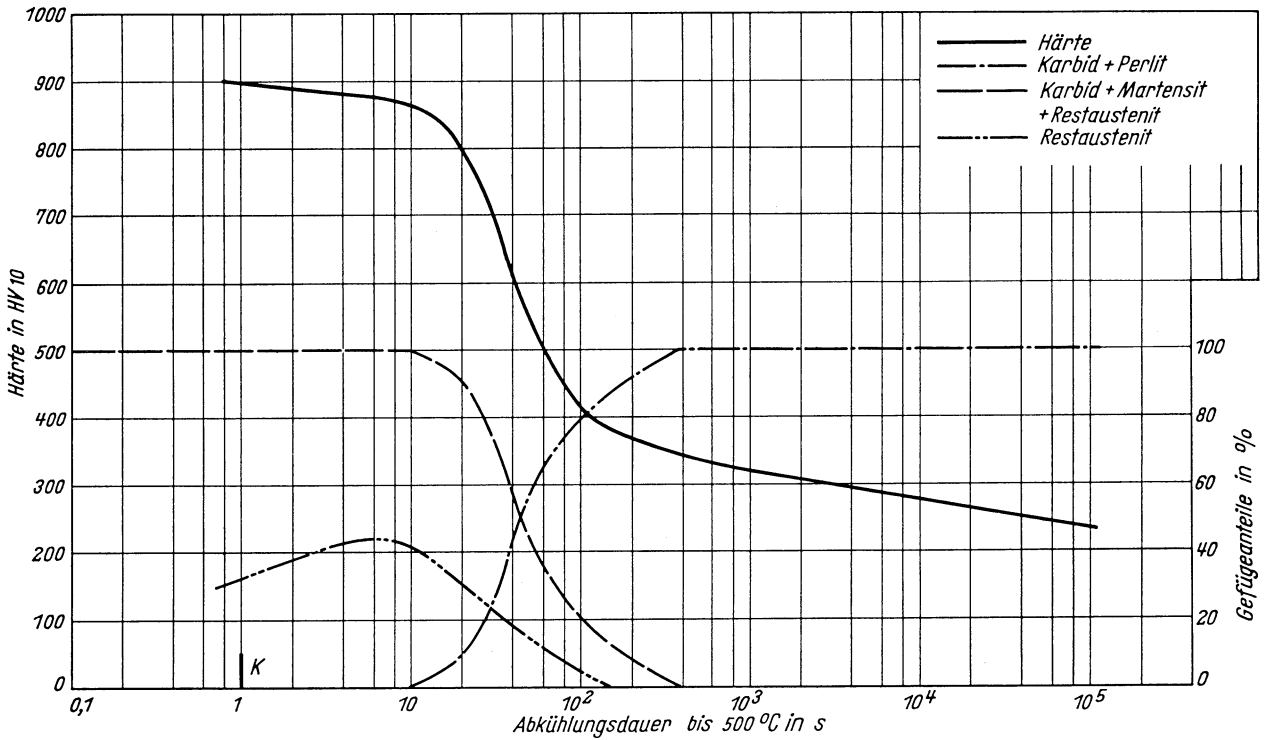
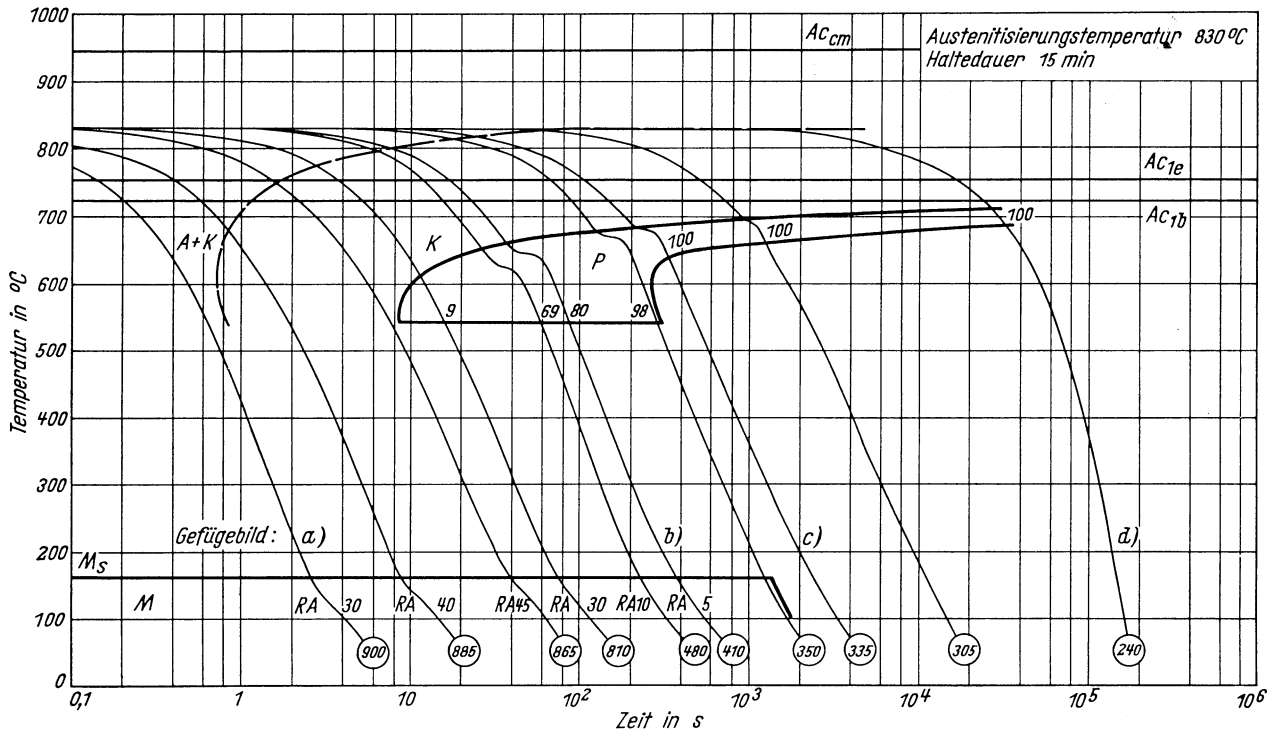
l) 930 °C 30 min/100000 s → 500 °C

500:1

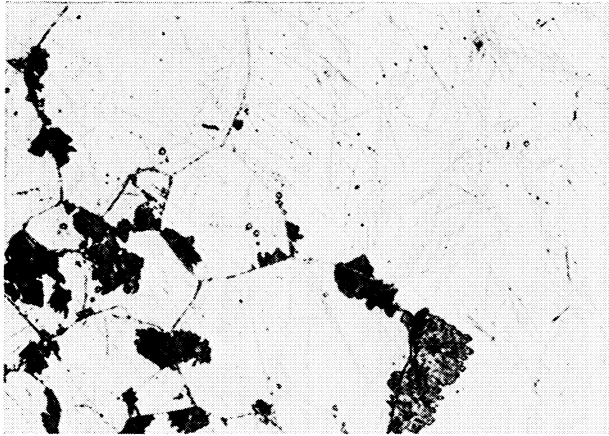


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
		1,20	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	—

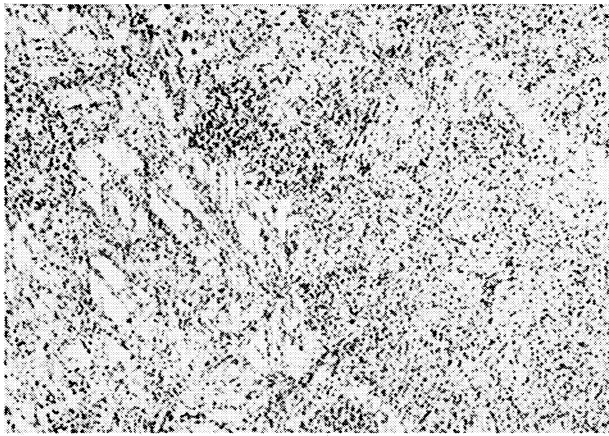


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



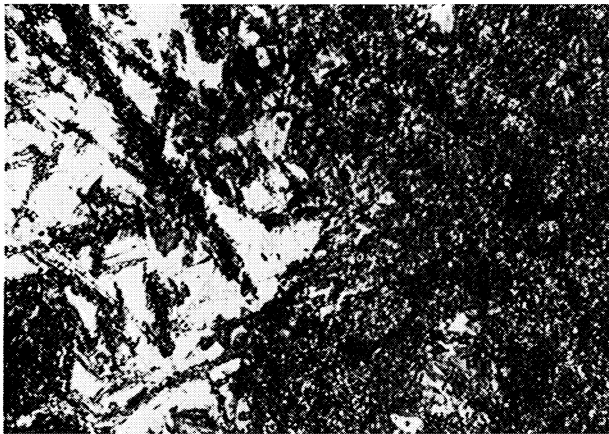
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/0,72 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/100 s → 500 °C

500:1



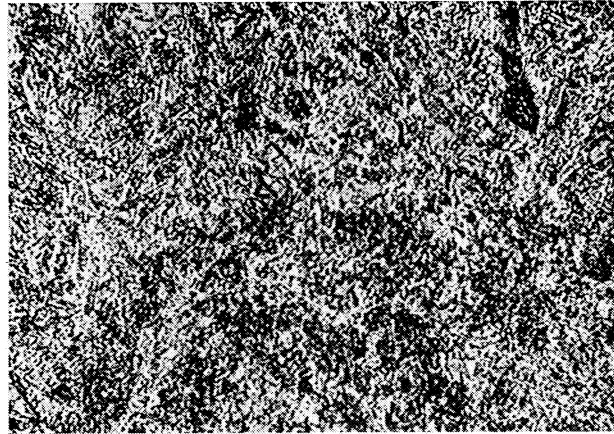
c) 830 °C 15 min/570 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

d) 830 °C 15 min/75 000 s → 500 °C

500:1



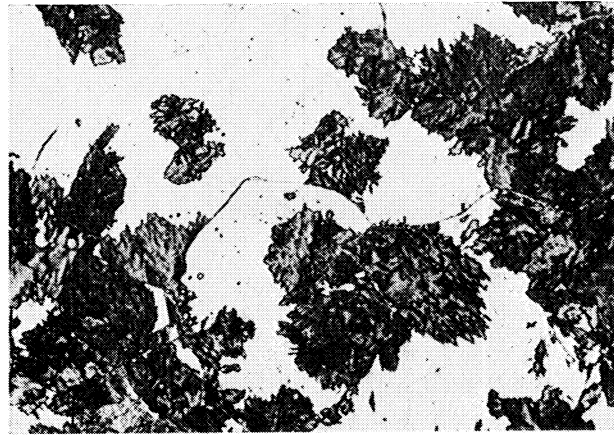
h) 930 °C 30 min/0,9 s → 500 °C

500:1



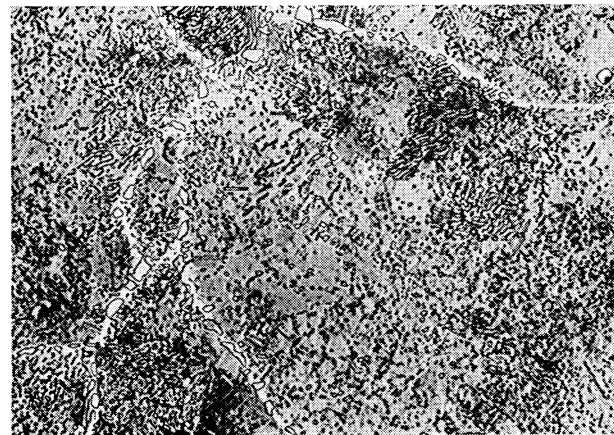
i) 930 °C 30 min/190 s → 500 °C

500:1



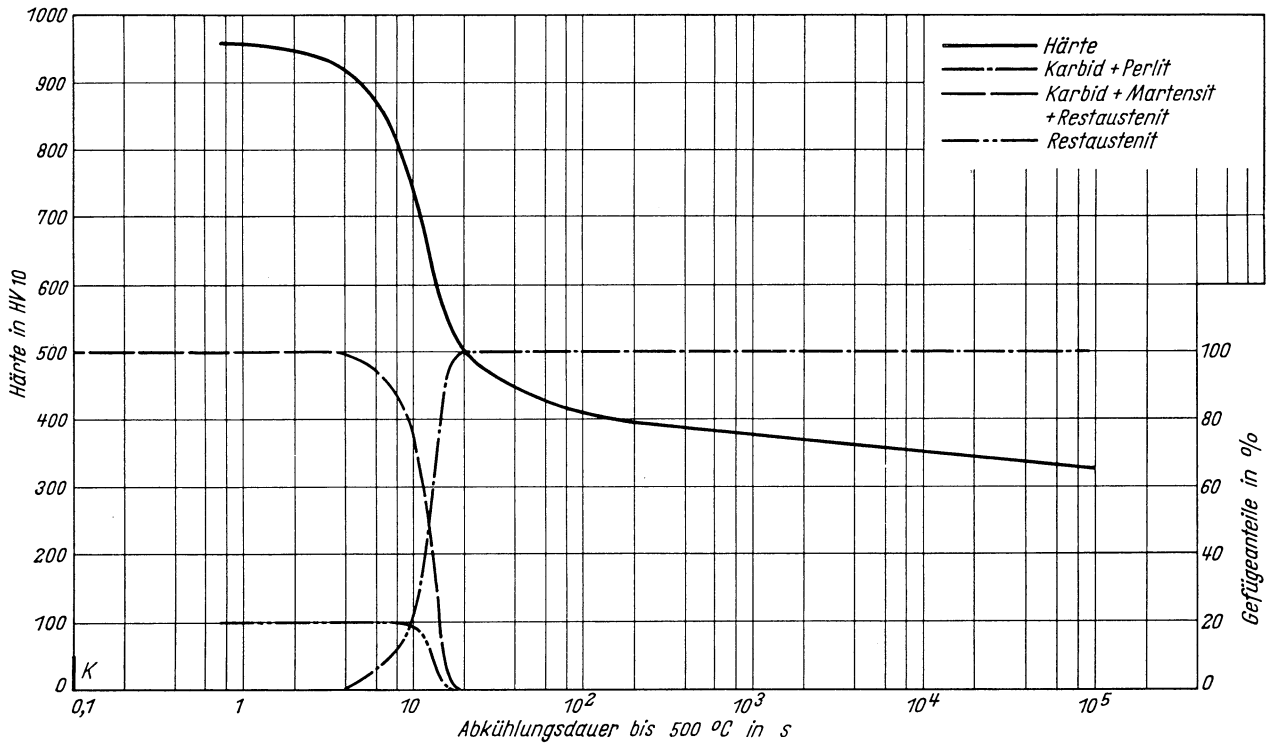
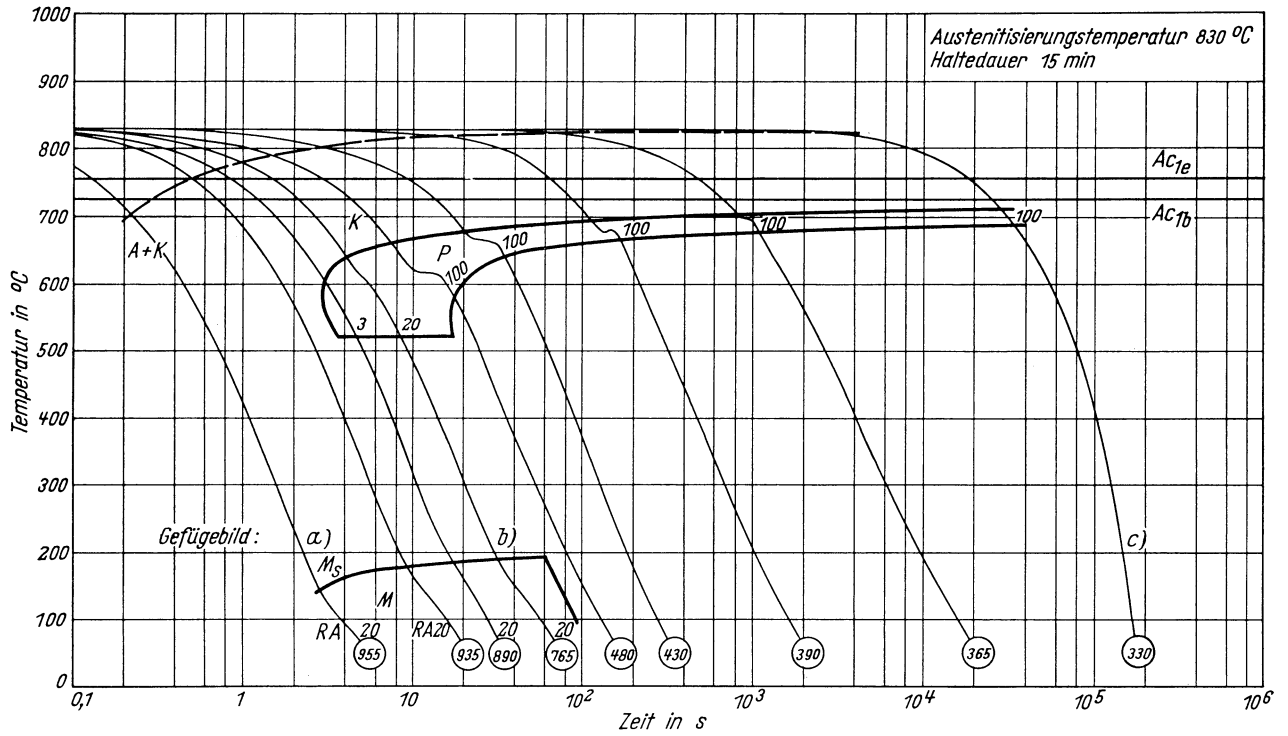
k) 930 °C 30 min/100 000 s → 500 °C

500:1



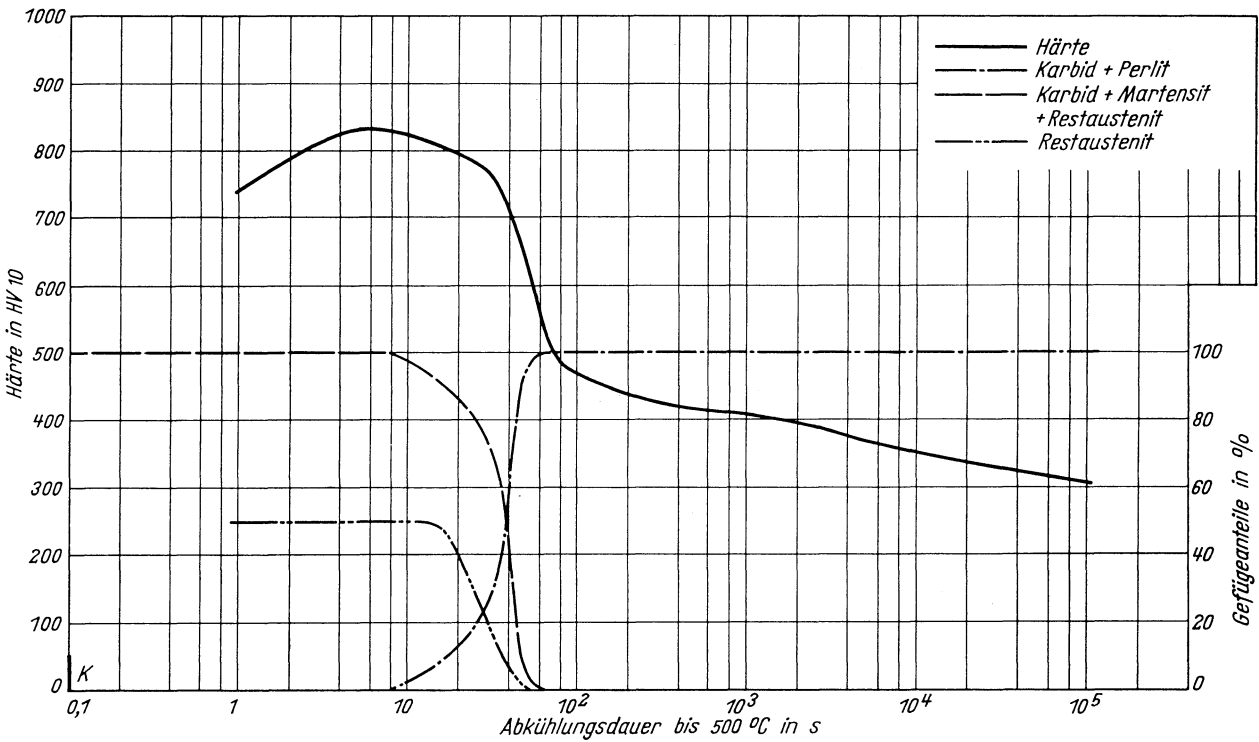
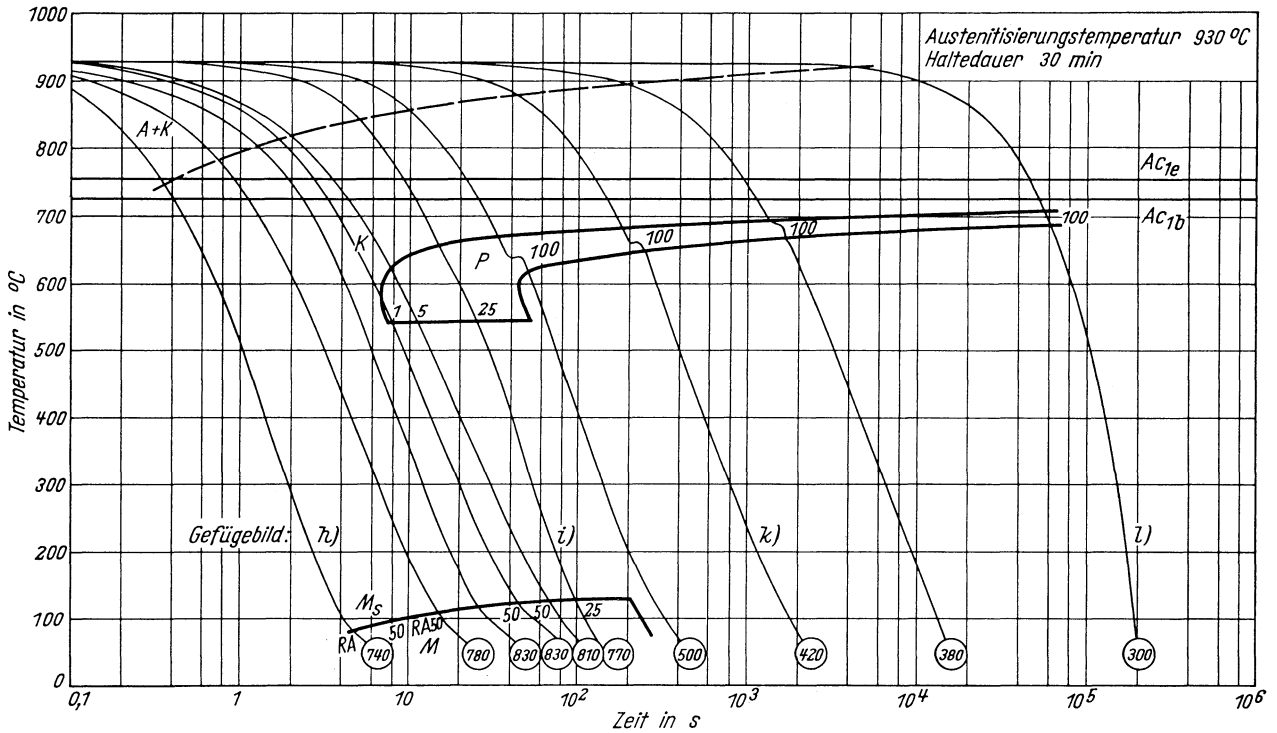
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	3,00	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	-	-

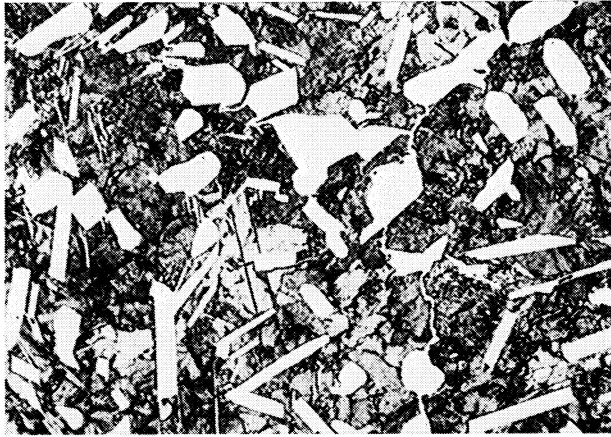


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	3,00	0,22	1,12	0,030	0,008	0,015	0,99	0,22	0,02	0,12	-	-

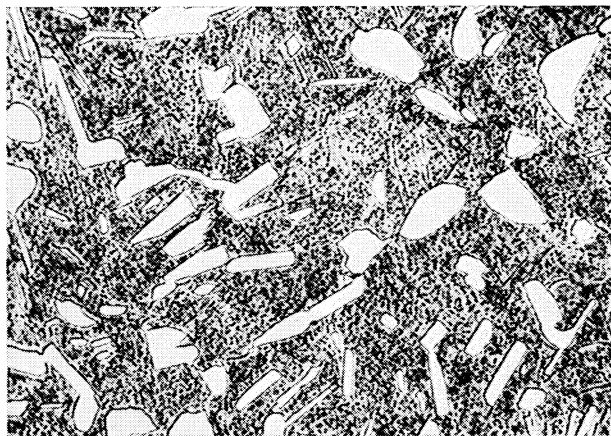


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



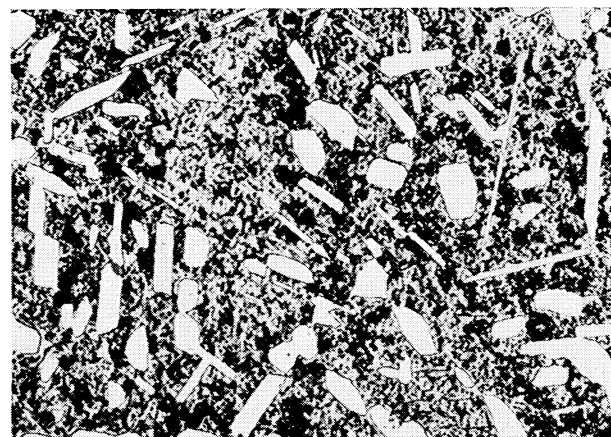
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/0,73 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/9,3 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/82000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

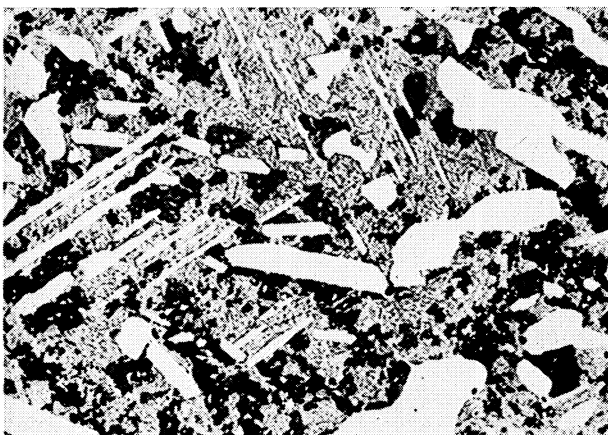
h) 930 °C 30 min/1,0 s → 500 °C

500:1



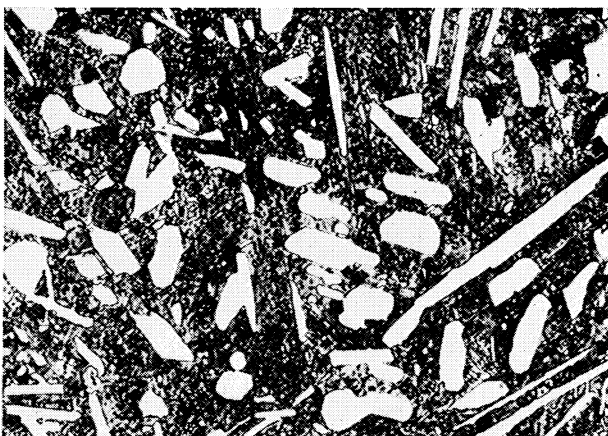
i) 930 °C 30 min/30 s → 500 °C

500:1



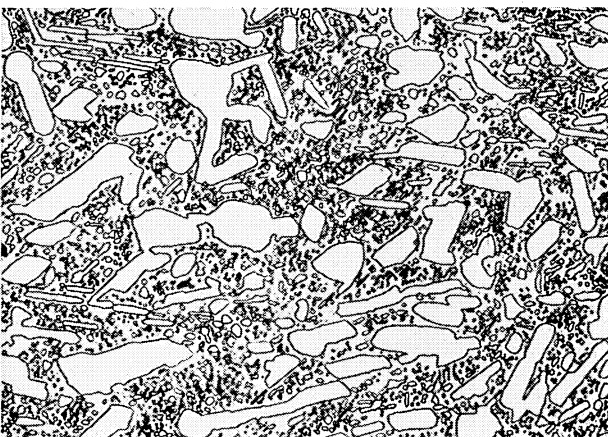
k) 930 °C 30 min/400 s → 500 °C

500:1



l) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17006)

Stoffnummer nach DIN 17007: 1.5919

Einsatzstahl nach DIN 17210

Chemische Zusammensetzung in %

		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni
Sollwerte	mindestens	0,12	0,15	0,40				1,40			1,40
	höchstens	0,17	0,40	0,60	0,035	0,035		1,70			1,70
untersuchte Schmelze		0,13	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Elektro-Ofen

Verarbeitung: Geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Blindhärten	Einfachhärten	Kernhärten	Anlassen auf
850 – 870 °C	840 – 870 °C	800 – 830 °C	170 – 210 °C

Kenngößen für das Umwandlungsverhalten

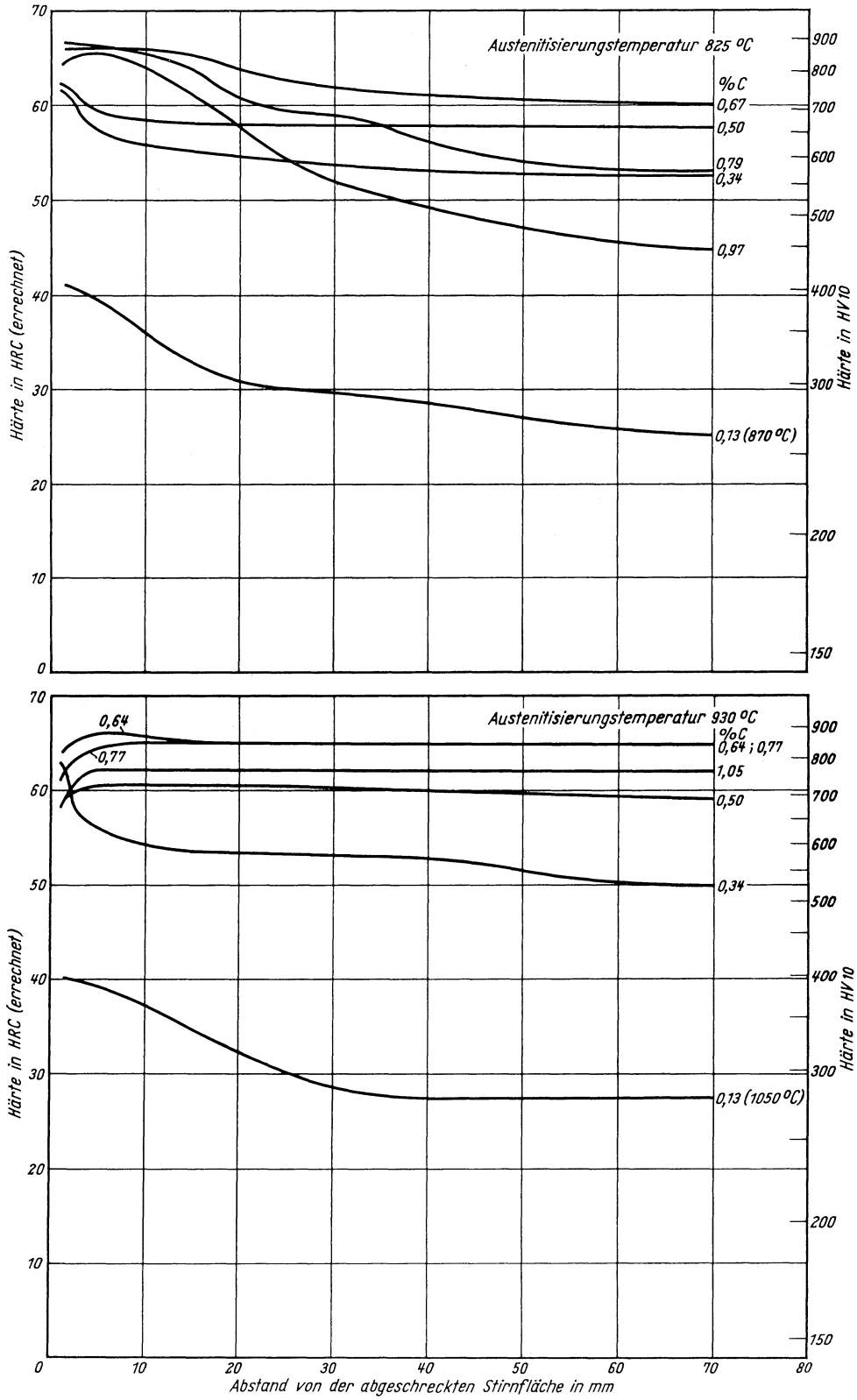
Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p	
15 CrNi 6	0,13	735	n. b.	820	–	L.Z.		n. b.				
						870	A	8	1,2 ¹⁾	36 ¹⁾	2500 ¹⁾	440
15 CrNi 6 aufgekühlt	0,32	725	730	795	–	A.Z.		3, 4	2,9 ²⁾	145 ²⁾	12000 ²⁾	440
						830	A	7, 8	30	500	4500	340
15 CrNi 6 aufgekühlt	0,50	720	765	780	–	930	A	4, 5	40	800	6500	340
						A.Z.		5				
15 CrNi 6 aufgekühlt	0,97	710	775	–	915	830	A	7, 8	80	600	2200	270
						930	A	5, 6	200	700	2800	270
15 CrNi 6 aufgekühlt	1,07	710	775	–	980	A.Z.		n. b.				
						830	A + K	n. b.	24	180	750	160
15 CrNi 6 aufgekühlt	2,60	710	760	–	> 1050	930	A	7, 8, wenige 6	260	260	1800	115
						A.Z.		4, 5, 6				
15 CrNi 6 aufgekühlt	1,07	710	775	–	980	830	A + K	4, 5, 6	14	120	750	150
						930	A + K	4, 5, 6	260	260	1800	115
15 CrNi 6 aufgekühlt	2,60	710	760	–	> 1050	A.Z.		0, 1				
						830	A + K	n. b.	40	40	500	< 150
						930	A + K	1, 2, wenige 0	240	240	1200	< 85

¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C
²⁾ gezählt von 930 °C

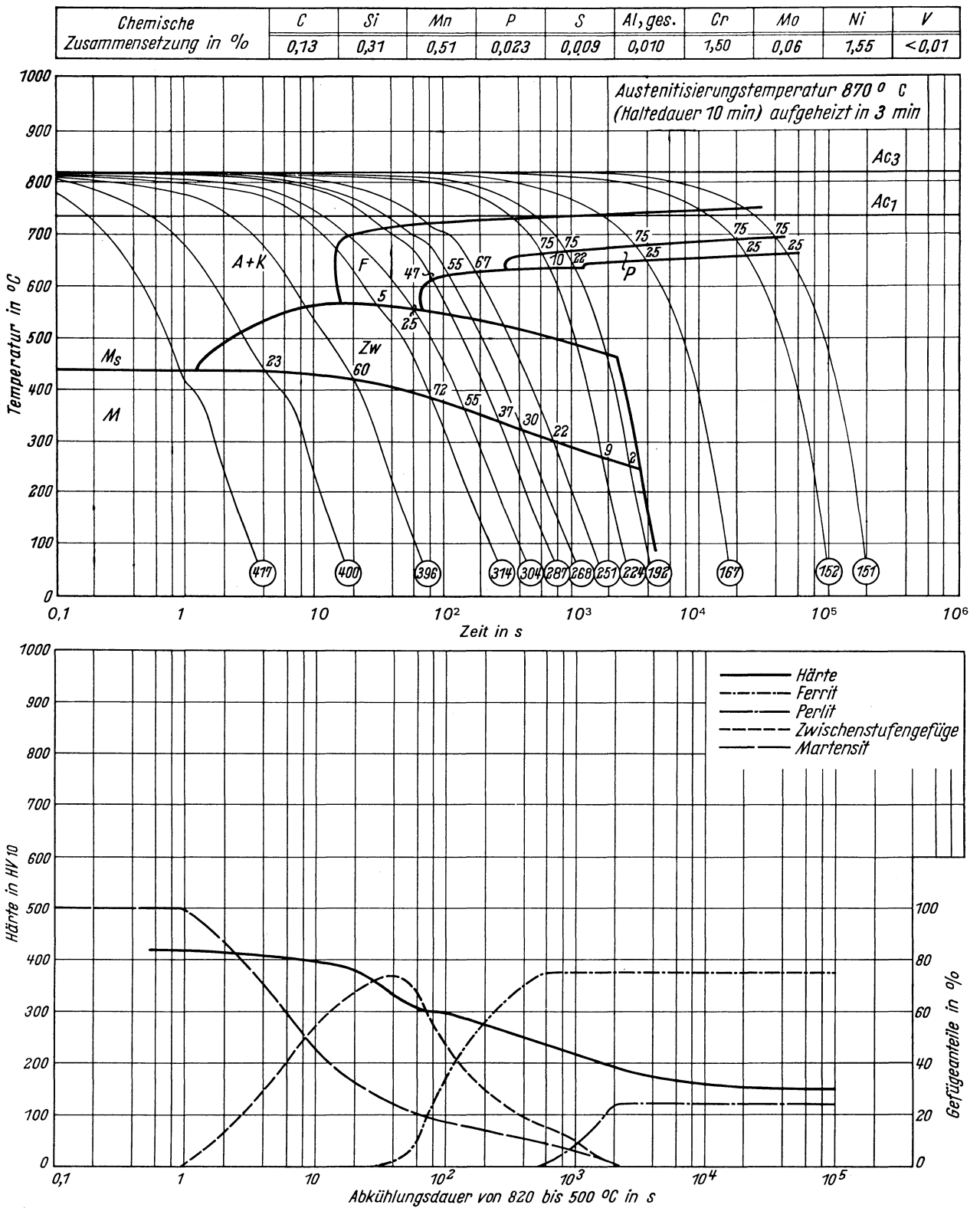
L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkohlungszustand

K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit
K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekochten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)

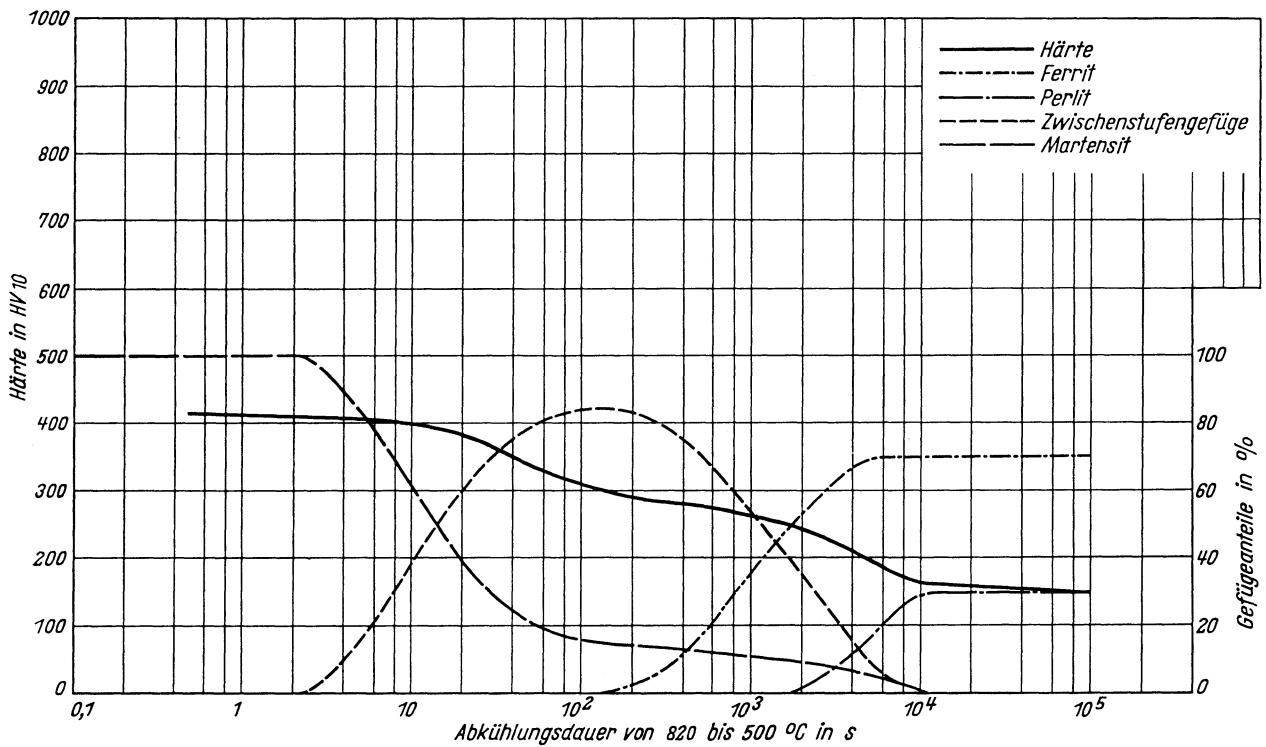
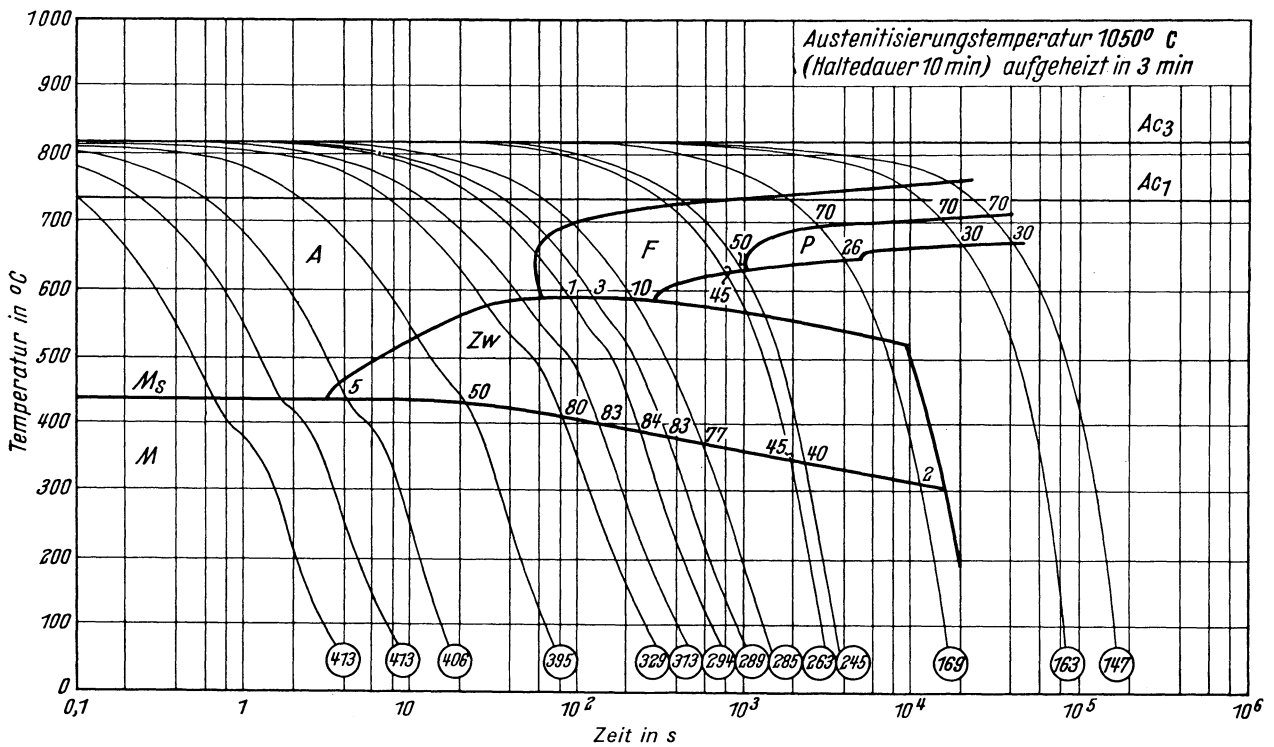


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

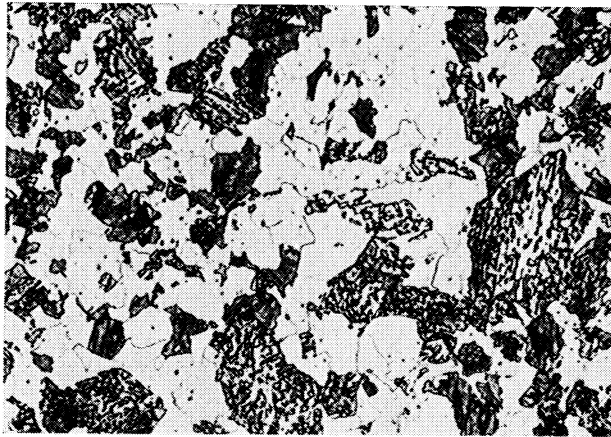


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al, ges.	Cr	Mo	Ni	V
	0,13	0,31	0,51	0,023	0,009	0,070	1,50	0,06	1,55	<0,01

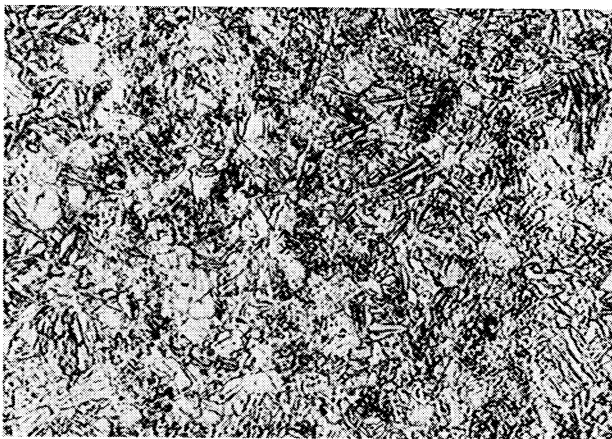


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



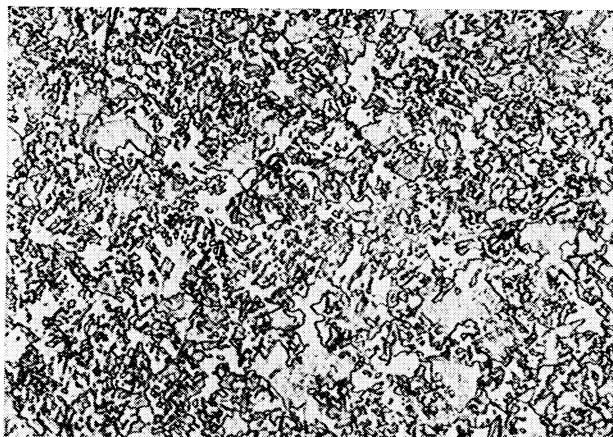
Ausgangszustand

500:1



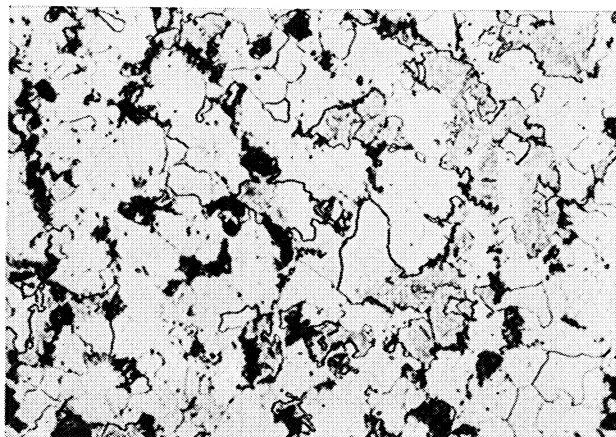
a) 870 °C 10 min/0,6 s → 500 °C

500:1



b) 870 °C 10 min/83 s → 500 °C

500:1



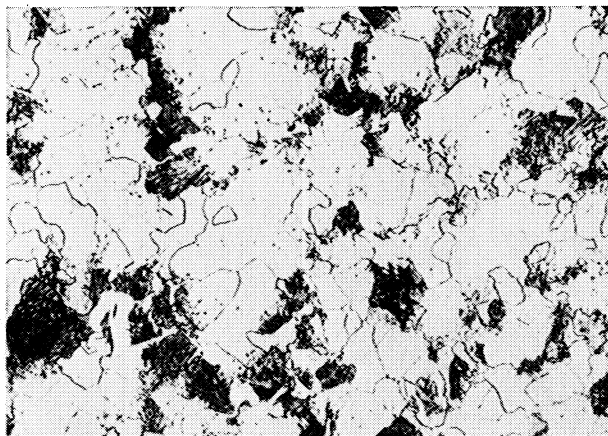
c) 870 °C 10 min/1150 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

d) 870 °C 10 min/7500 s → 500 °C

500:1



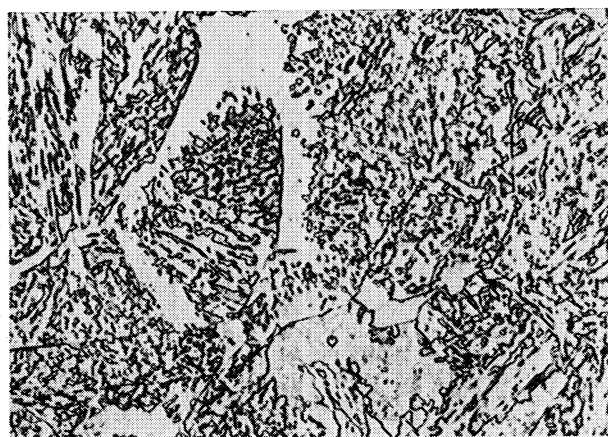
h) 1050 °C 10 min/14 s → 500 °C

500:1



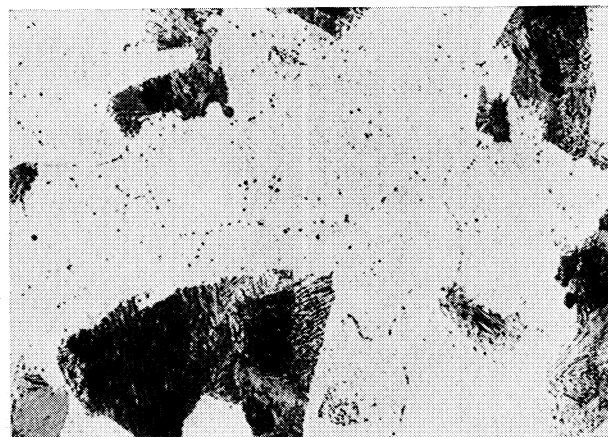
i) 1050 °C 10 min/360 s → 500 °C

500:1



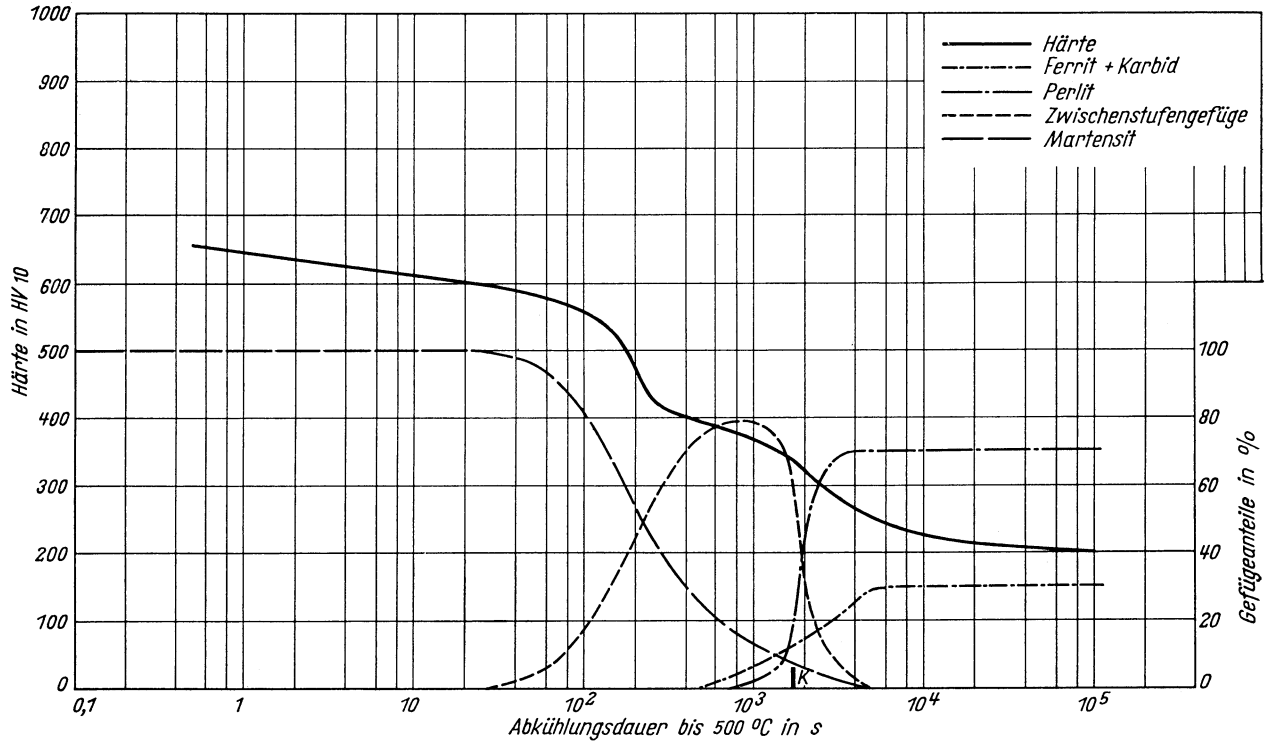
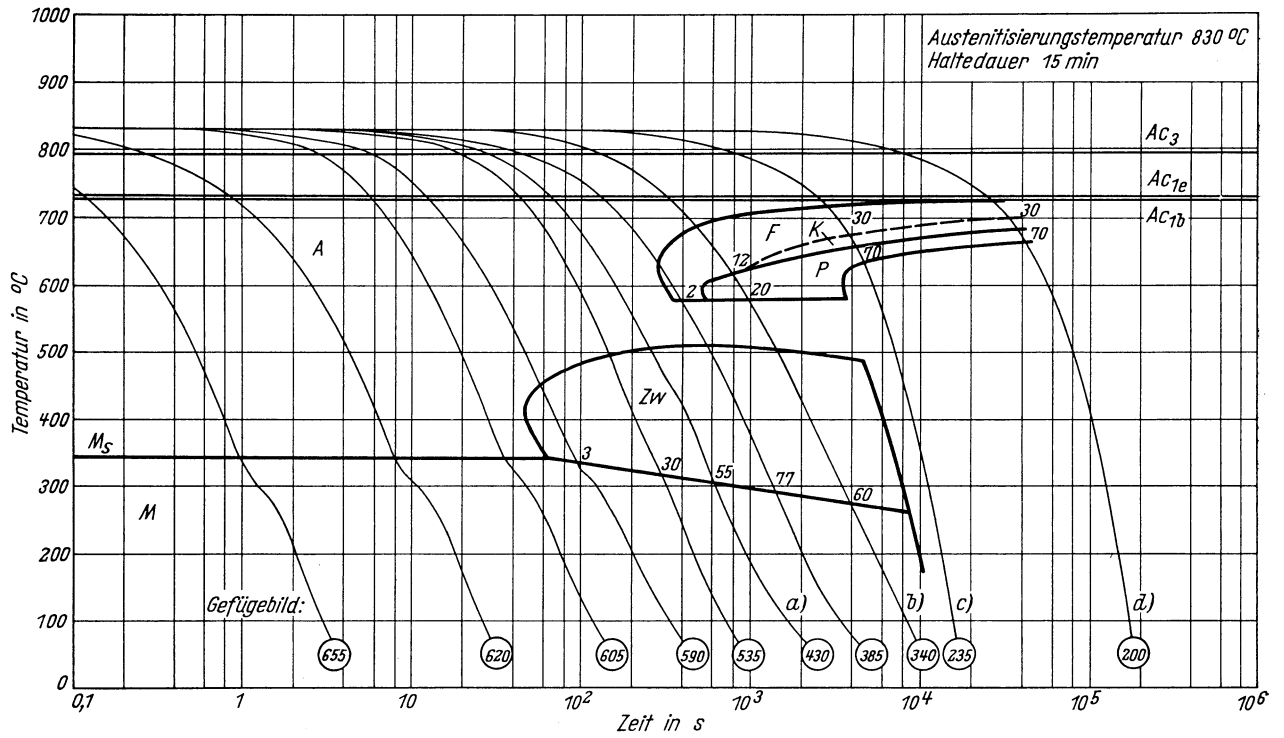
k) 1050 °C 10 min/95 000 s → 500 °C

500:1



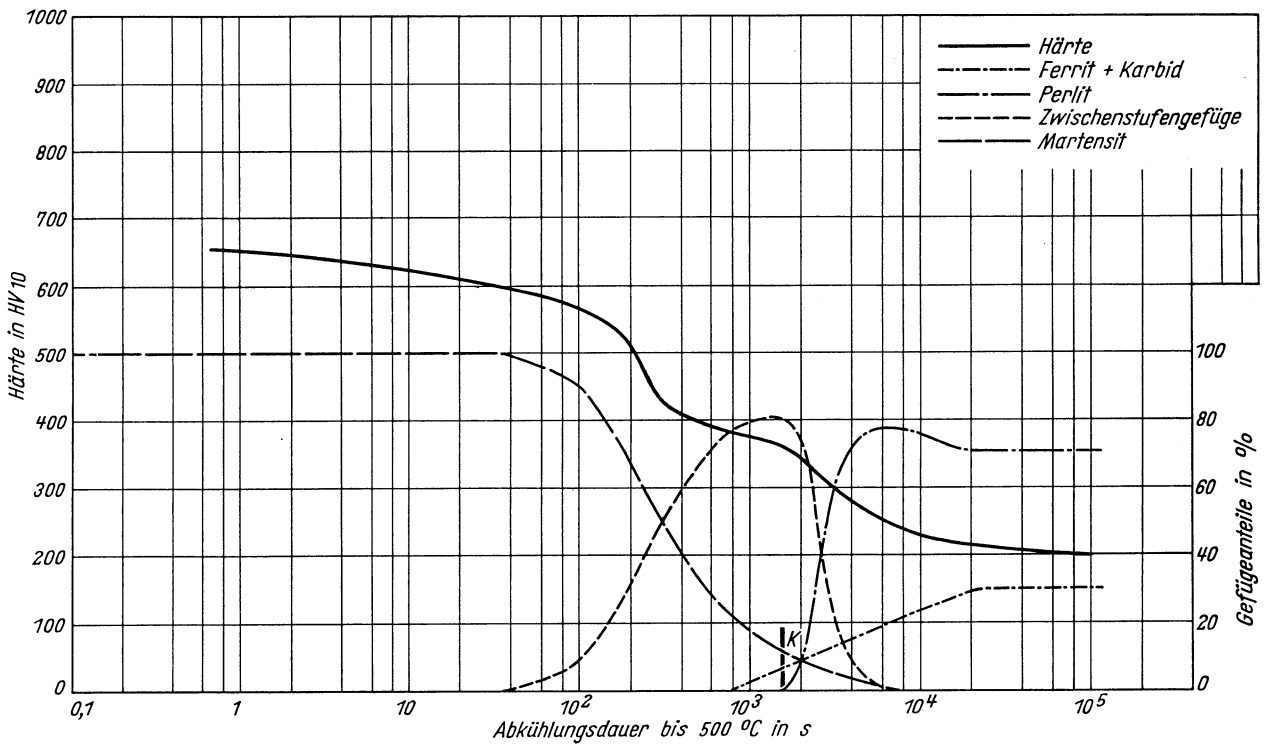
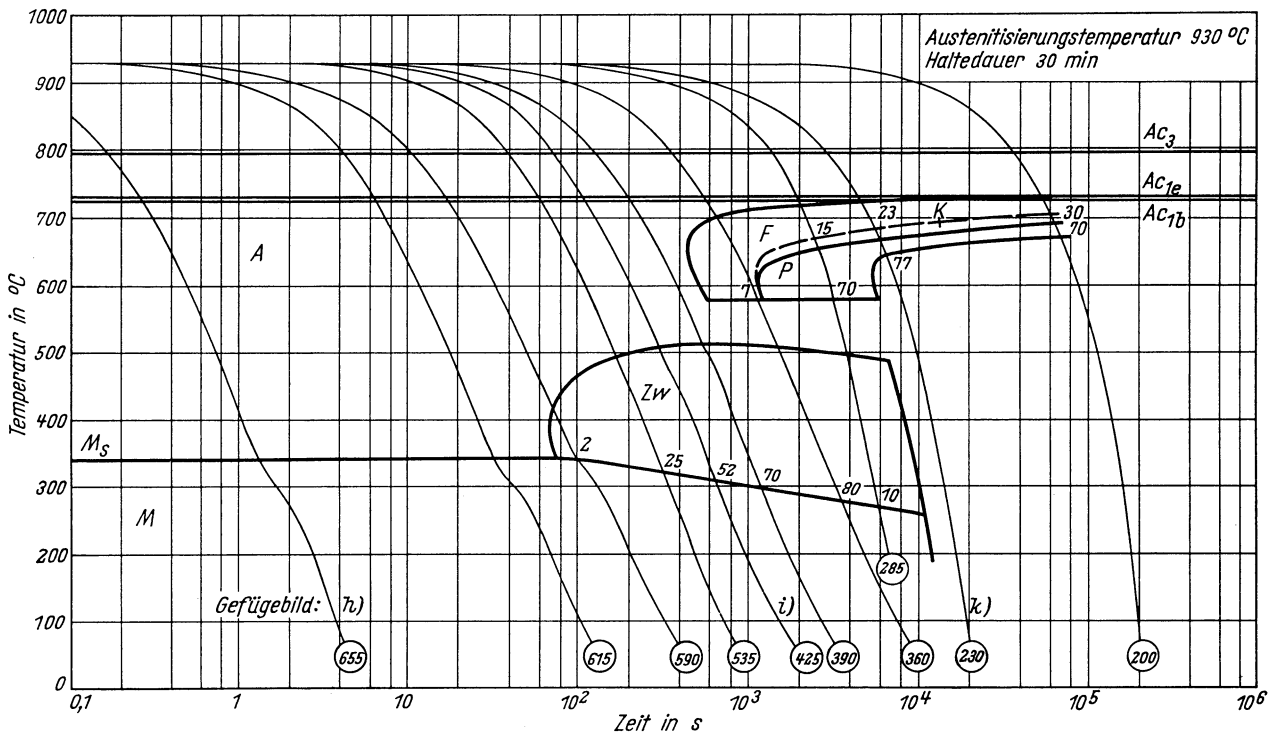
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	0,32	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	—	—

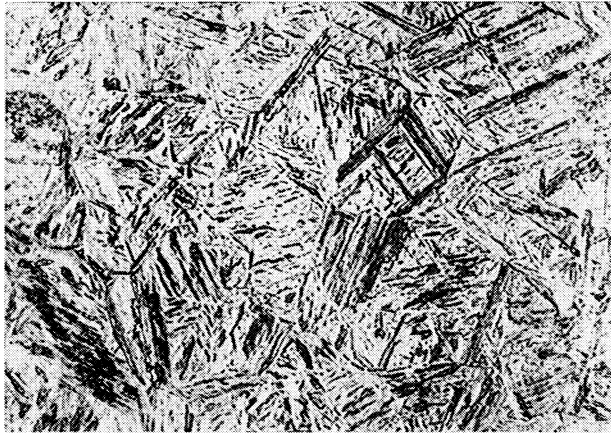


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		0,32	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



a) 830°C 15 min/250 s → 500°C

500:1



b) 830°C 15 min/1400 s → 500°C

1000:1



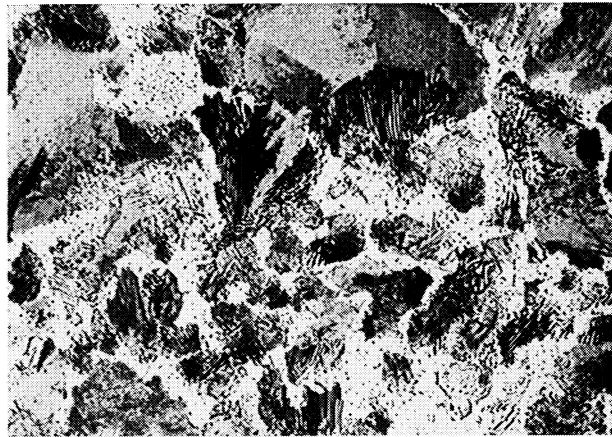
c) 830°C 15 min/7000 s → 500°C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

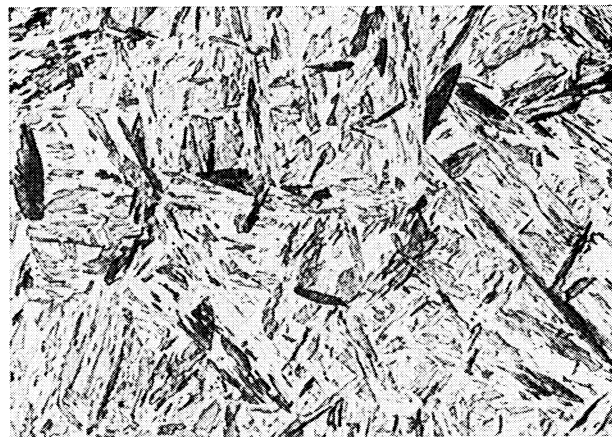
d) 830 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



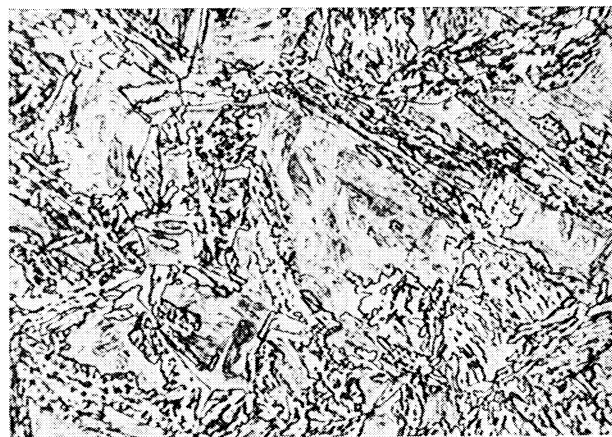
h) 930 °C 30 min/0,7 s → 500 °C

1000:1



i) 930 °C 30 min/310 s → 500 °C

500:1



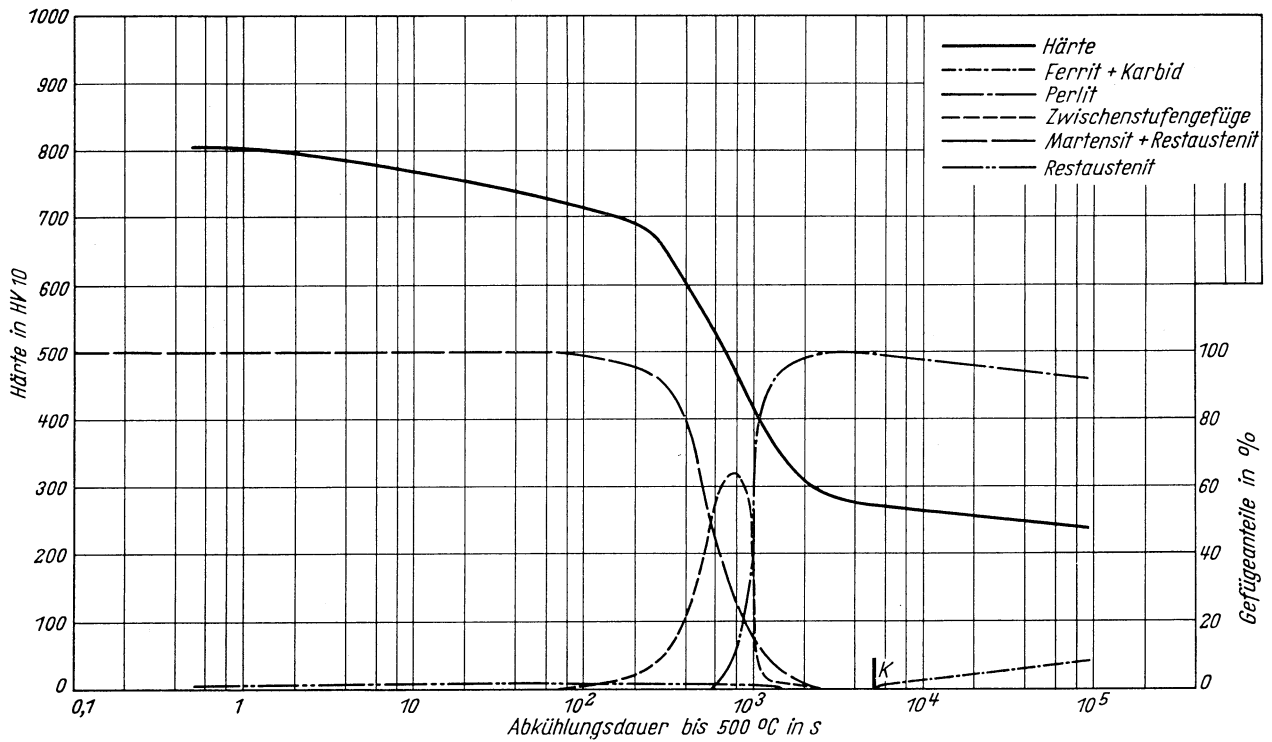
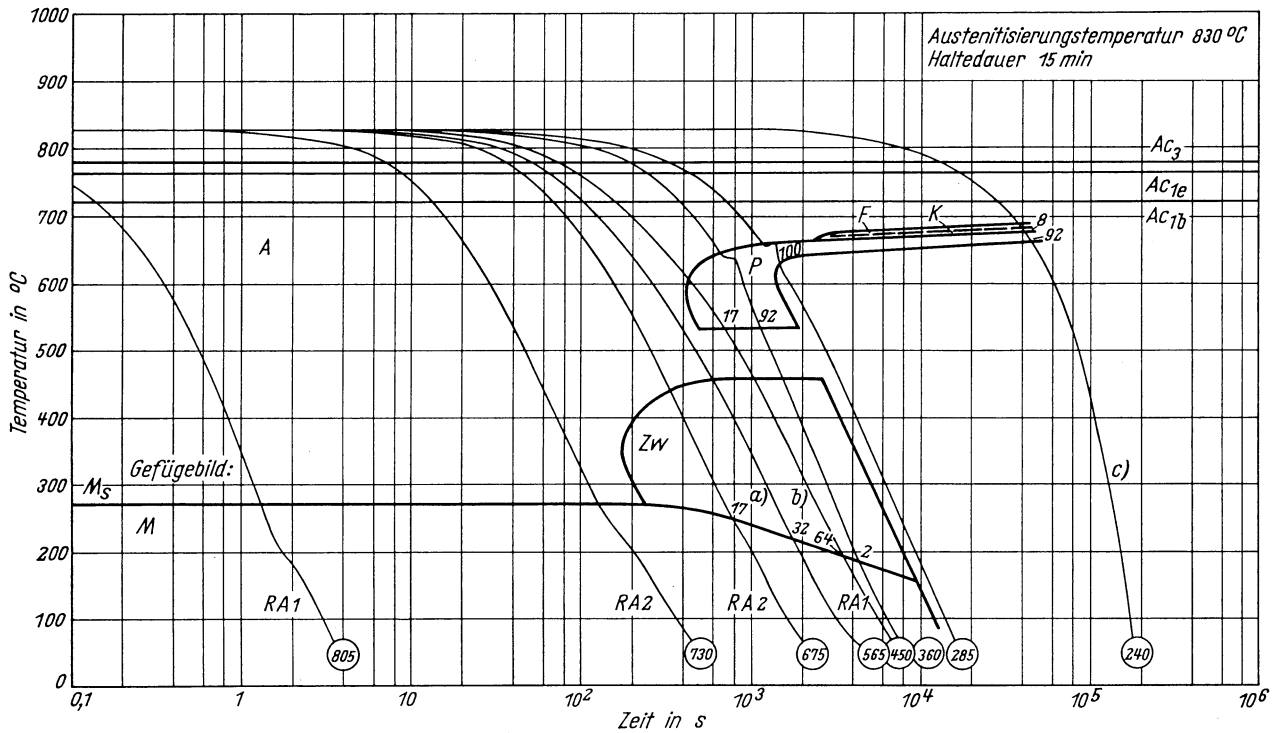
k) 930 °C 30 min/9500 s → 500 °C

500:1



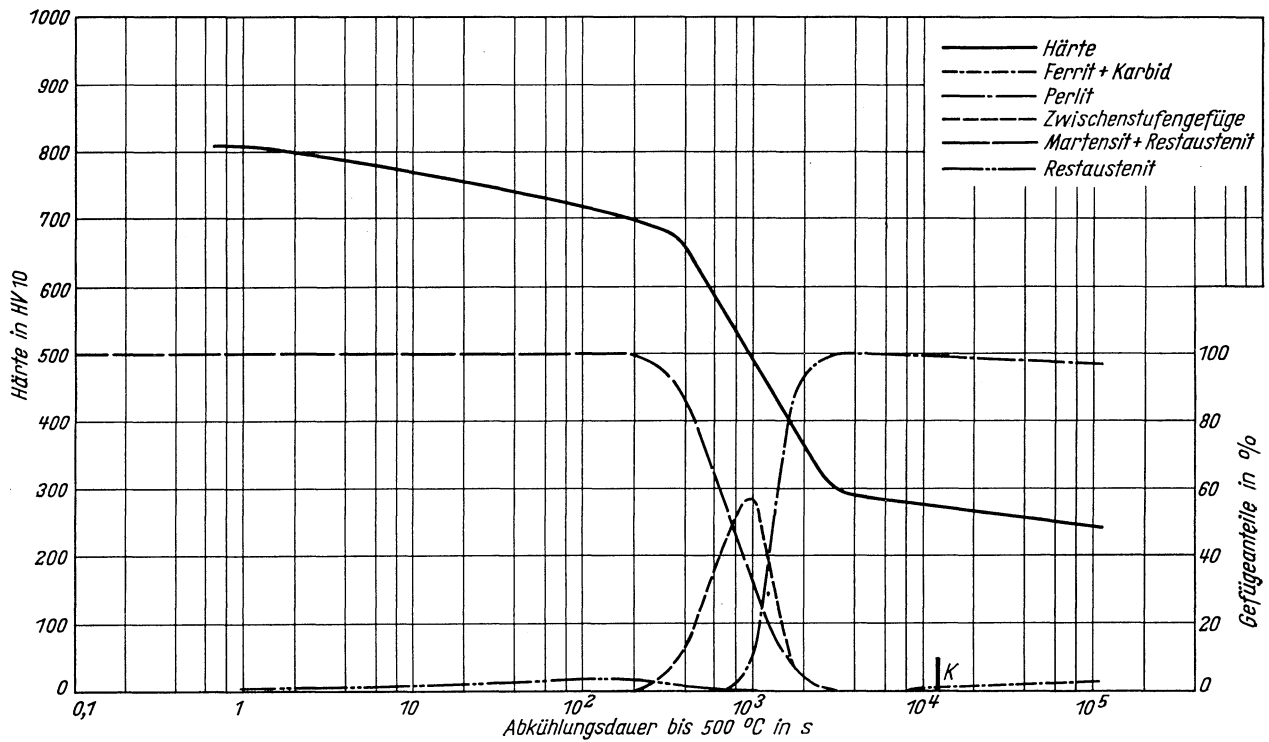
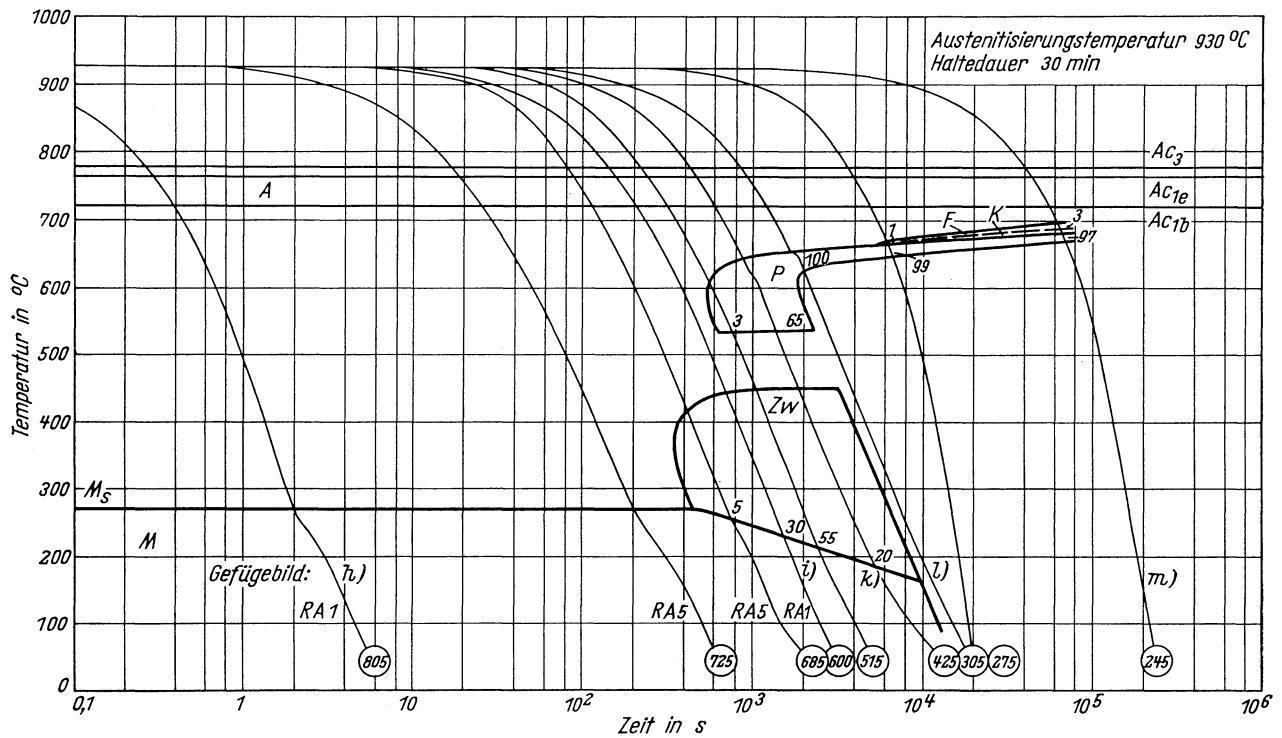
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,50	0,31	0,51	0,023	0,009	0,070	1,50	0,22	0,06	1,55	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,50	0,31	0,51	0,023	0,009	0,070	1,50	0,22	0,06	1,55	-	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



a) 830°C 15 min/470 s → 500°C

500:1



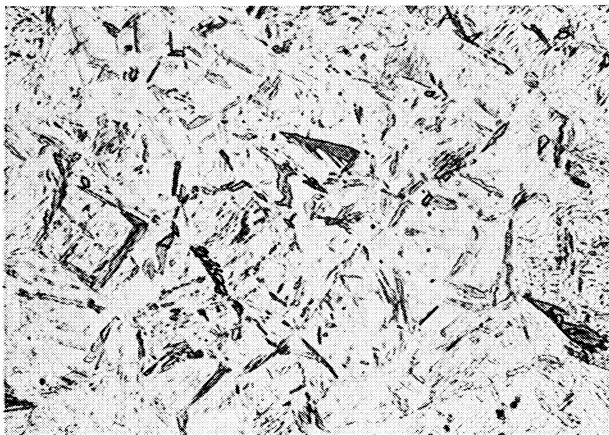
b) 830°C 15 min/830 s → 500°C

500:1



c) 830°C 15 min/85000 s → 500°C

500:1



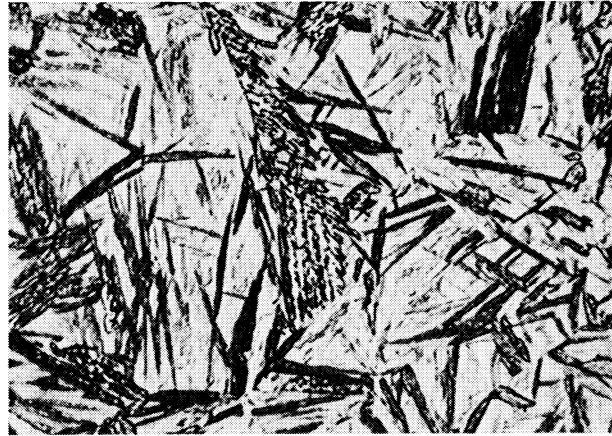
h) 930°C 30 min/0,93 s → 500°C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

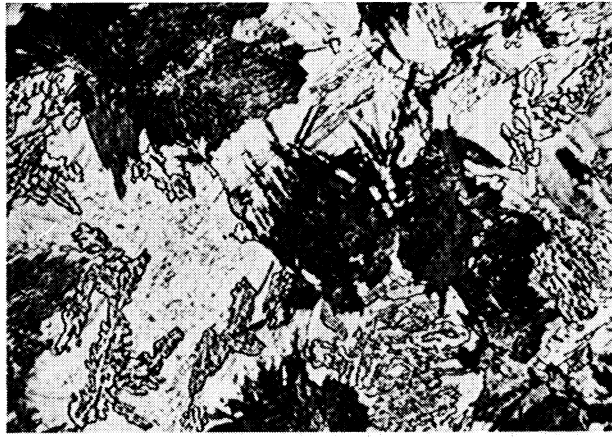
i) 930 °C 30 min/560 s → 500 °C

1000:1



k) 930 °C 30 min/1600 s → 500 °C

1000:1



l) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



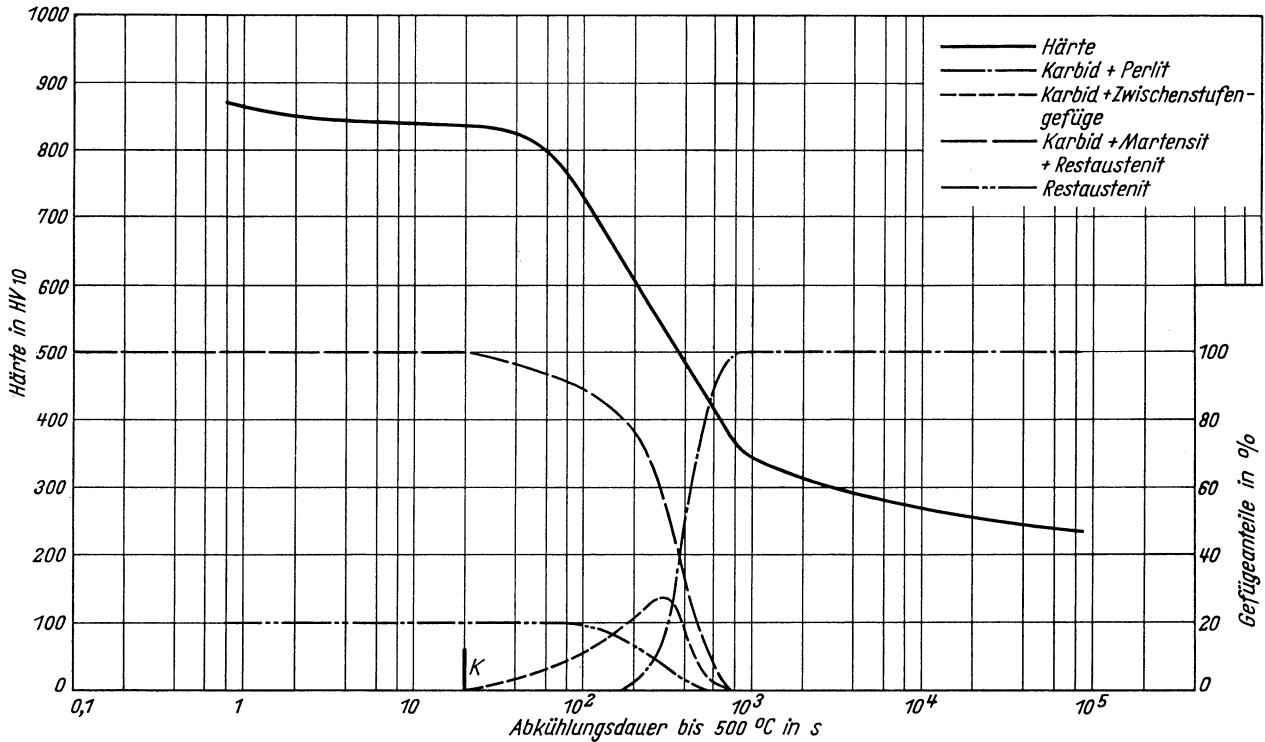
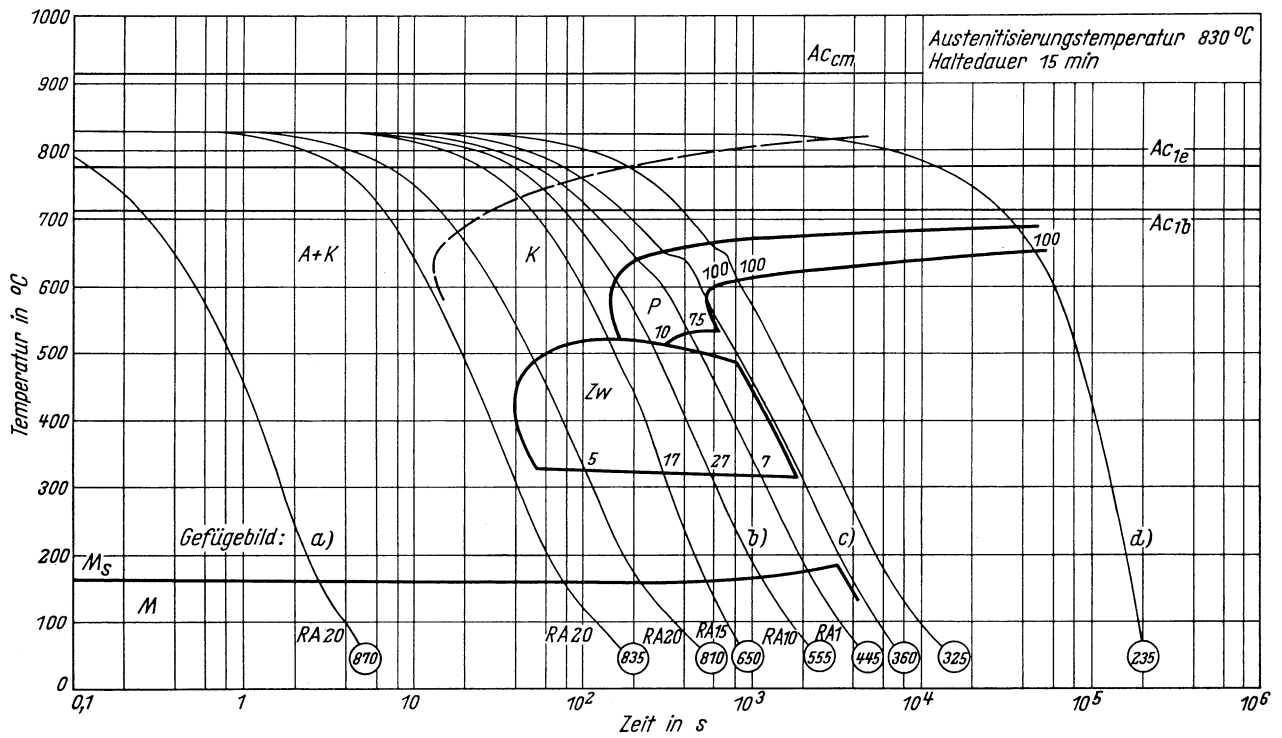
m) 930 °C 30 min/115 000 s → 500 °C

1000:1



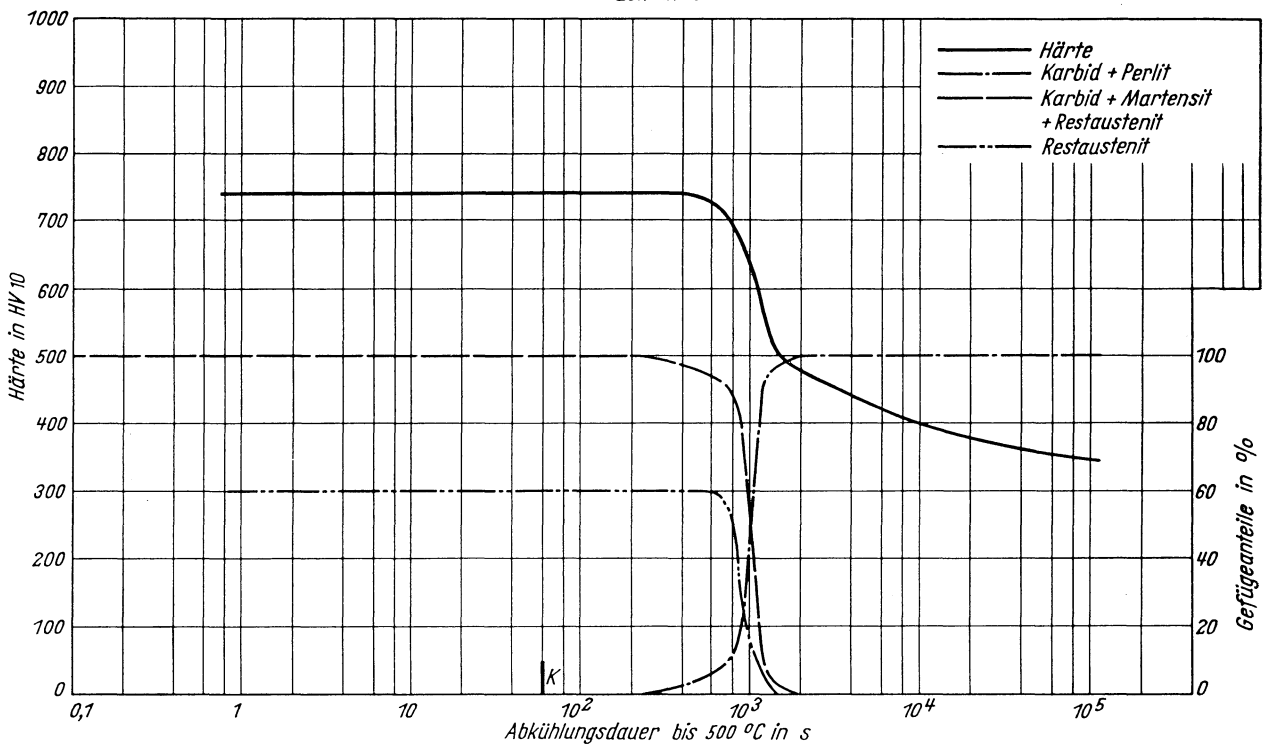
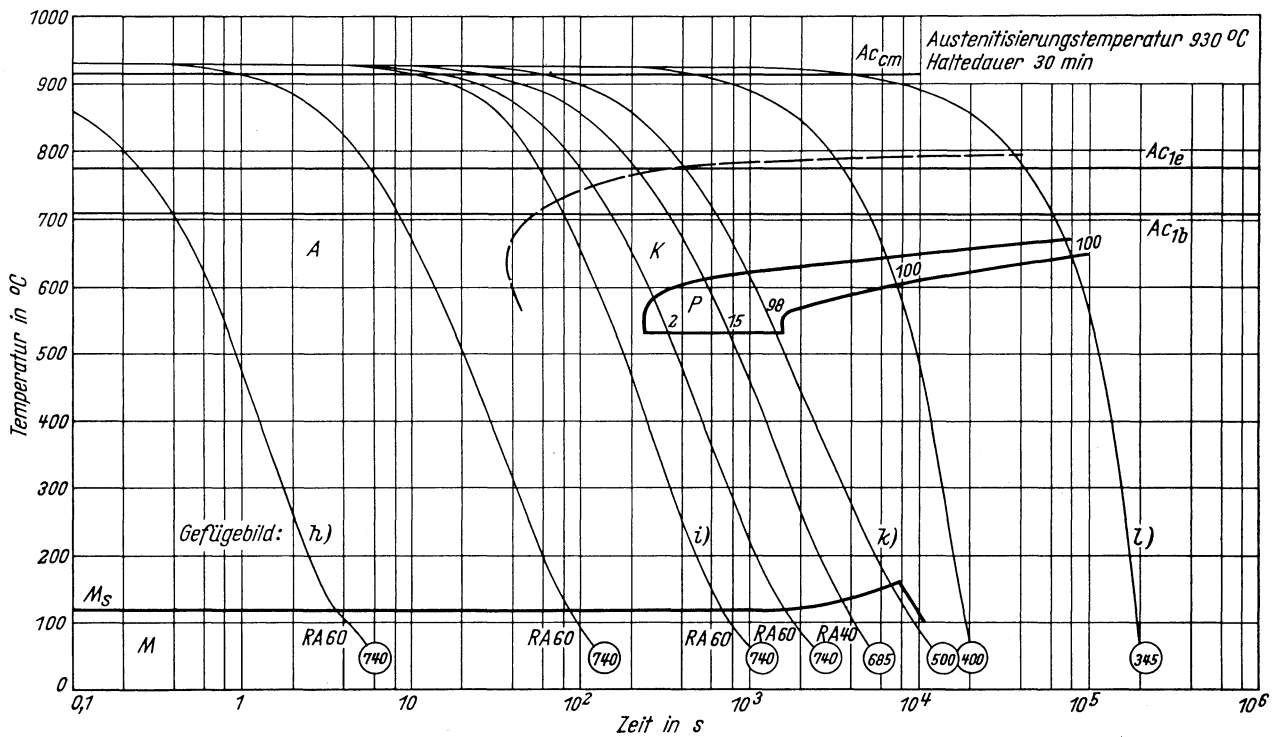
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		0,97	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-

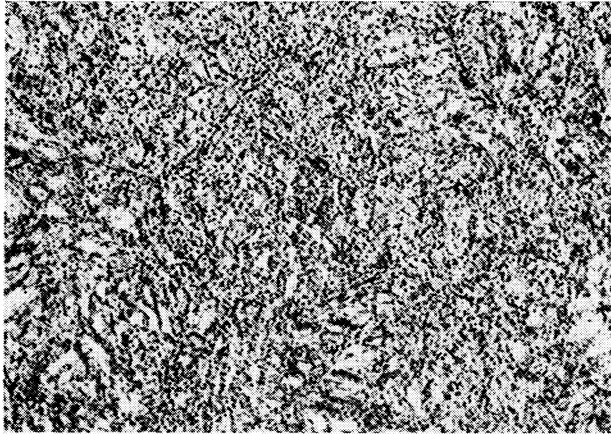


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,97	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-	-

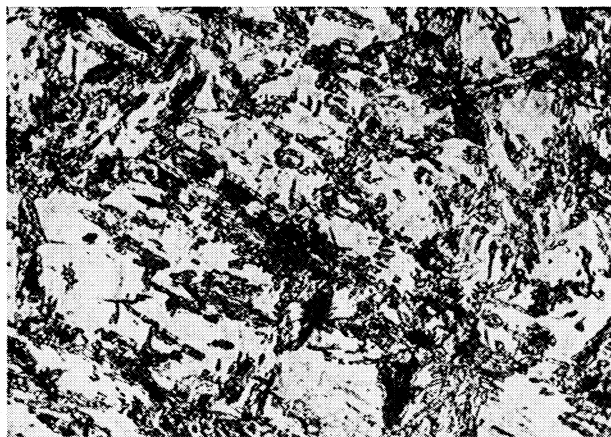


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



a) 830 °C 15 min/0,9 s →500 °C

500:1



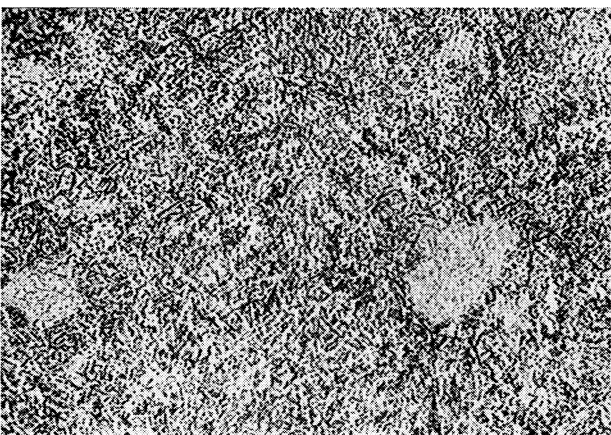
b) 830 °C 15 min/260 s →500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/810 s →500 °C

500:1



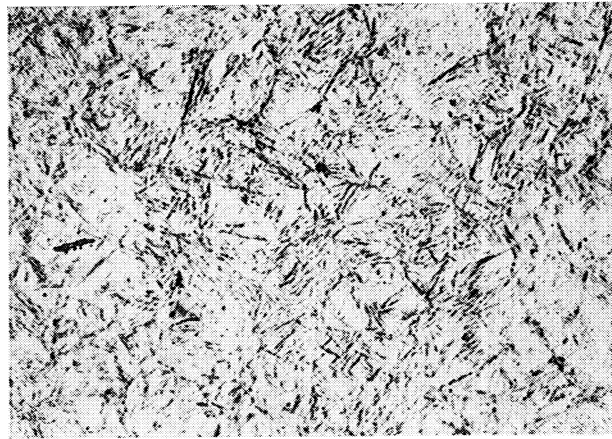
d) 830 °C 15 min/82000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

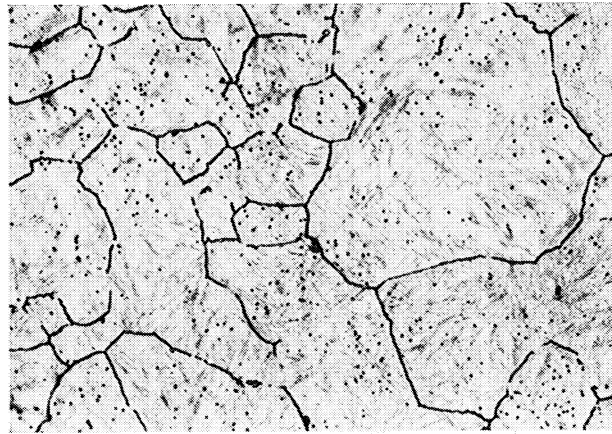
h) 930 °C 30 min/0,9 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/175 s → 500 °C

500:1



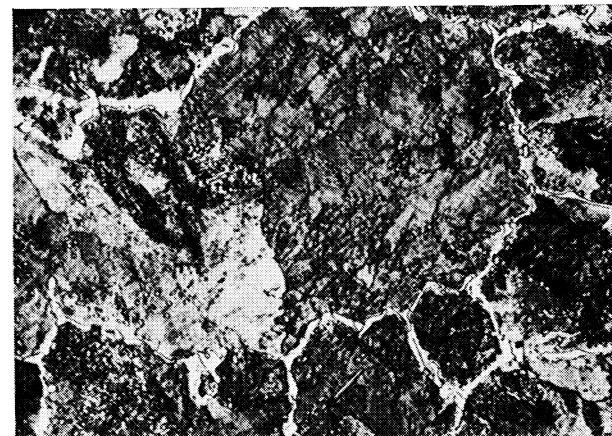
k) 930 °C 30 min/1600 s → 500 °C

500:1



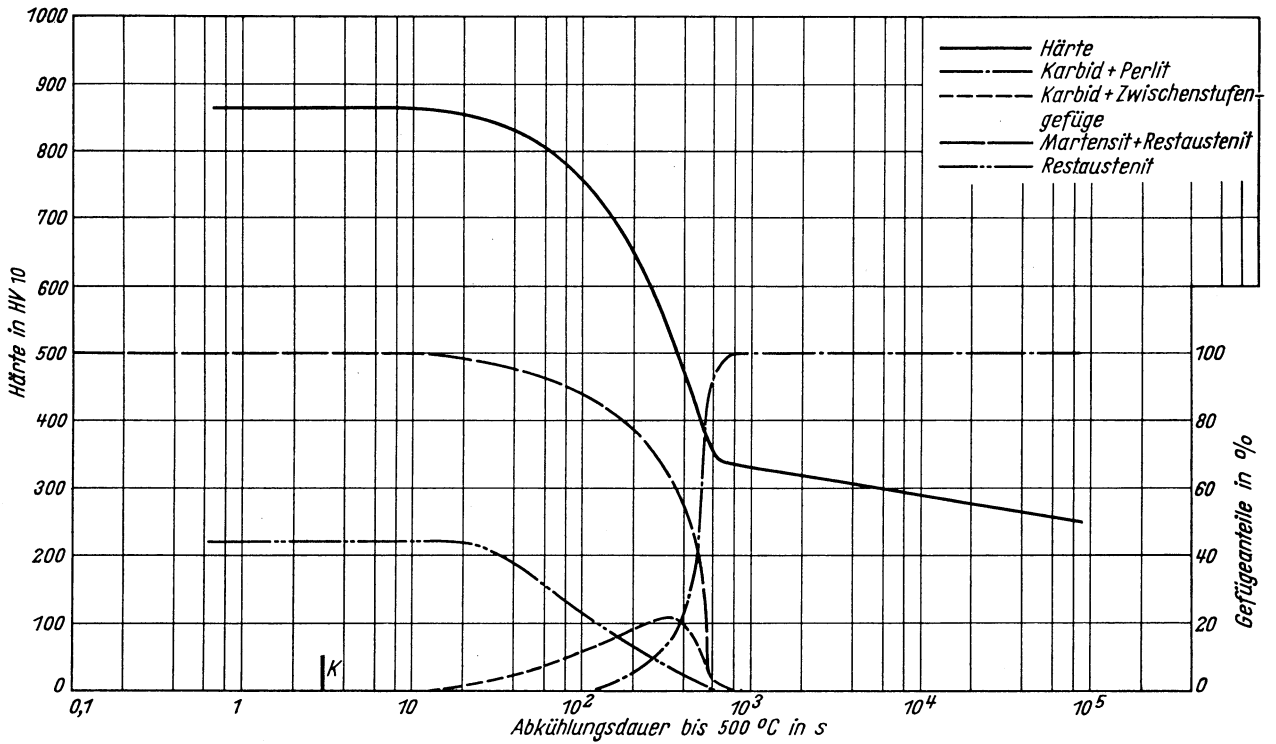
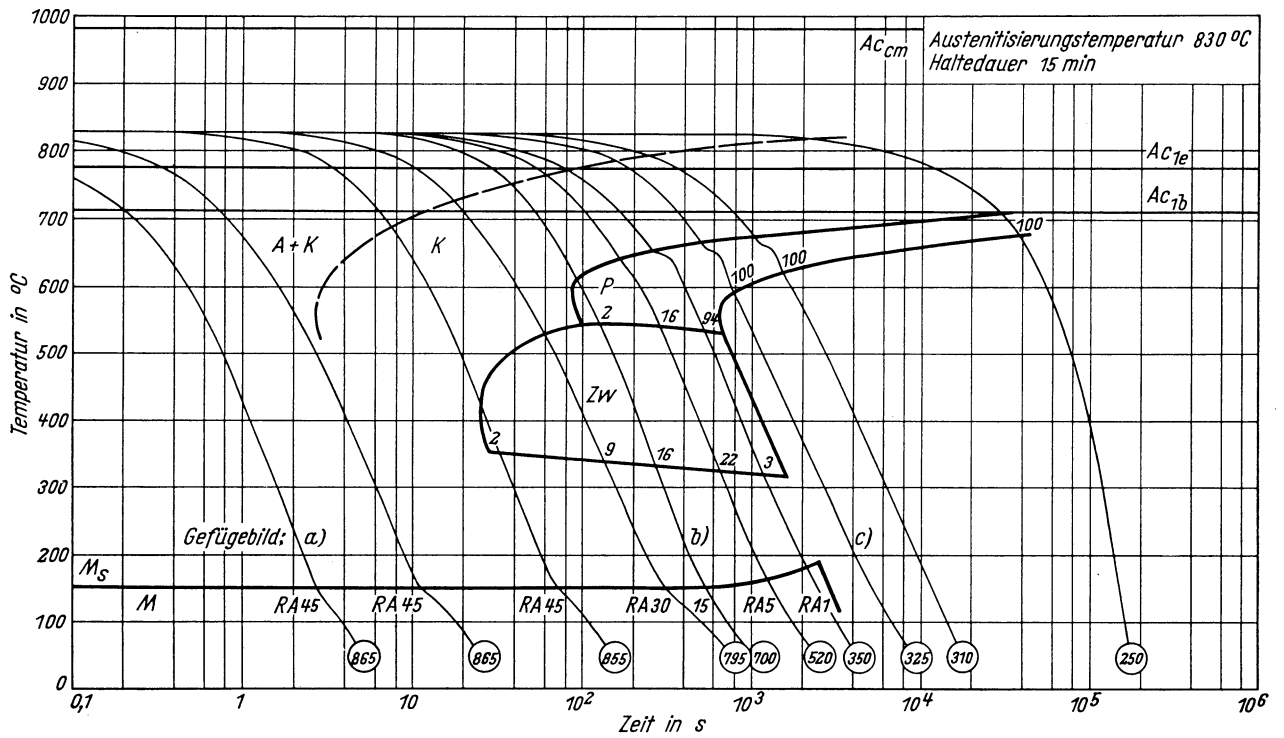
l) 930 °C 30 min/115000 s → 500 °C

500:1



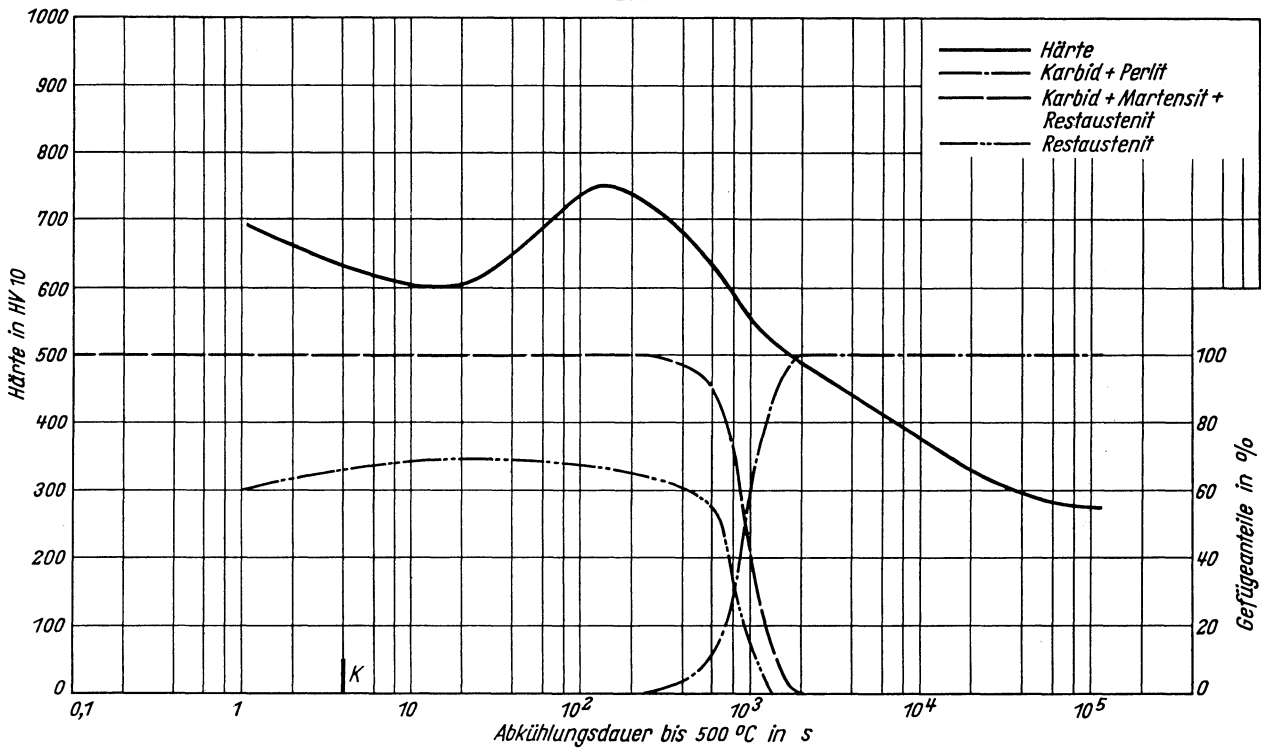
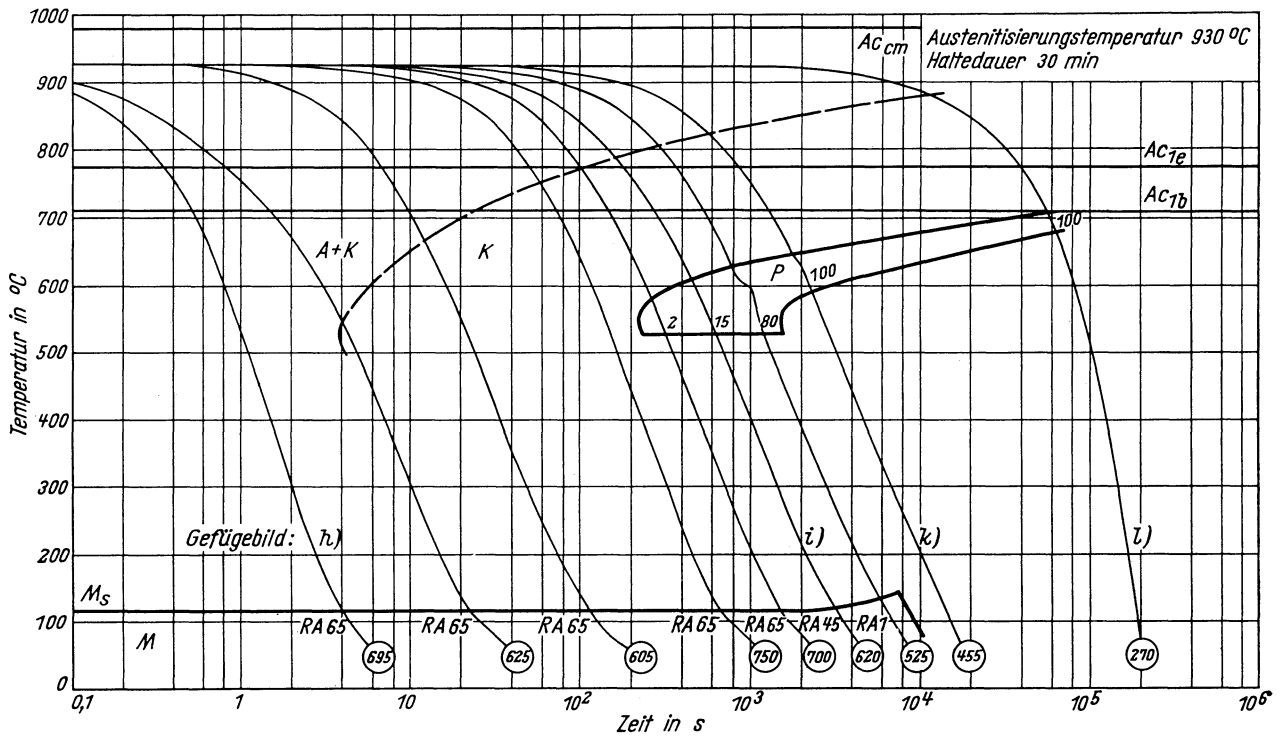
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		1,07	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-

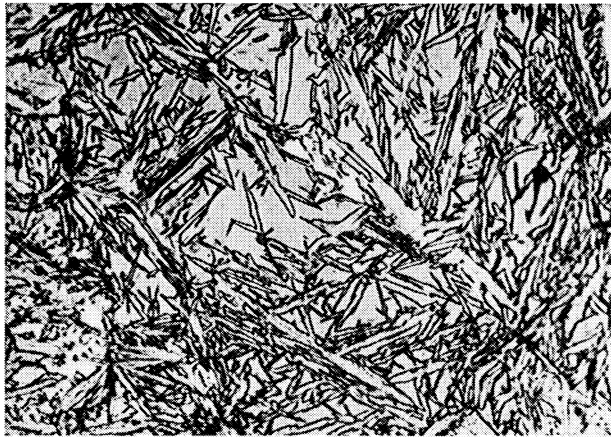


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	1,07	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-	-

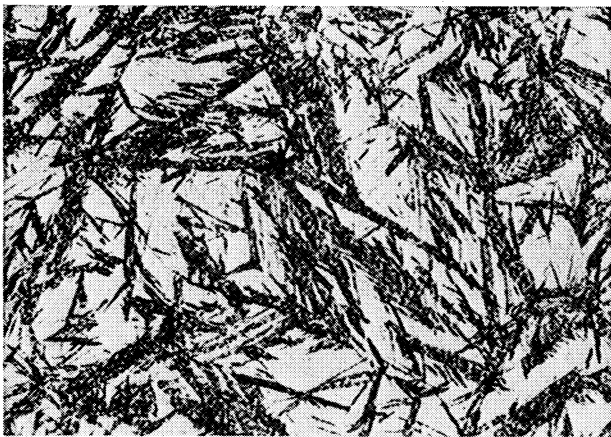


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



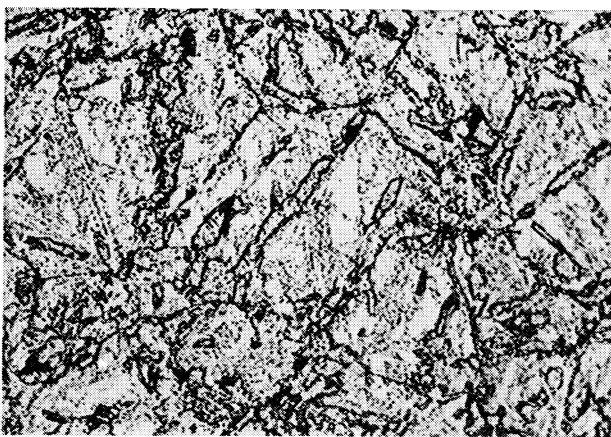
Ausgangszustand

500:1



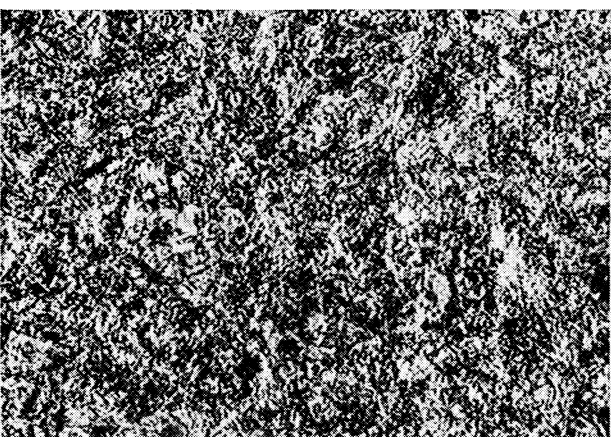
a) 830°C 15 min/0,75 s → 500°C

500:1



b) 830°C 15 min/150 s → 500°C

500:1



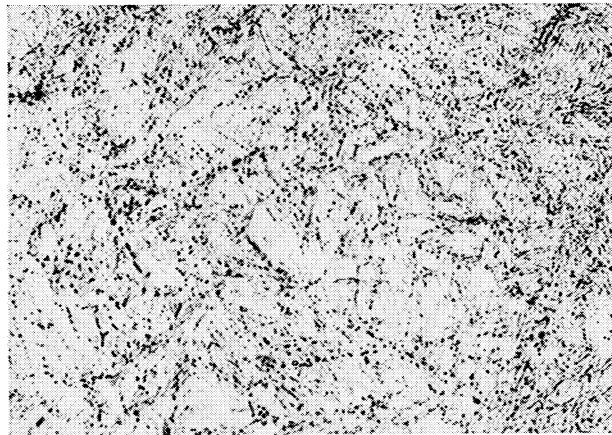
c) 830°C 15 min/1100 s → 500°C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

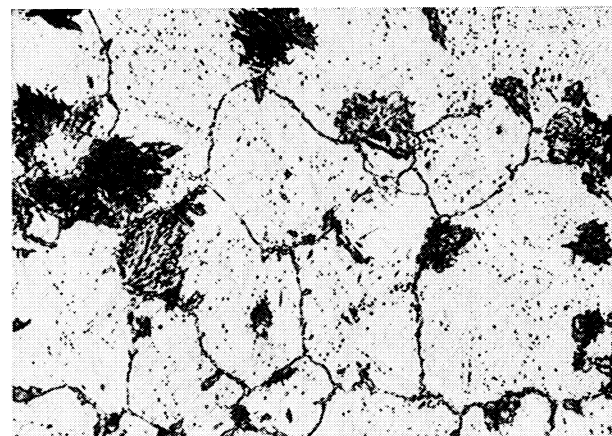
h) 930 °C 30 min/1,1 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/700 s → 500 °C

500:1



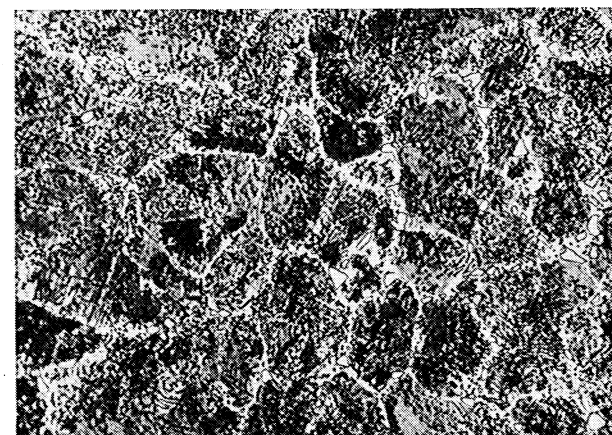
k) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



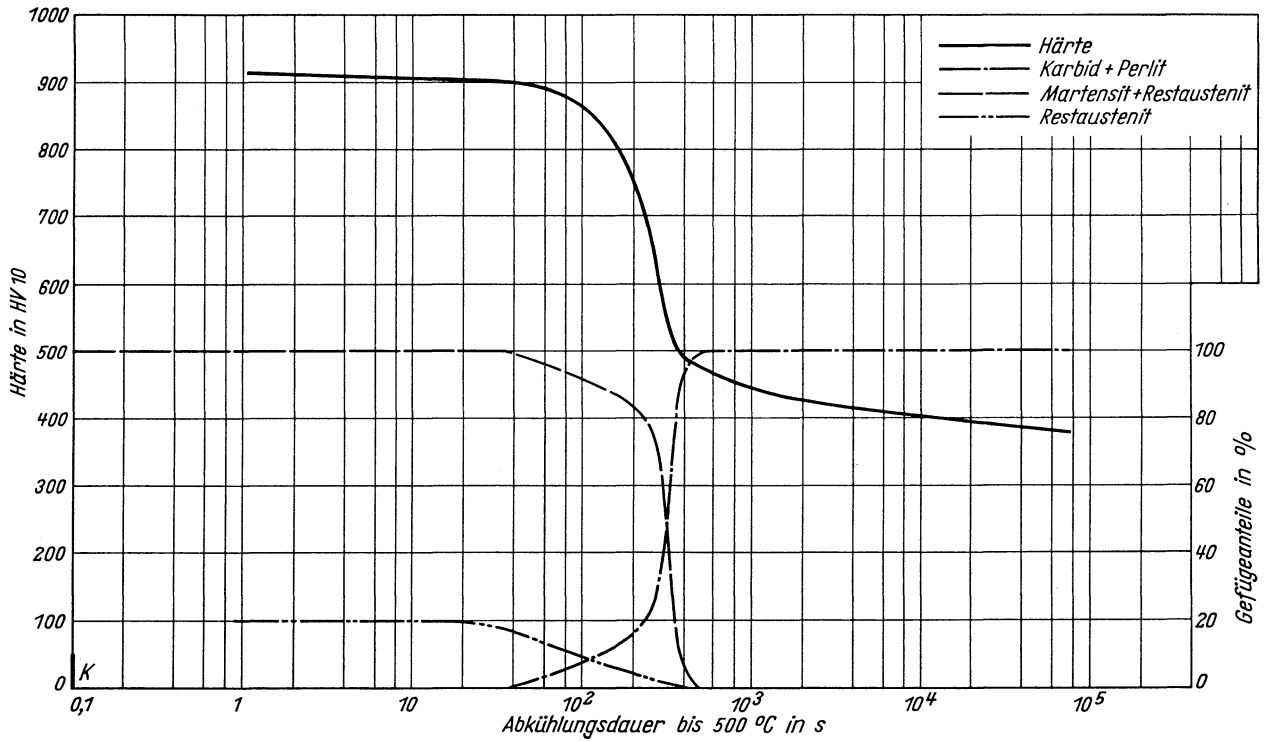
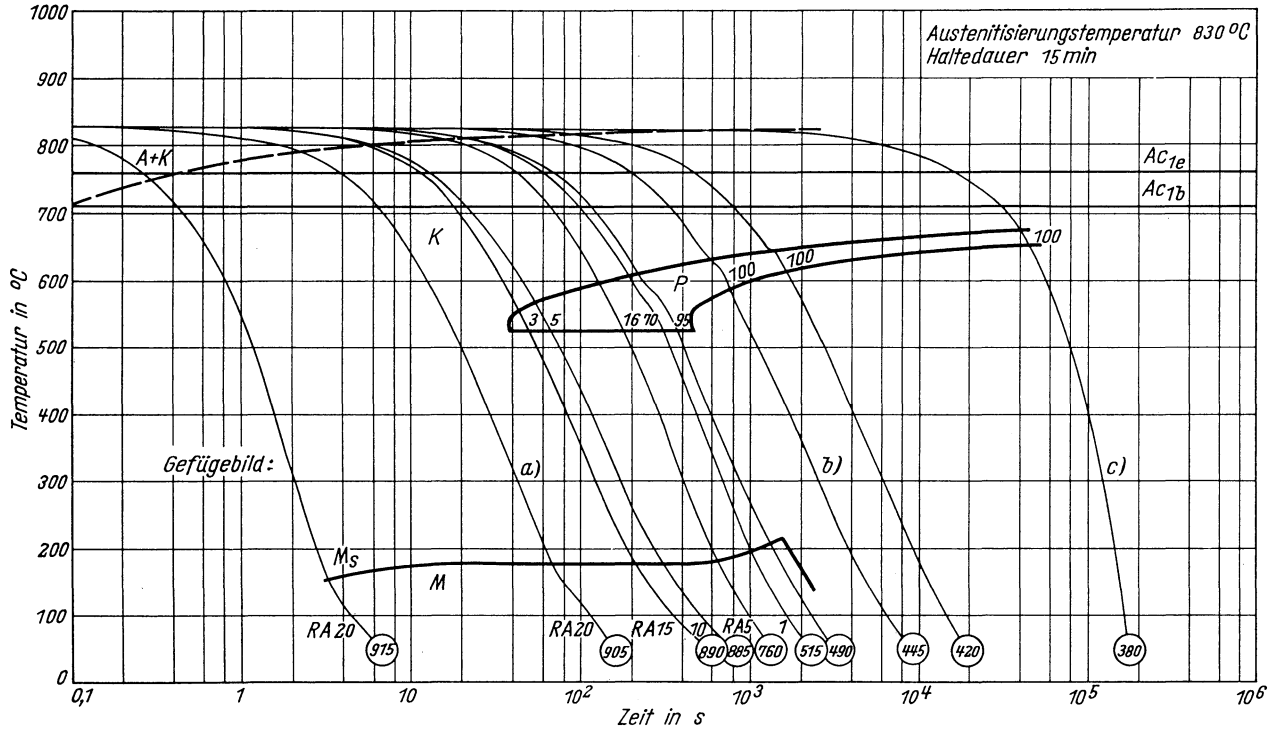
l) 930 °C 30 min/105 000 s → 500 °C

500:1



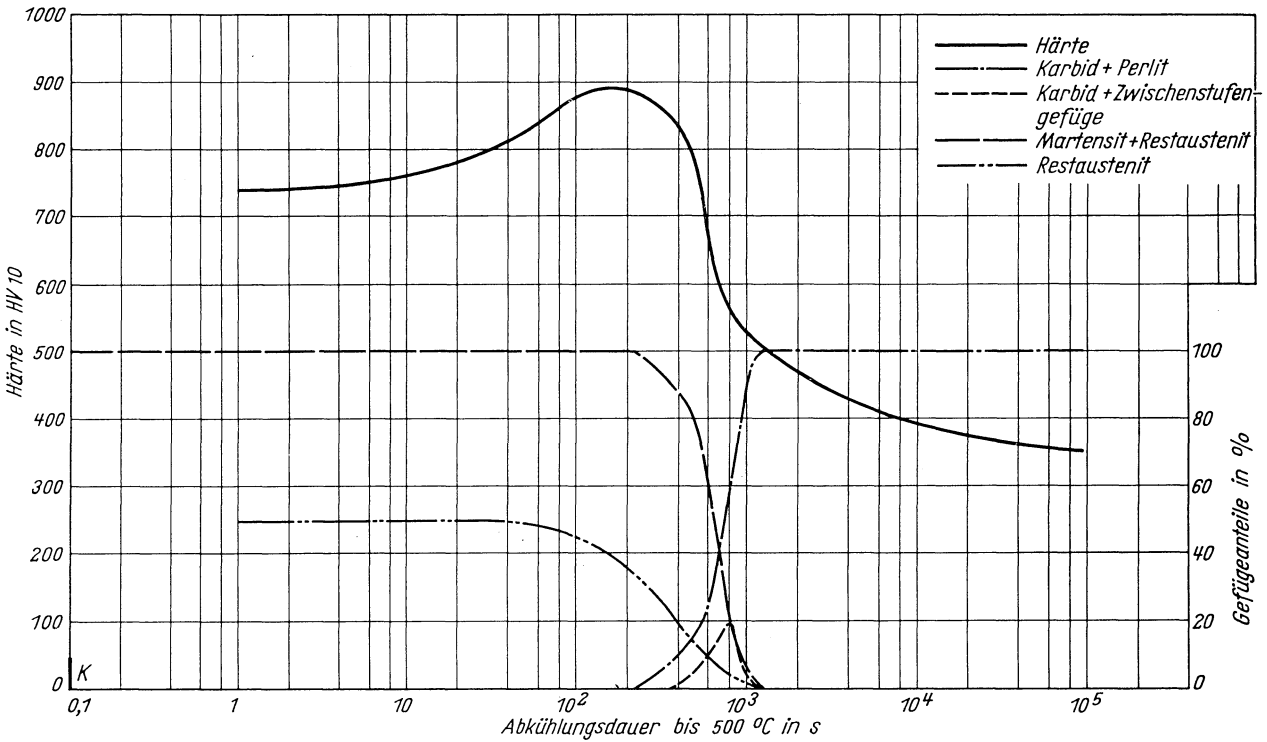
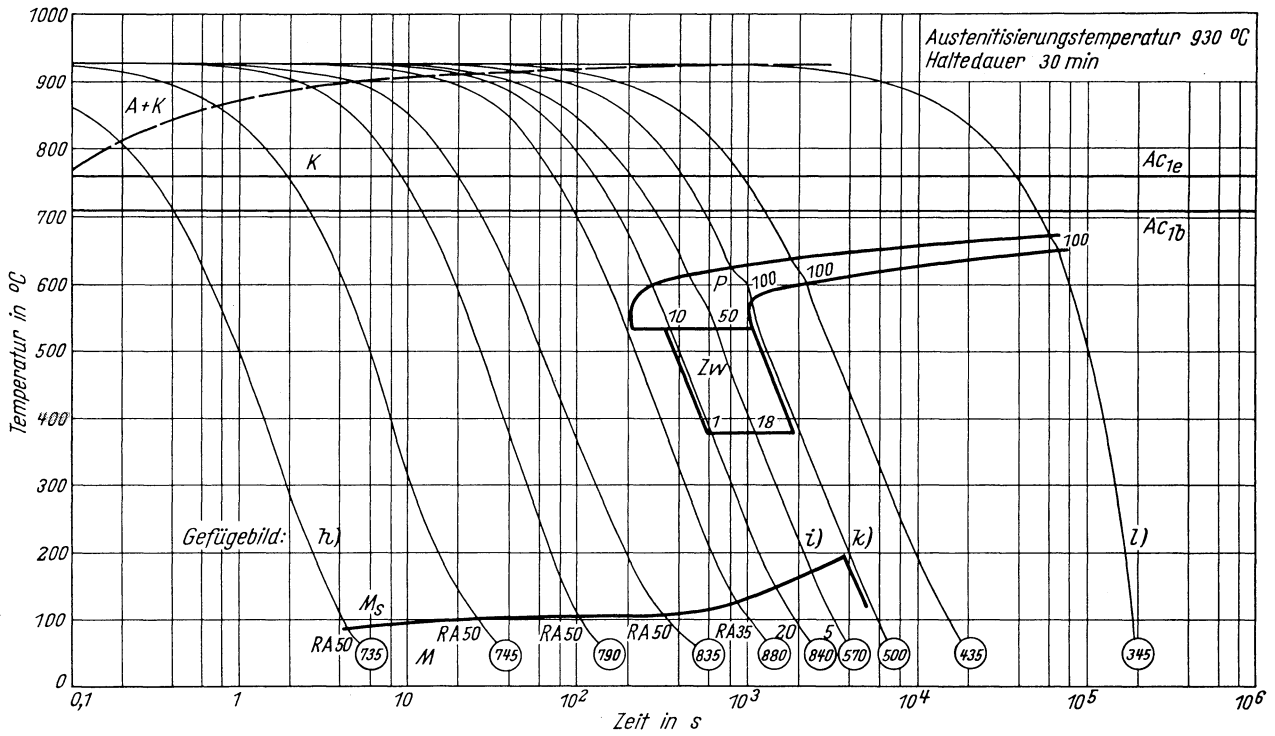
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		2,60	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-

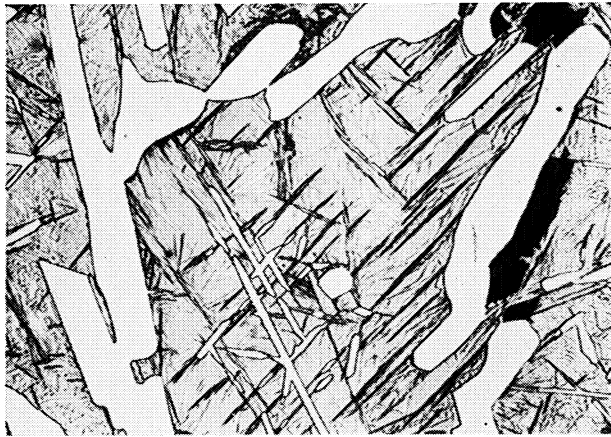


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	2,60	0,31	0,51	0,023	0,009	0,010	1,50	0,22	0,06	1,55	-	-

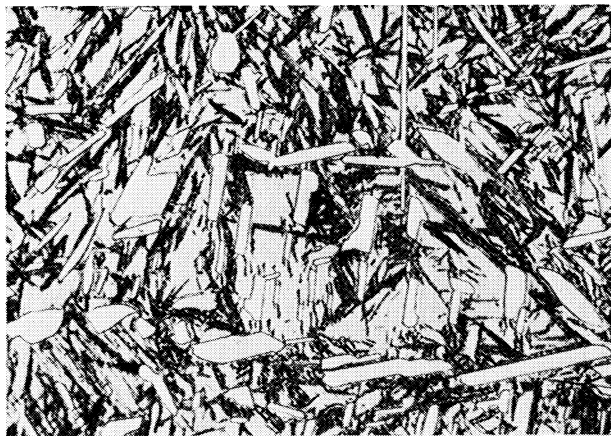


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/20 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/1100 s →500 °C

500:1



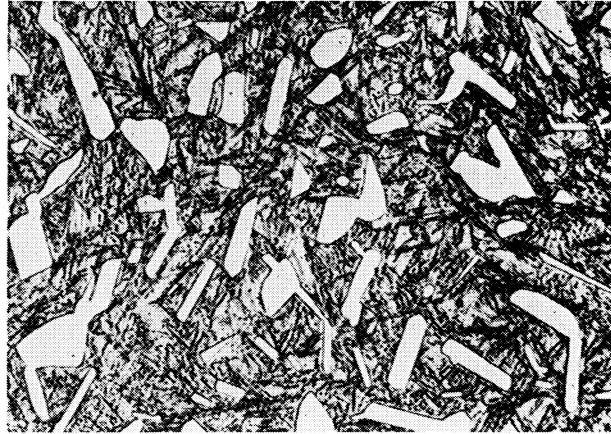
c) 830 °C 15 min/80 000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/0,95 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/720 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/1300 s → 500 °C

500:1



l) 930 °C 30 min/100000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17 006)

Stoffnummer nach DIN 17 007: 1.5920

Einsatzstahl nach DIN 17 210

Chemische Zusammensetzung in %

		C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Ni	V
Sollwerte	mindestens	0,15	0,15	0,40				1,80		1,80	
	höchstens	0,20	0,40	0,60	0,035	0,035		2,10		2,10	
untersuchte Schmelze 1		0,16	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	0,03	2,02	0,01
untersuchte Schmelze 2		0,15	0,13	0,61	0,014	0,008	0,03	1,94	0,06	2,02	< 0,01

Lieferzustand

	Erschmelzungsart	Verarbeitung
Schmelze 1	bas. Elektro-Ofen	geschmiedet auf 30 mm Dmr.
Schmelze 2	bas. Elektro-Ofen	geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Blindhärten	Einfachhärten	Kernhärten	Anlassen auf
850 – 870 °C	840 – 870 °C	800 – 830 °C	170 – 210 °C

Kenngrößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p	
18 CrNi 8 Schm. 1	0,16	735	750	790	—	L.Z.		9				
						870	A	9	15,5 ¹⁾	260 ¹⁾	20500 ¹⁾	450
						1050	A	4, 5	18 ²⁾	900 ²⁾	52000 ²⁾	450
18 CrNi 8 Schm. 1 aufgekühlt	0,34	710	750	770	—	A.Z.		n. b.				
						830	A	8	160	800	10000	310
						930	A	5, 6	200	2700	10000	310
18 CrNi 8 Schm. 1 aufgekühlt	0,56	710	750	755	—	A.Z.		n. b.				
						830	A	8	300	550	3000	225
						930	A	7	450	950	4500	225
18 CrNi 8 Schm. 1 aufgekühlt	1,10	710	750	—	940	A.Z.		n. b.				
						830	A + K	6, 7	24	200	2800	160
						930	A + K	5, 6	550	550	3200	80
18 CrNi 8 Schm. 2 aufgekühlt	3,20	685	750	—	> 1050	A.Z.		n. b.				
						830	A + K	n. b.	70	480	2000	< 135
						930	A + K	n. b.	800	1800	7000	< 80

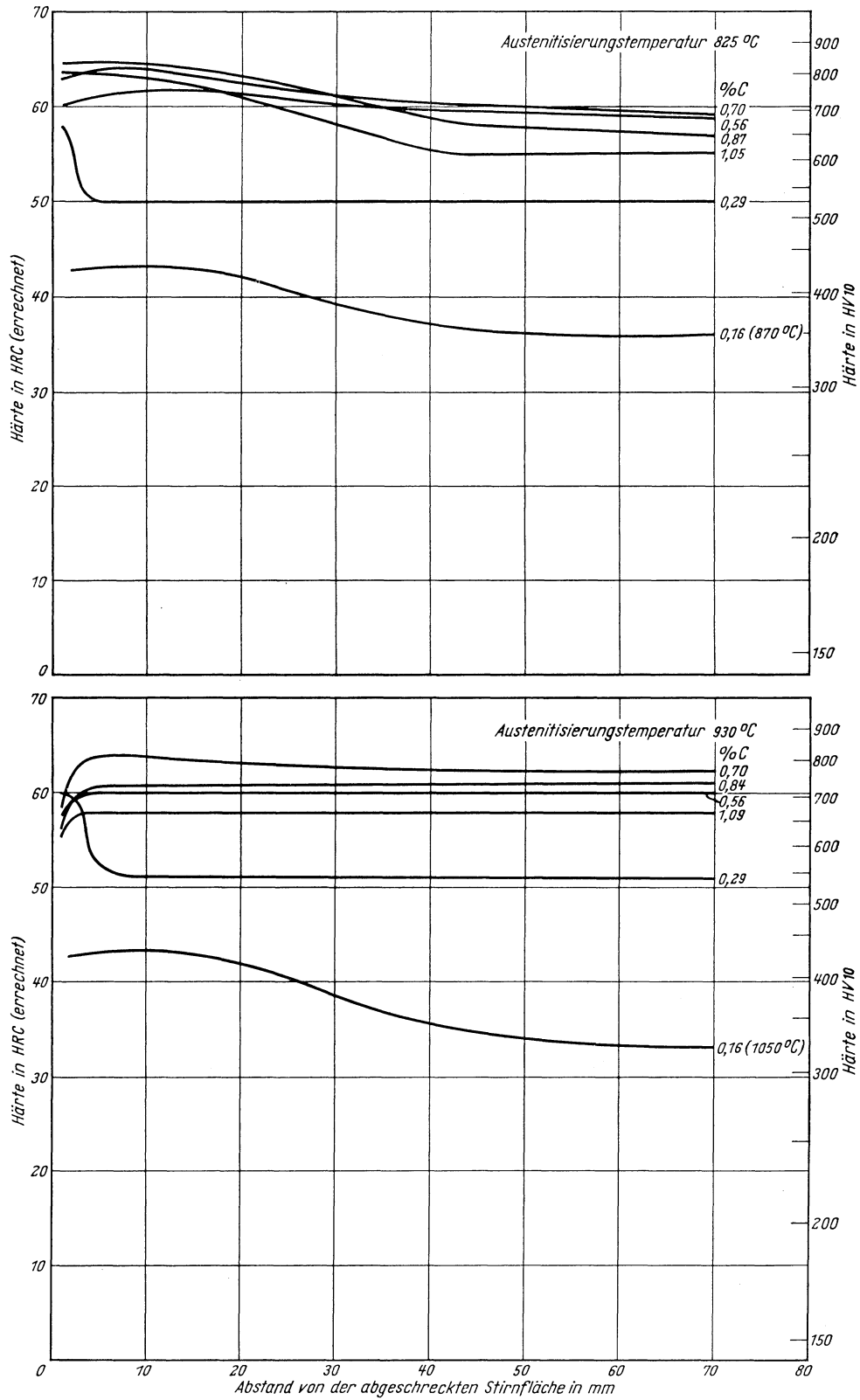
¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkühlungszustand

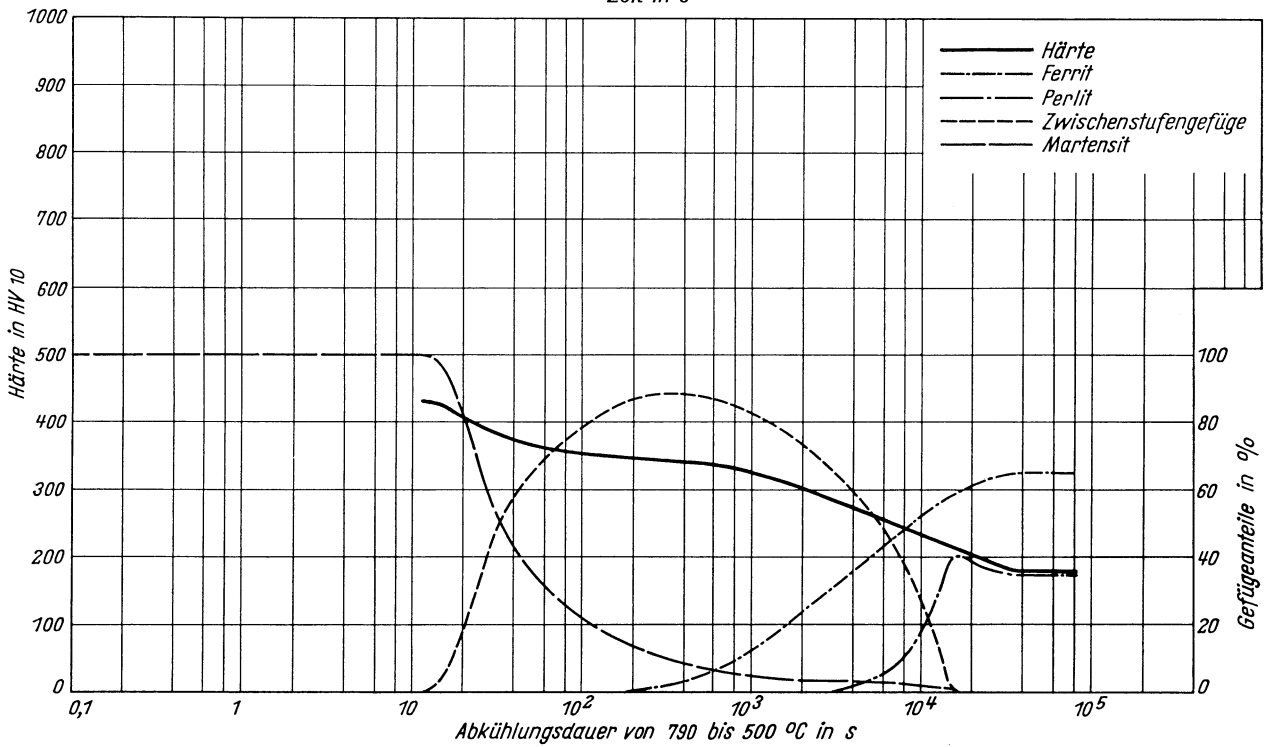
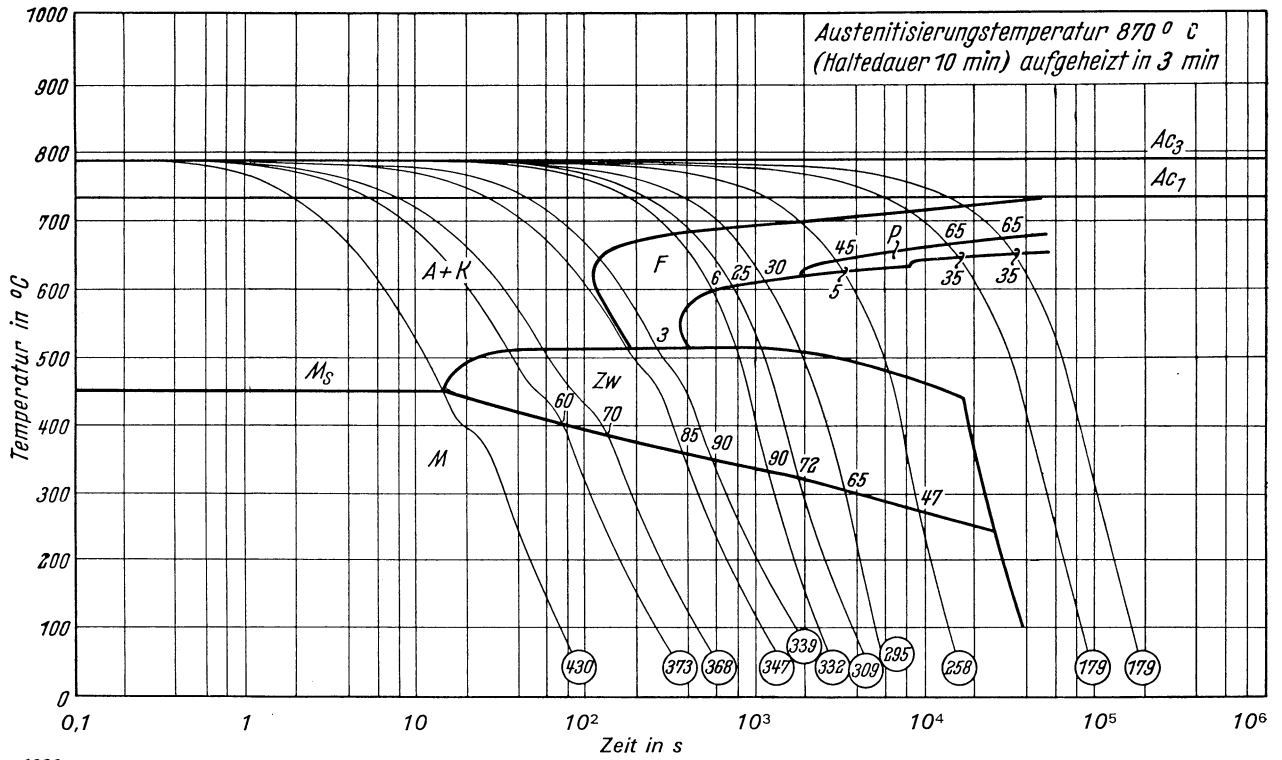
K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit
K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)



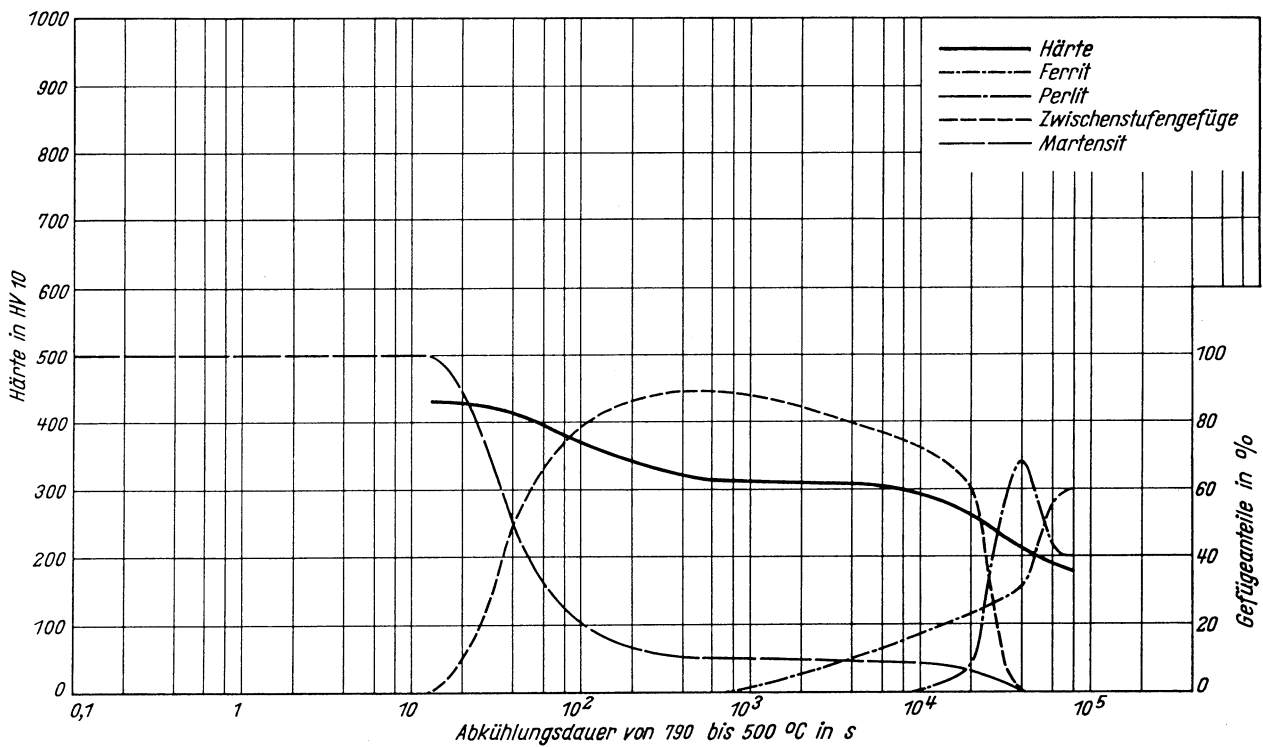
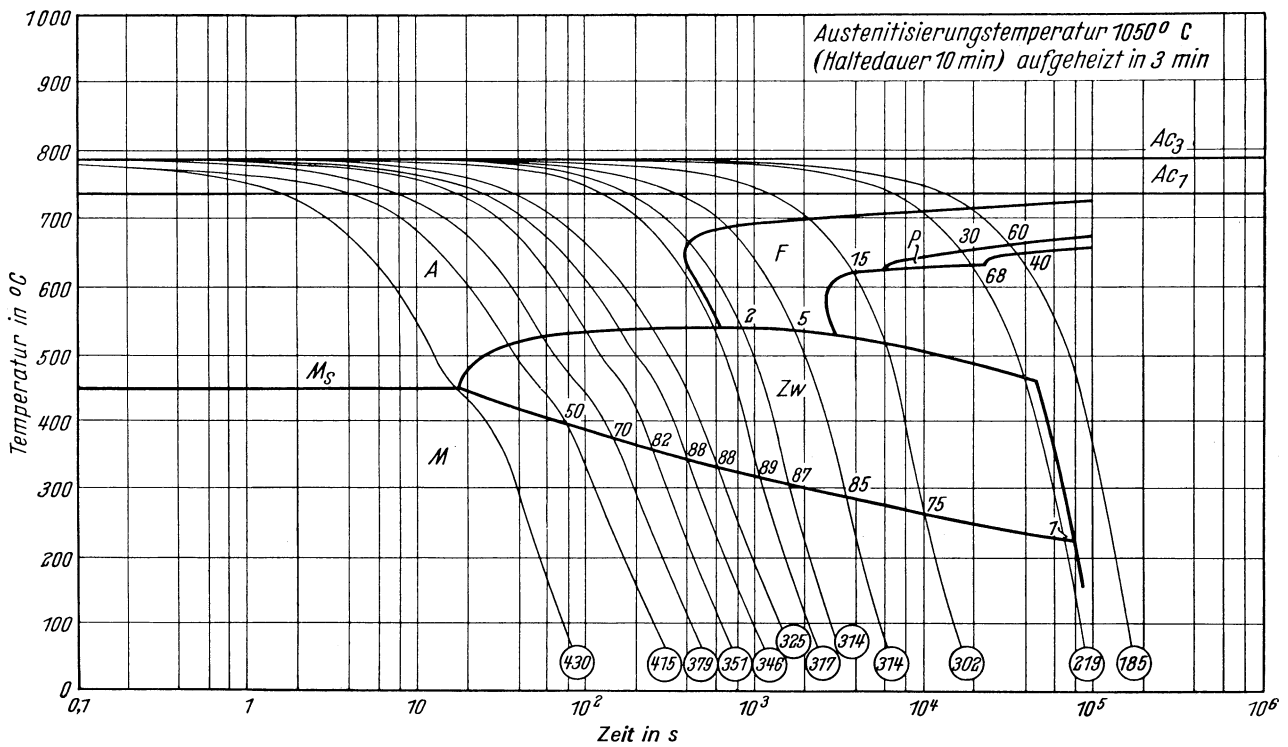
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al, ges.	Cr	Mo	Ni	V
	0,16	0,31	0,50	0,013	0,014	0,03	1,95	0,03	2,02	0,01

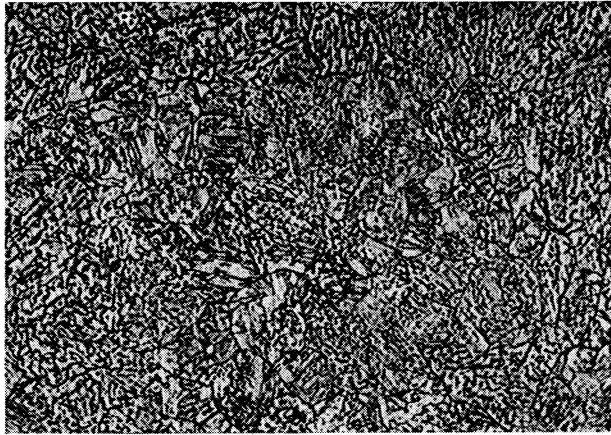


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al, ges.	Cr	Mo	Ni	V
	0,16	0,31	0,50	0,013	0,014	0,03	1,95	0,03	2,02	0,01

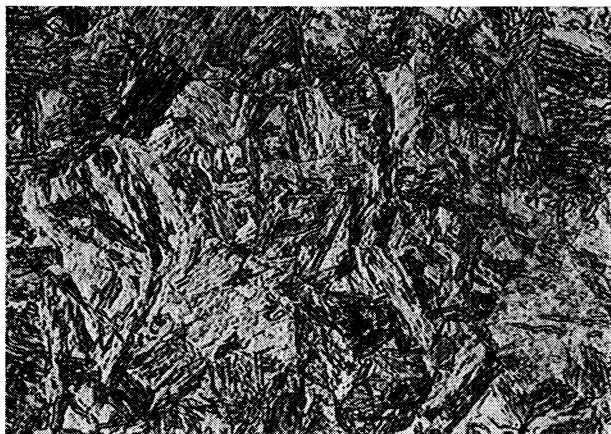


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



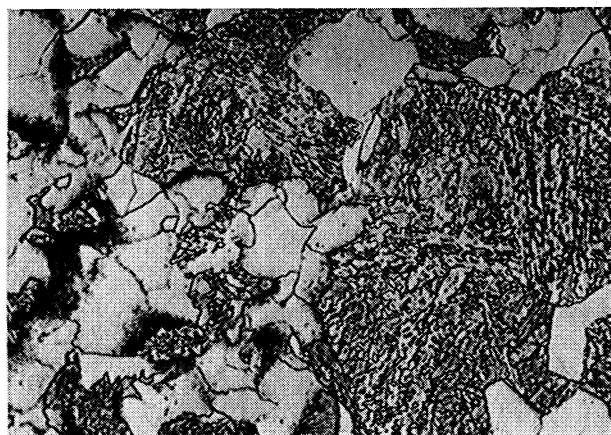
a) 870°C 10 min/22 s →500°C

500:1



b) 870°C 10 min/820 s →500°C

500:1



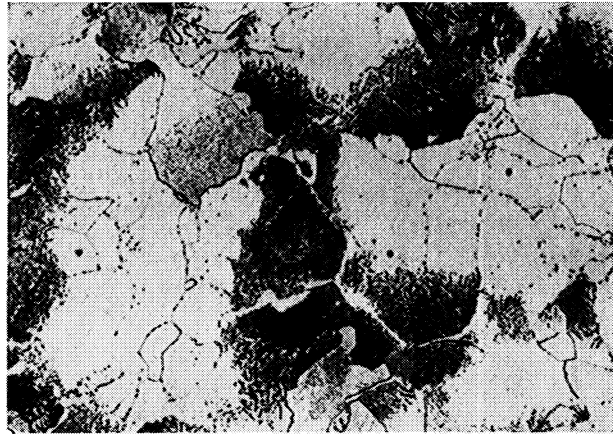
c) 870°C 10 min/6500 s →500°C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

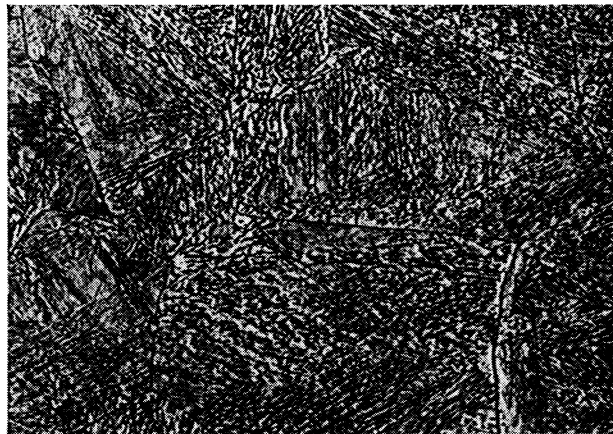
d) 870 °C 10 min/35 000 s → 500 °C

500:1



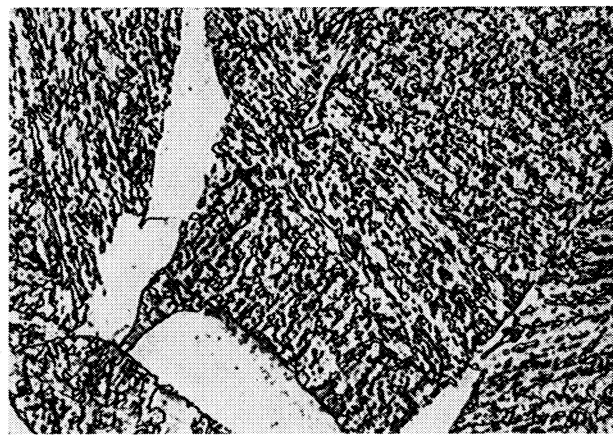
h) 1050 °C 10 min/70 s → 500 °C

500:1



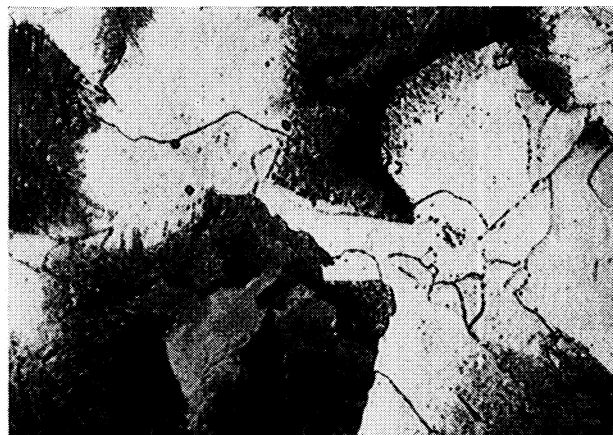
i) 1050 °C 10 min/6500 s → 500 °C

500:1



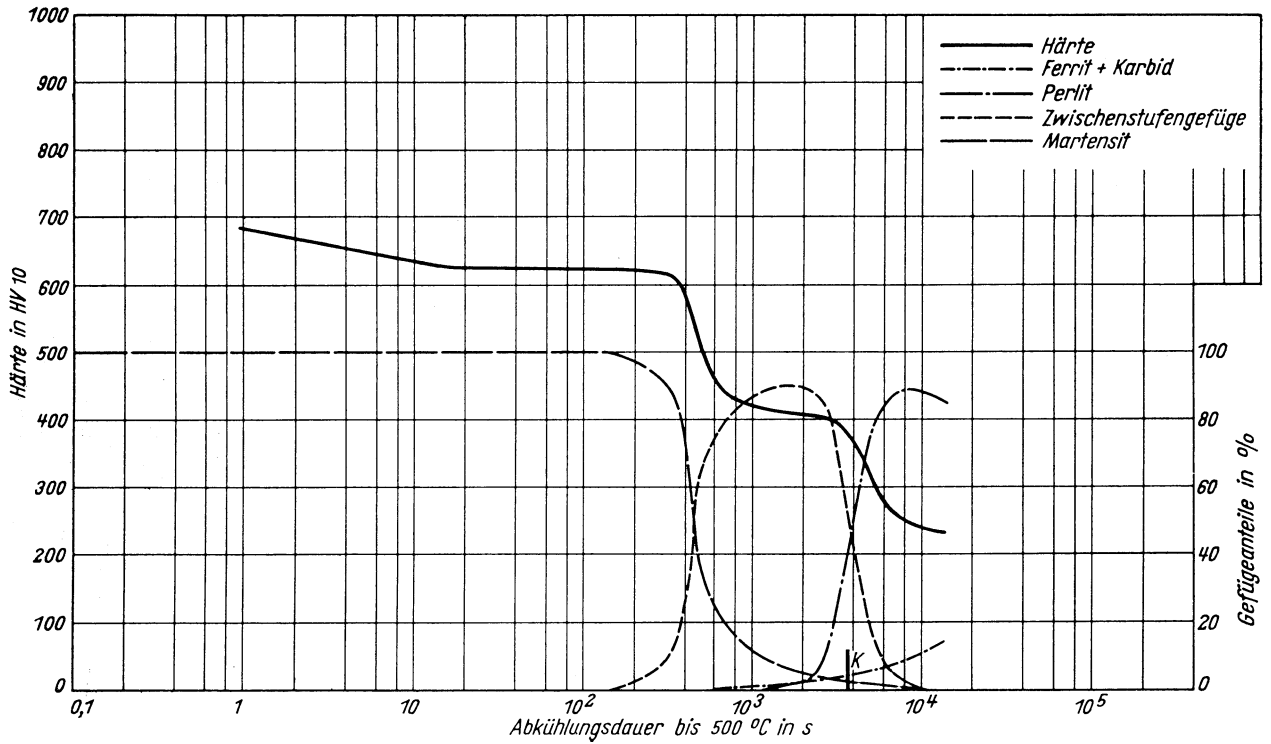
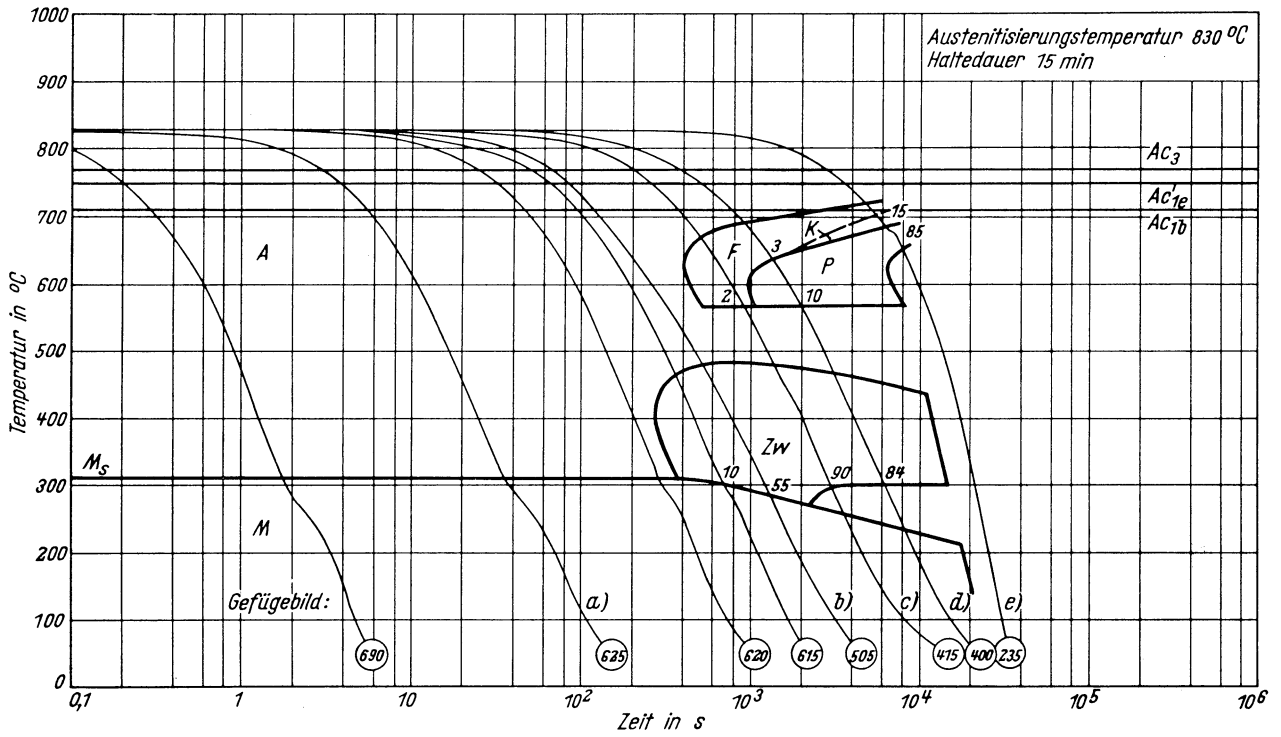
k) 1050 °C 10 min/70 000 s → 500 °C

500:1



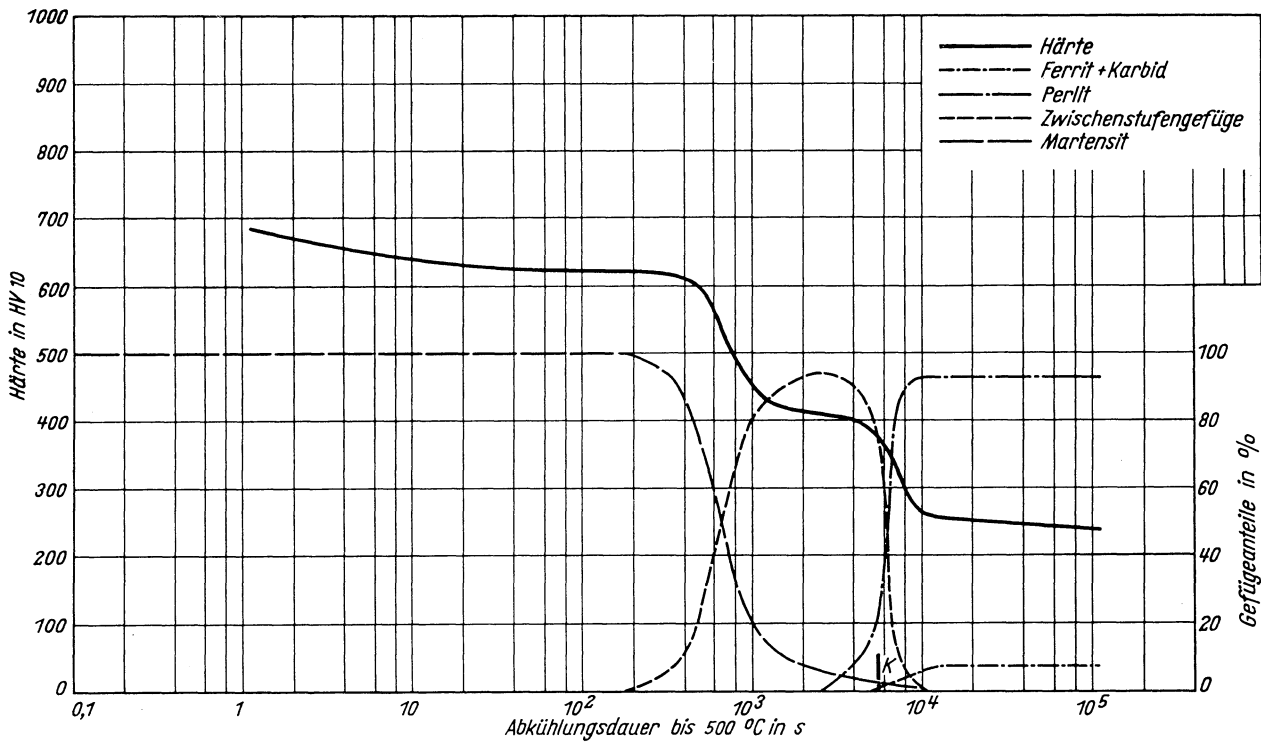
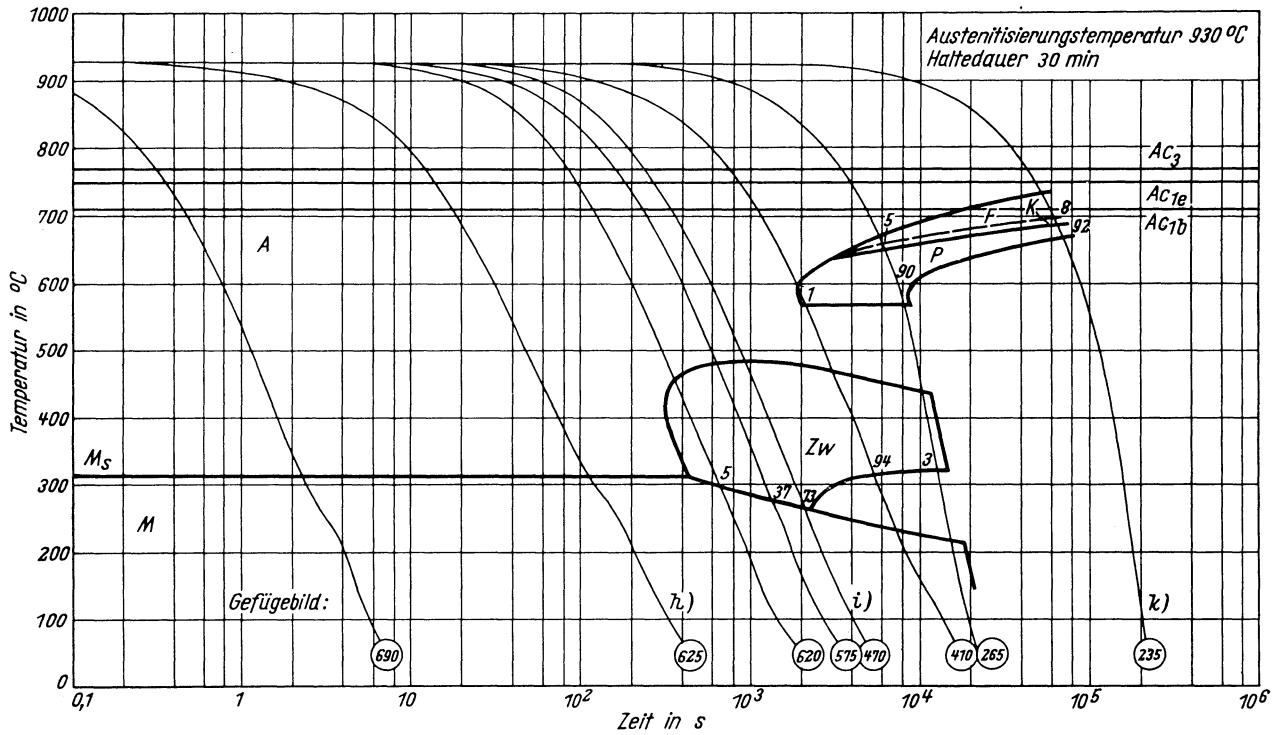
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,34	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	0,20	0,03	2,02	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,34	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	0,20	0,03	2,02	-	-

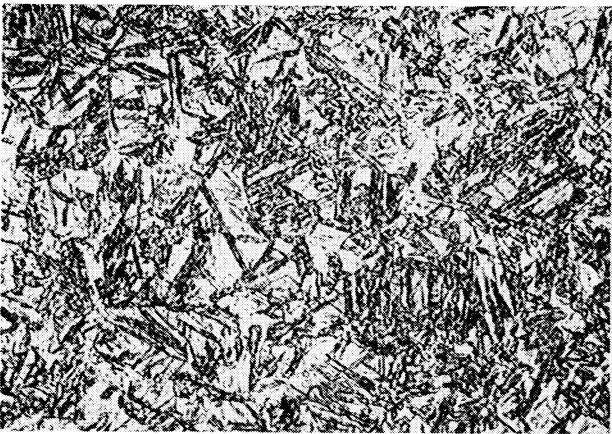


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



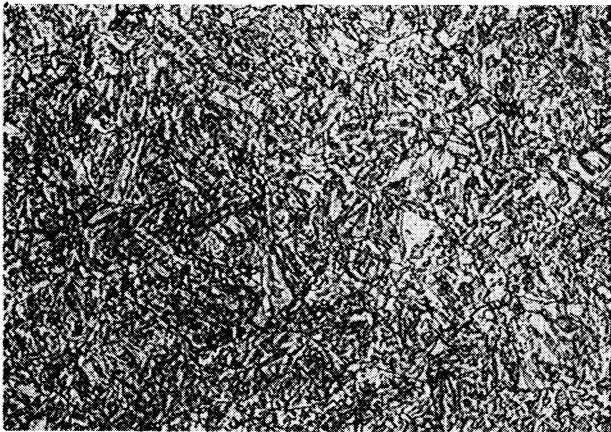
a) 830 °C 15 min/17 s → 500 °C

500: 1



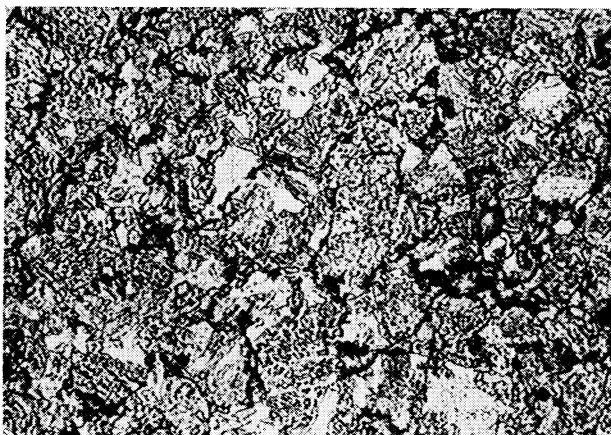
b) 830 °C 15 min/480 s → 500 °C

500: 1



c) 830 °C 15 min/1300 s → 500 °C

500: 1



d) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500: 1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

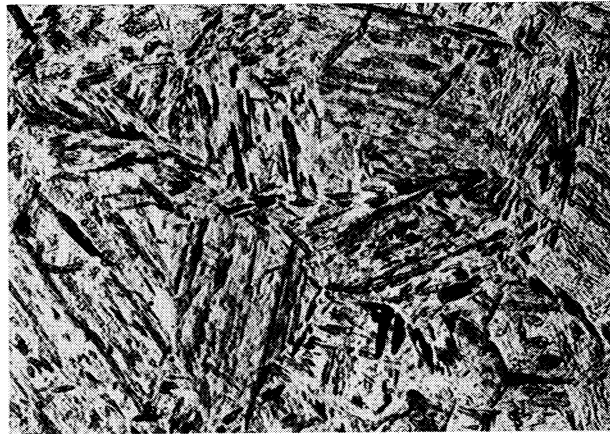
e) 830 °C 15 min/13500 s → 500 °C

500:1



h) 930 °C 30 min/47 s → 500 °C

500:1



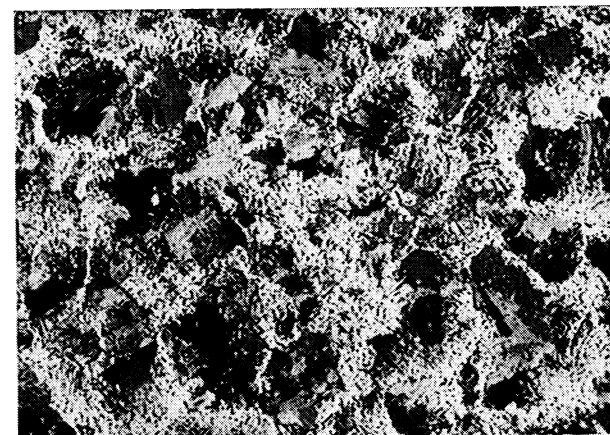
i) 930 °C 30 min/850 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/115000 s → 500 °C

500:1

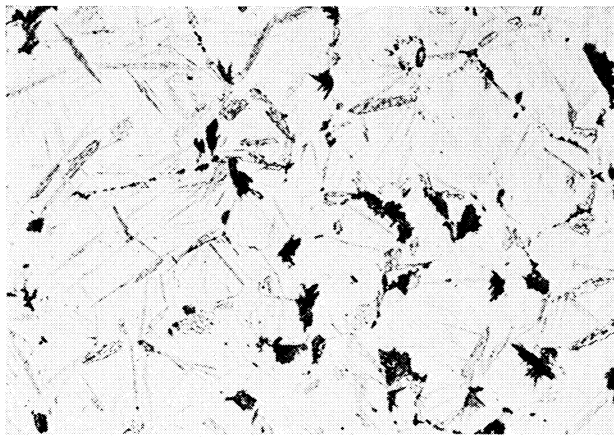


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



a) 830 °C 15 min/19 s → 500 °C

500:1



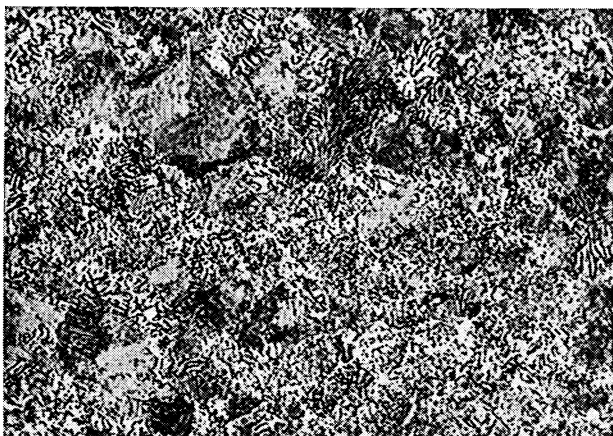
b) 830 °C 15 min/820 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1



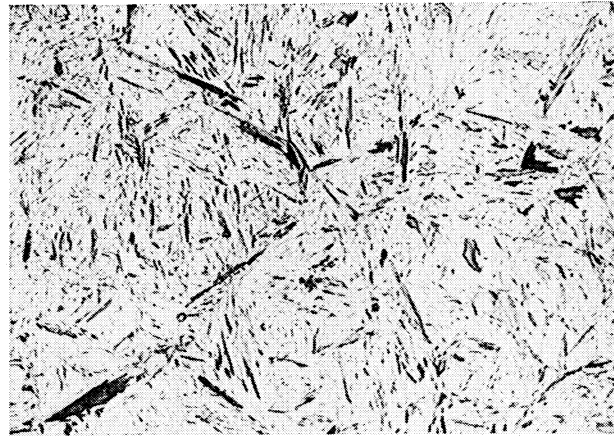
d) 830 °C 15 min/80000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

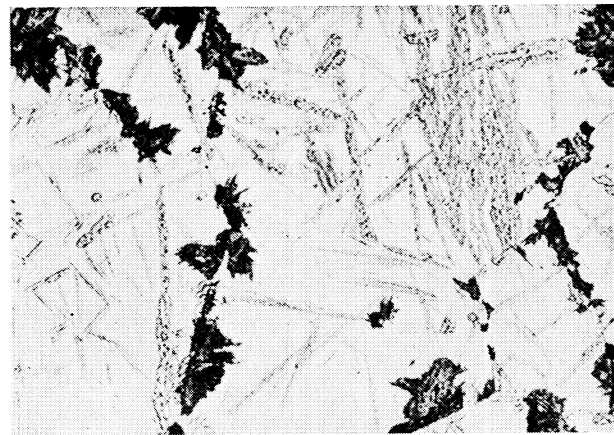
h) 930 °C 30 min/20 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/1600 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



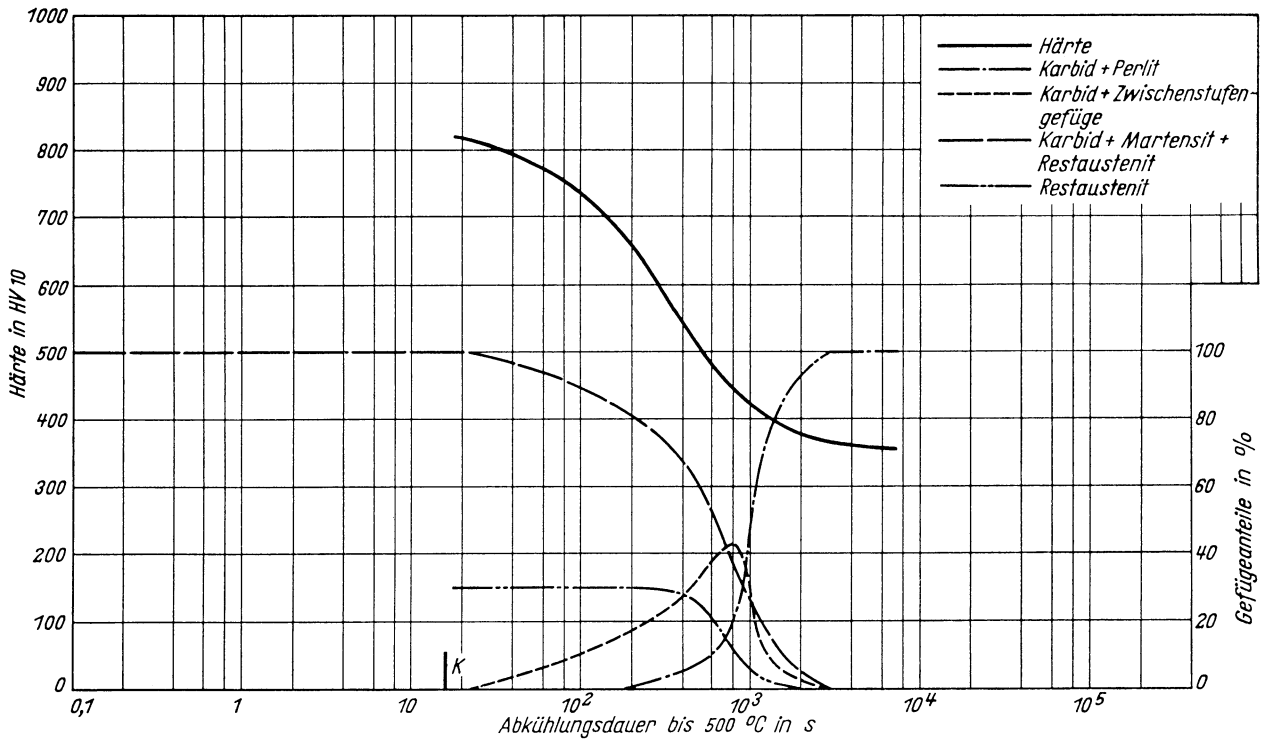
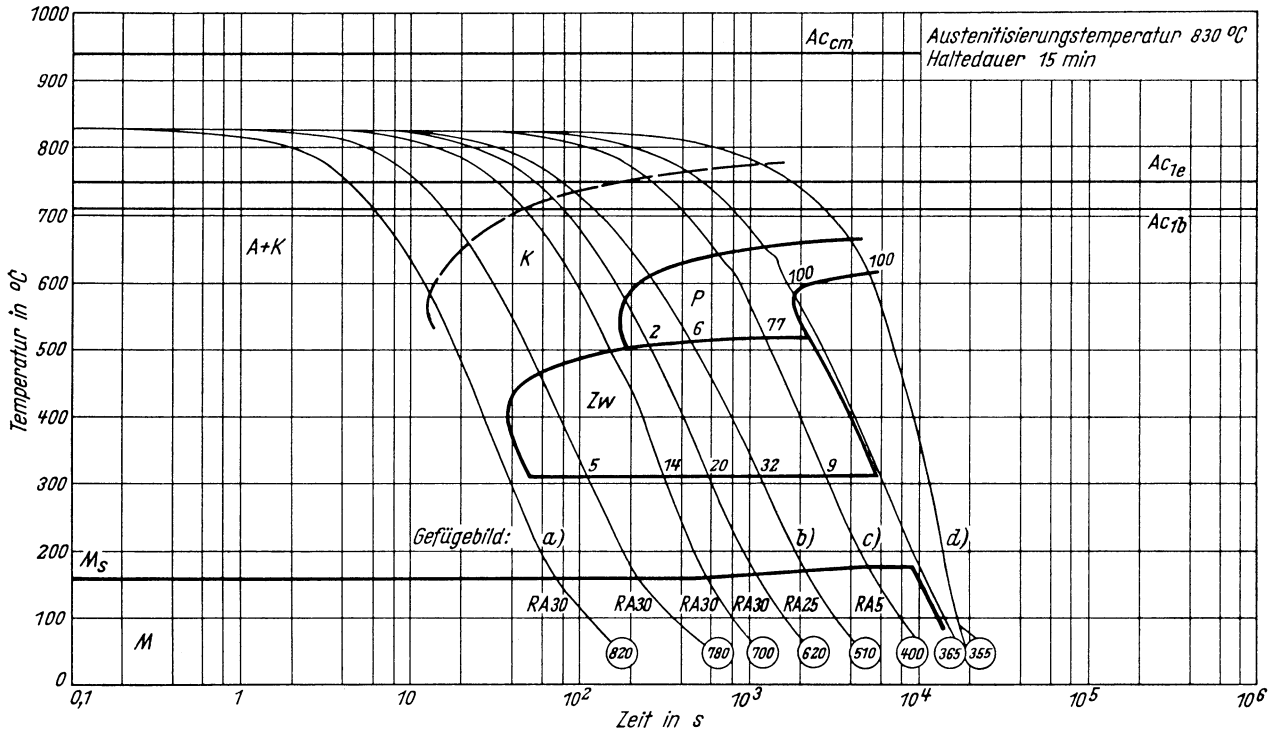
l) 930 °C 30 min/115000 s → 500 °C

500:1



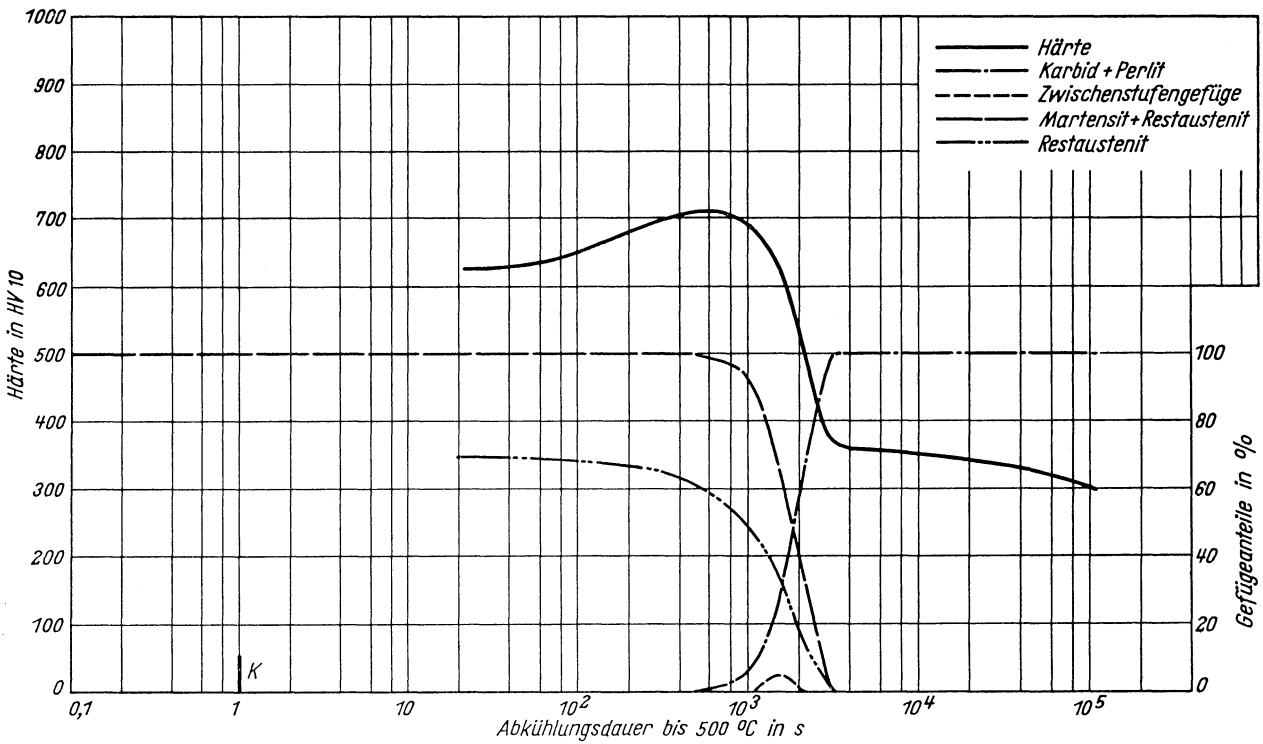
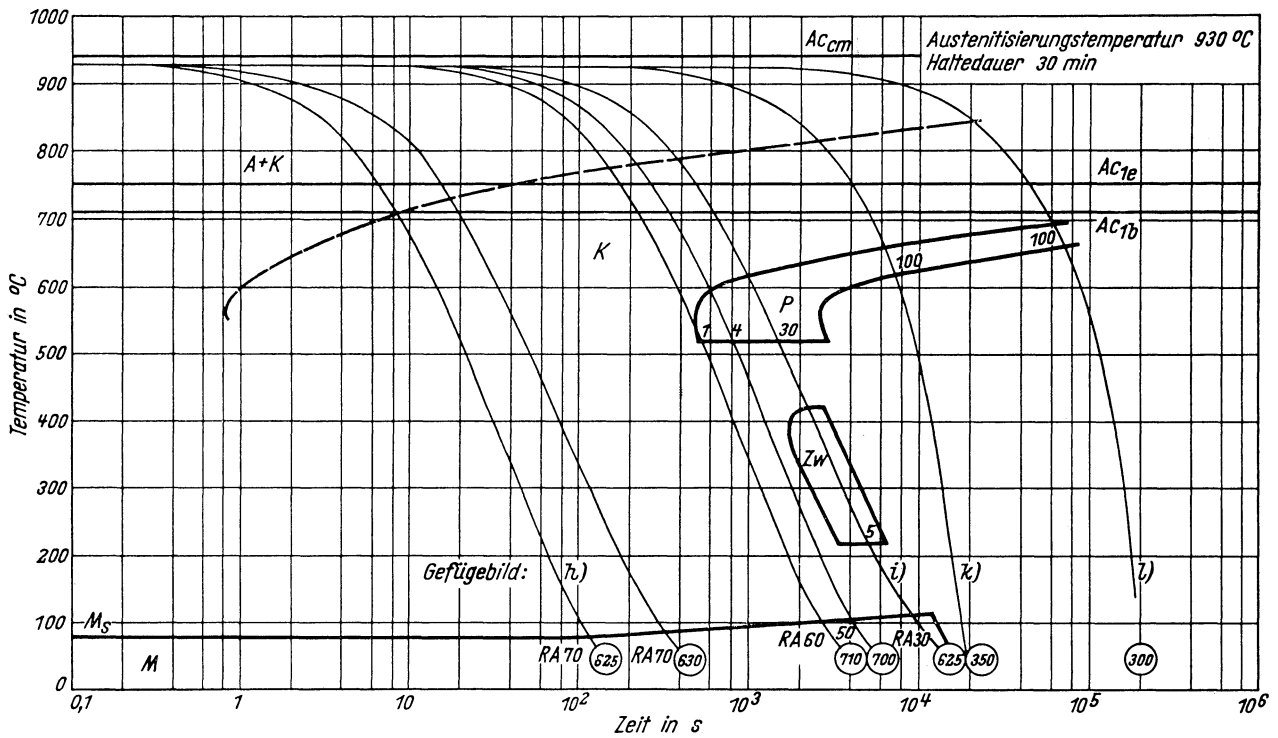
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
		1,10	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	0,20	0,03	2,02	—

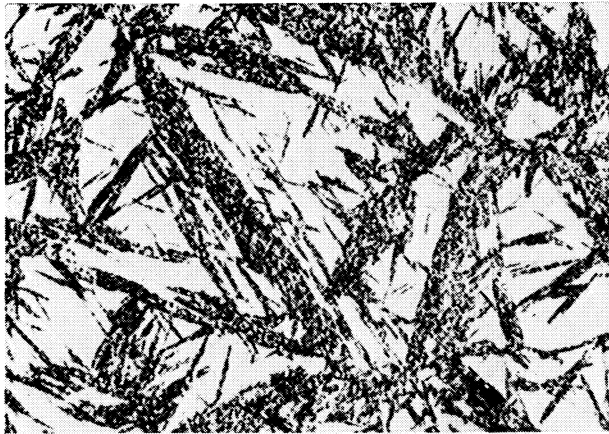


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	1,10	0,31	0,50	0,013	0,014	0,030	1,95	0,20	0,03	2,02	-	-

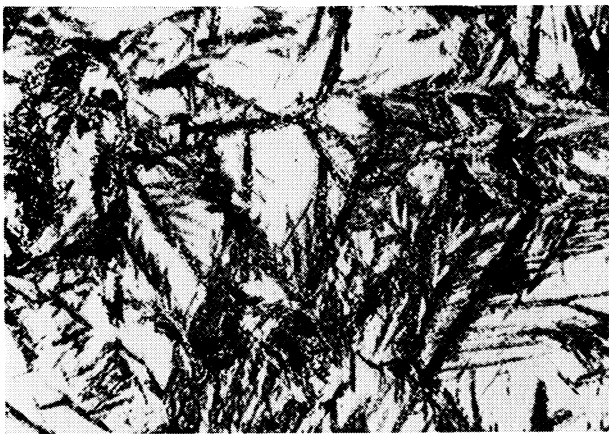


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



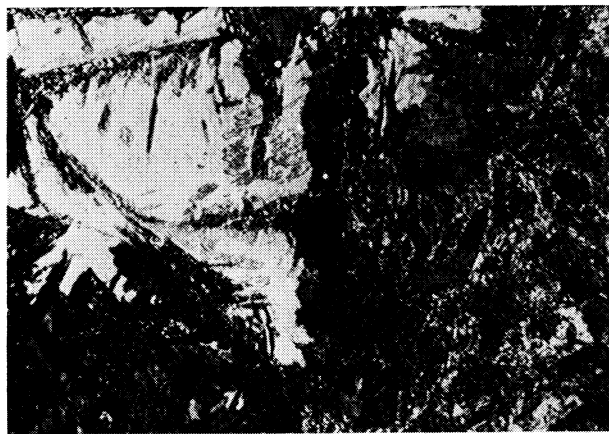
a) 830 °C 15 min/18 s → 500 °C

1000:1



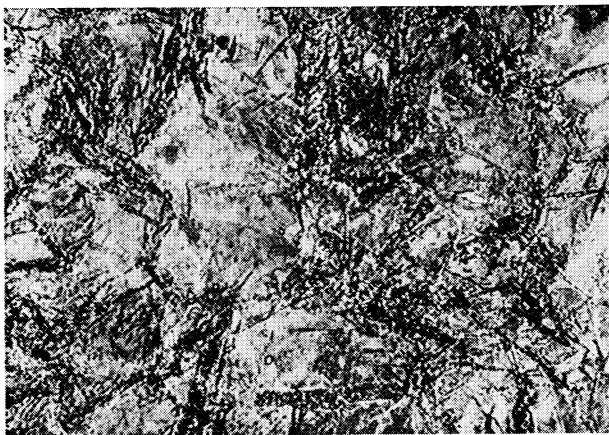
b) 830 °C 15 min/480 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/1300 s → 500 °C

1000:1



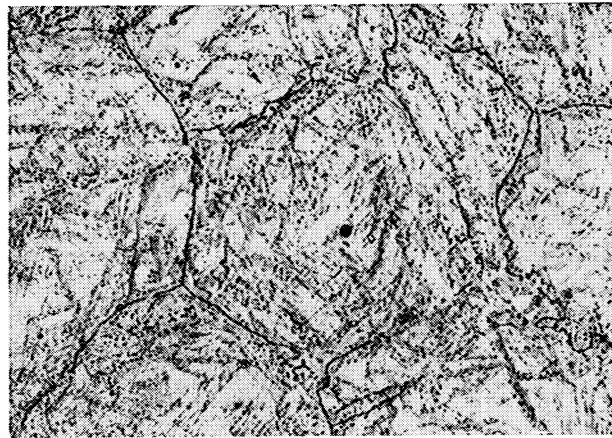
d) 830 °C 15 min/7000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/22 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/1600 s → 500 °C

500:1



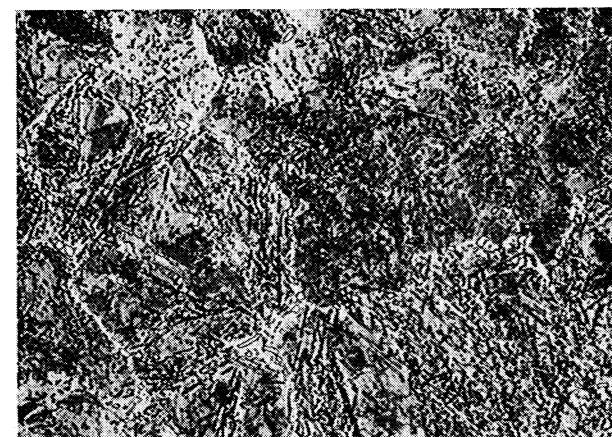
k) 930 °C 30 min/10000 s → 500 °C

500:1



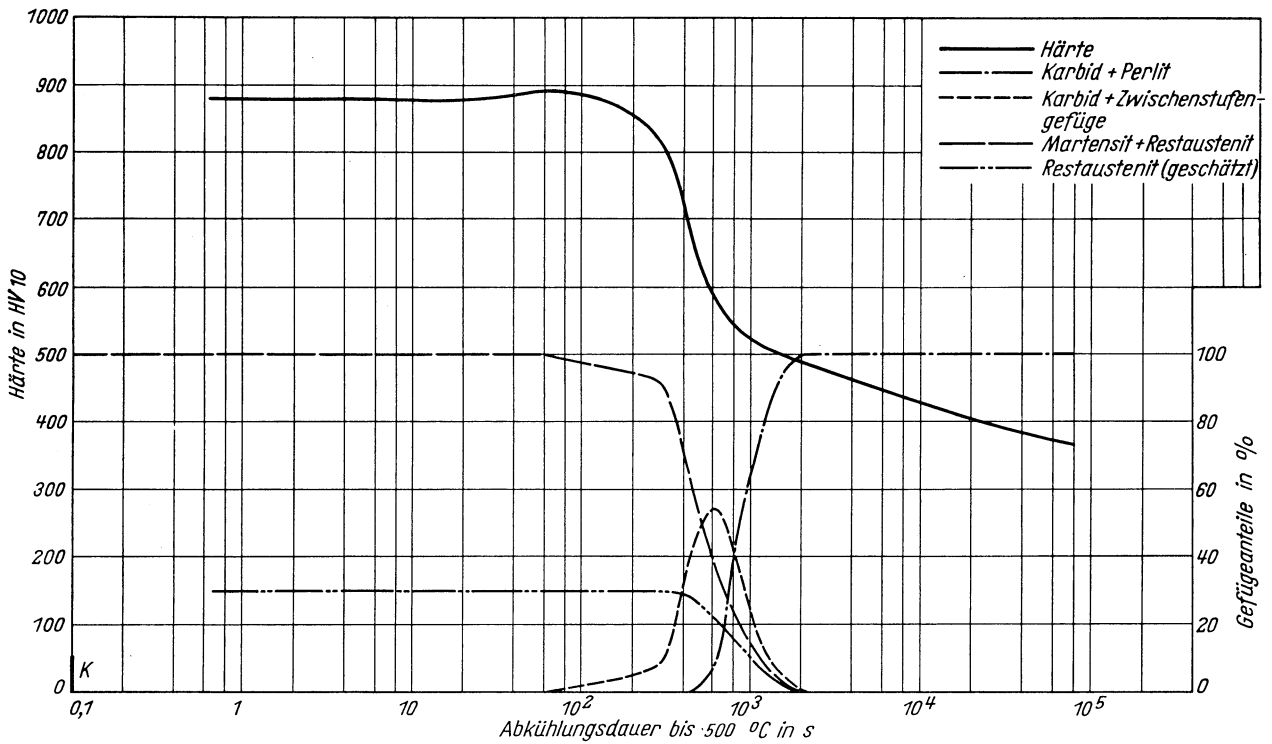
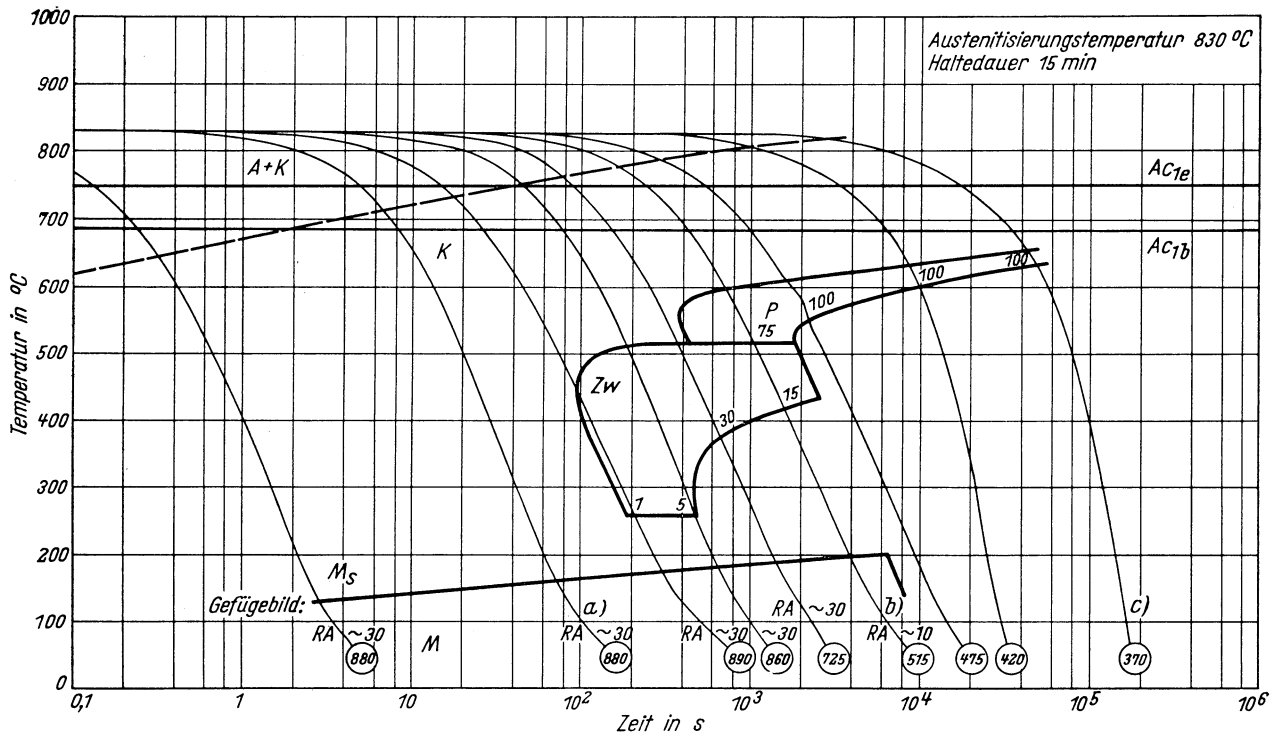
l) 930 °C 30 min/120000 s → 500 °C

500:1



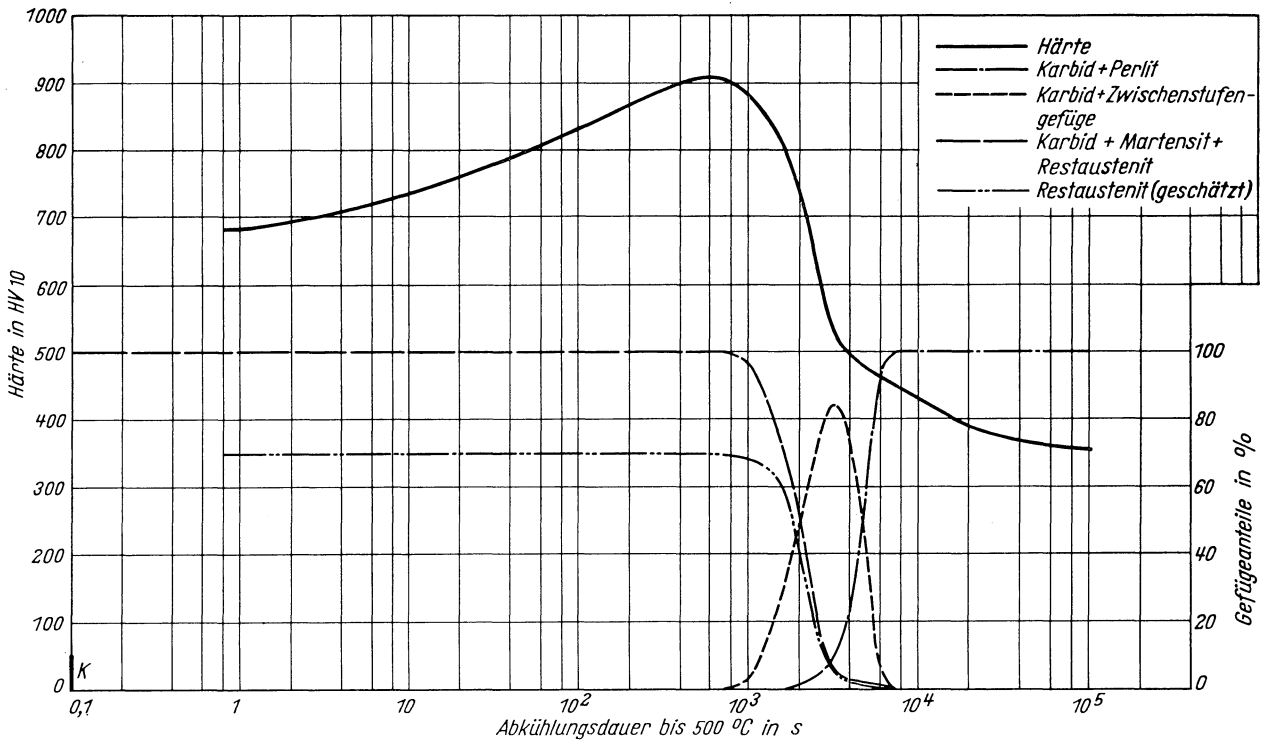
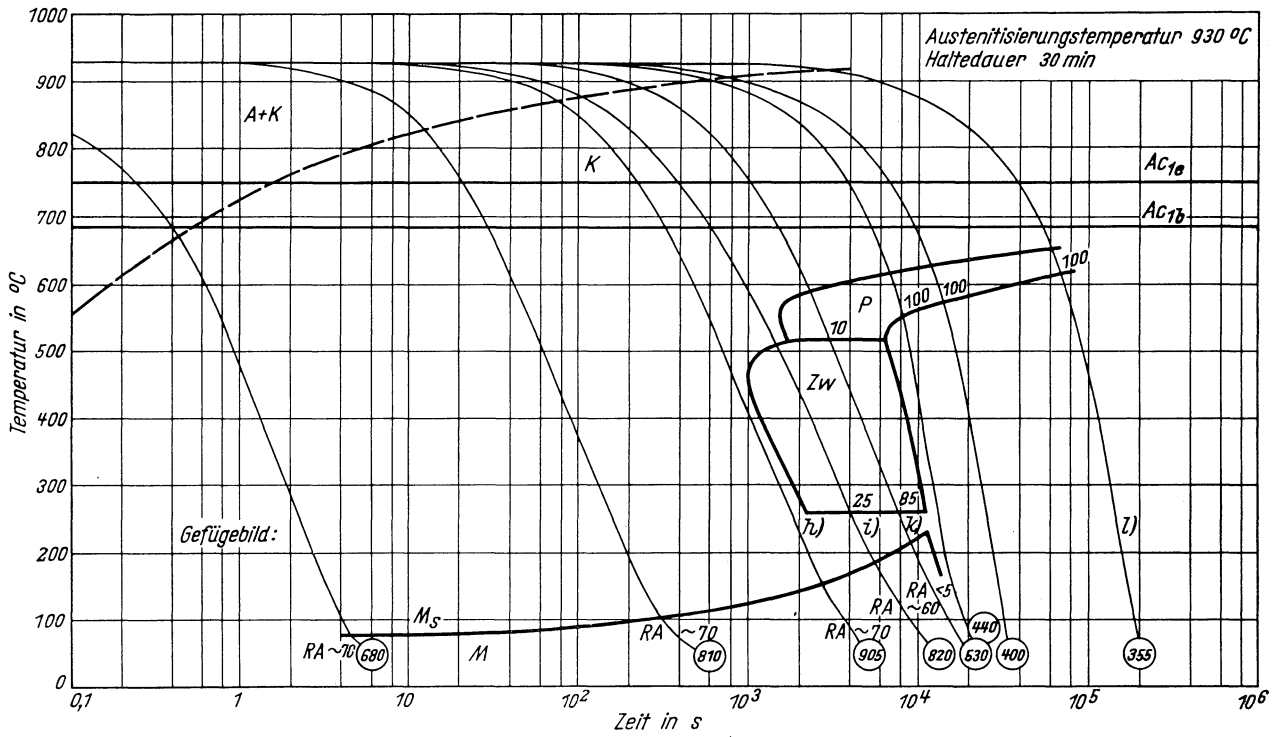
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Ni	V	—	—
	3,20	0,13	0,61	0,014	0,008	0,030	1,94	0,06	2,02	<0,01	—	—

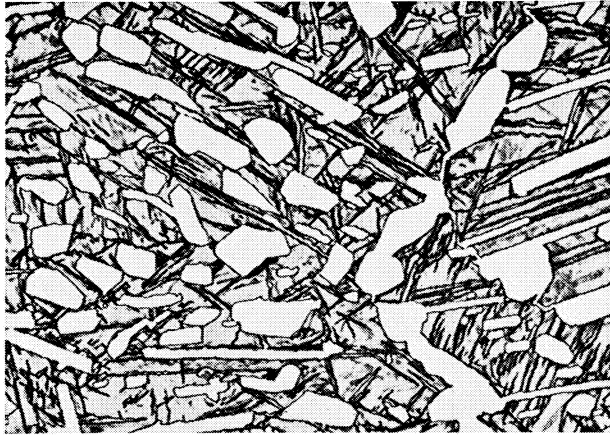


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Ni	V	-	-
	3,20	0,13	0,61	0,014	0,008	0,030	1,94	0,06	2,02	< 0,01	-	-

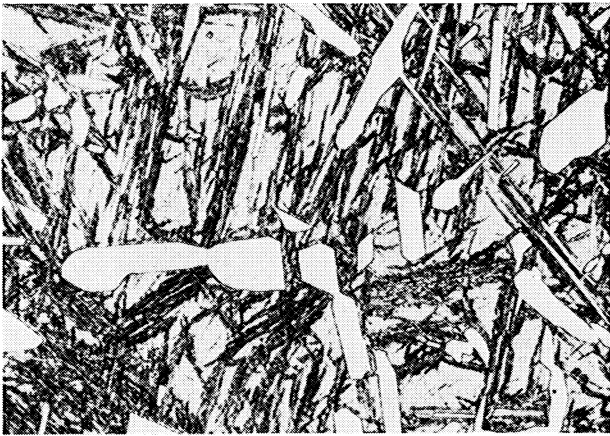


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



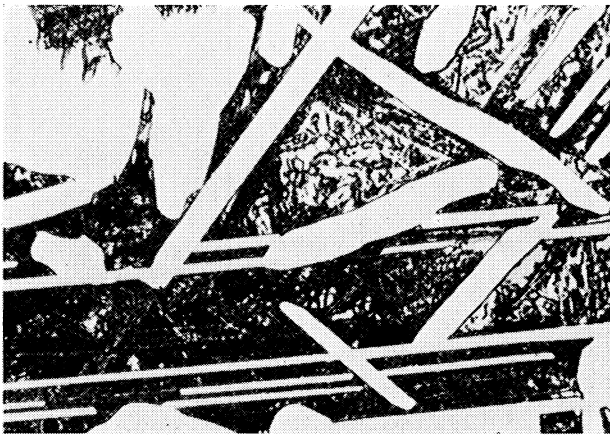
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/20 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/1100 s → 500 °C

1000:1



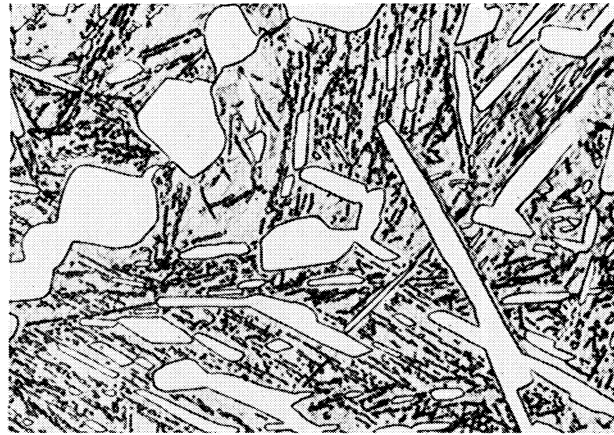
c) 830 °C 15 min/7800 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/700 s → 500 °C

1000: 1



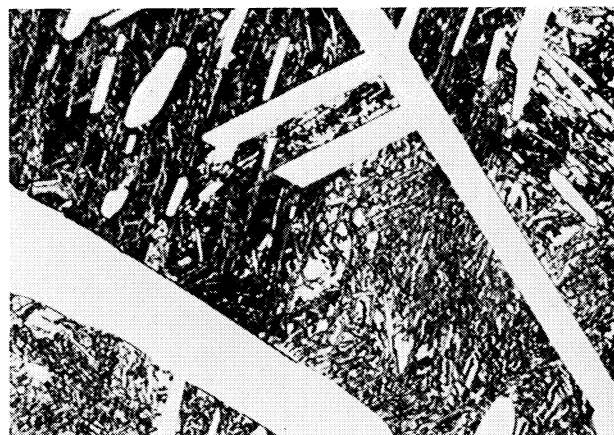
i) 930 °C 30 min/1500 s → 500 °C

500: 1



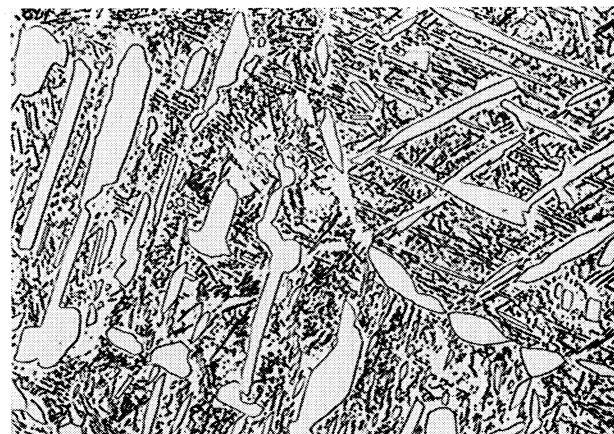
k) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

1000: 1



l) 930 °C 30 min/95 000 s → 500 °C

500: 1



(Bezeichnung nach DIN 17 006)

Einsatzstahl, nicht genormt nach DIN 17 210

Chemische Zusammensetzung

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni
0,13	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Siemens-Martin-Ofen

Verarbeitung: geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Kenngößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _r	K _p	
14 NiCr 14	0,13	675	715	820	—	L.Z.		5, 6				
						870	A	4, 5, 6	4,4 ¹⁾	90 ¹⁾	85000 ¹⁾	420
						1050	A	2, 3, 4	6,0 ²⁾	180 ²⁾	130000 ²⁾	420
14 NiCr 14 aufgekühlt	0,25	675	735	785	—	A.Z.		0, 1, 2				
						830	A	6, 7, 8	18	1000	45000	355
						930	A	0, 1, 2	22	3800	100000	355
14 NiCr 14 aufgekühlt	0,53	675	750	765	—	A.Z.		1, 2				
						830	A	2, 3	120	2000	16000	225
						930	A	n. b.	140	2800	22000	225
14 NiCr 14 aufgekühlt	0,81	675	750	—	870	A.Z.		2, 3, 4				
						830	A + K	8, 9	700	3000	20000	140
						930	A	5, 6, 7	2000	6500	50000	140
14 NiCr 14 aufgekühlt	1,03	675	750	—	950	A.Z.		1, 2, 3				
						830	A + K	9	280	1600	16000	105
						930	A + K	7, 8	2800	6000	60000	100
14 NiCr 14 aufgekühlt	1,80	675	750	—	> 1050	A.Z.		> - 1				
						830	A + K	0, - 1	450	450	14000	< 135
						930	A + K	0, - 1	1400	2200	16000	< 75

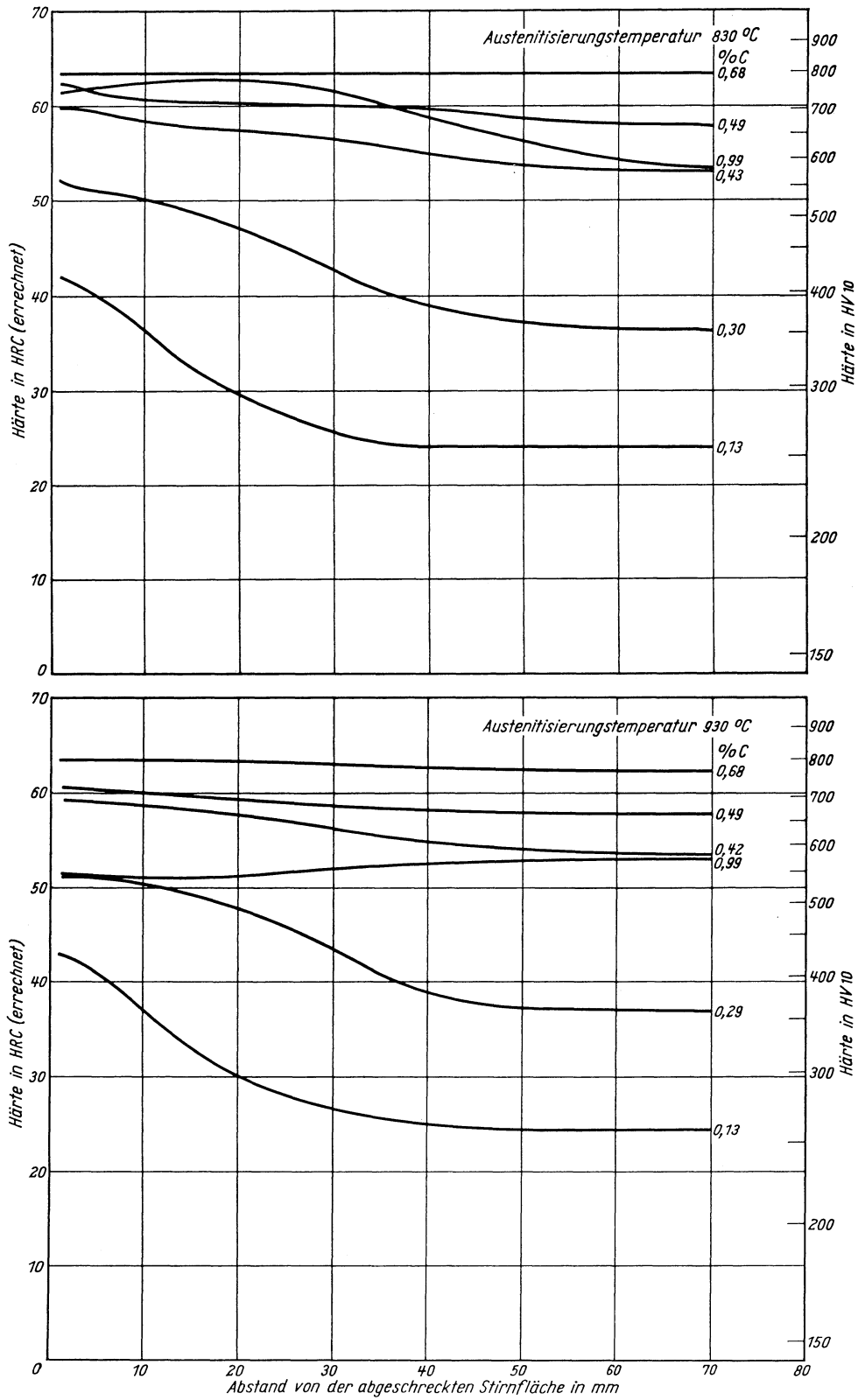
¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkohlungszustand

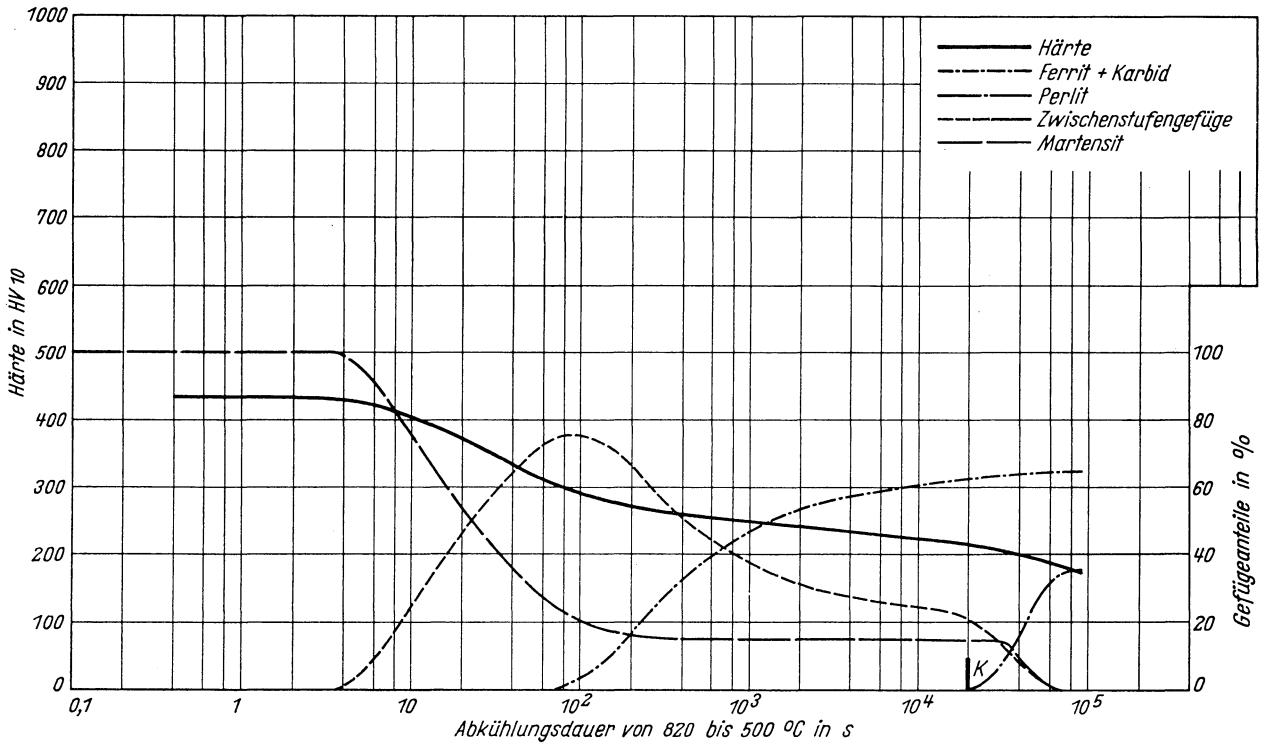
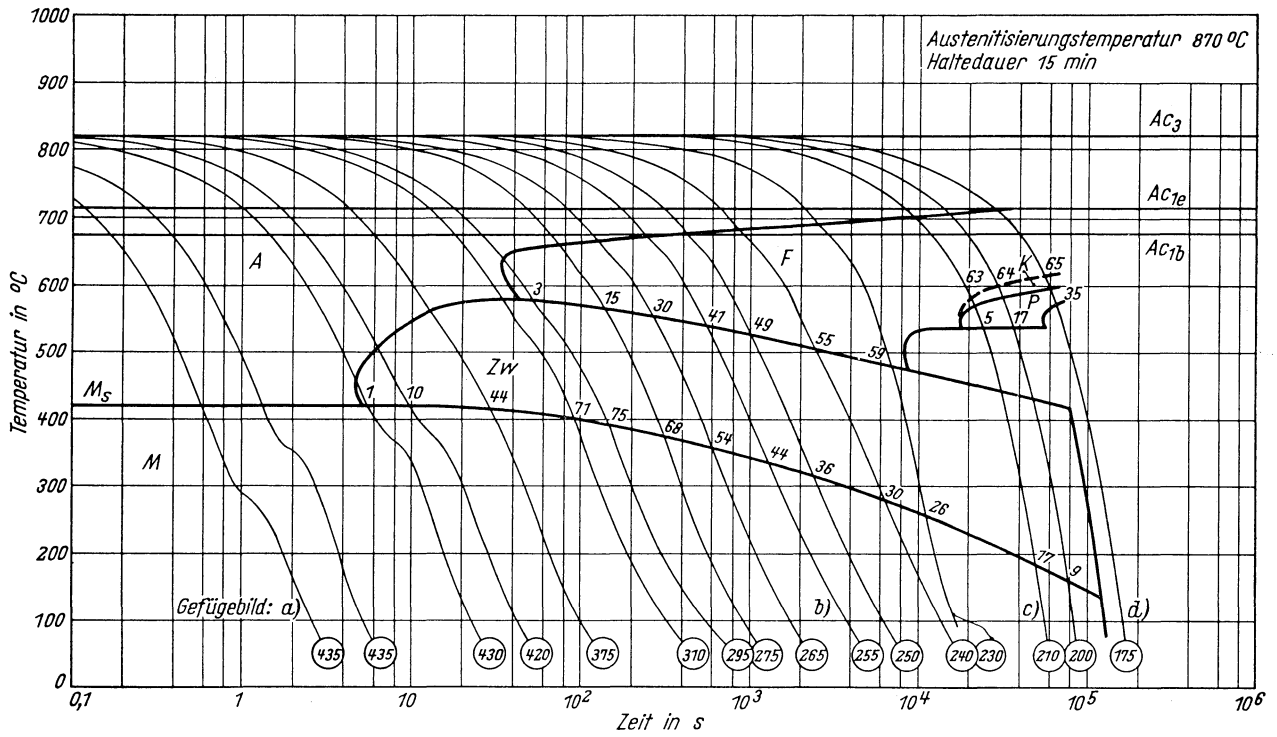
K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit
K_r = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)



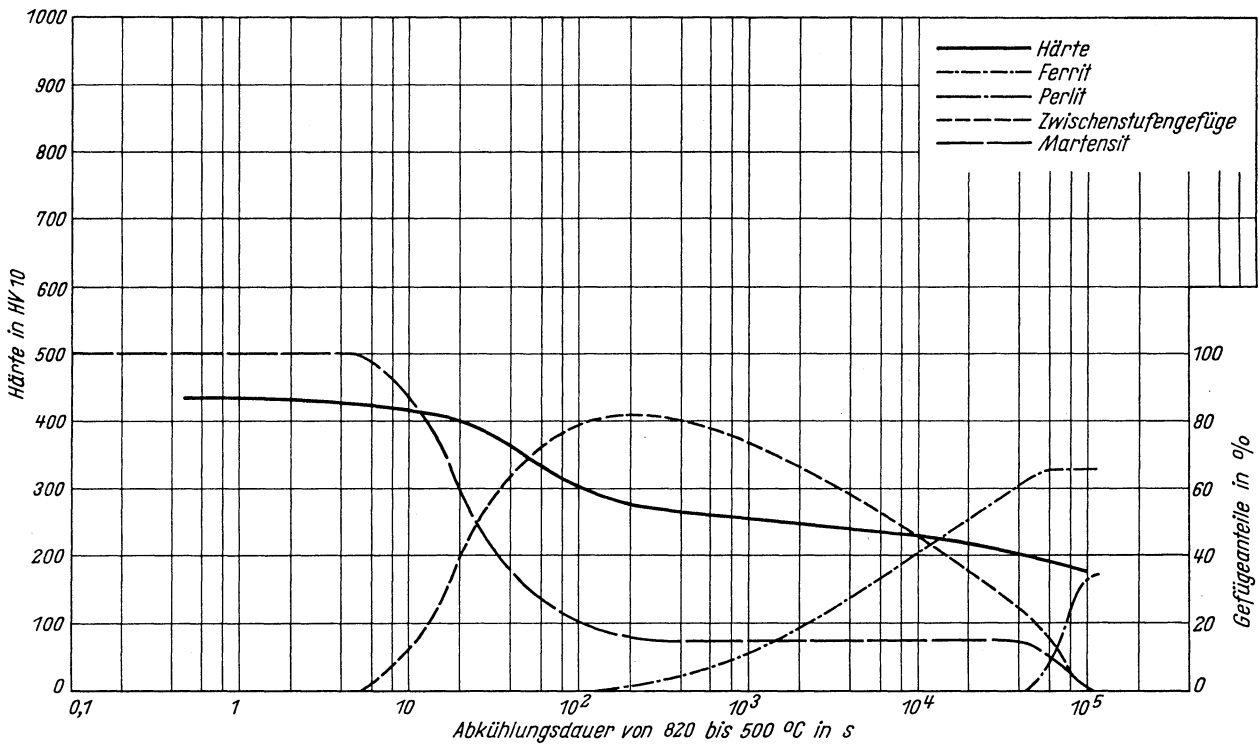
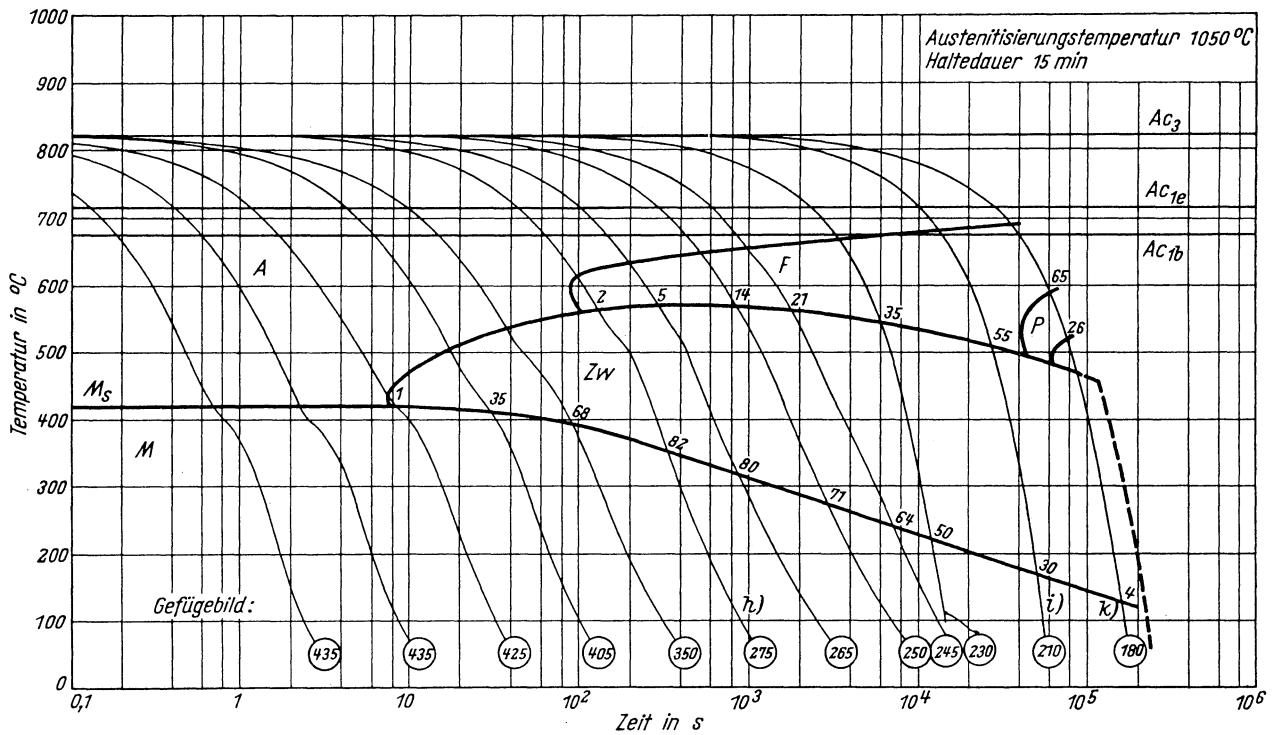
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	0,13	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	—	—

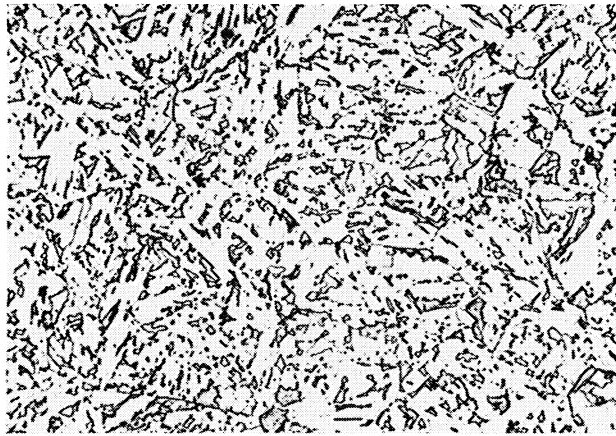


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	0,13	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	—	—



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



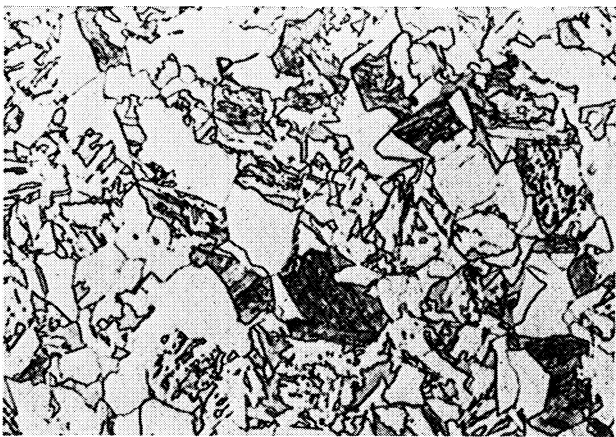
Ausgangszustand

500:1



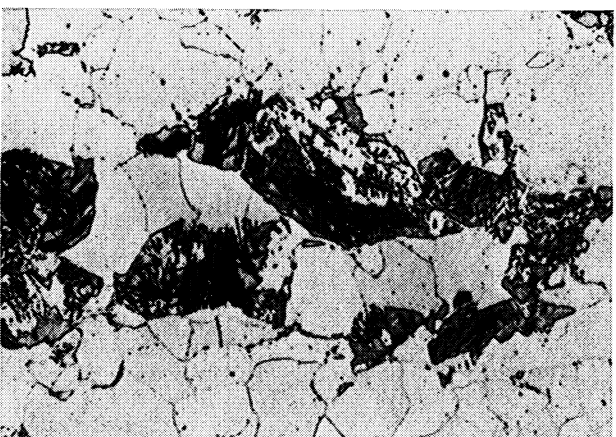
a) 870 °C 15 min/0,4 s →500 °C

500:1



b) 870 °C 15 min/650 s →500 °C

1000:1



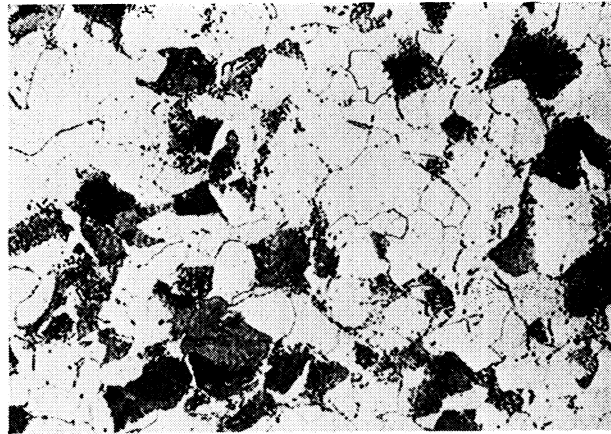
c) 870 °C 15 min/26000 s →500 °C

1000:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

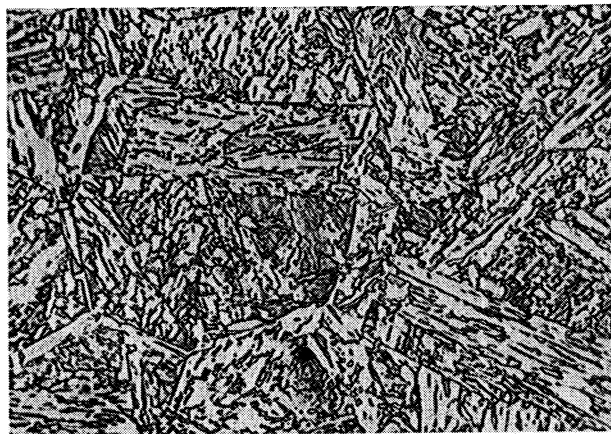
d) 870 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



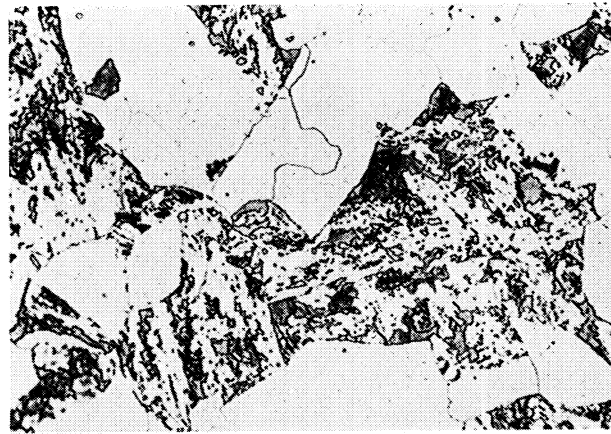
h) 1050 °C 15 min/200 s → 500 °C

500:1



i) 1050 °C 15 min/28 000 s → 500 °C

500:1



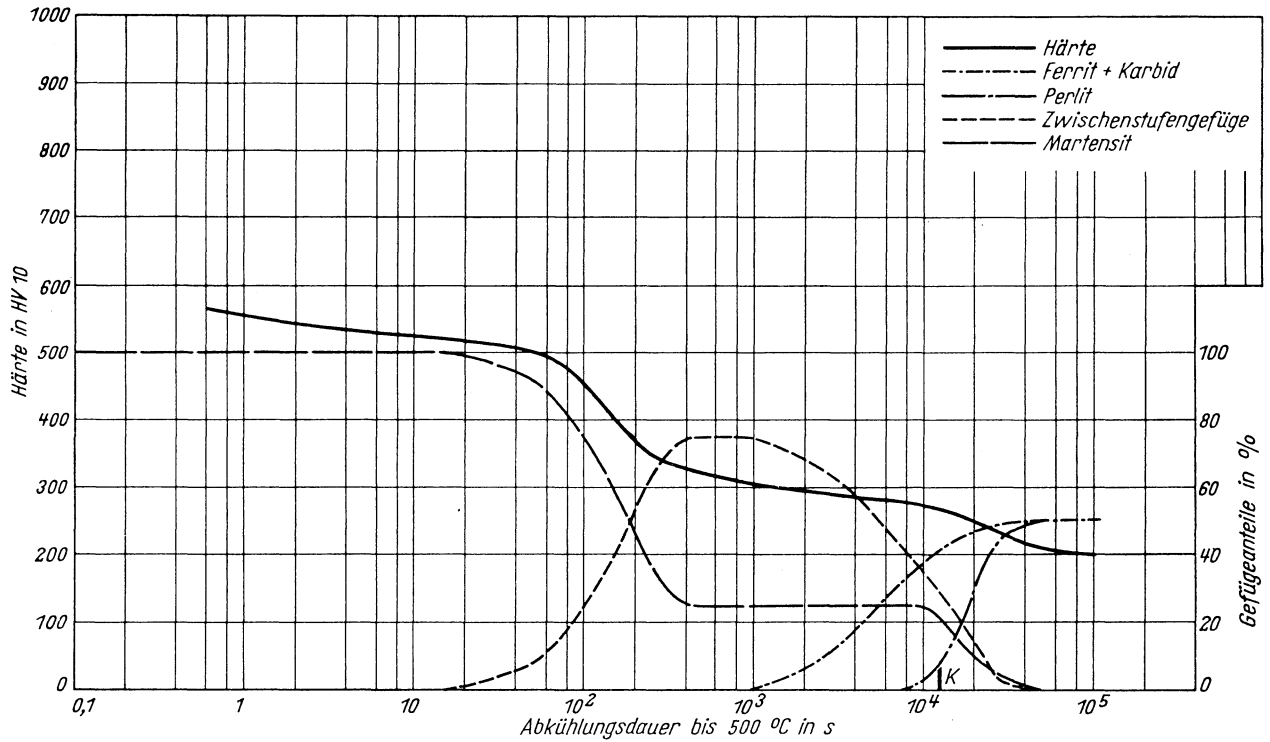
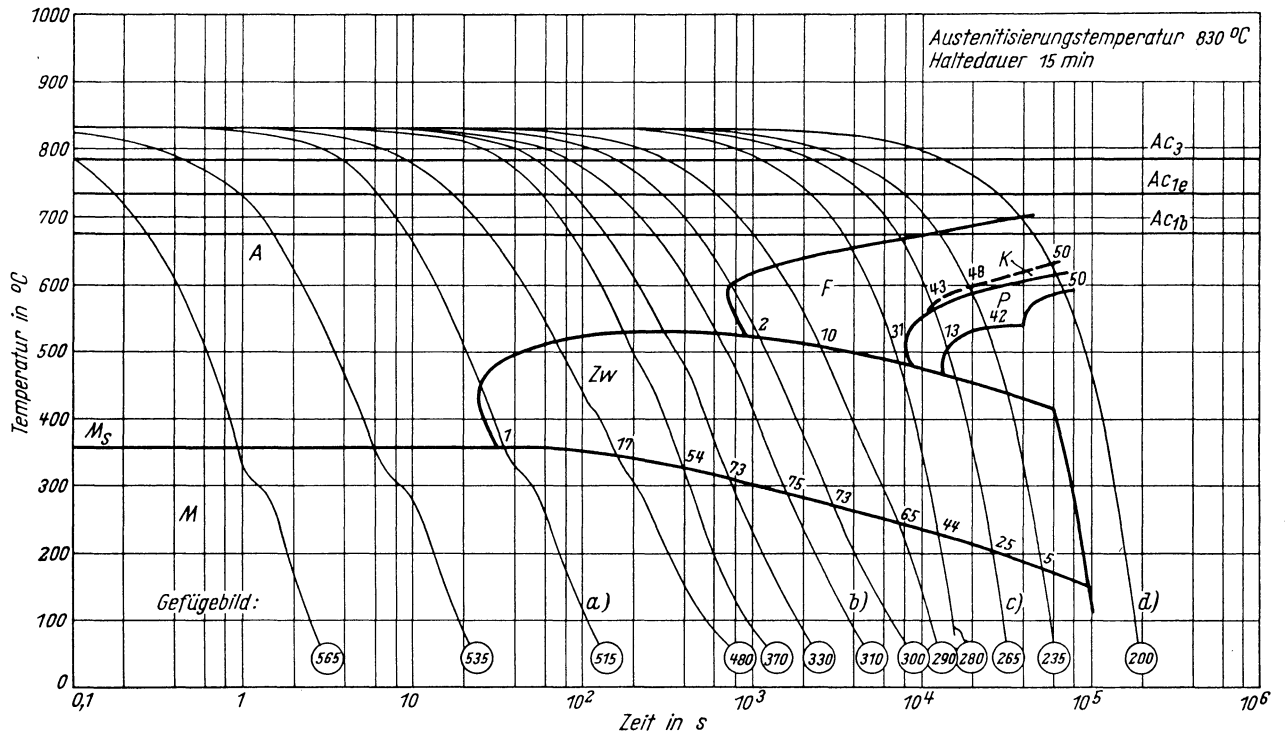
k) 1050 °C 15 min/83 000 s → 500 °C

500:1



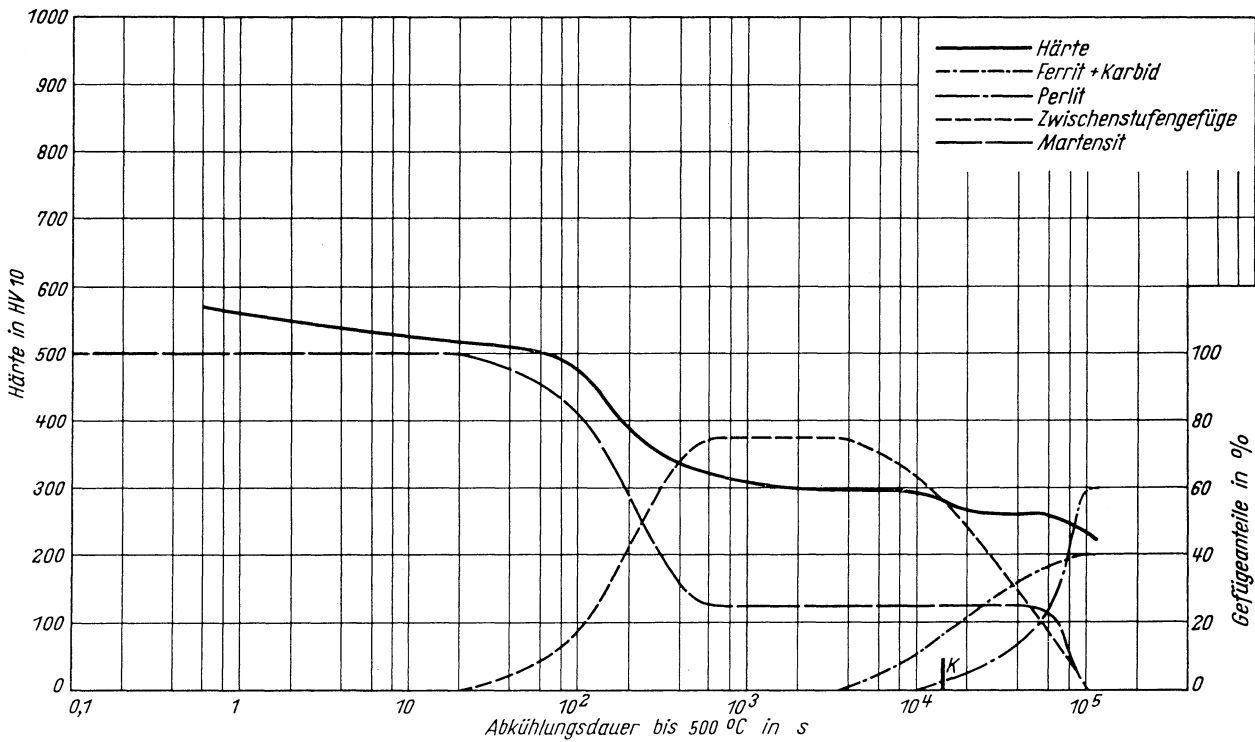
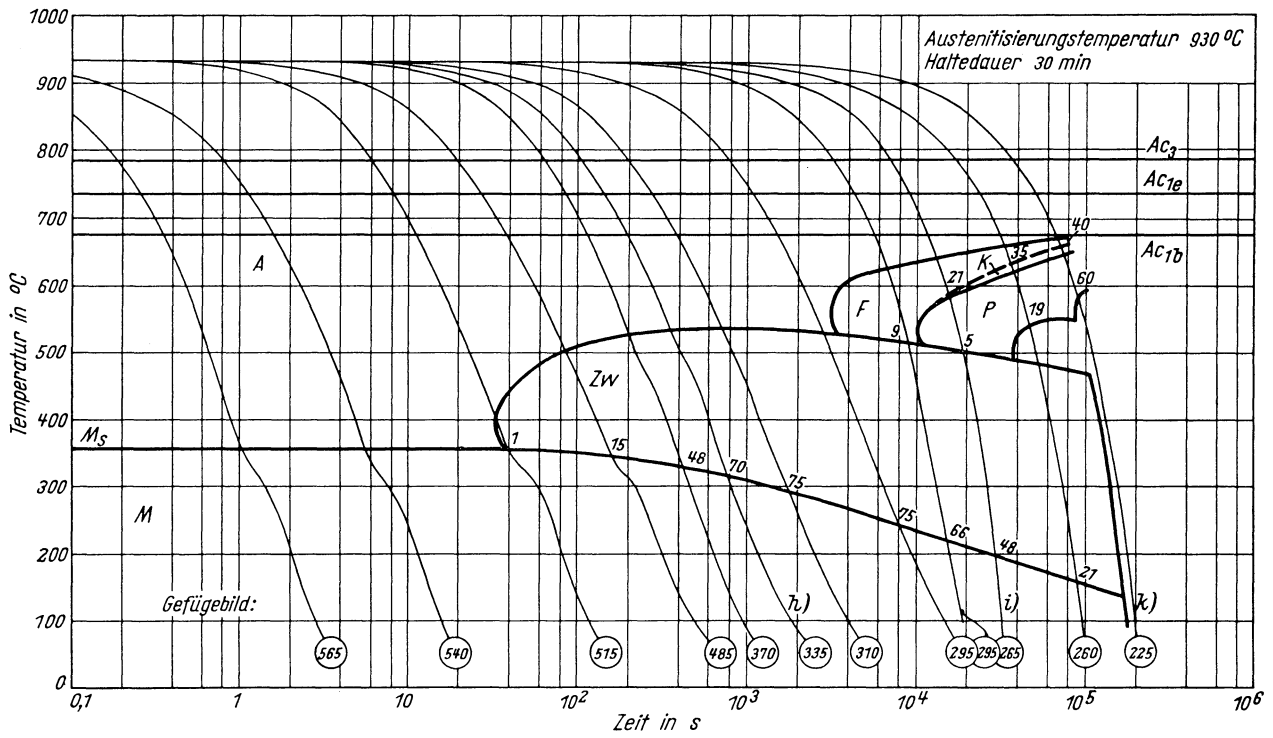
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	0,25	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	—	—

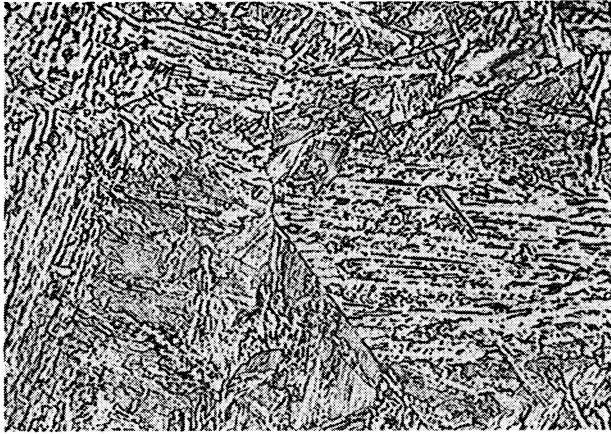


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		0,25	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



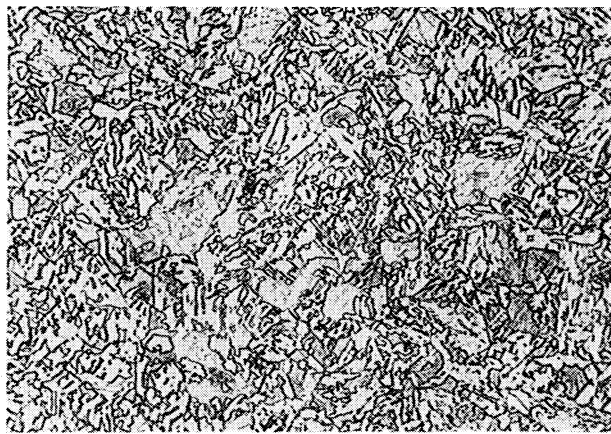
Ausgangszustand

500:1



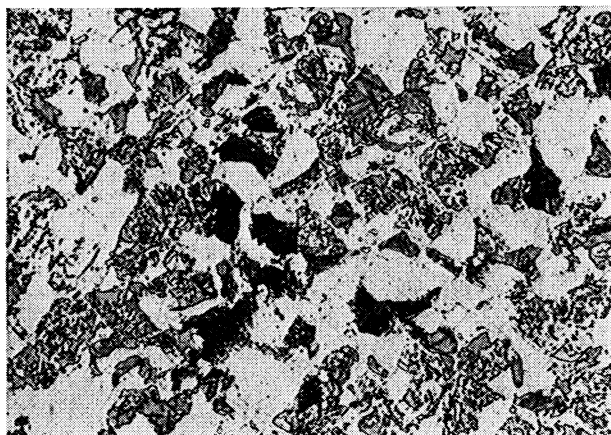
a) 830 °C 15 min/21 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/700 s → 500 °C

500:1



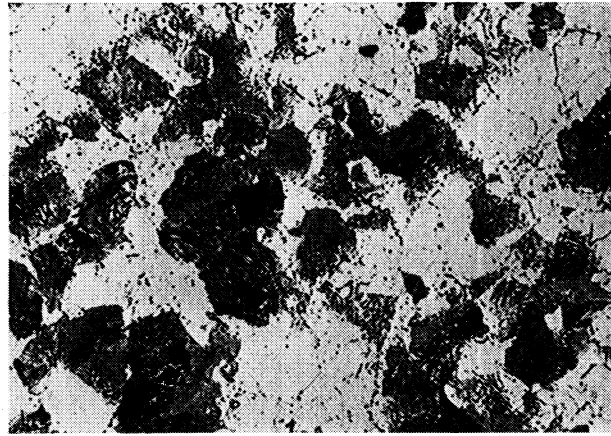
c) 830 °C 15 min/14 000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

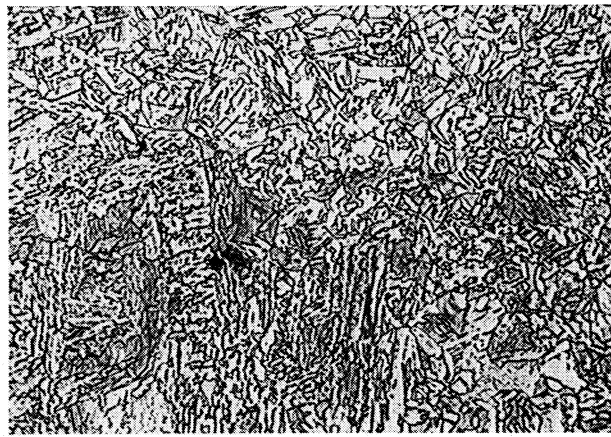
d) 830 °C 15 min/90 000 s → 500 °C

500:1



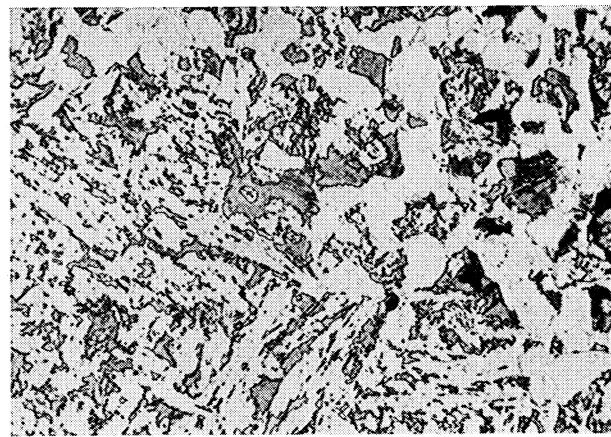
h) 930 °C 30 min/400 s → 500 °C

500:1



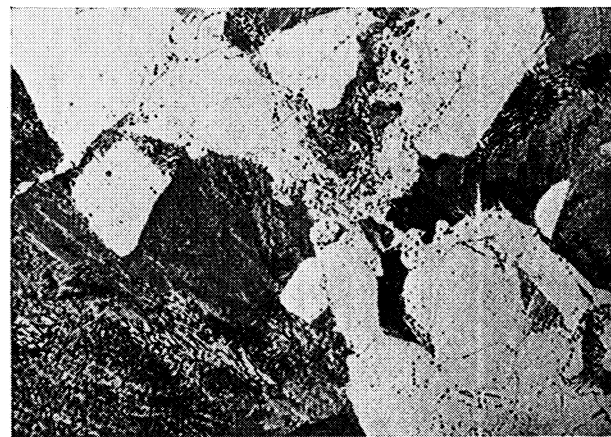
i) 930 °C 30 min/19 000 s → 500 °C

500:1



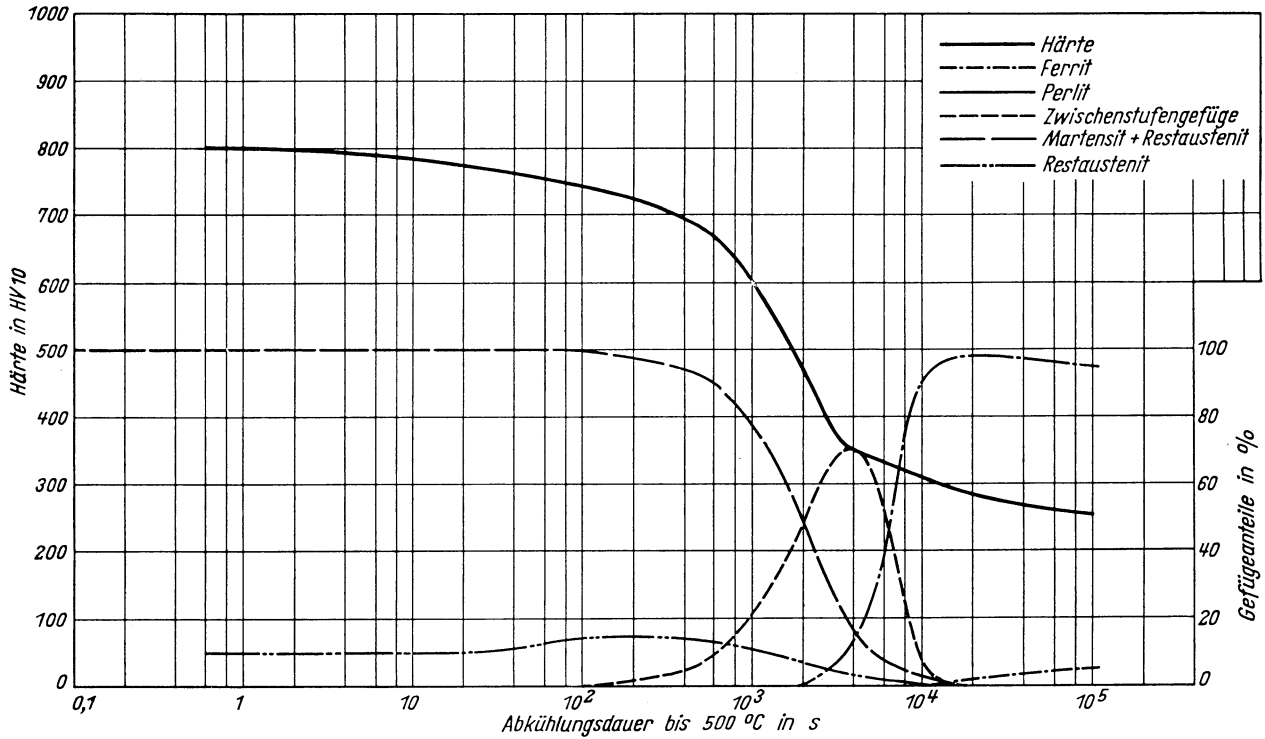
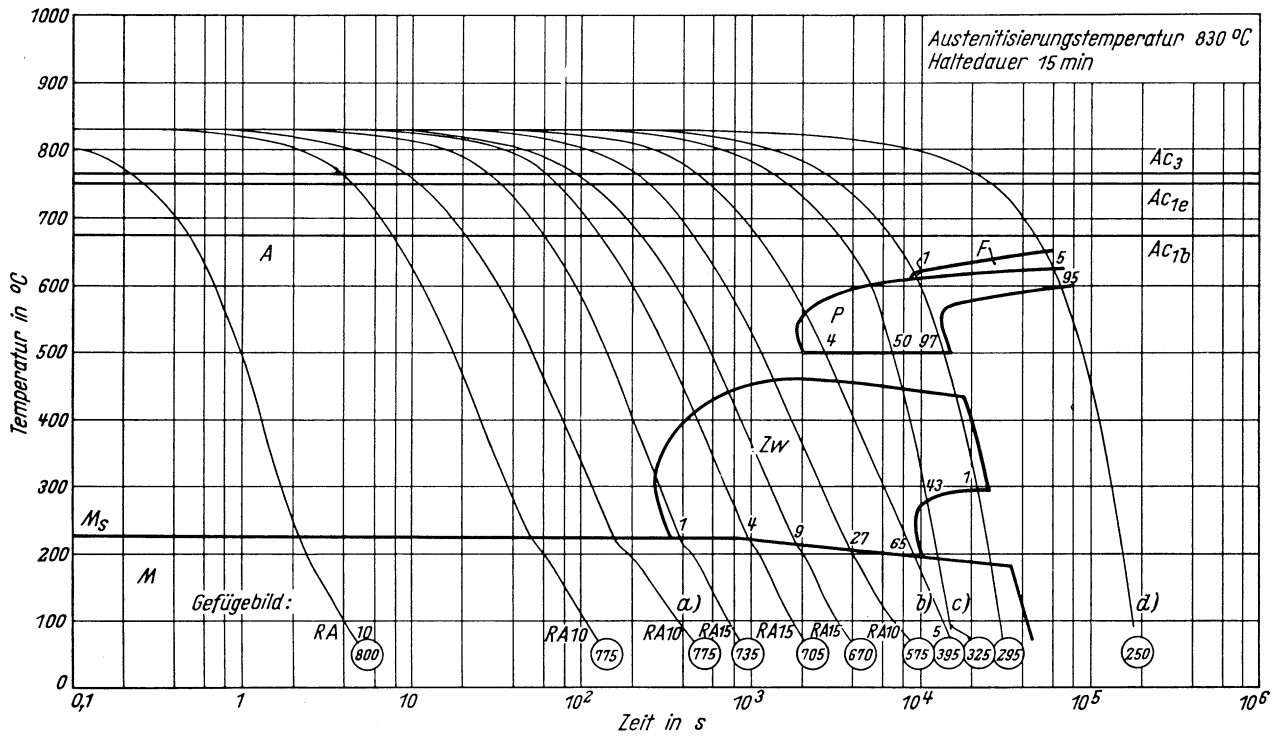
k) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1



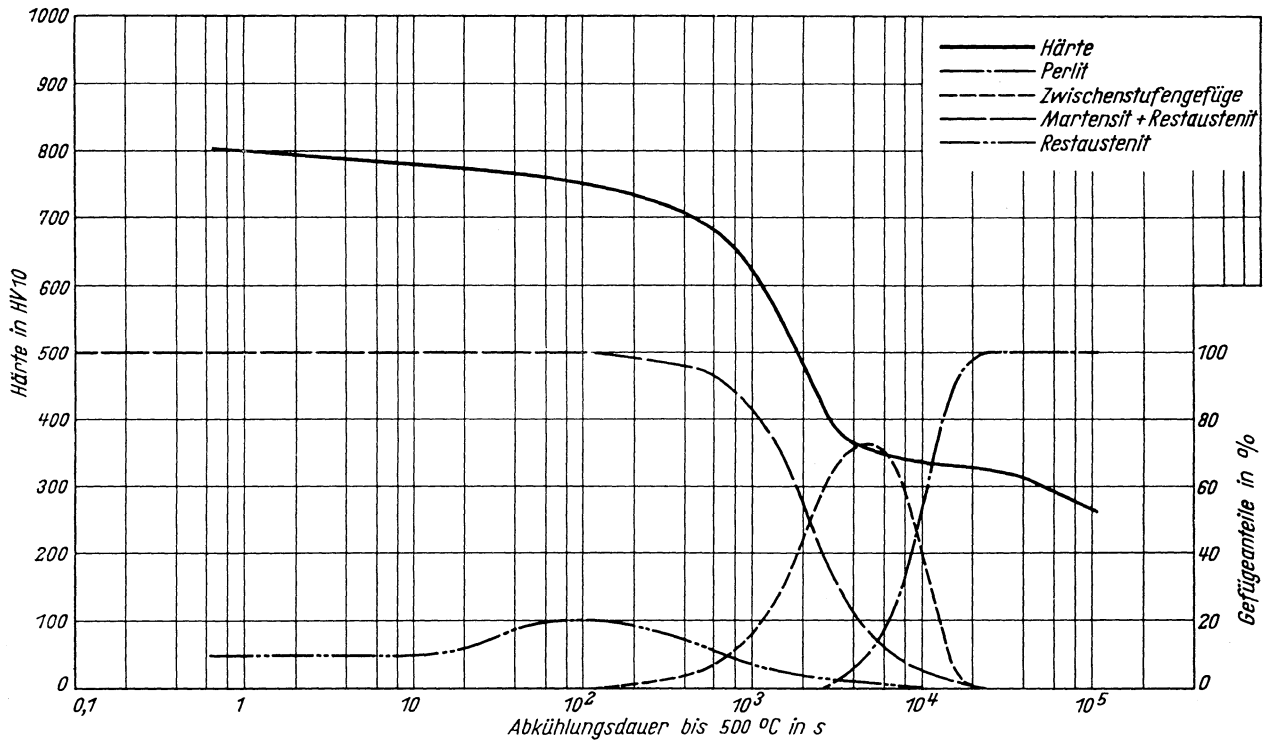
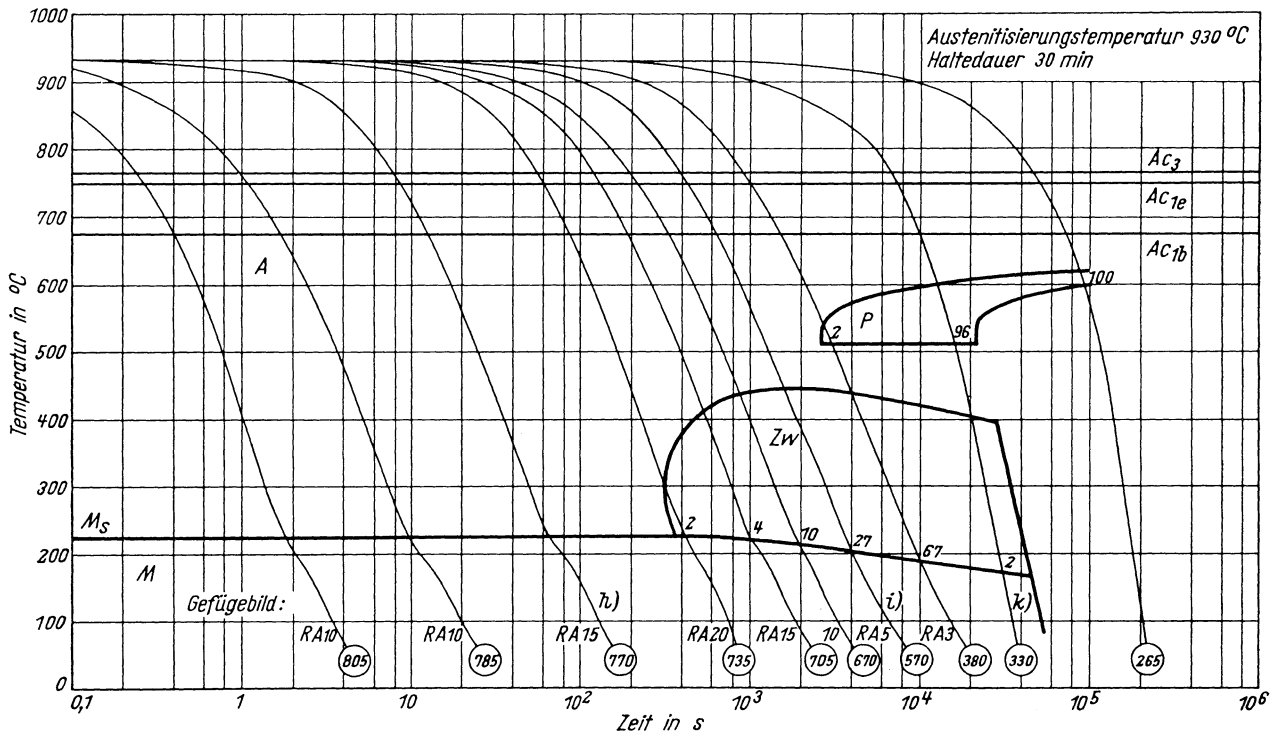
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
		0,53	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	-

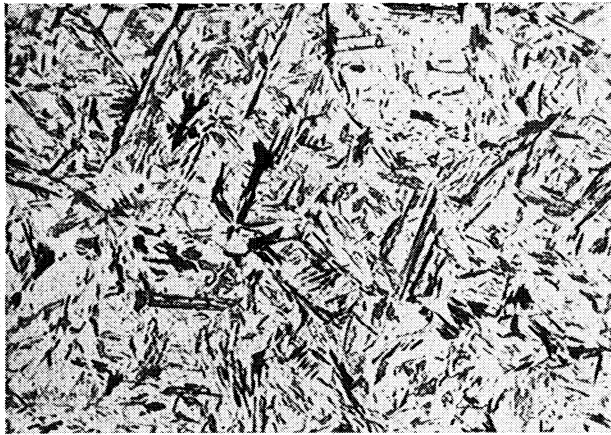


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
		0,53	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	—

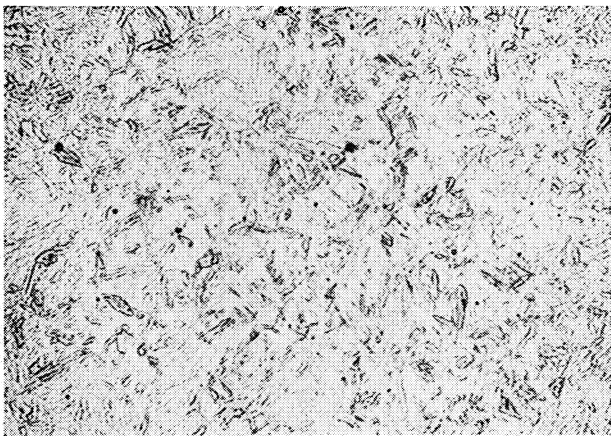


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



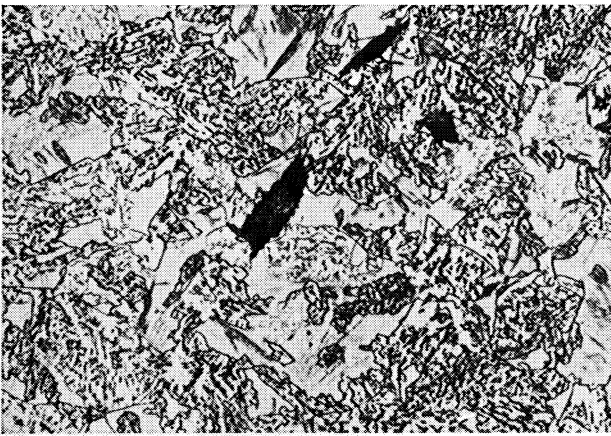
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/52 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

1000:1



c) 830 °C 15 min/7000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

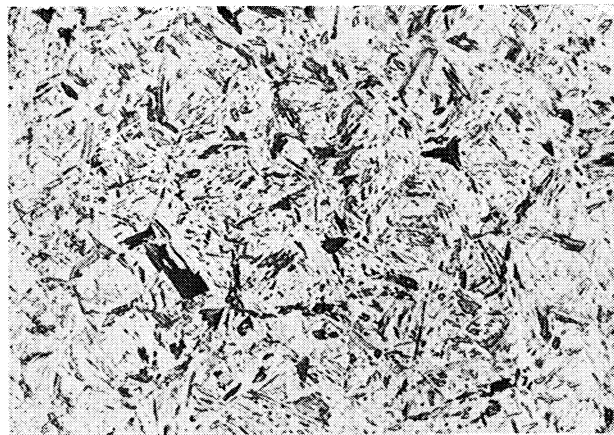
d) 830 °C 15 min/90 000 s → 500 °C

500:1



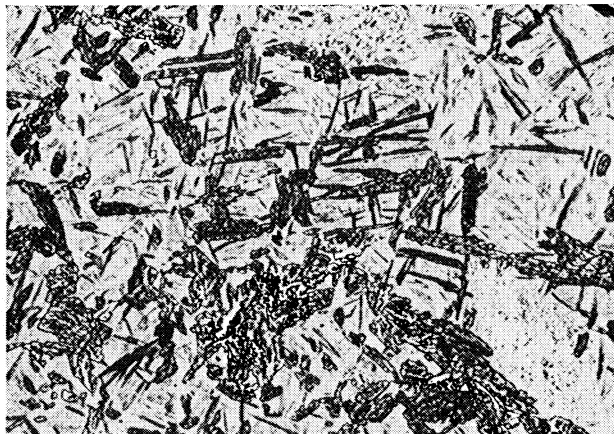
h) 930 °C 30 min/25 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/1300 s → 500 °C

500:1



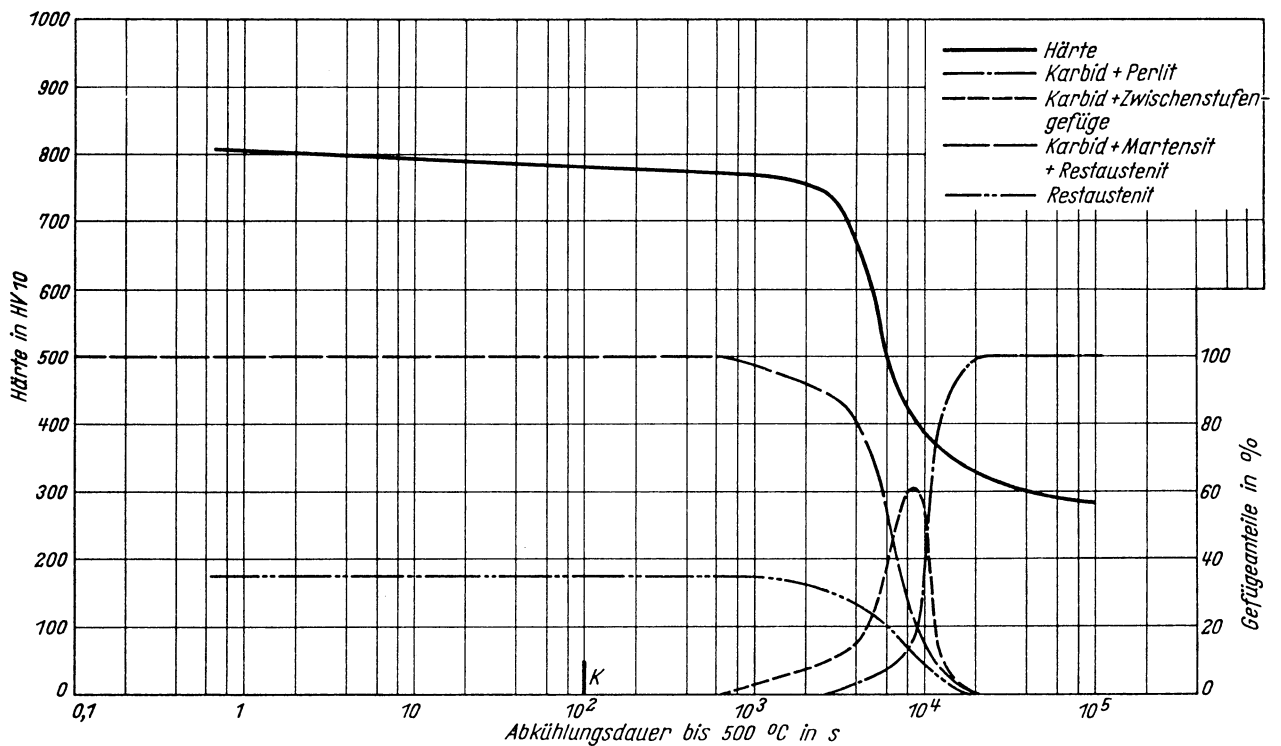
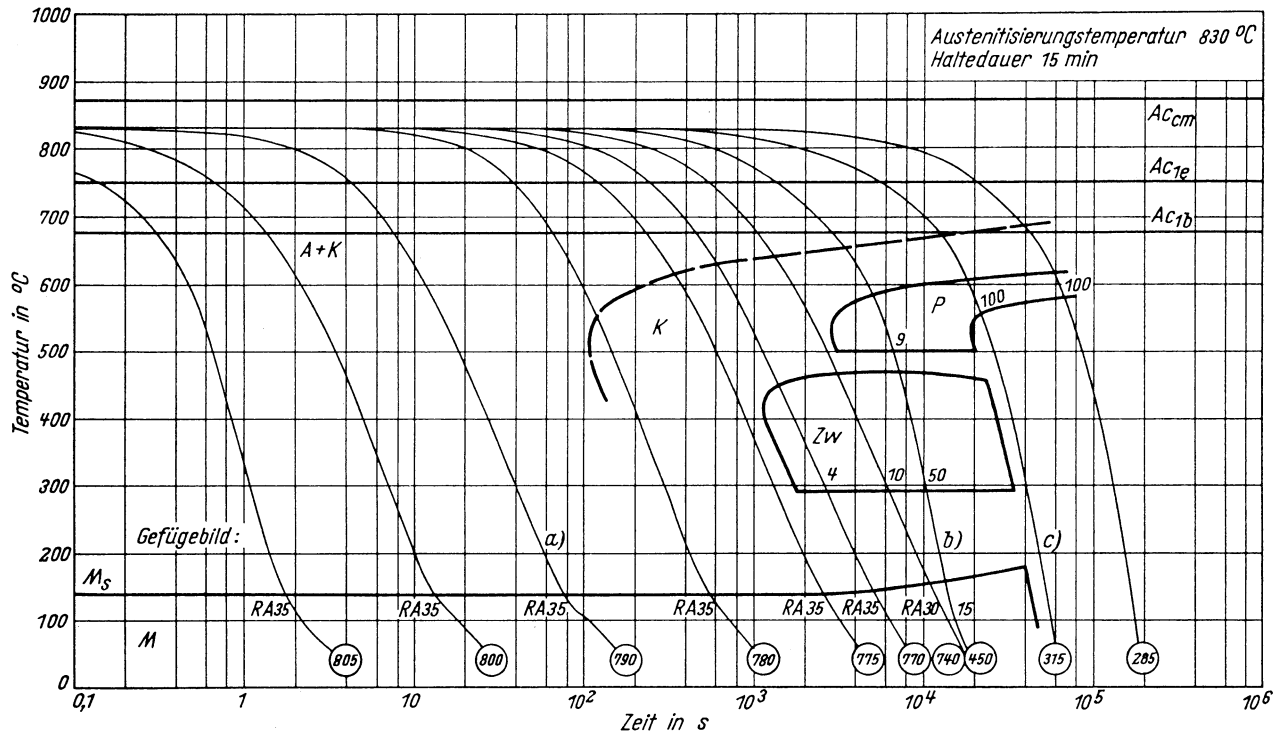
k) 930 °C 30 min/17 000 s → 500 °C

500:1



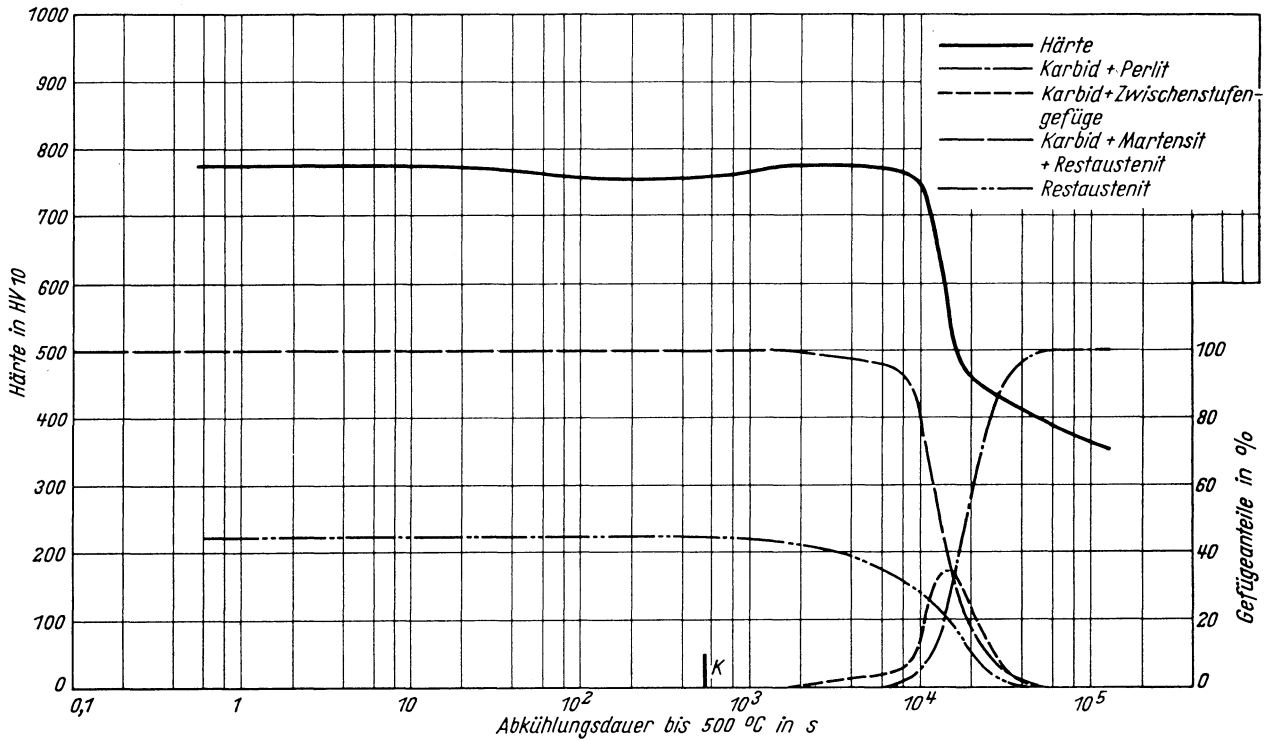
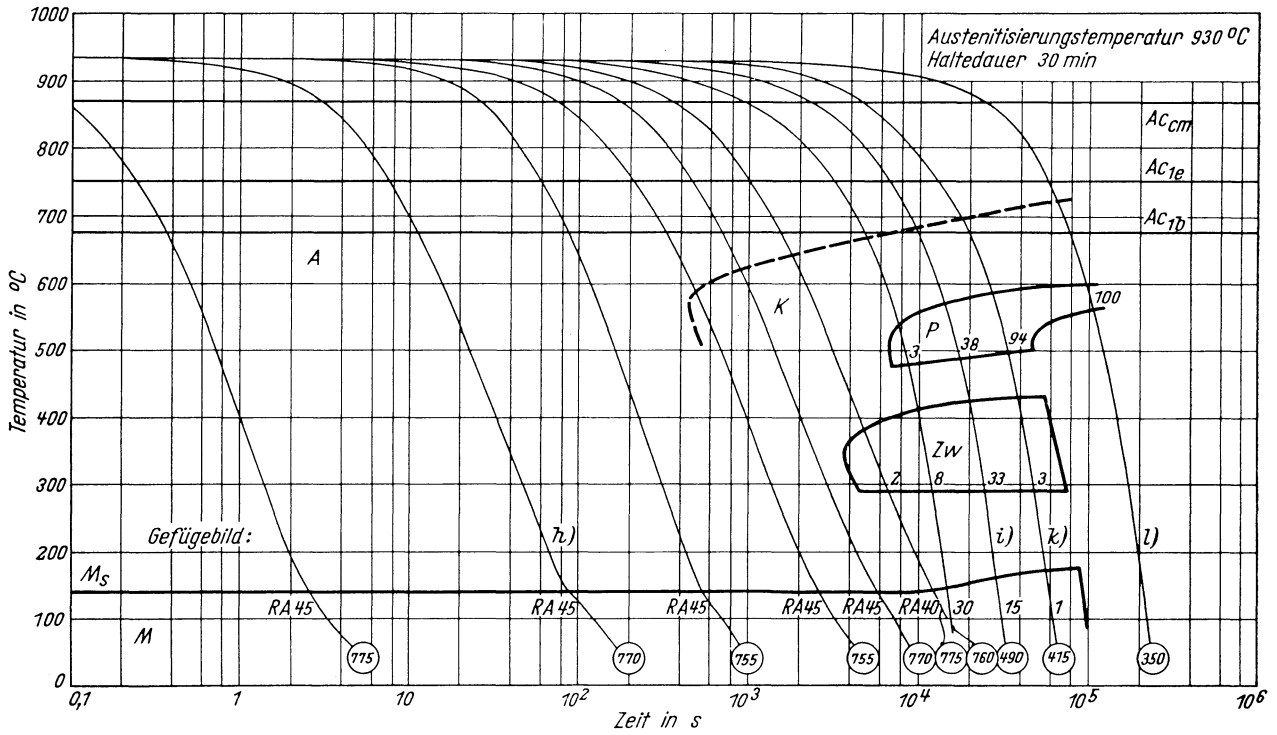
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,81	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	0,81	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	—	—



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



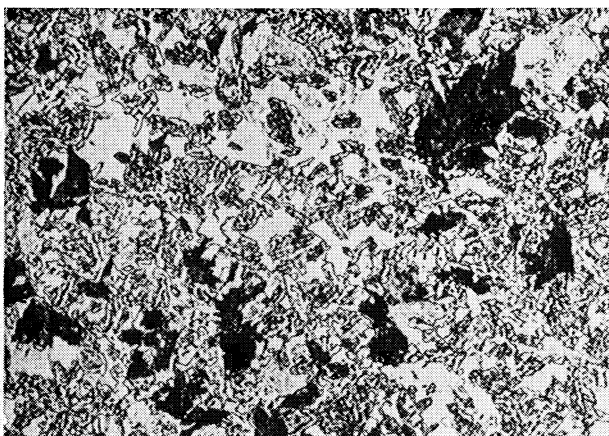
Ausgangszustand

500:1



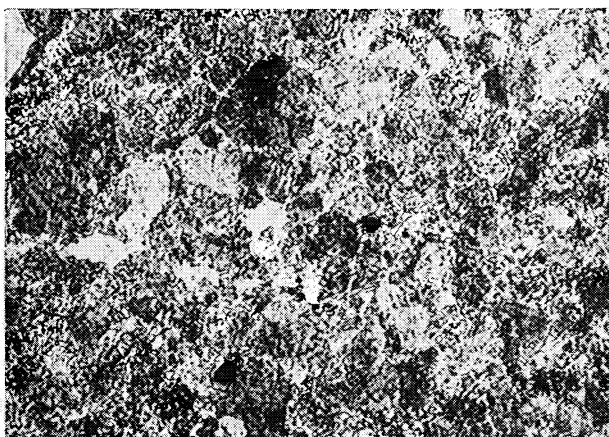
a) 830 °C 15 min/18 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/6500 s → 500 °C

500:1]



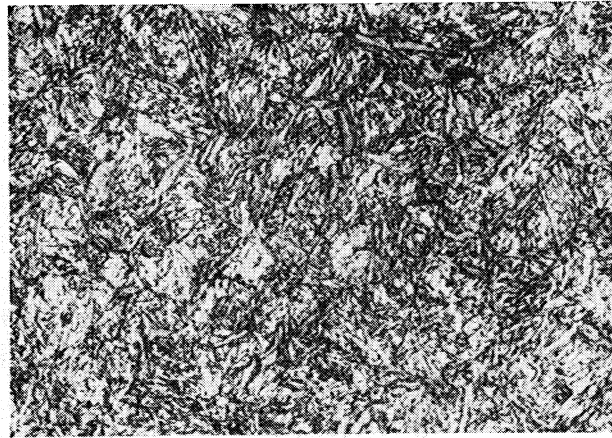
c) 830 °C 15 min/25 000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

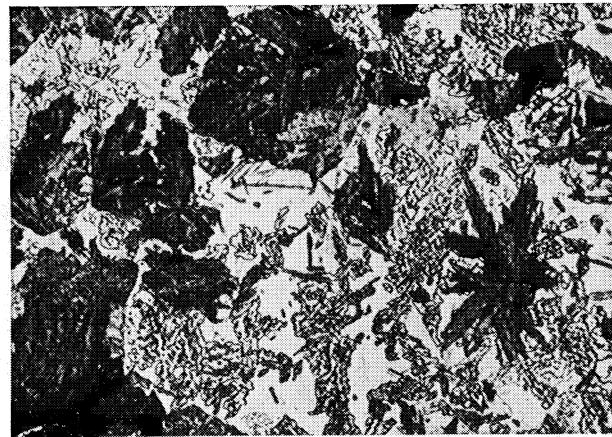
h) 930 °C 30 min/23 s → 500 °C

500:1



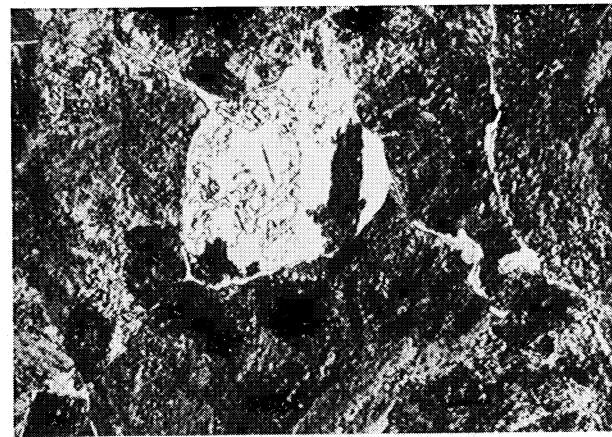
i) 930 °C 30 min/17000 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/34000 s → 500 °C

1000:1



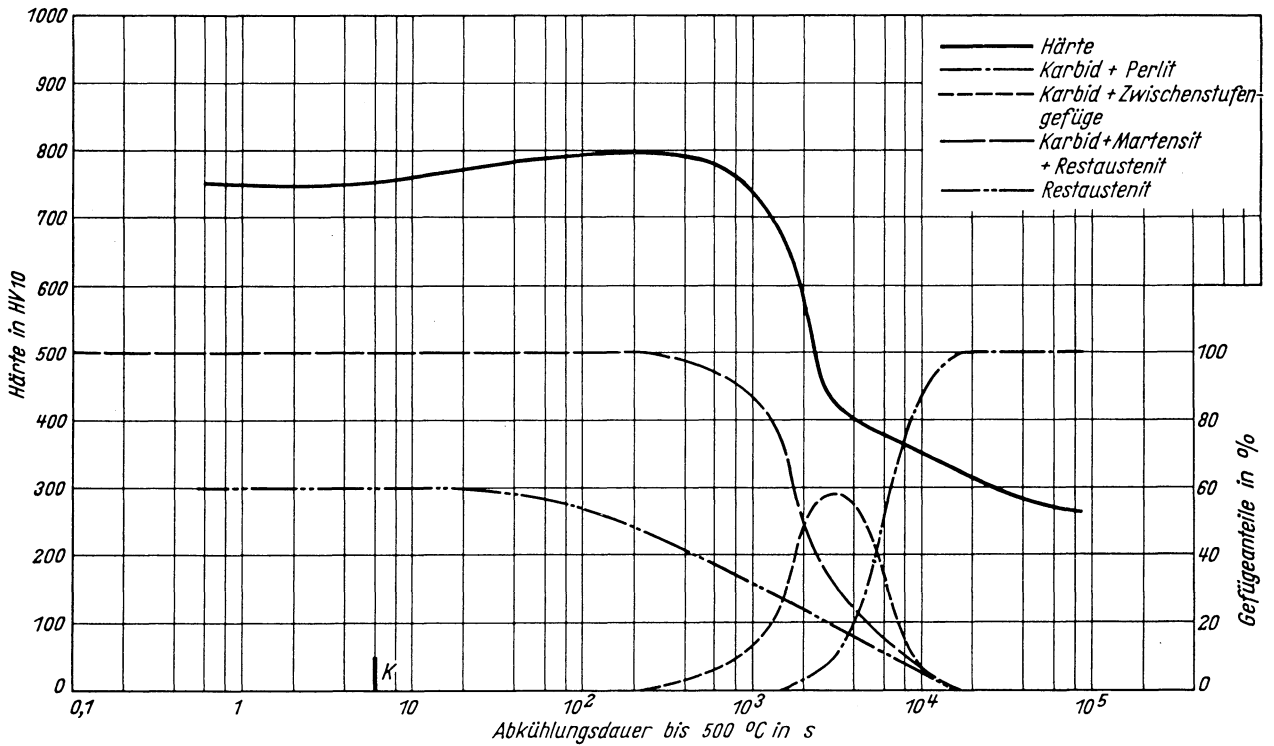
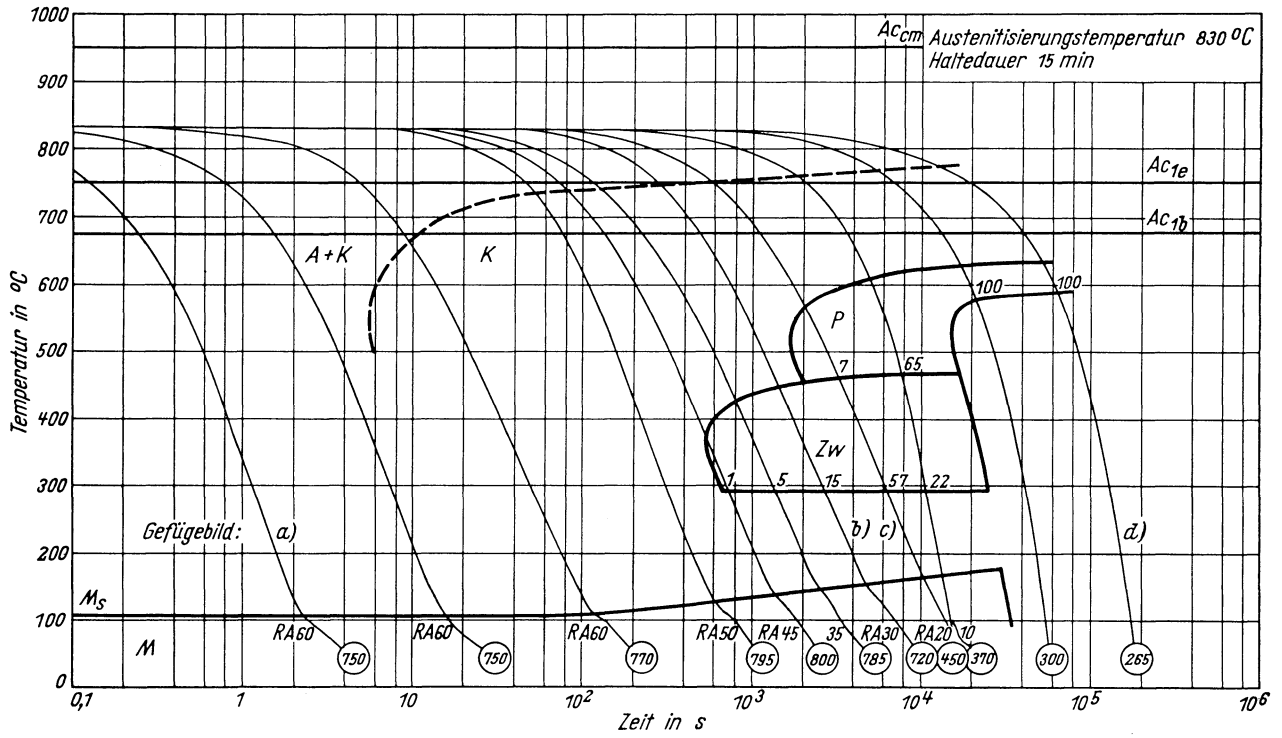
l) 930 °C 30 min/120000 s → 500 °C

500:1



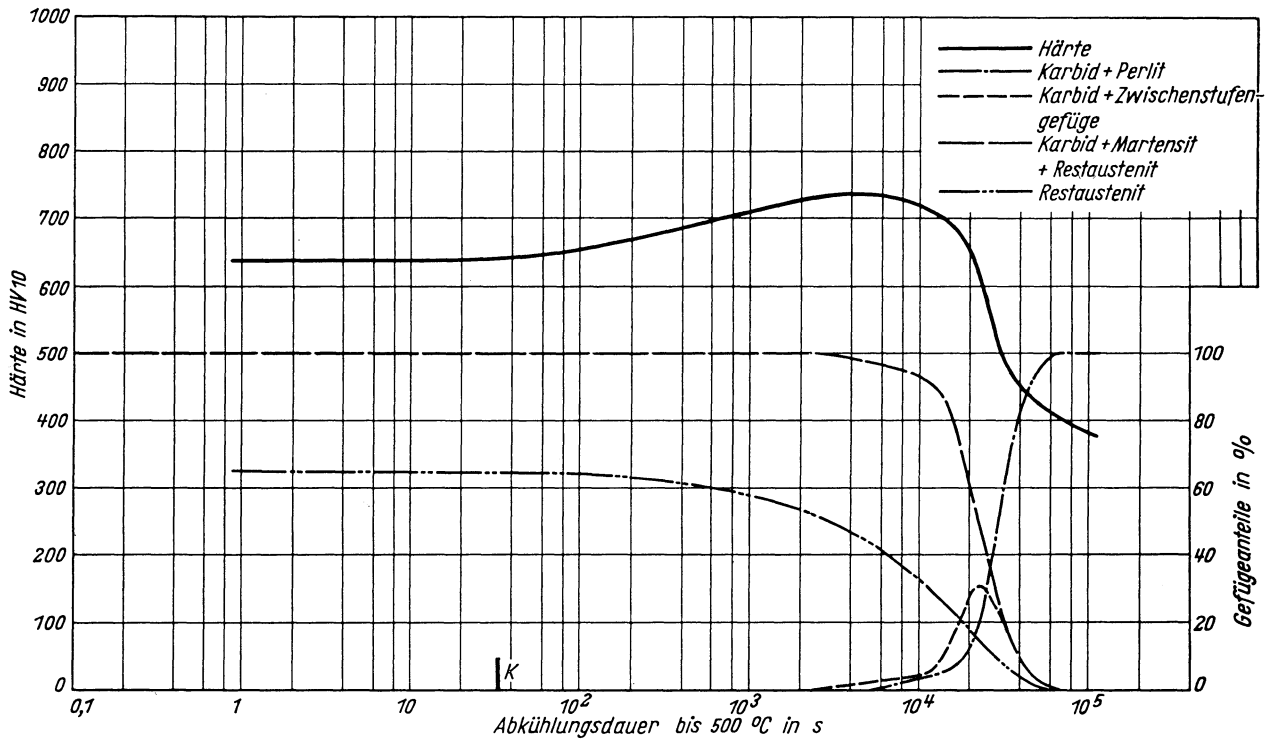
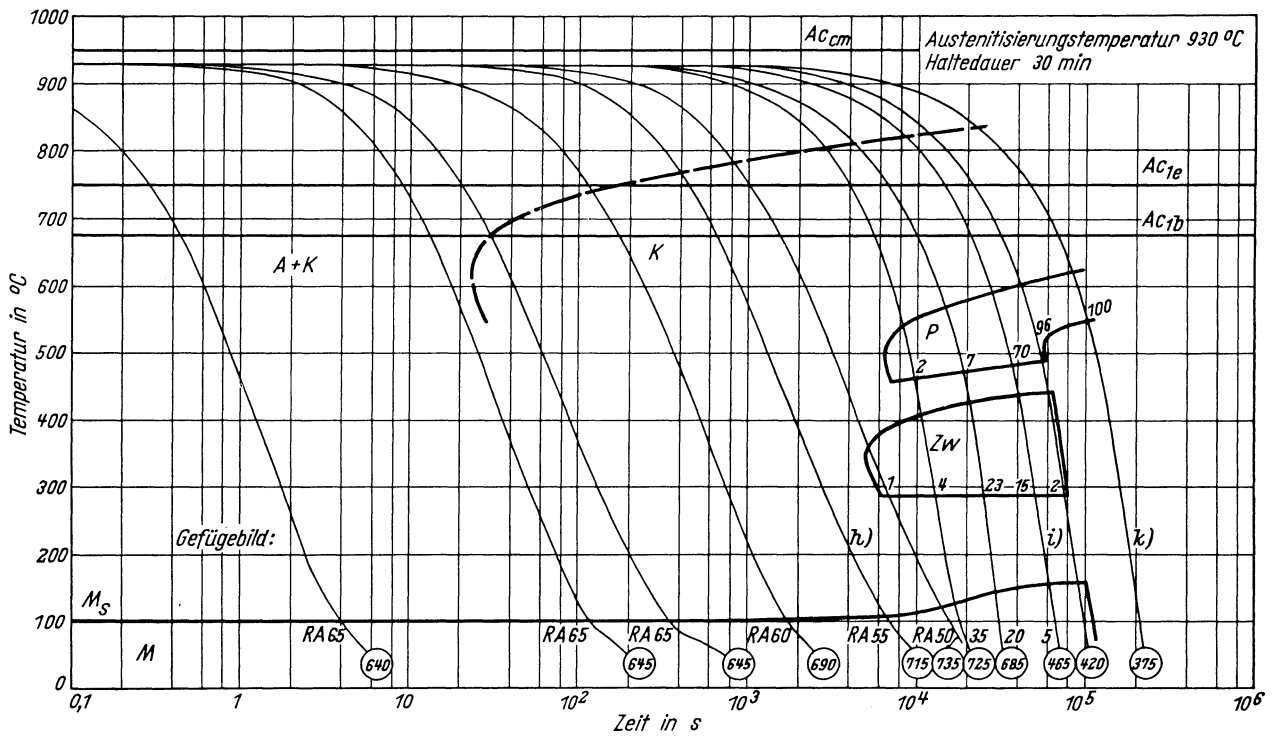
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	1,03	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	1,03	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	—	—

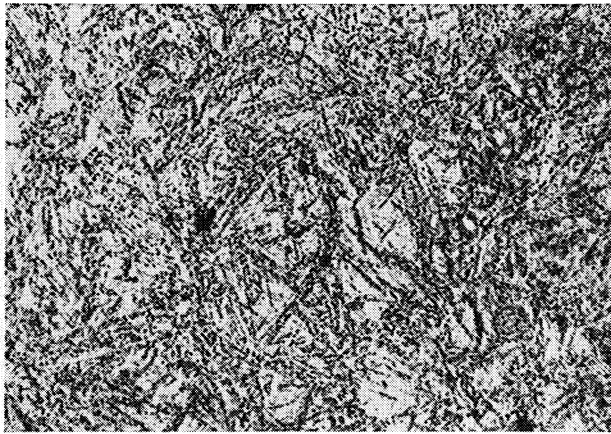


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



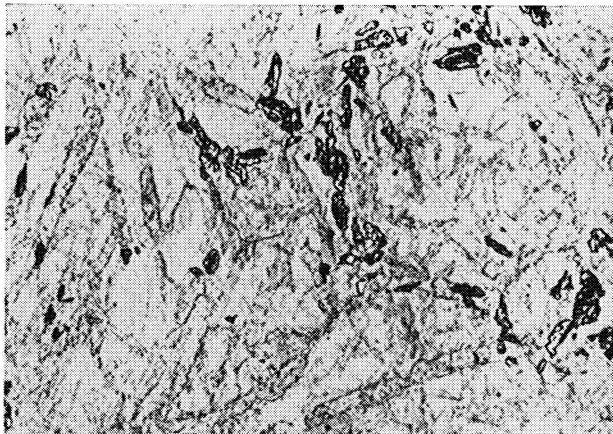
Ausgangszustand

500: 1



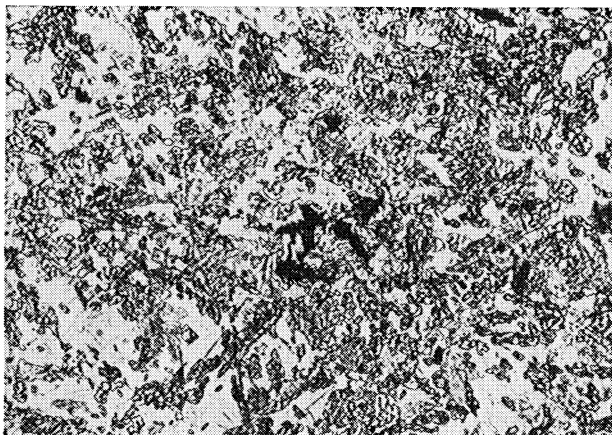
a) 830 °C 15 min/0,6 s → 500 °C

500: 1



b) 830 °C 15 min/1150 s → 500 °C

1000: 1



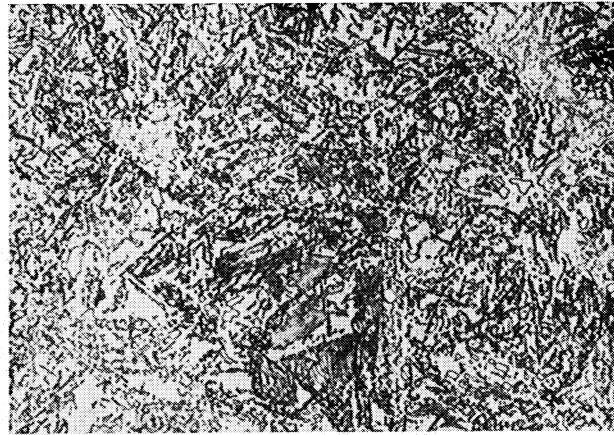
c) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500: 1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

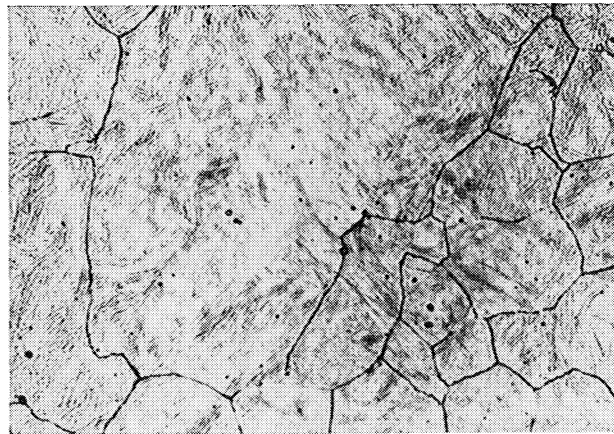
d) 830 °C 15 min/85 000 s → 500 °C

1000: 1



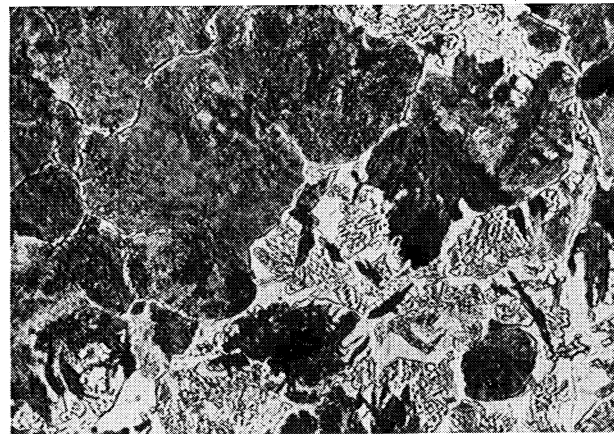
h) 930 °C 30 min/1300 s → 500 °C

500: 1



i) 930 °C 30 min/35 000 s → 500 °C

500: 1



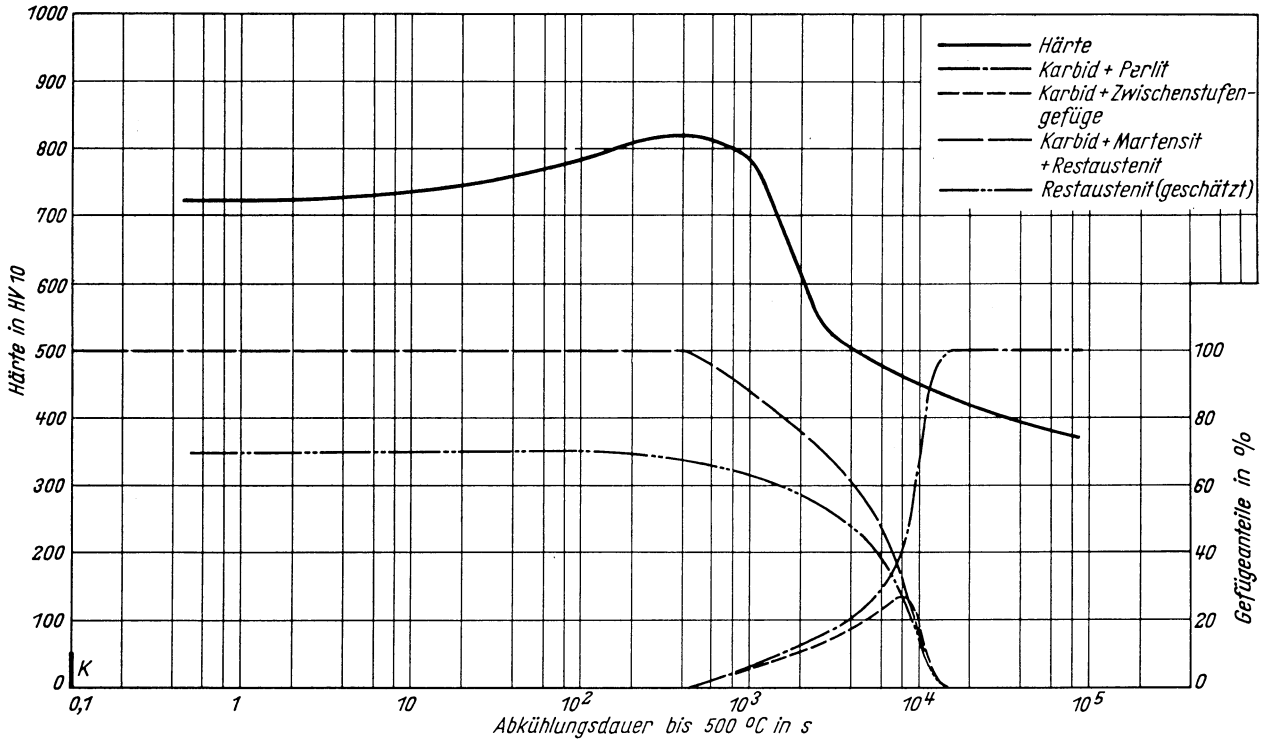
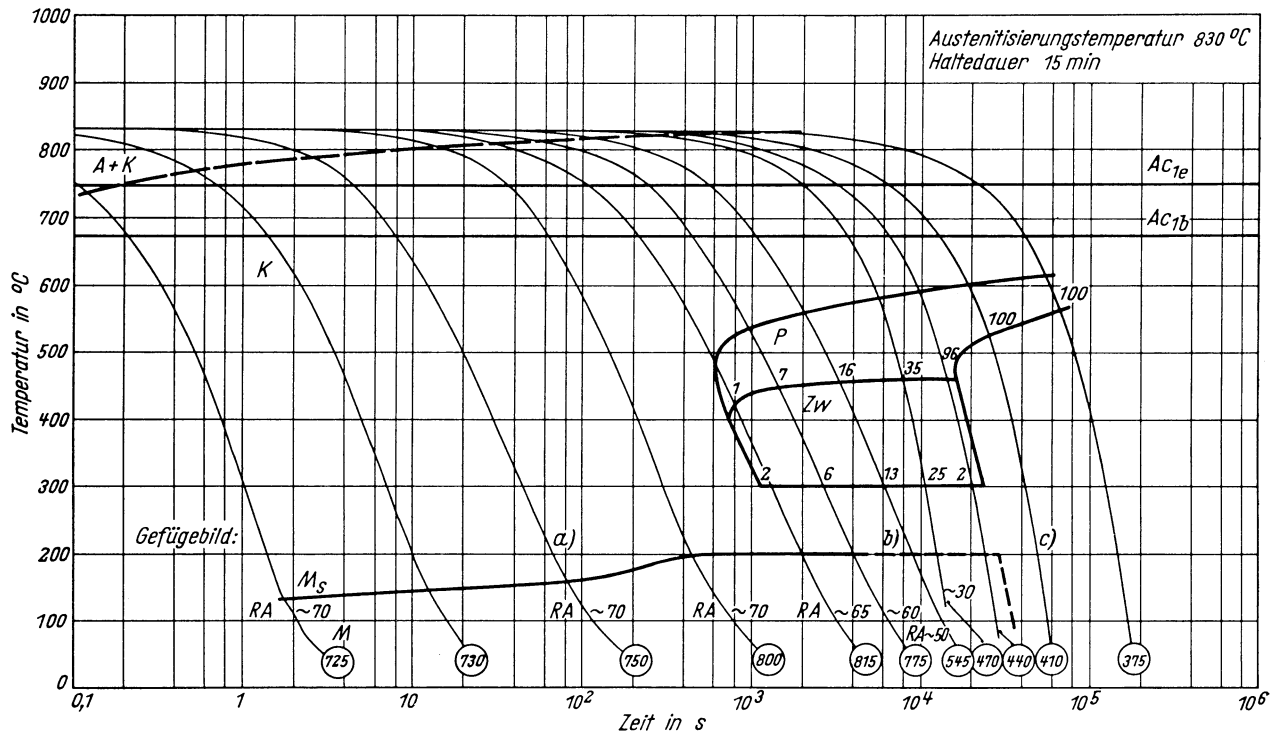
k) 930 °C 30 min/115 000 s → 500 °C

500: 1



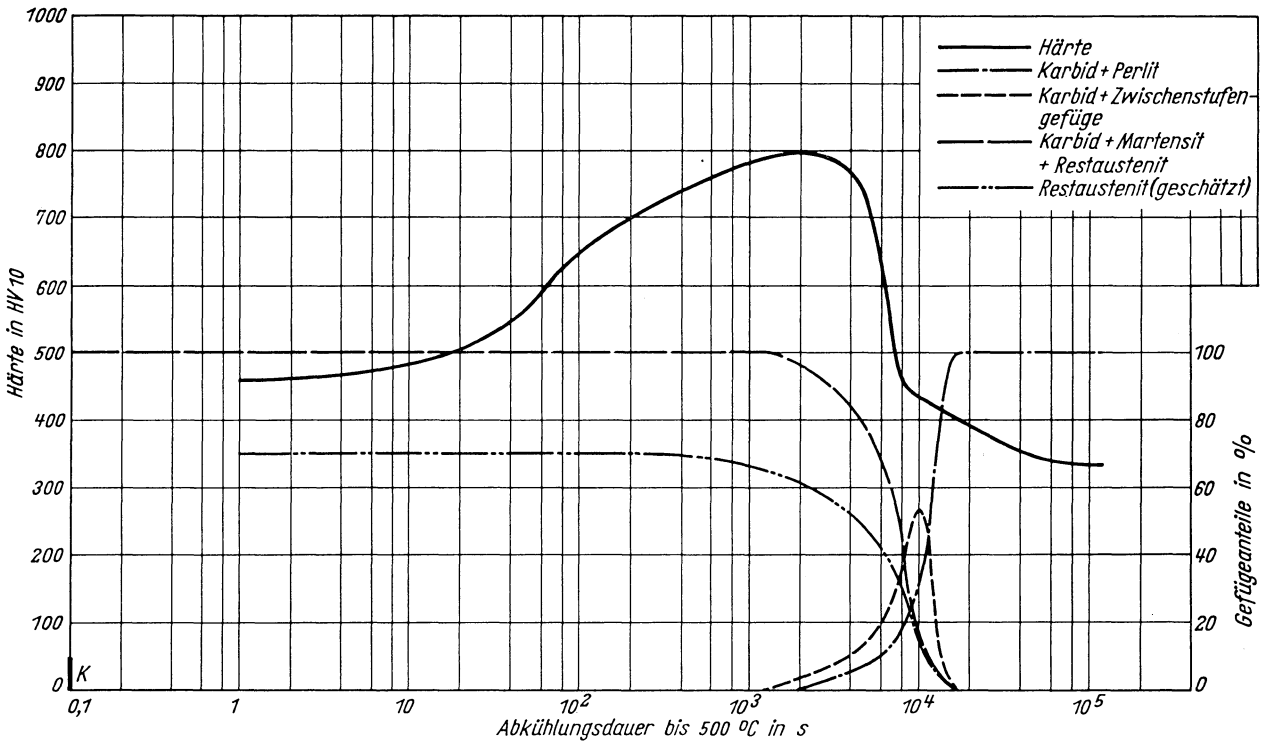
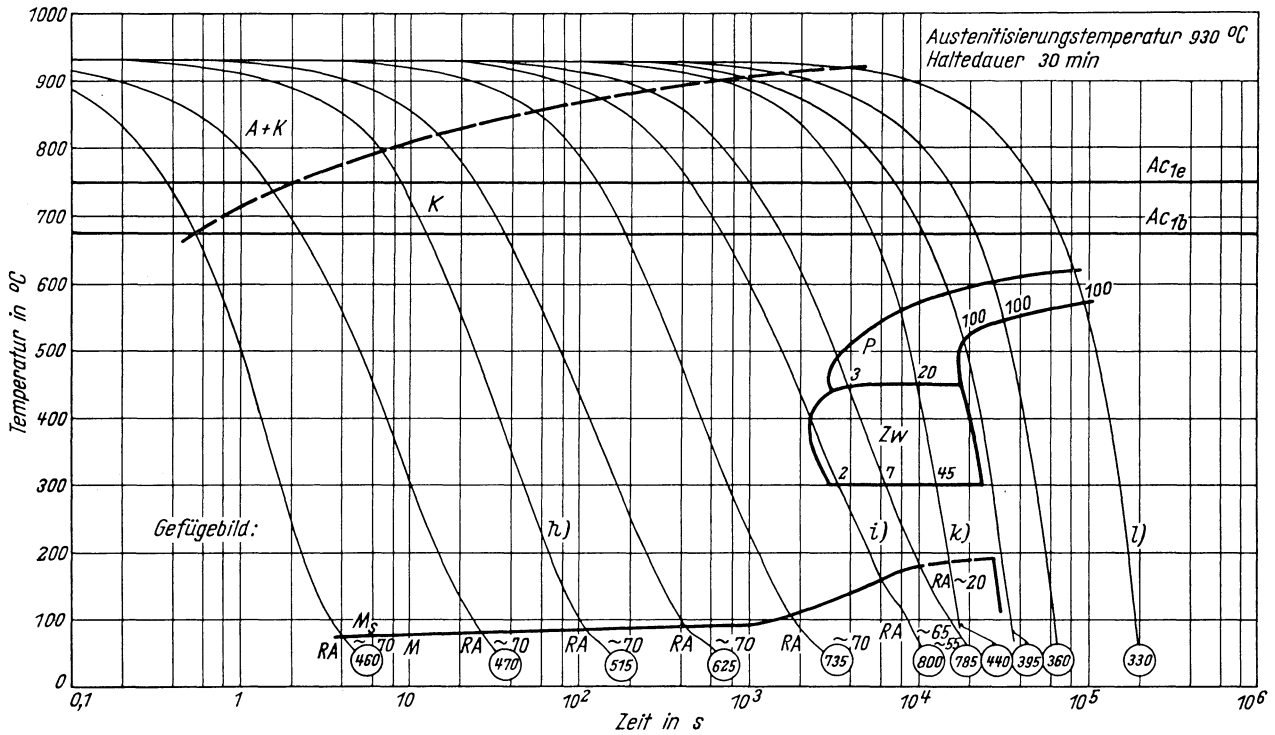
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	1,80	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	1,80	0,26	0,46	0,013	0,012	0,012	0,78	0,16	0,04	3,69	-	-

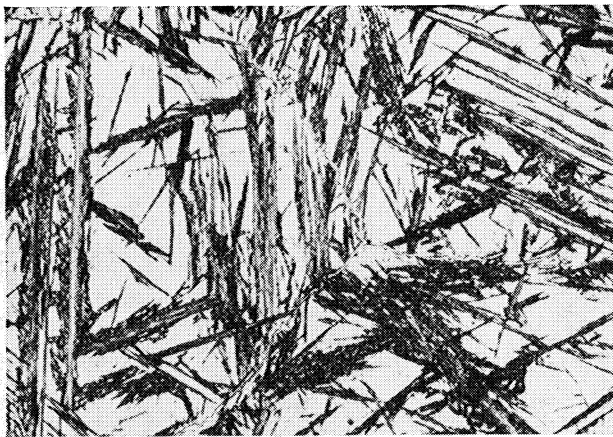


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/20 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/27000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/24 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/1600 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/8600 s → 500 °C

500:1



l) 930 °C 30 min/110000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17006)

Stoffnummer nach DIN 17007: 1.7321

Einsatzstahl nach DIN 17210

Chemische Zusammensetzung in %

	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
Sollwerte mindestens	0,17	0,15	0,60					0,30		0,40		
höchstens	0,22	0,40	0,90	0,035	0,035			0,50		0,50		
untersuchte Schmelze	0,22	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	< 0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Siemens-Martin-Ofen

Verarbeitung: geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Blindhärten	Direkthärten	Anlassen auf
910 °C	890 – 920 °C	170 – 210 °C

Kenngrößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p	
20 MoCr 4	0,22	740	760	865	—	L.Z.		n. b.				
						890	A	8	1,1 ¹⁾	25 ¹⁾	3600 ¹⁾	425
						1050	A	6, 7 und 1	1,6 ²⁾	95 ²⁾	13500 ²⁾	425
20 MoCr 4 aufgekühlt	0,28	740	765	830	—	A.Z.		— 1, 0, 1				
						830	A	6, 7	2,6	120	6000	400
						930	A	5, 6	3,4	160	9500	400
20 MoCr 4 aufgekühlt	0,57	735	775	785	—	A.Z.		0, 1				
						830	A	n. b.	17	1000	12000	285
						930	A	n. b.	20	1200	28000	285
20 MoCr 4 aufgekühlt	0,88	730	770	—	850	A.Z.		5, 6, 7				
						830	A + K	6, 7	40	500	3800	165
						930	A	3, 4	200	1300	4500	165
20 MoCr 4 aufgekühlt	1,00	730	765	—	915	A.Z.		3, 4, 5				
						830	A + K	9	18	220	2200	150
						930	A + K	7, 8	180	300	10000	120
20 MoCr 4 aufgekühlt	2,35	730	765	—	> 1050	A.Z.		2, 3, 4				
						830	A + K	n. b.	4,2	8,0	65	< 150
						930	A + K	n. b.	22	85	420	< 100

¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

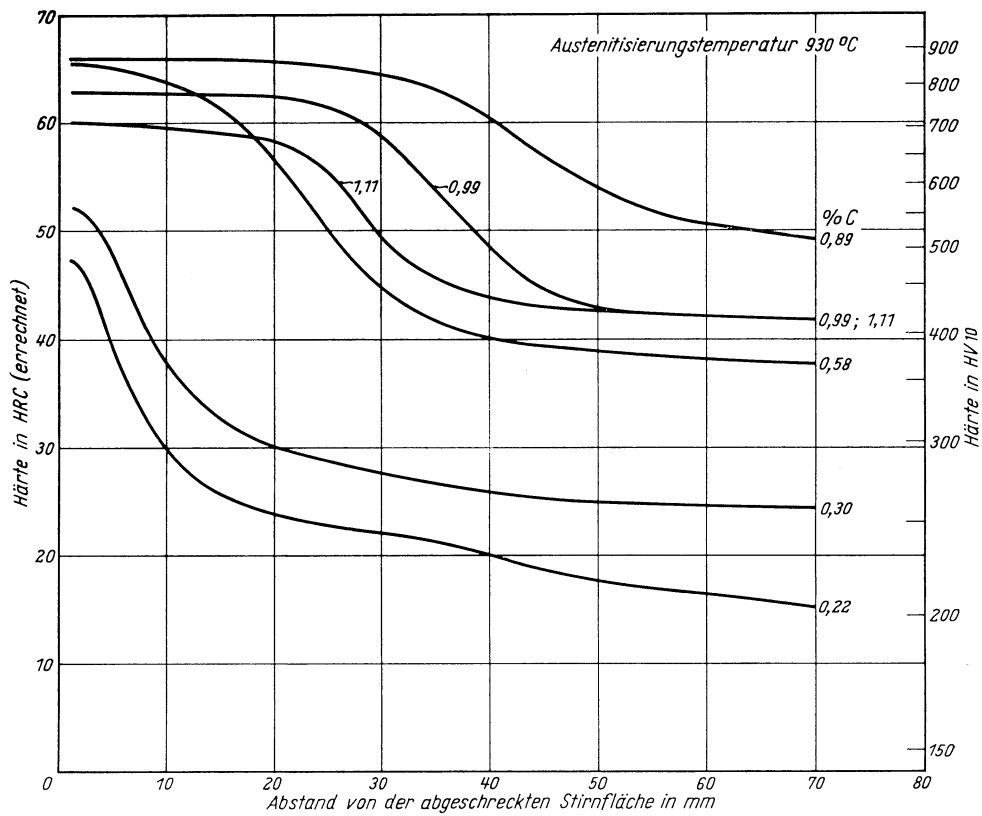
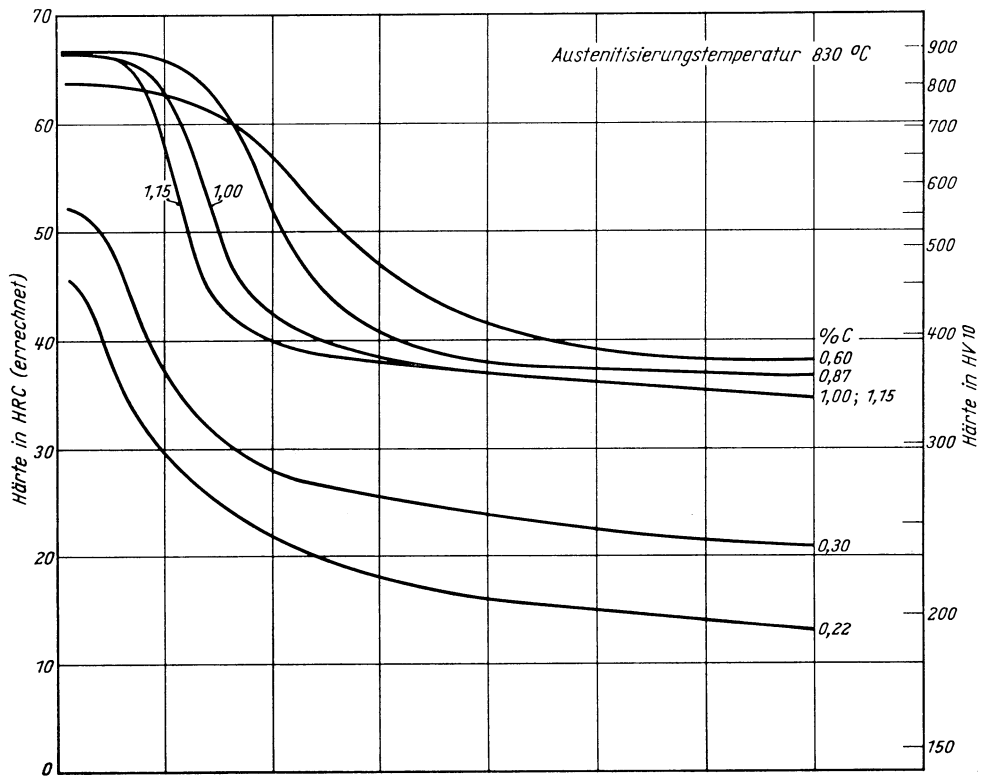
L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkohlungszustand

K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung

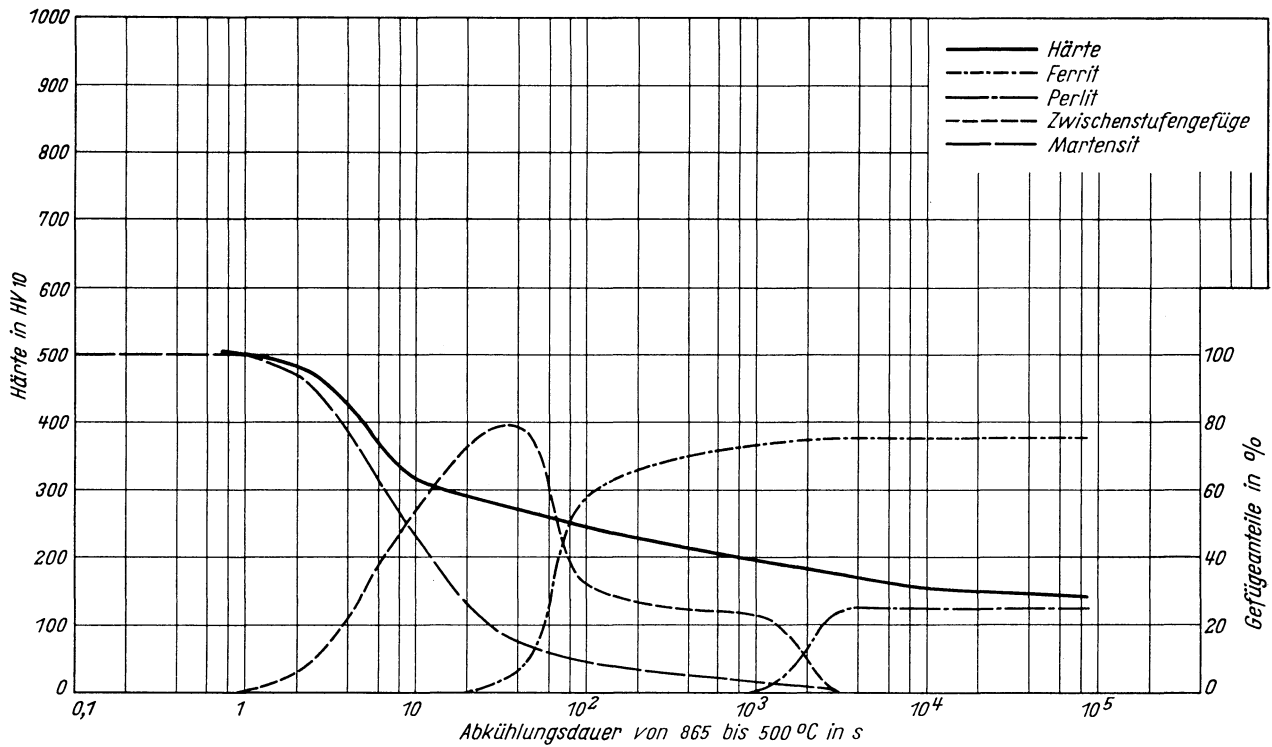
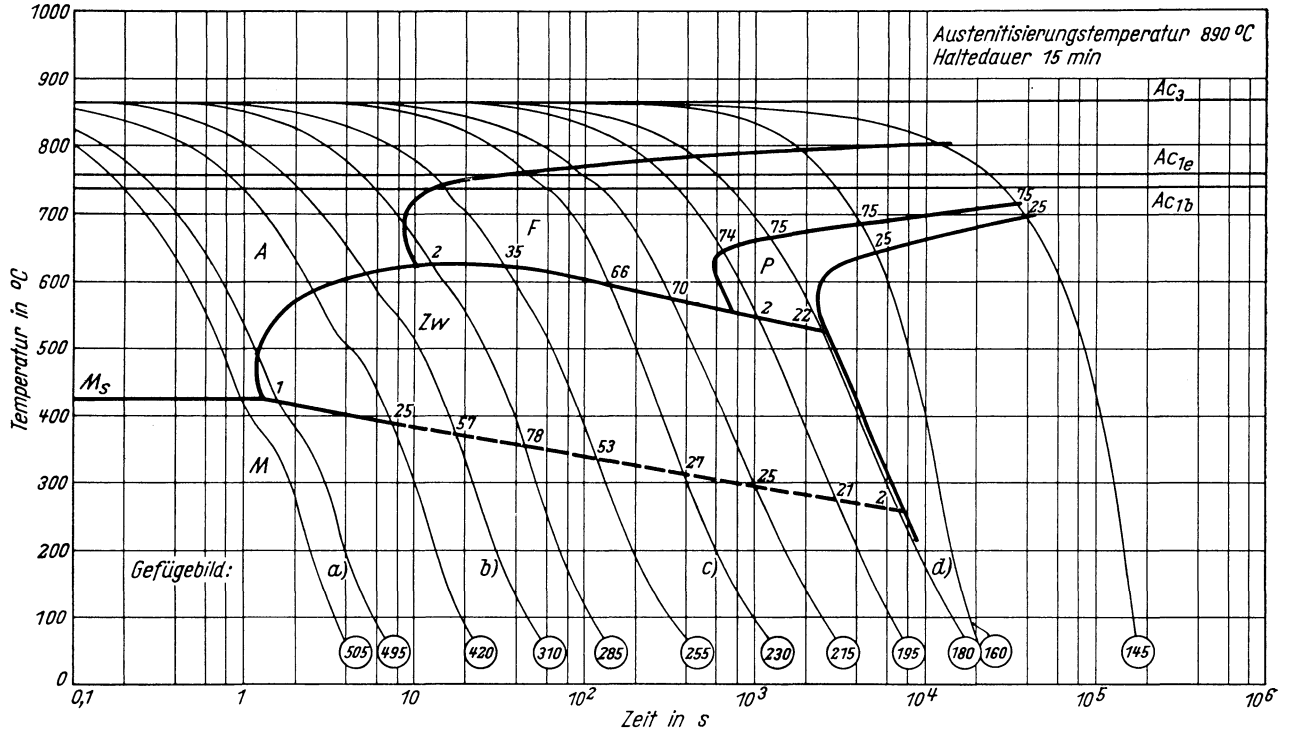
K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)



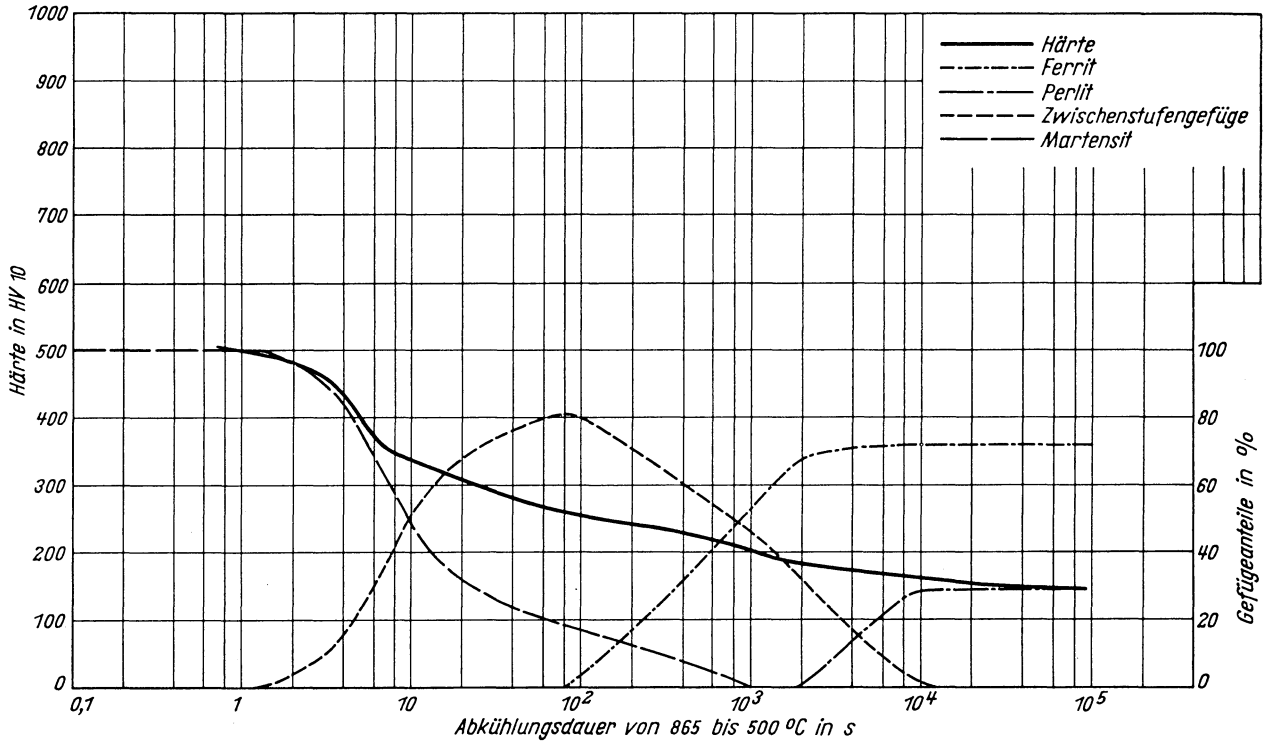
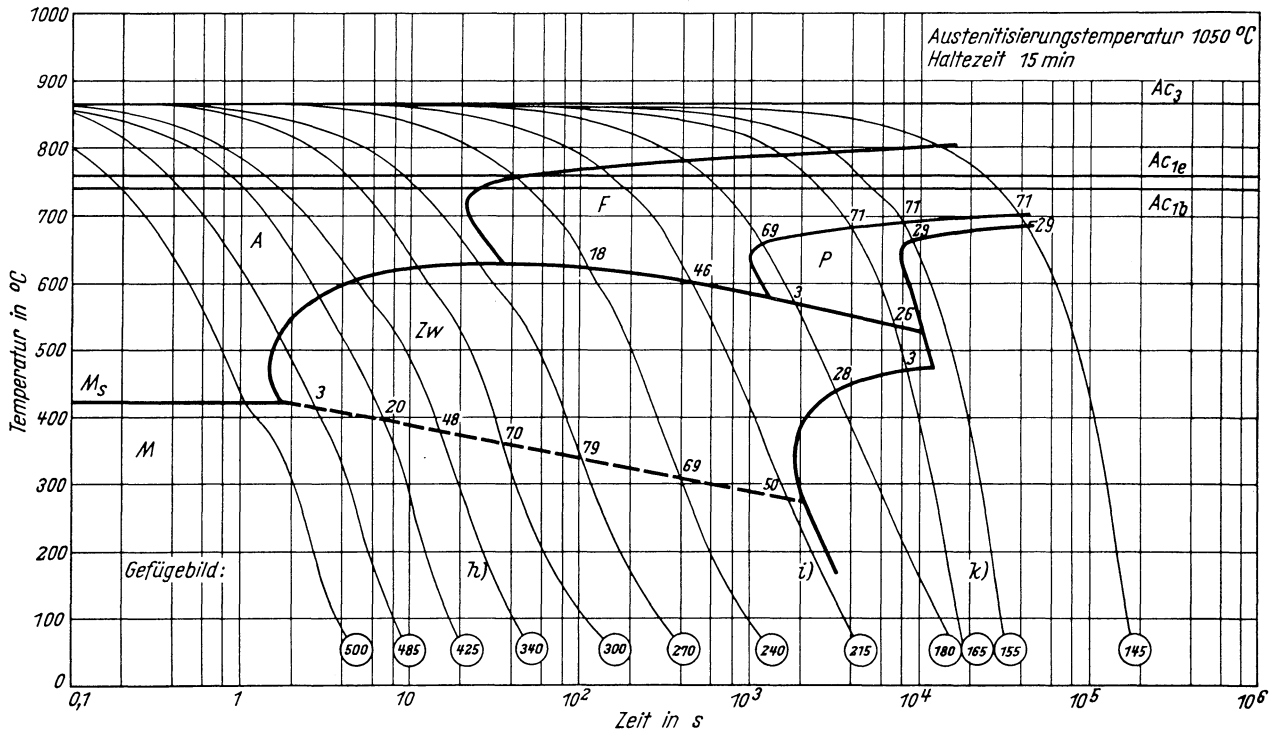
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,22	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15

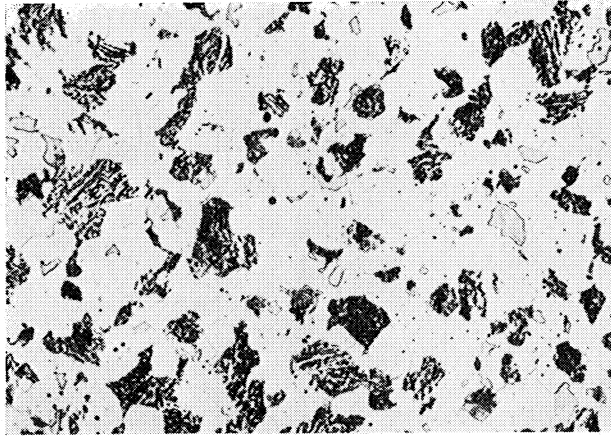


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,22	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



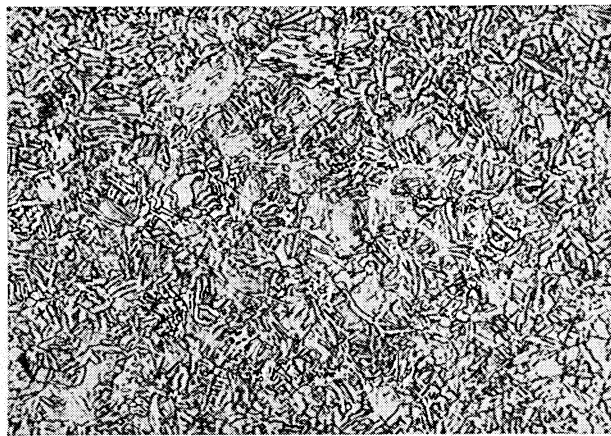
Ausgangszustand

500:1



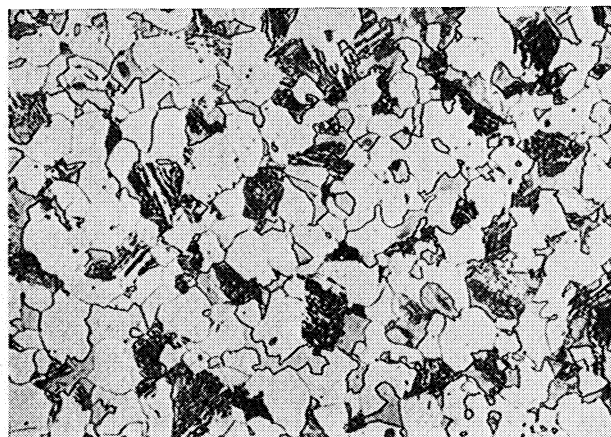
a) 890 °C 15 min/1,1 s →500 °C

500:1



b) 890 °C 15 min/11 s →500 °C

500:1



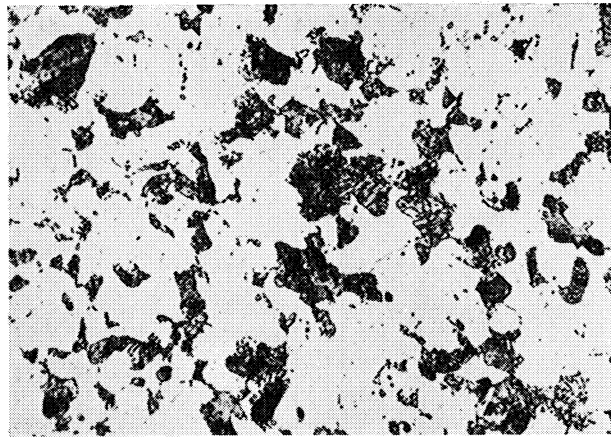
c) 890 °C 15 min/200 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

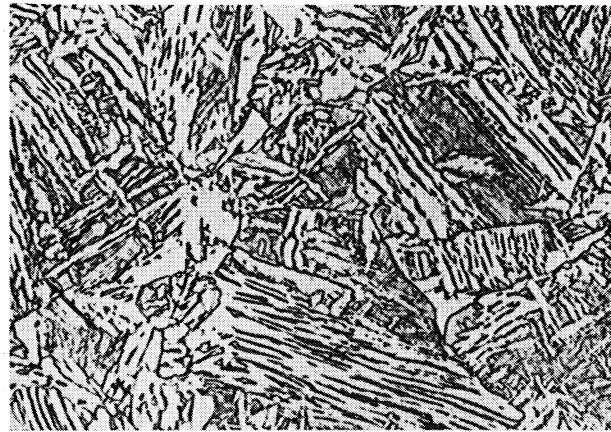
d) 890 °C 15 min/8100 s → 500 °C

500:1



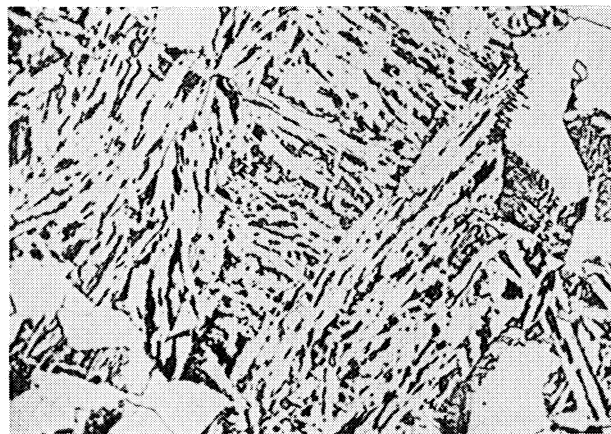
h) 1050 °C 15 min/9,5 s → 500 °C

1000:1



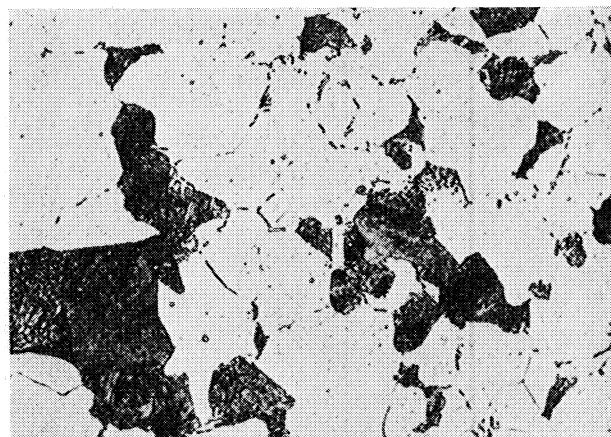
i) 1050 °C 15 min/750 s → 500 °C

500:1



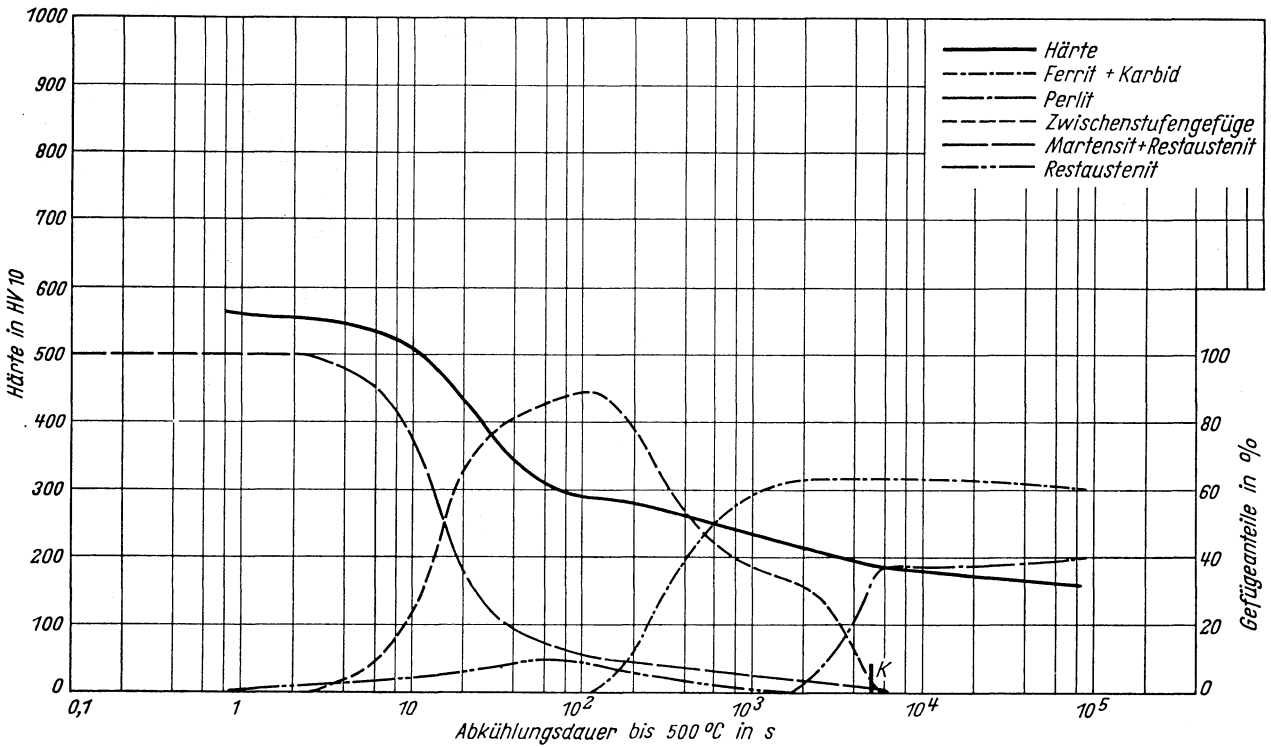
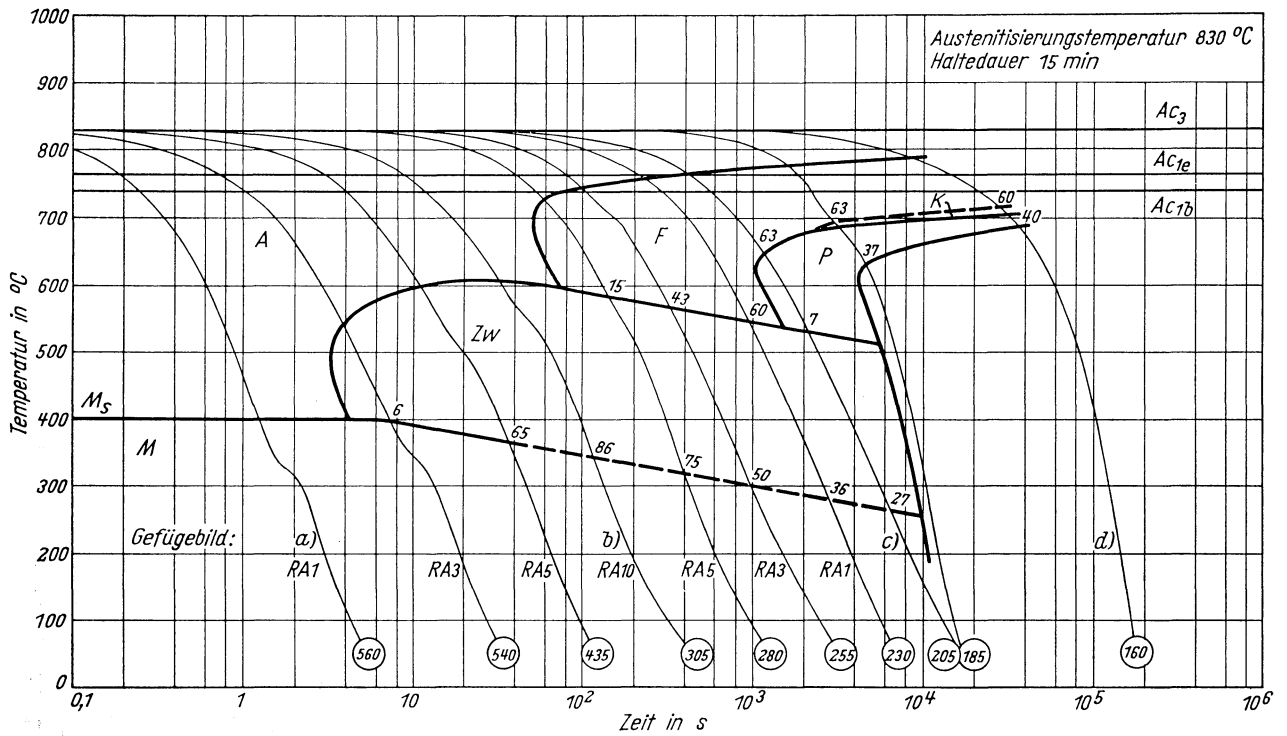
k) 1050 °C 15 min/16000 s → 500 °C

500:1



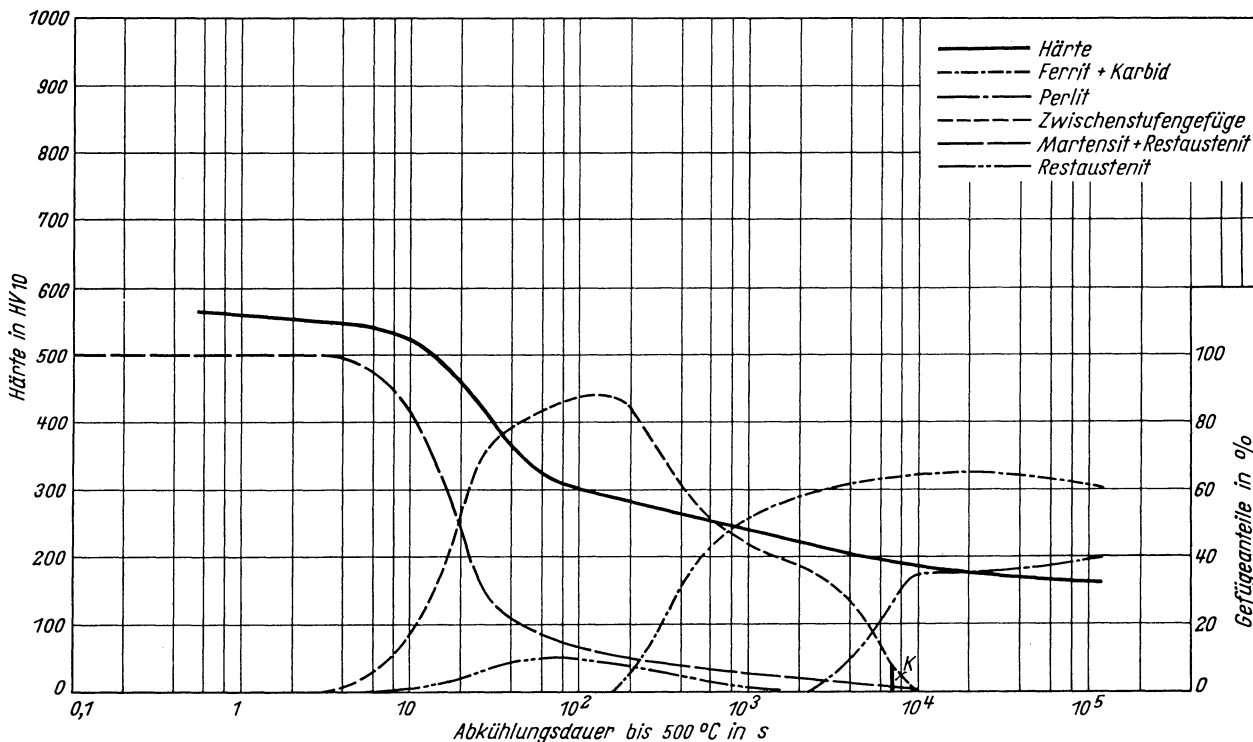
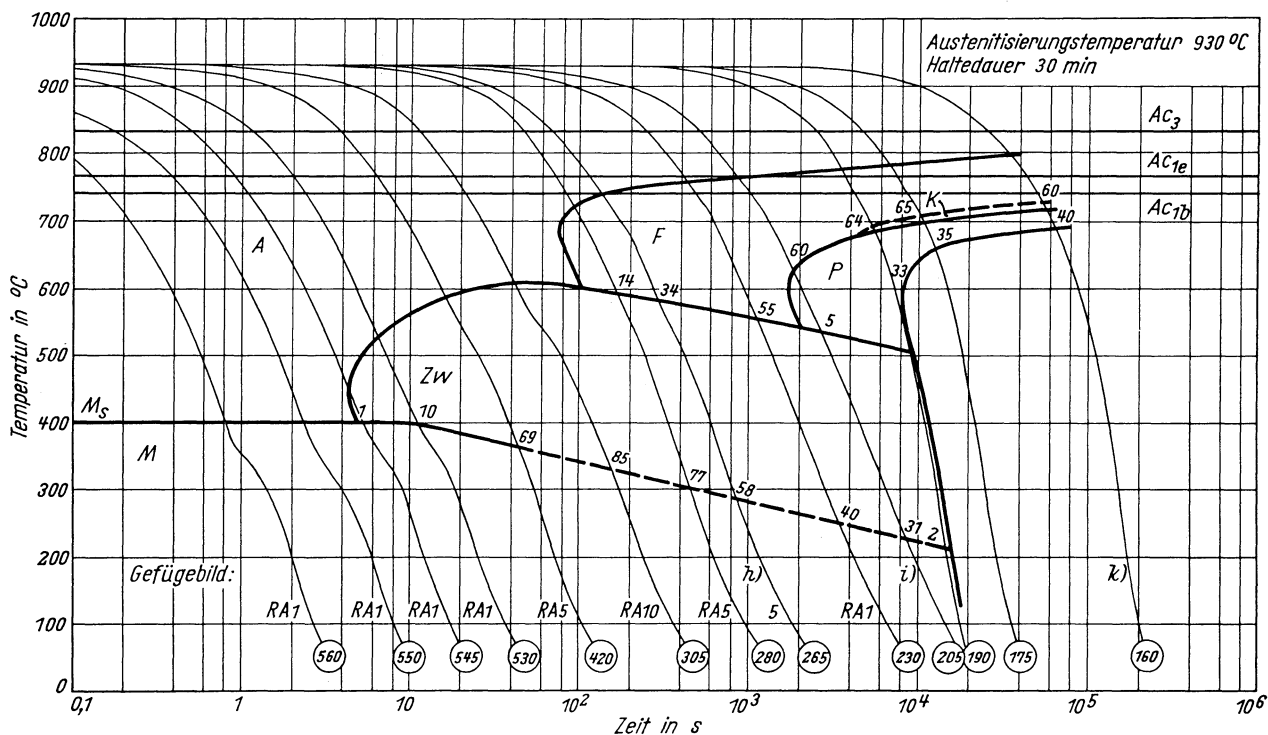
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,28	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
		0,28	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



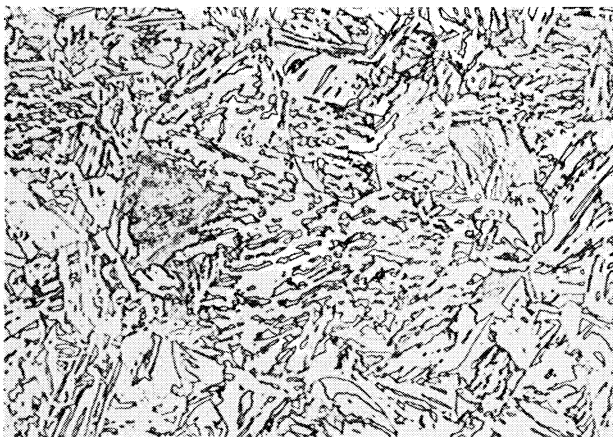
Ausgangszustand

500:1



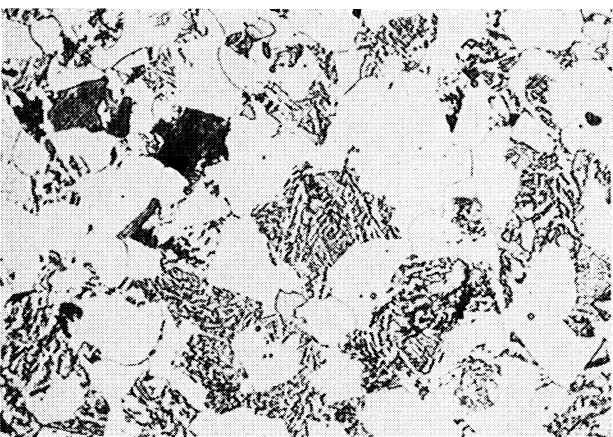
a) 830 °C 15 min/0,85 s → 500 °C

1000:1



b) 830 °C 15 min/65 s → 500 °C

1000:1



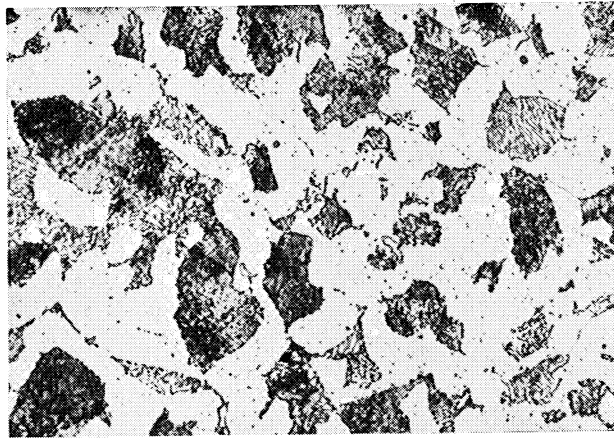
c) 830 °C 15 min/2500 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

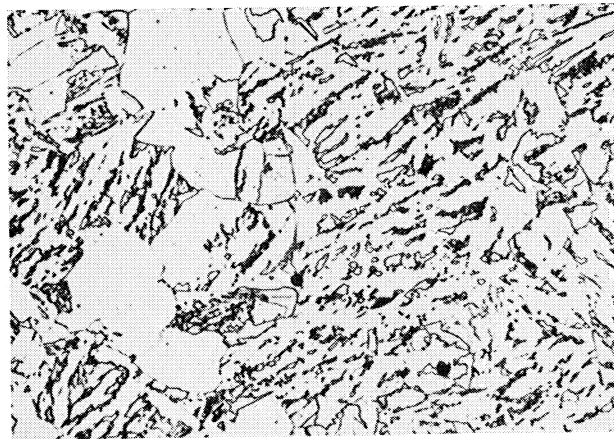
d) 830°C 15 min/85000 s → 500°C

500:1



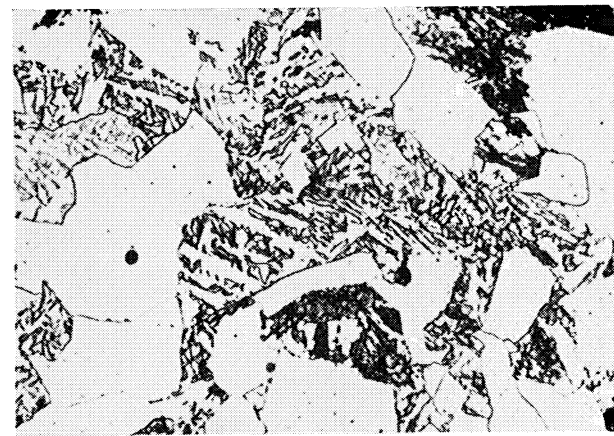
h) 930°C 30 min/420 s → 500°C

1000:1



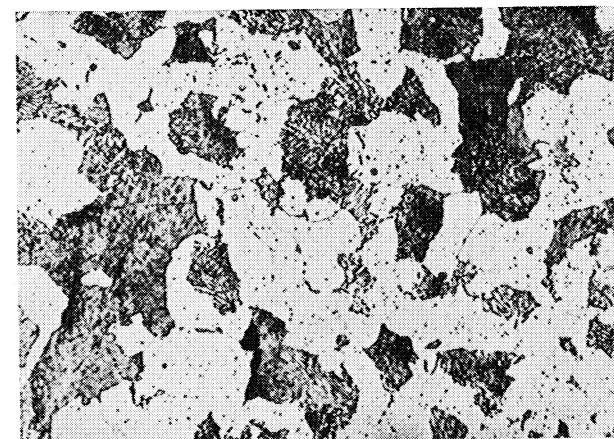
i) 930°C 30 min/3200 s → 500°C

1000:1



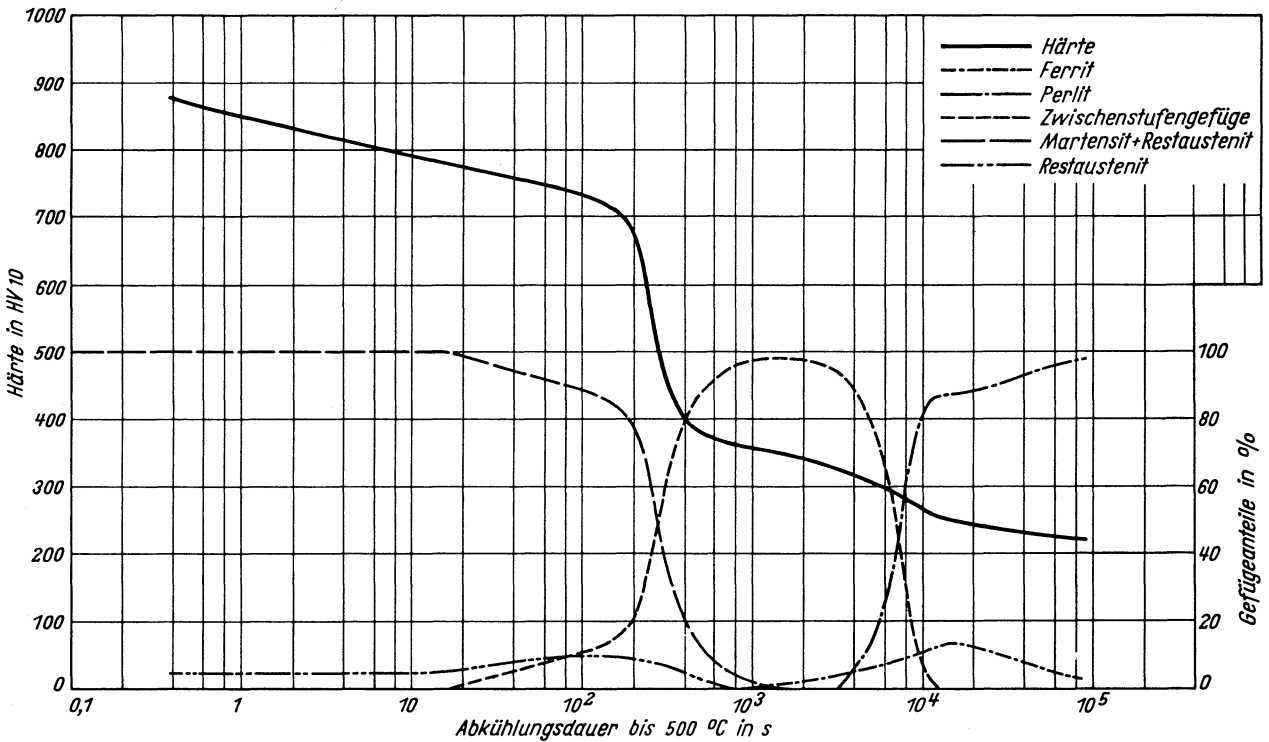
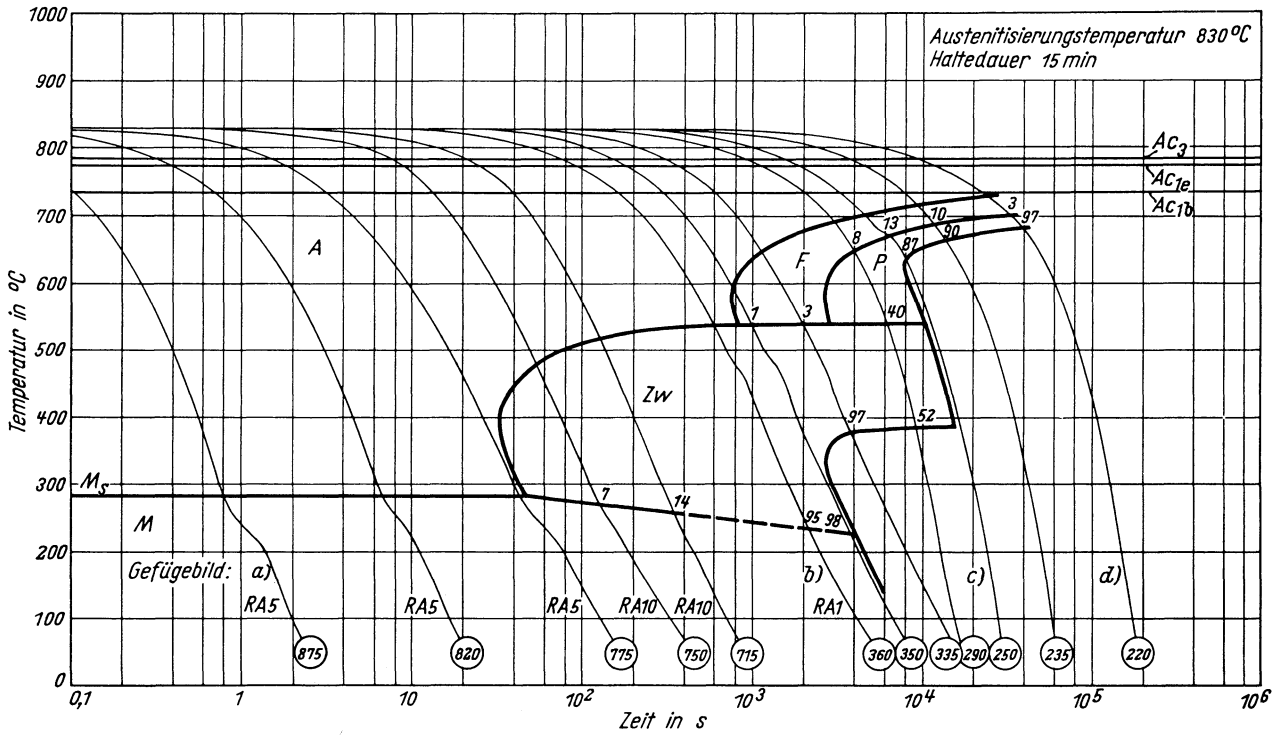
k) 930°C 30 min/115000 s → 500°C

500:1



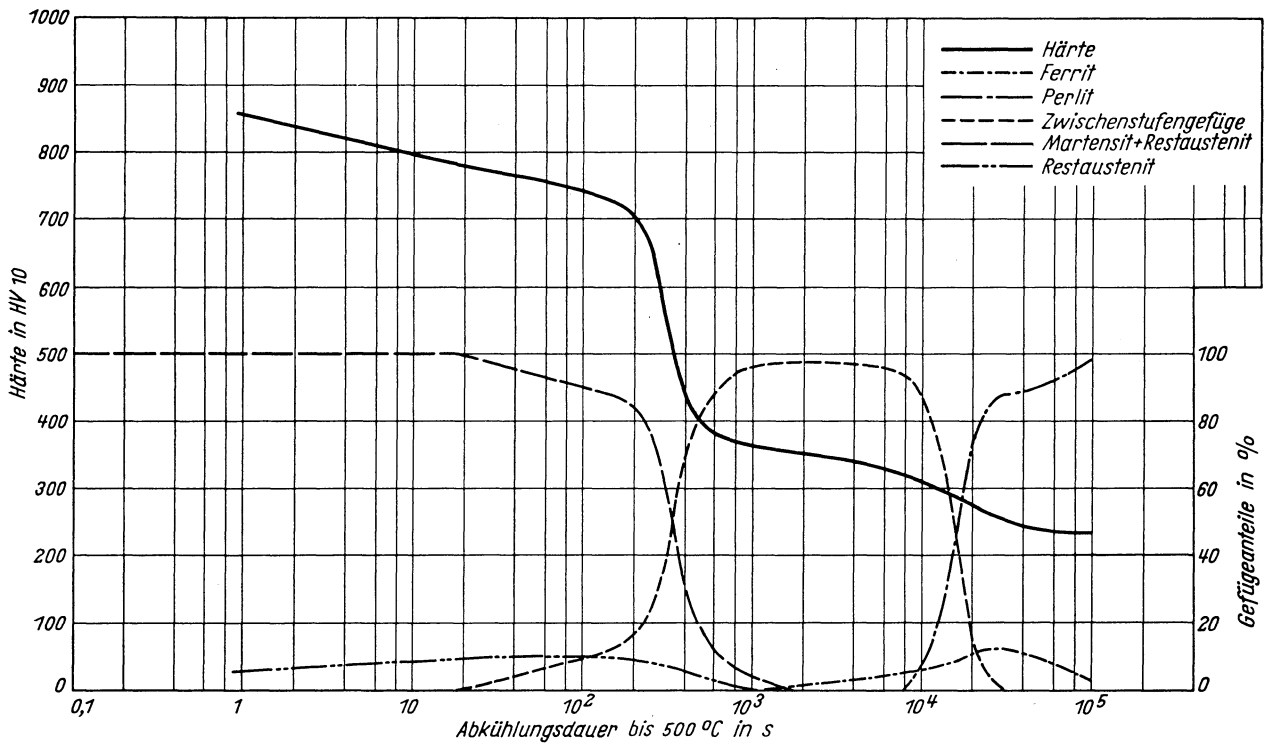
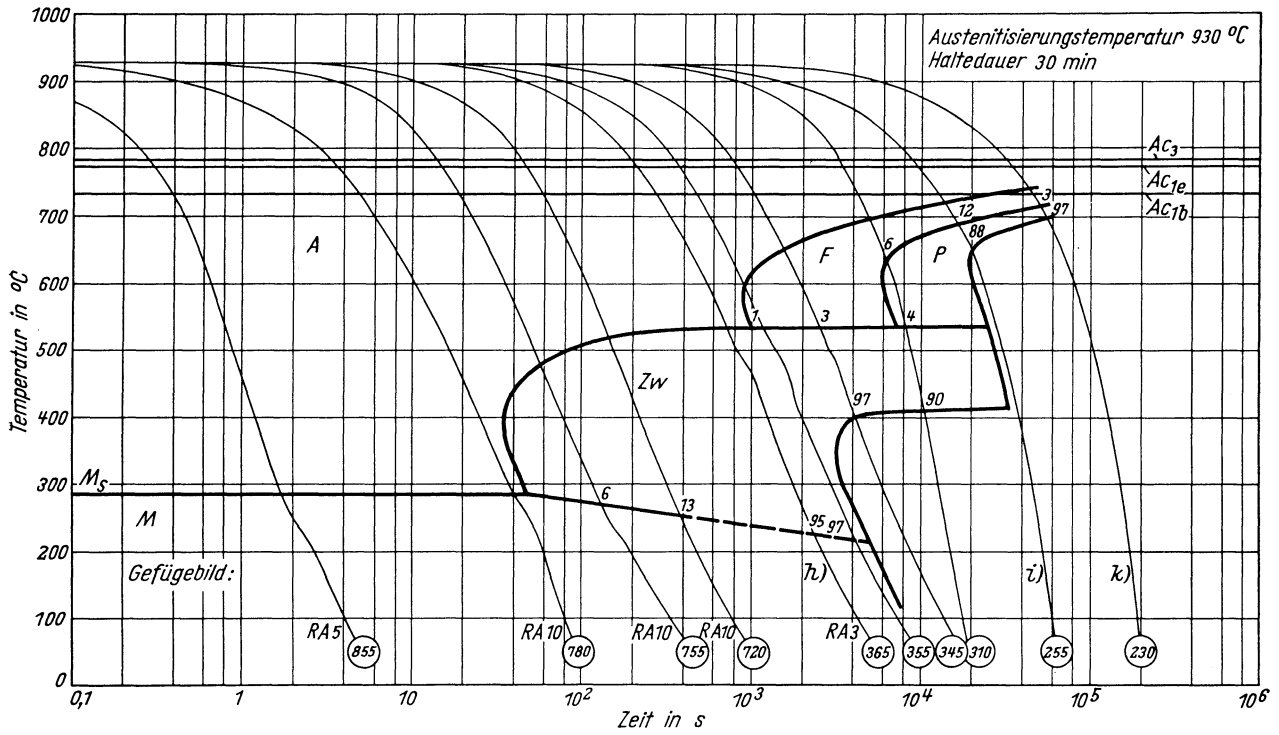
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,57	0,30	0,66	0,078	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15

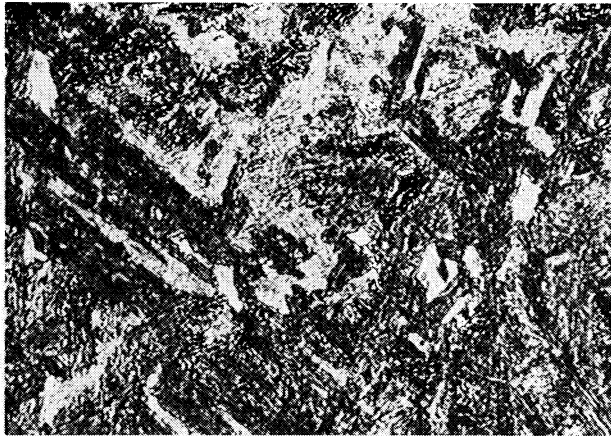


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,57	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



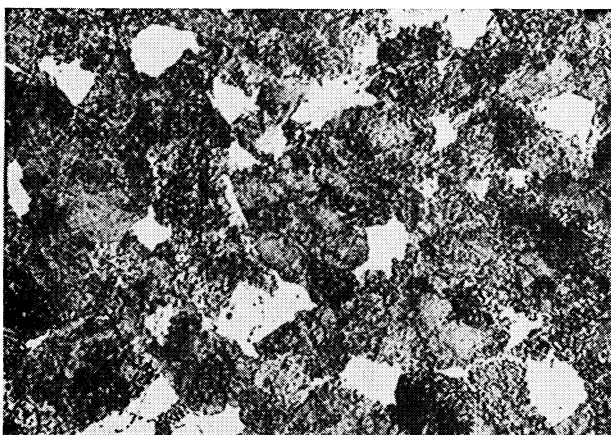
a) 830 °C 15 min/0,4 s →500 °C

1000:1



b) 830 °C 15 min/700 s →500 °C

1000:1



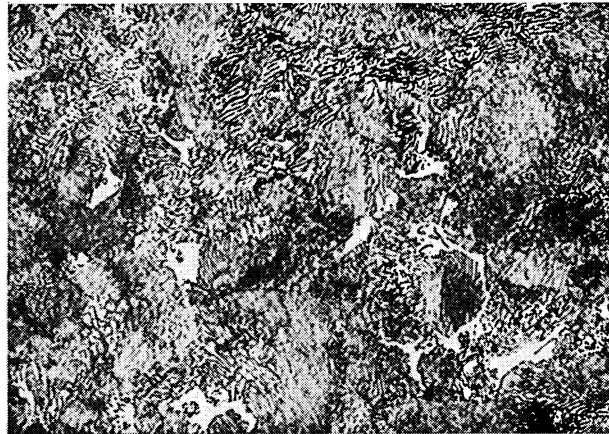
c) 830 °C 15 min/13000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

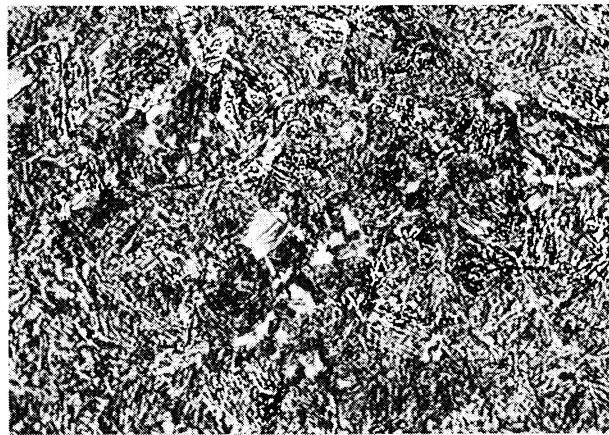
d) 830 °C 15 min/85 000 s → 500 °C

500:1



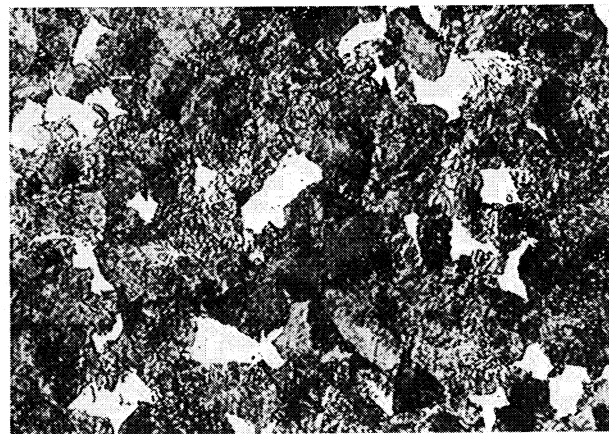
h) 930 °C 30 min/850 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/31 000 s → 500 °C

500:1



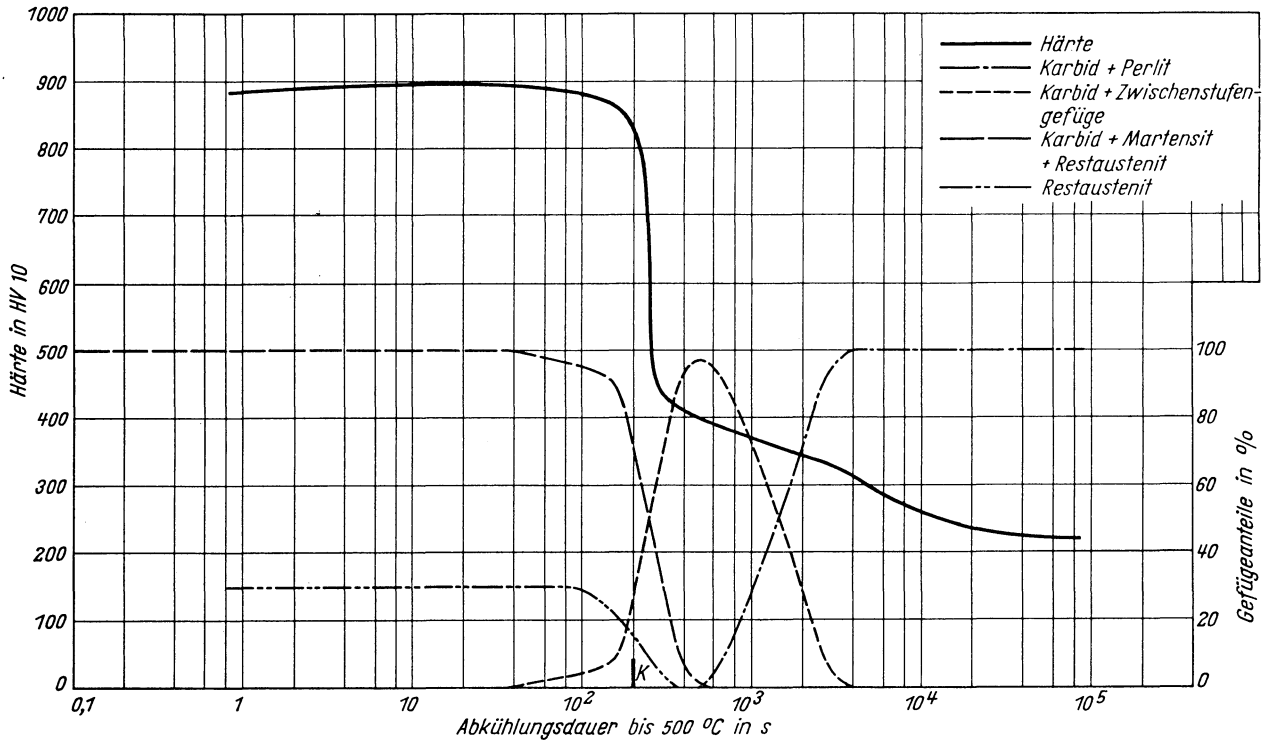
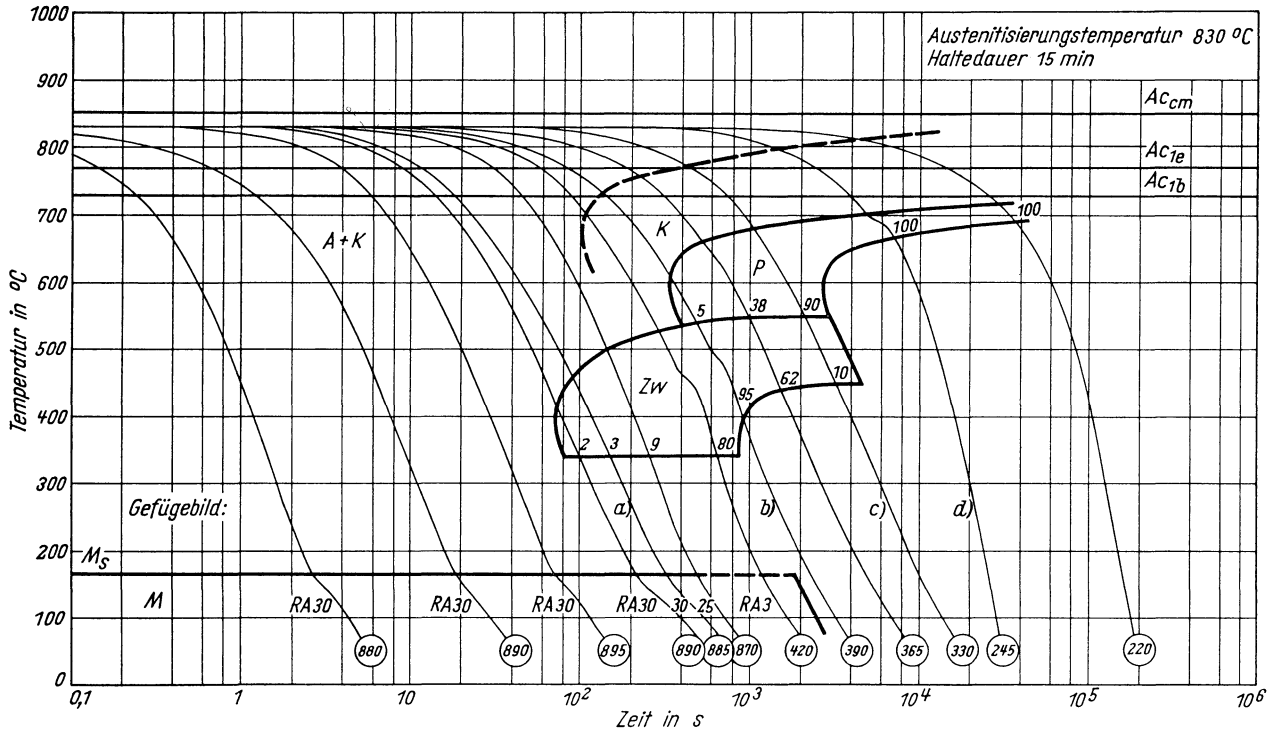
k) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1



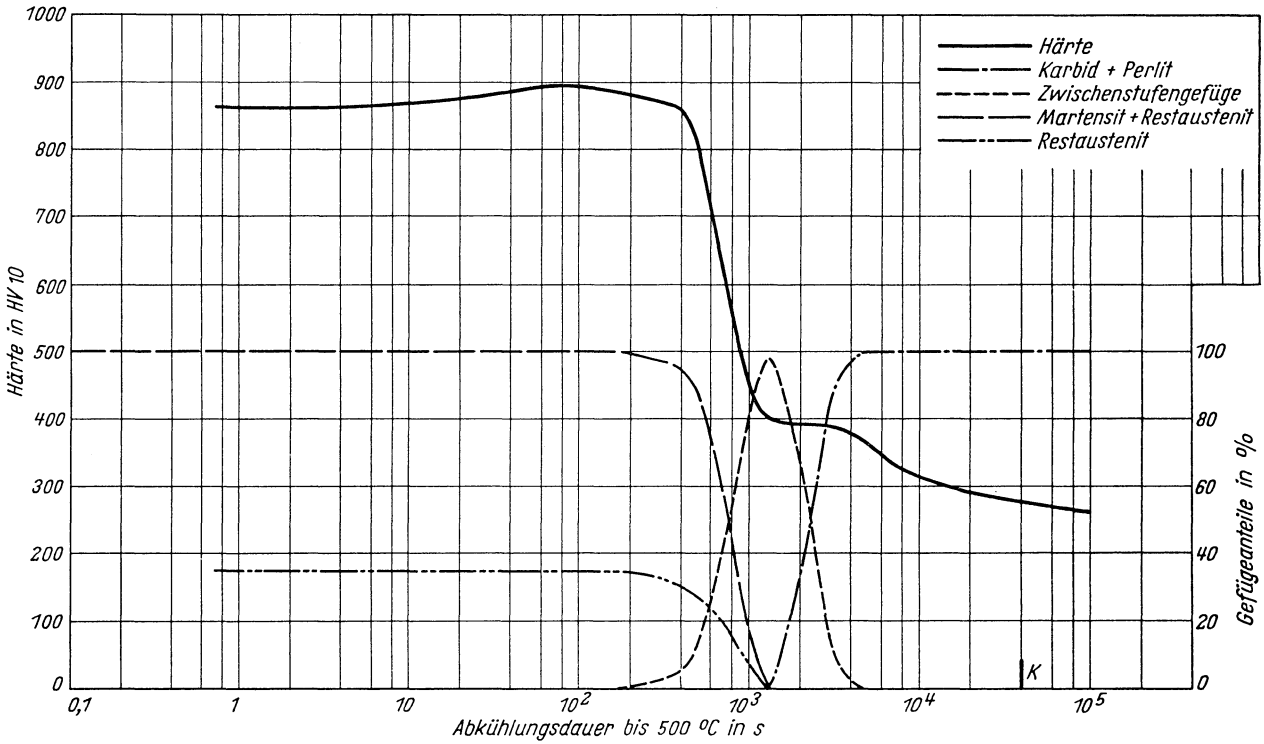
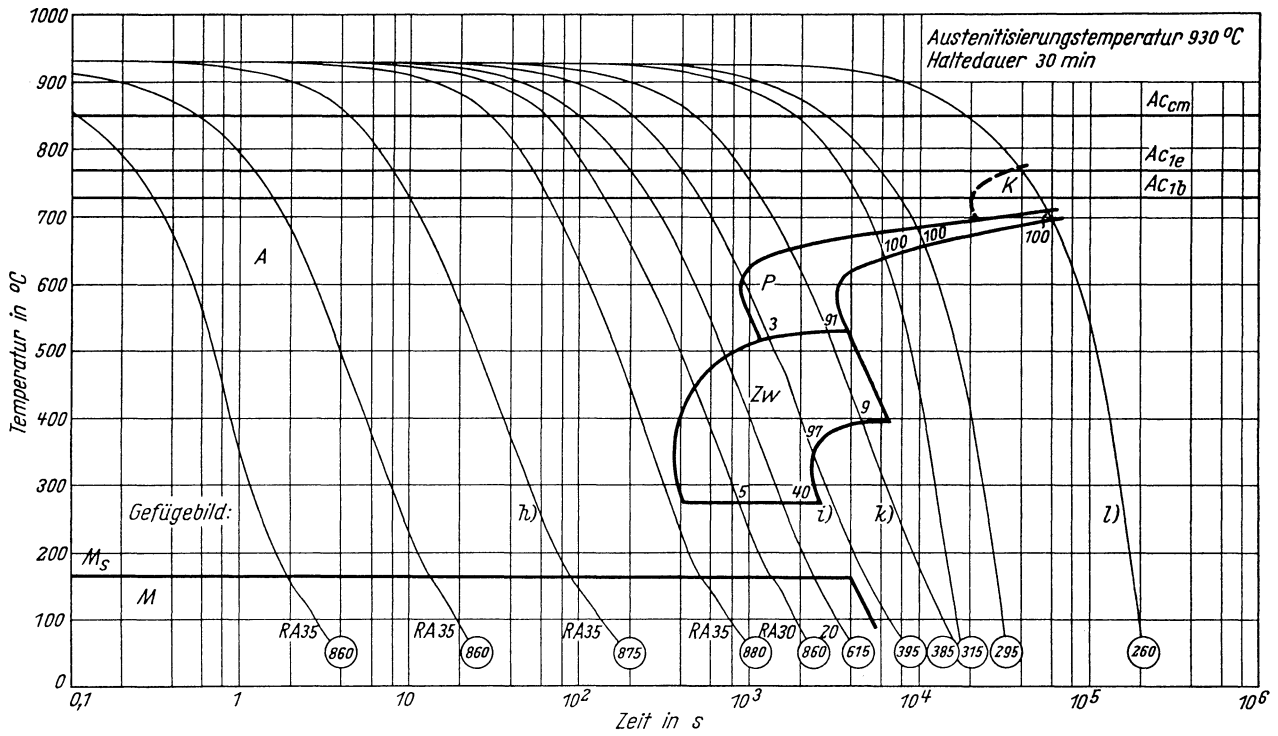
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,88	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	< 0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15

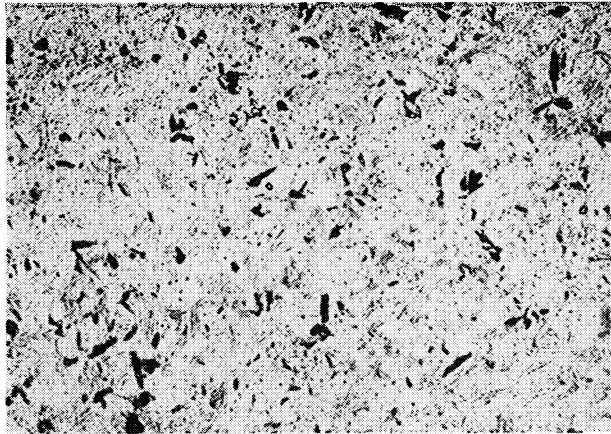


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	0,88	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



a) 830 °C 15 min/73 s →500 °C

500 : 1



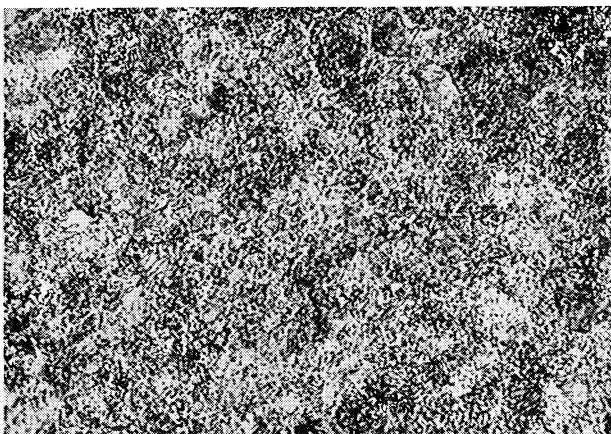
b) 830 °C 15 min/600 s →500 °C

500 : 1



c) 830 °C 15 min/2600 s →500 °C

500 : 1



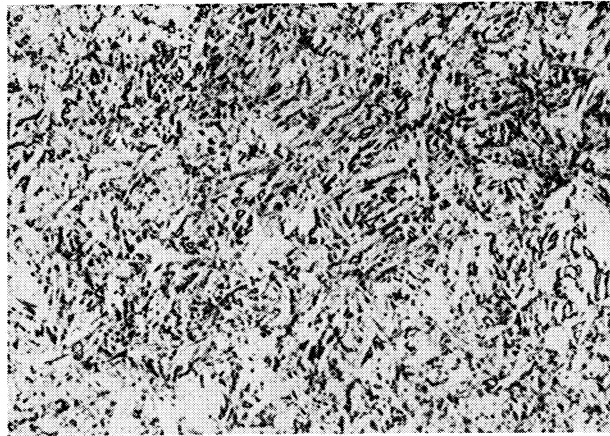
d) 830 °C 15 min/13000 s →500 °C

500 : 1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

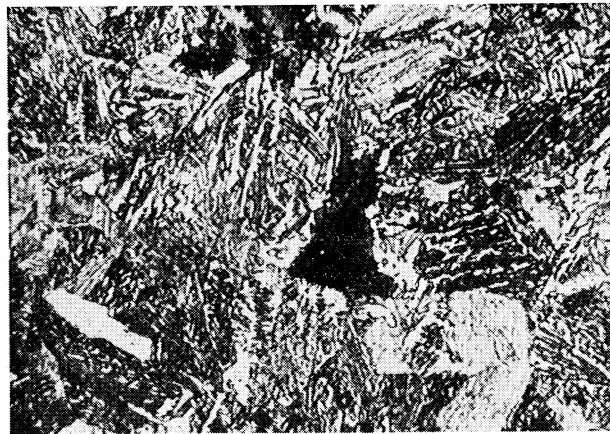
h) 930 °C 30 min/26 s → 500 °C

1000:1



i) 930 °C 30 min/1400 s → 500 °C

1000:1



k) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



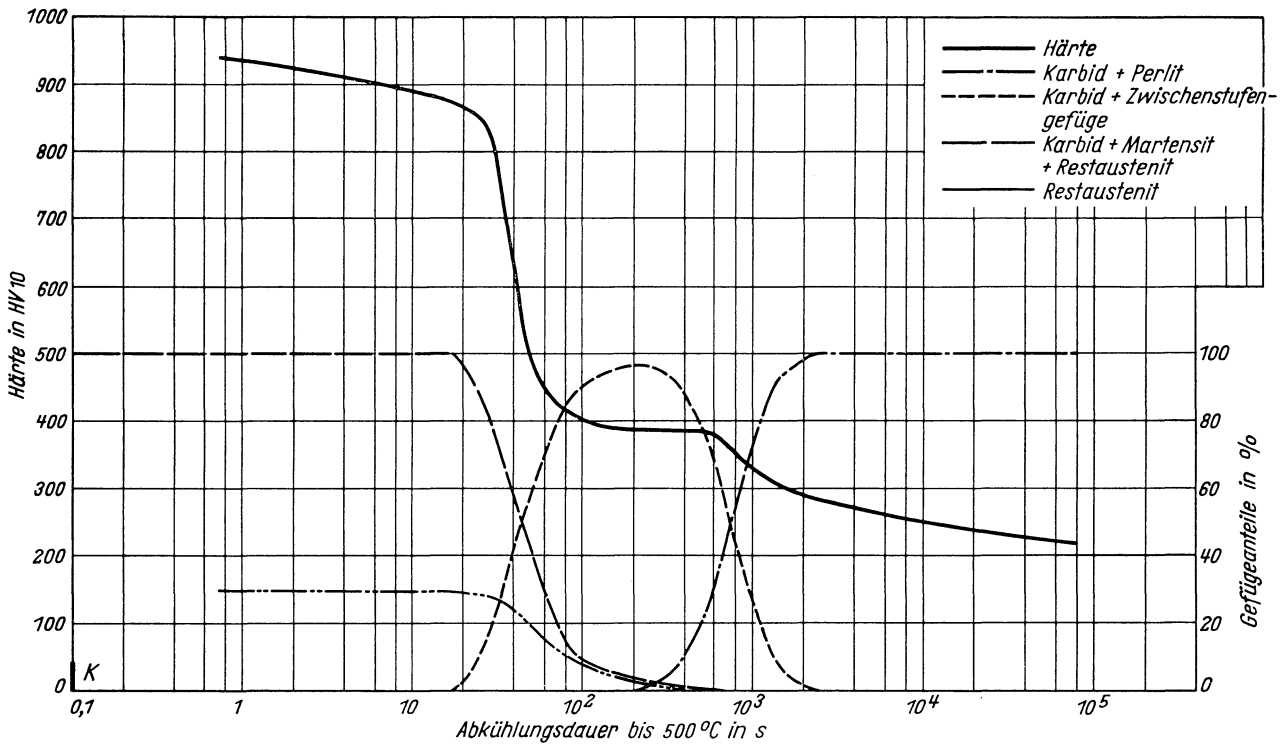
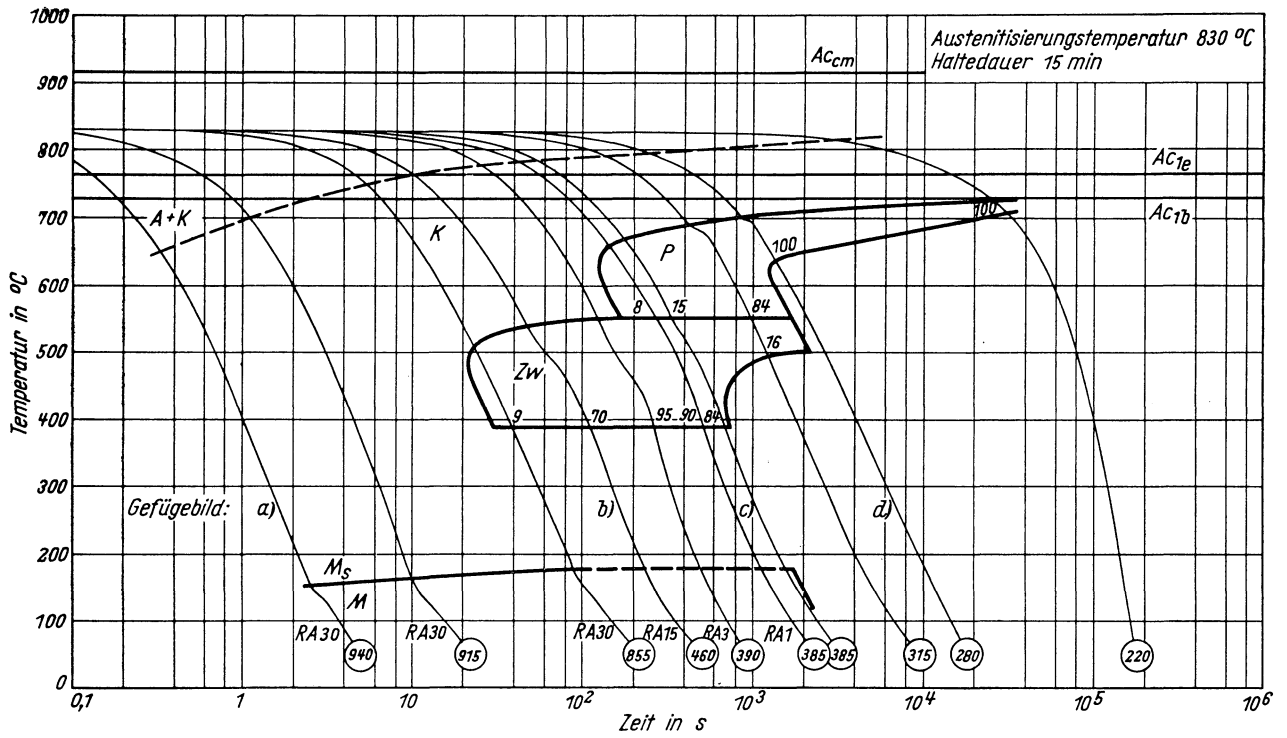
l) 930 °C 30 min/115 000 s → 500 °C

500:1

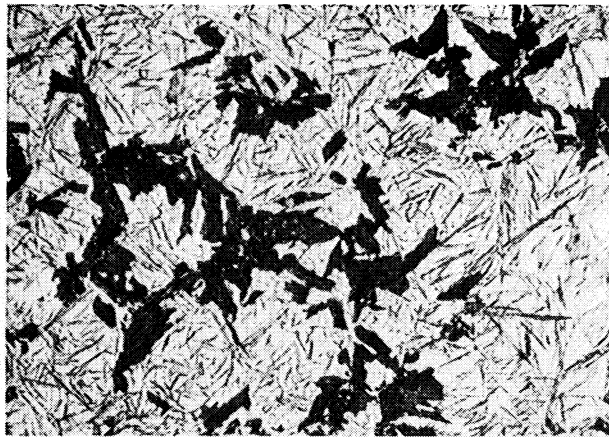


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
		1,00	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020

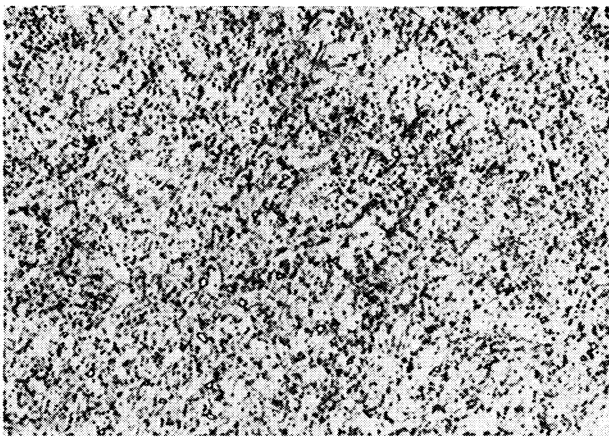


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



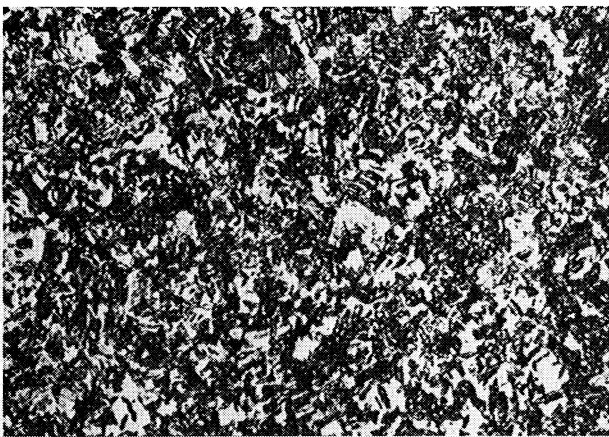
Ausgangszustand

500:1



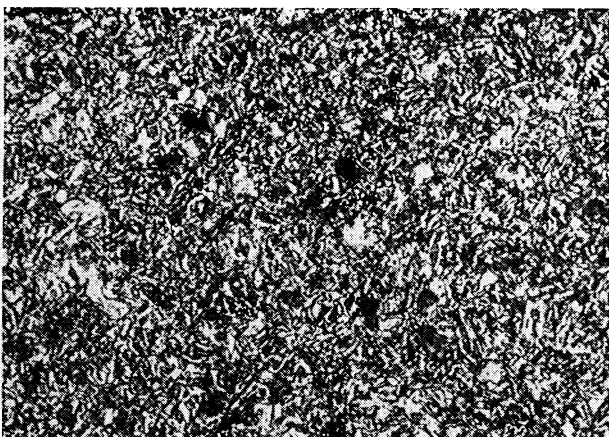
a) 830 °C 15 min/0,7 s → 500 °C

1000:1



b) 830 °C 15 min/60 s → 500 °C

500:1



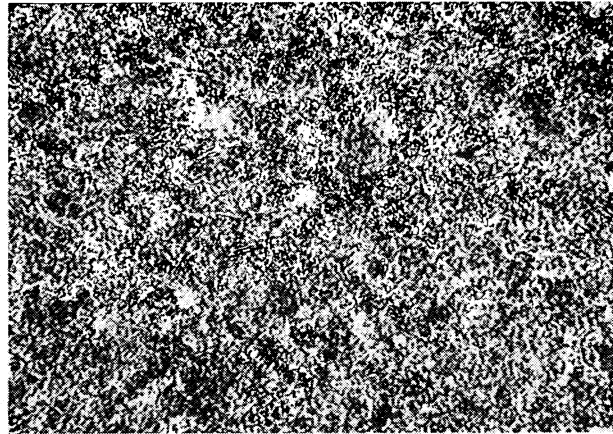
c) 830 °C 15 min/450 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

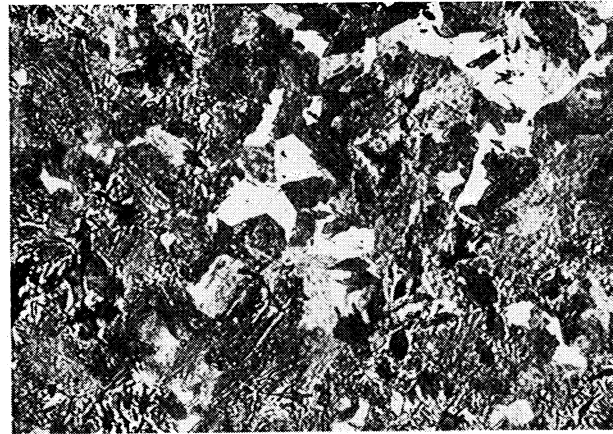
d) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1



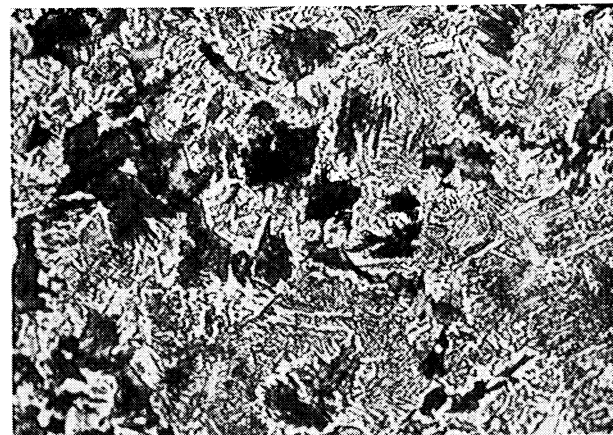
h) 930 °C 30 min/500 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/1350 s → 500 °C

500:1



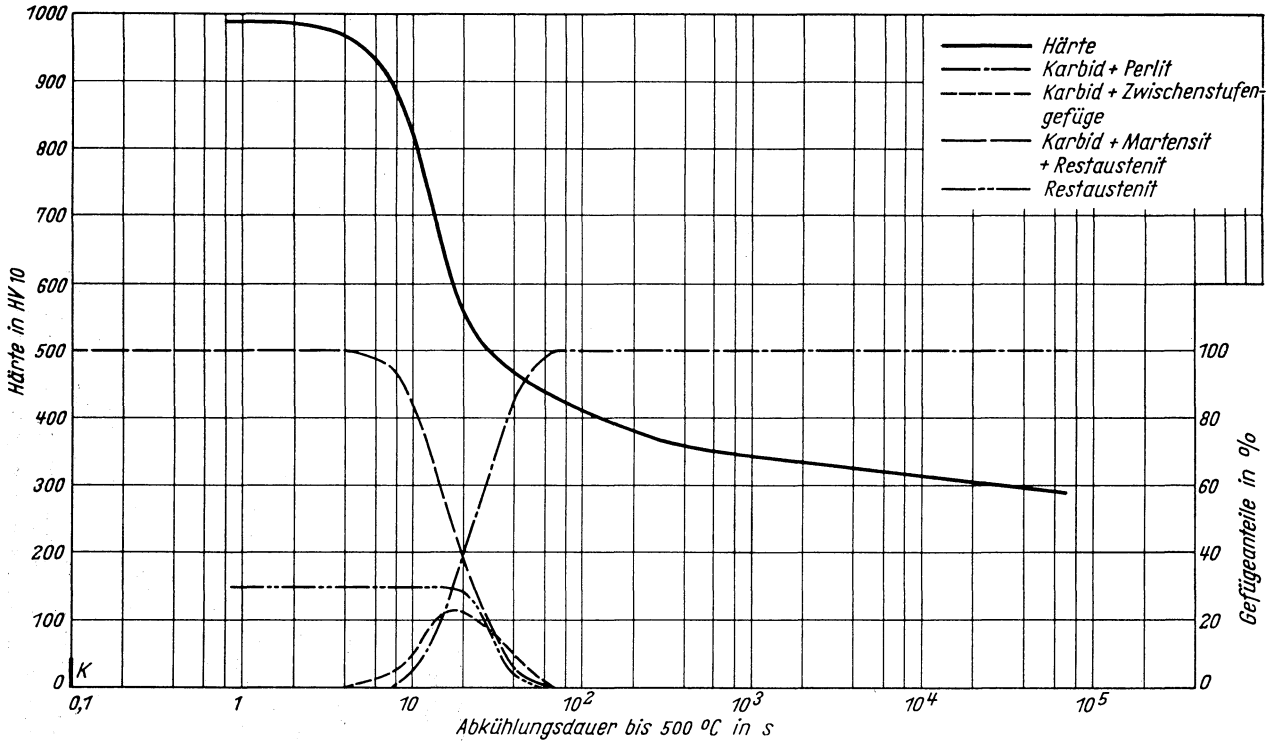
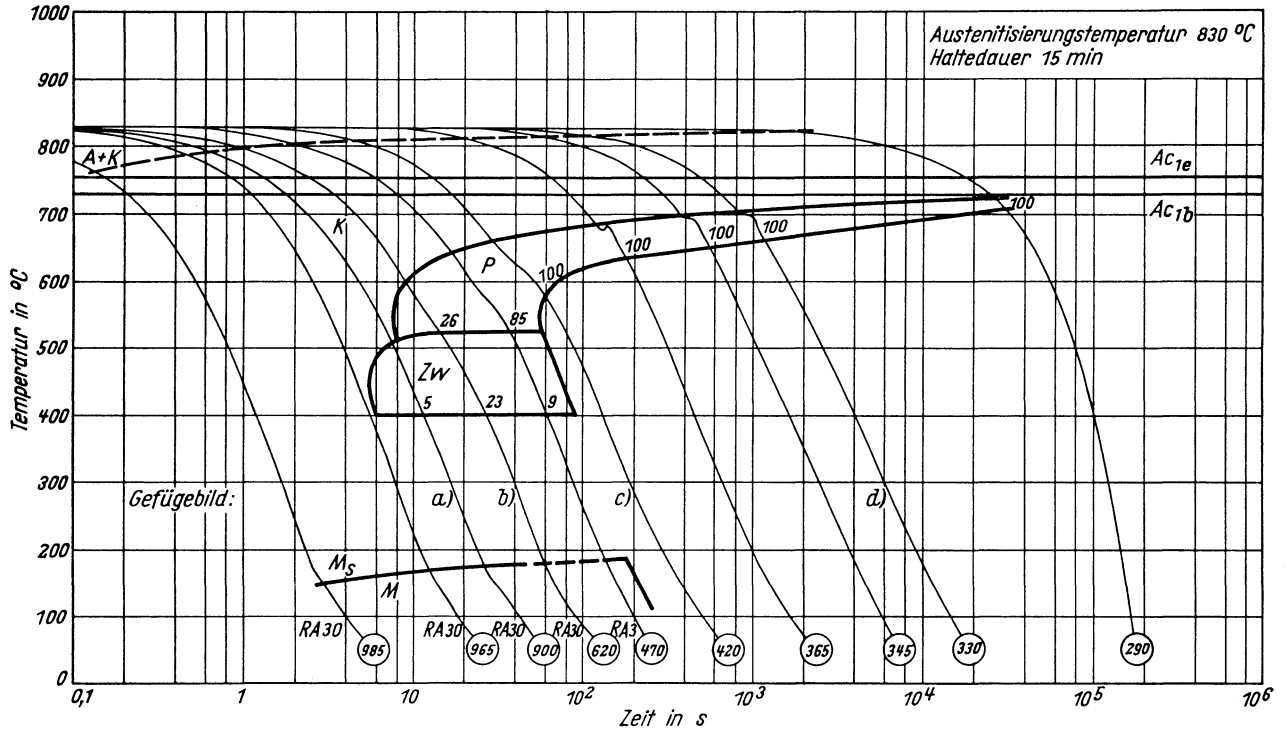
k) 930 °C 30 min/16500 s → 500 °C

500:1



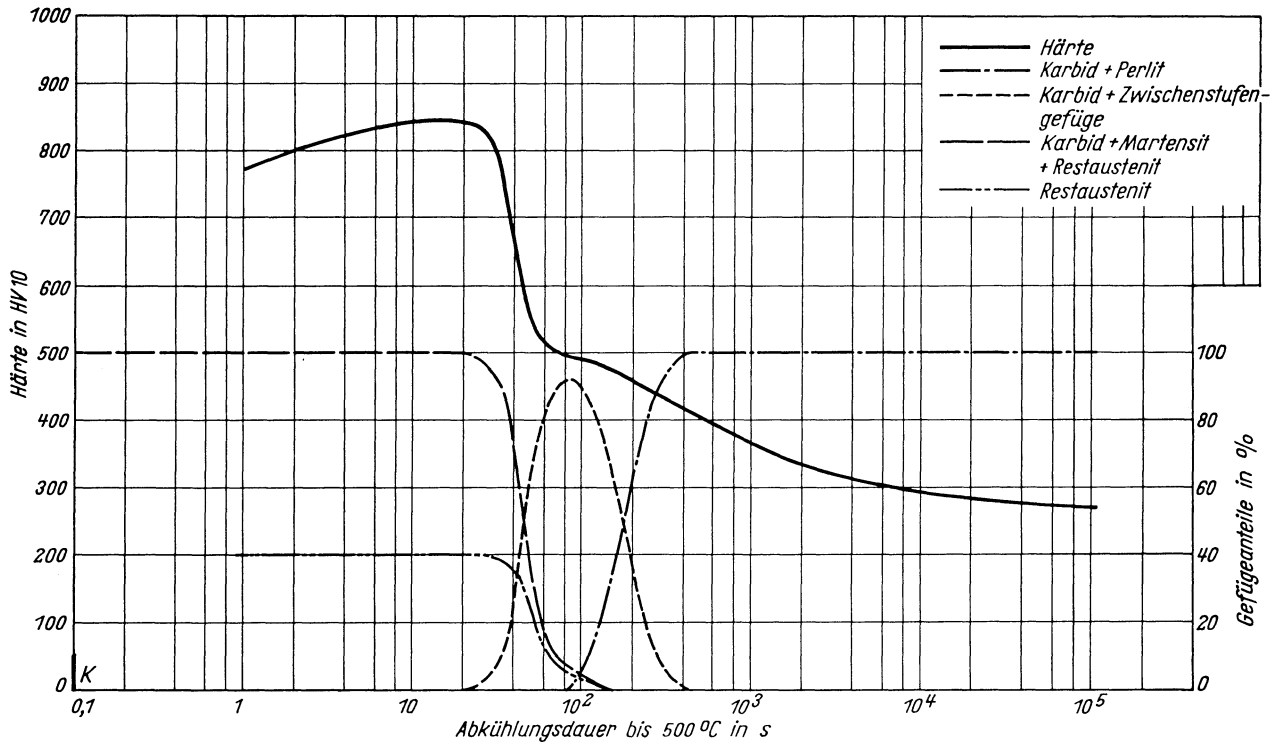
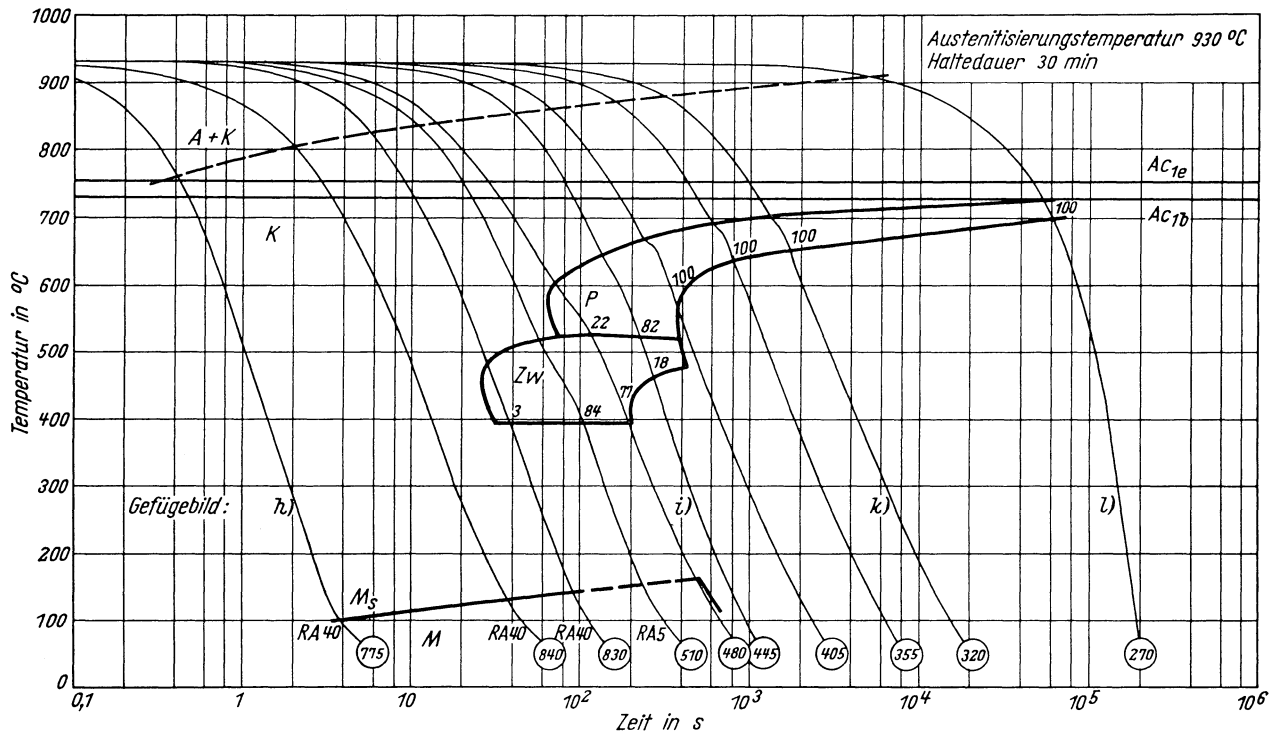
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
	2,35	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020	0,15

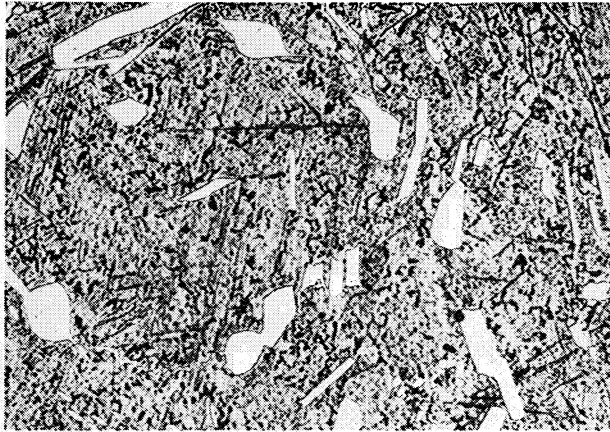


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni
		2,35	0,30	0,66	0,018	0,011	0,049	<0,0005	0,56	0,18	0,44	0,020

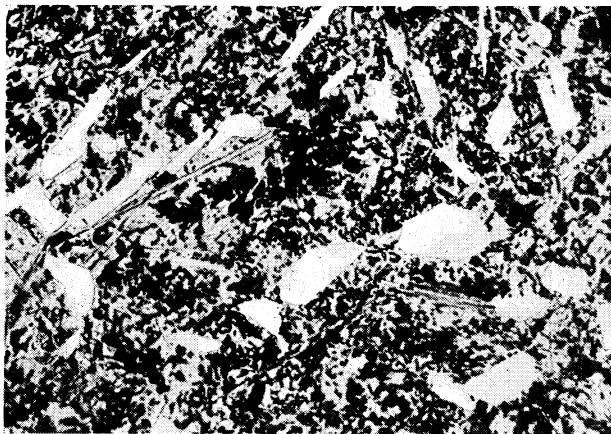


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



a) 830 °C 15 min/7,5 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/16 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/90 s → 500 °C

500:1



d) 830 °C 15 min/80000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

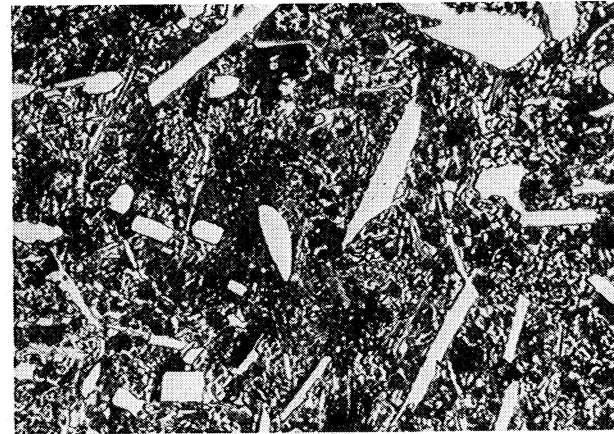
h) 930 °C 30 min/1,0 s → 500 °C

500:1



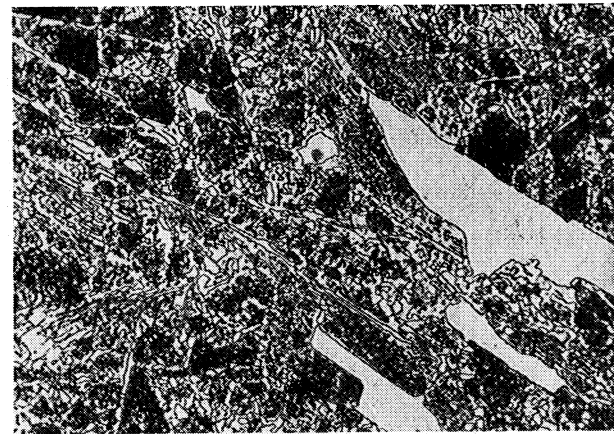
i) 930 °C 30 min/250 s → 500 °C

500:1



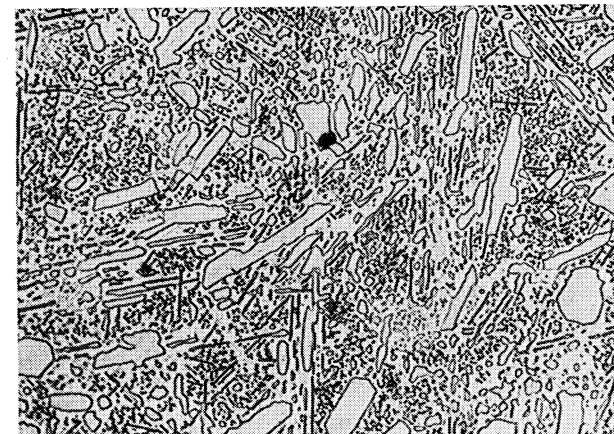
k) 930 °C 30 min/3100 s → 500 °C

500:1



l) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17 006)

Stoffnummer nach DIN 17 007: 1.7325

Einsatzstahl nach DIN 17 210

Chemische Zusammensetzung in %

	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni
Sollwerte mindestens	0,23	0,15	0,60					0,40	0,40		
höchstens	0,29	0,40	0,90	0,035	0,035			0,60	0,50		
untersuchte Schmelze	0,27	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11

Lieferzustand: Erschmelzungsart: Hochfrequenz-Ofen

Verarbeitung: geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Blindhärten	Direkthärten	Anlassen auf
910 °C	890 – 920 °C	170 – 210 °C

Kenngrößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C					
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p						
25 MoCr 4	0,27	740	760	830	-	L.Z.		Feinkornstahl									
						890	A						n. b.	4,8 ¹⁾	190 ¹⁾	6600 ¹⁾	410
						1050	A						n. b.	8,4 ²⁾	390 ²⁾	10800 ²⁾	410
25 MoCr 4 aufgekühlt	0,31	720	760	815	-	A.Z.		n. b.									
						830	A	n. b.	3,0	75	4000	400					
						930	A	n. b.	3,8	85	7500	400					
25 MoCr 4 aufgekühlt	0,60	720	760	775	-	A.Z.		n. b.									
						830	A	n. b.	12	1200	7500	275					
						930	A	n. b.	15	1300	10000	275					
25 MoCr 4 aufgekühlt	0,92	720	755	-	835	A.Z.		n. b.									
						830	A + K	n. b.	40	300	5500	180					
						930	A	n. b.	70	450	7000	180					
25 MoCr 4 aufgekühlt	1,18	720	750	-	920	A.Z.		n. b.									
						830	A + K	n. b.	12	65	1400	155					
						930	A + K	n. b.	40	160	8000	150					
25 MoCr 4 aufgekühlt	2,60	720	750	-	> 1050	A.Z.		n. b.									
						830	A + K	n. b.	4,5	26	240	< 185					
						930	A + K	n. b.	10	55	450	< 125					

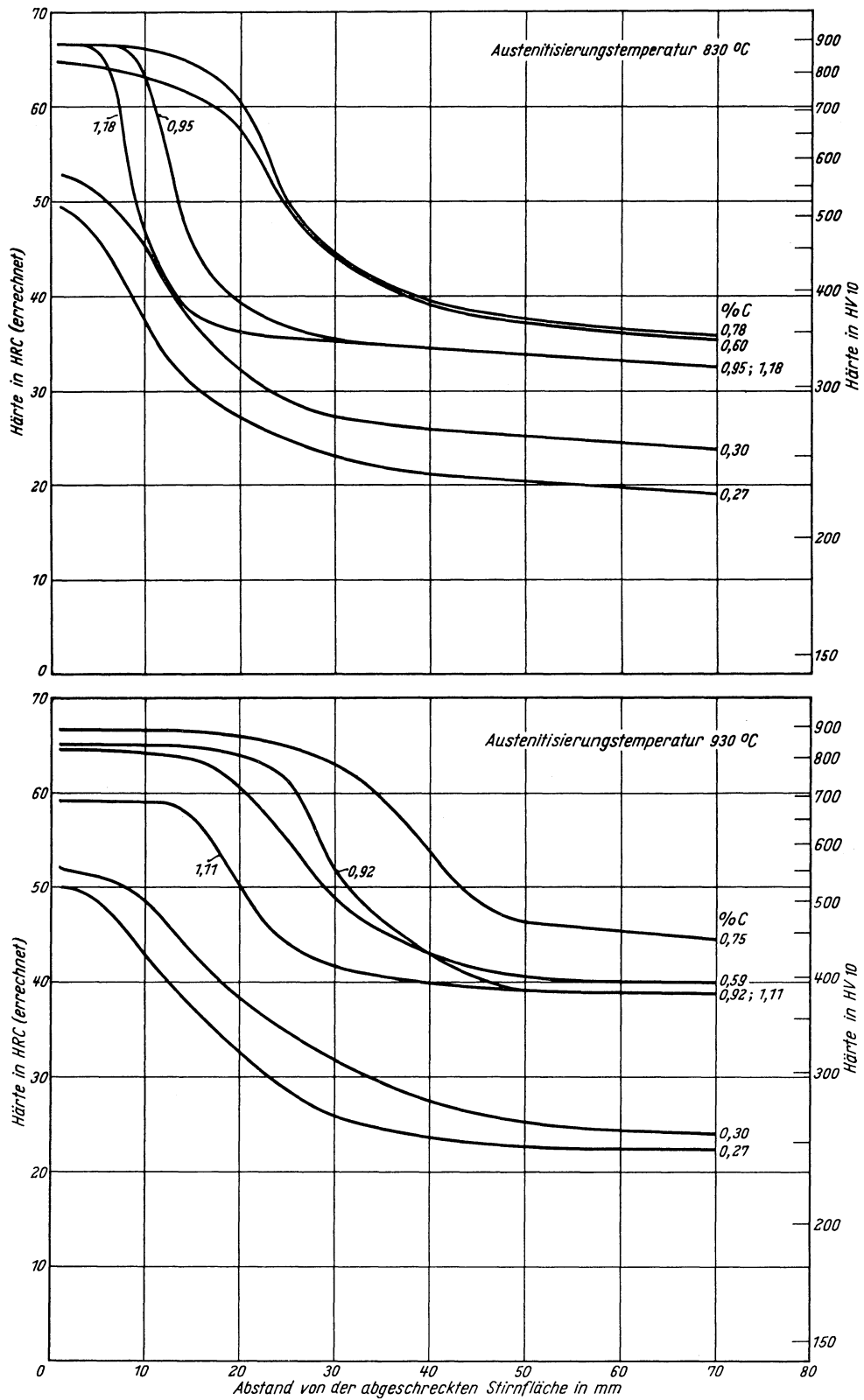
¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkohlungszustand

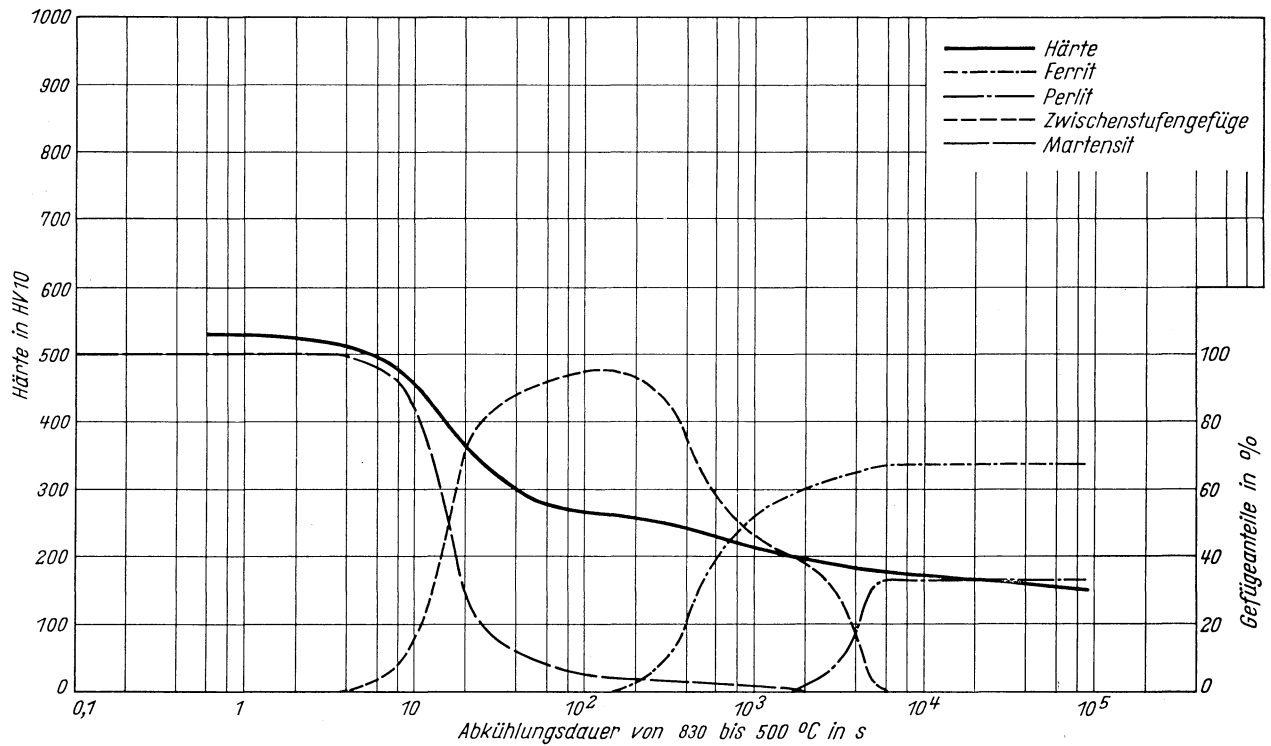
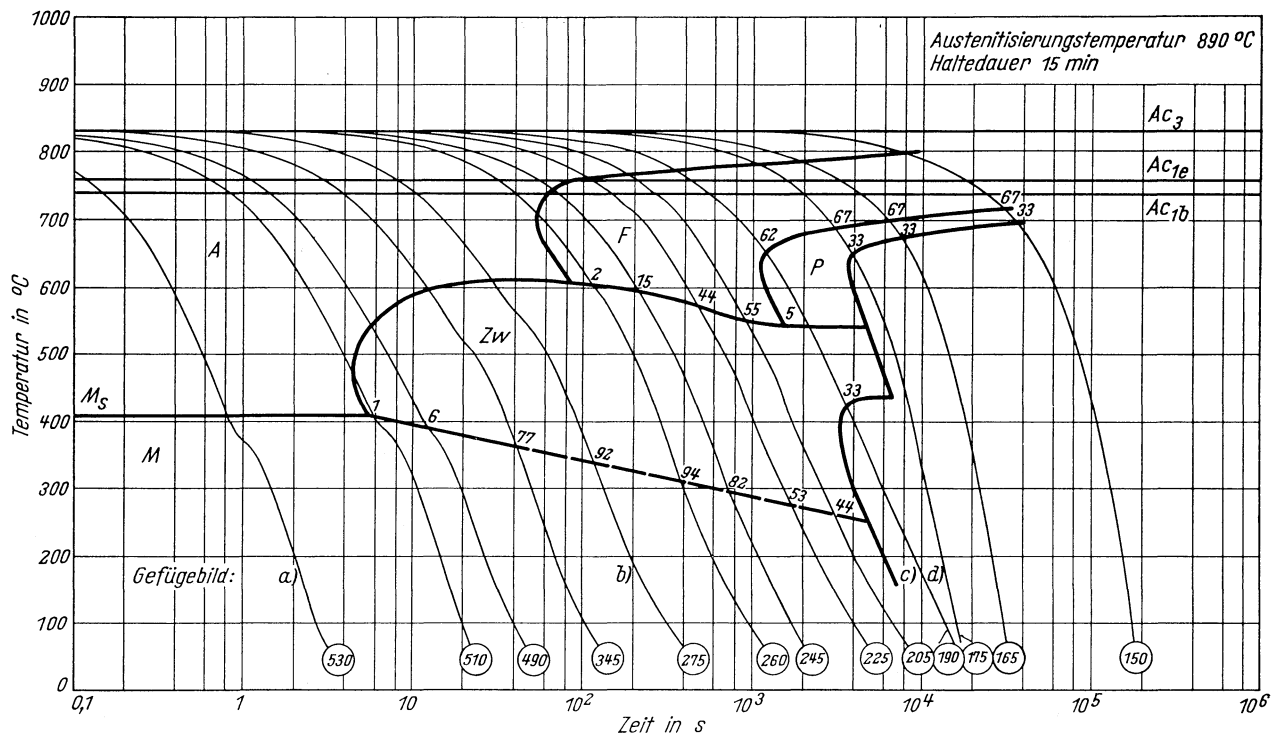
K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit
K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtkurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärtheprüfung nach Teil I)



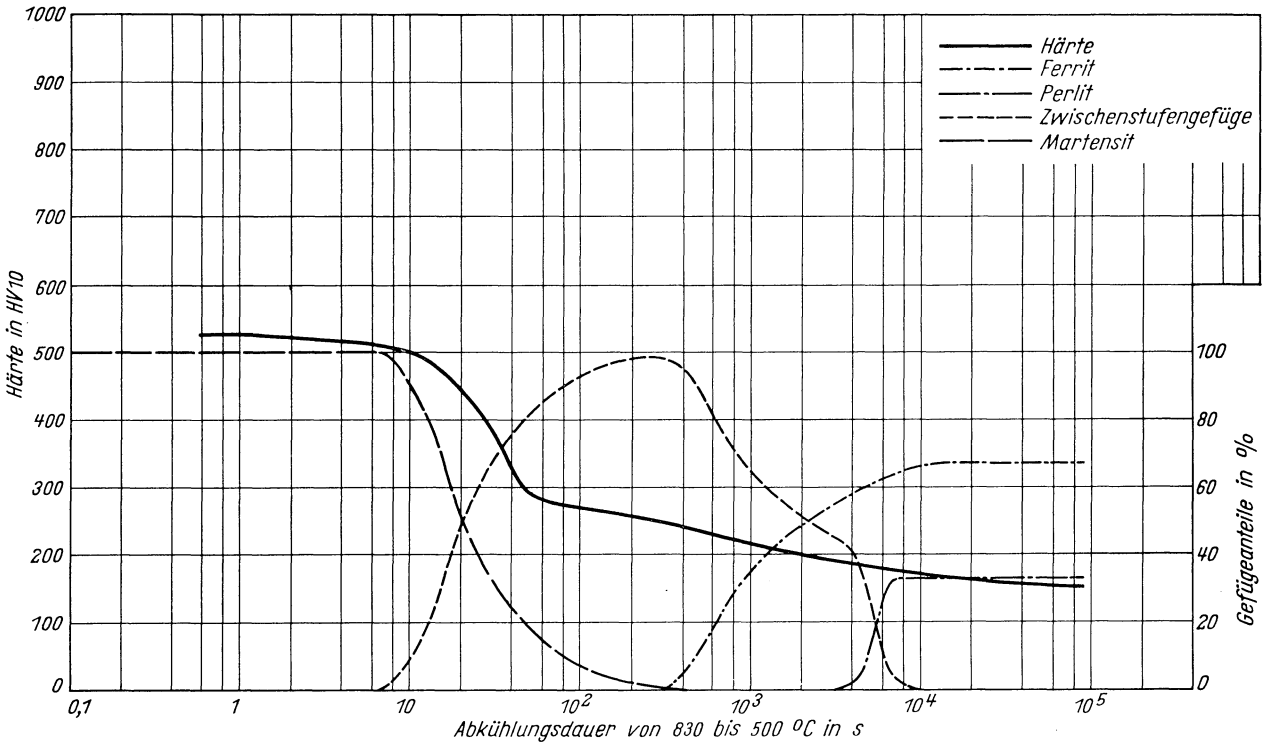
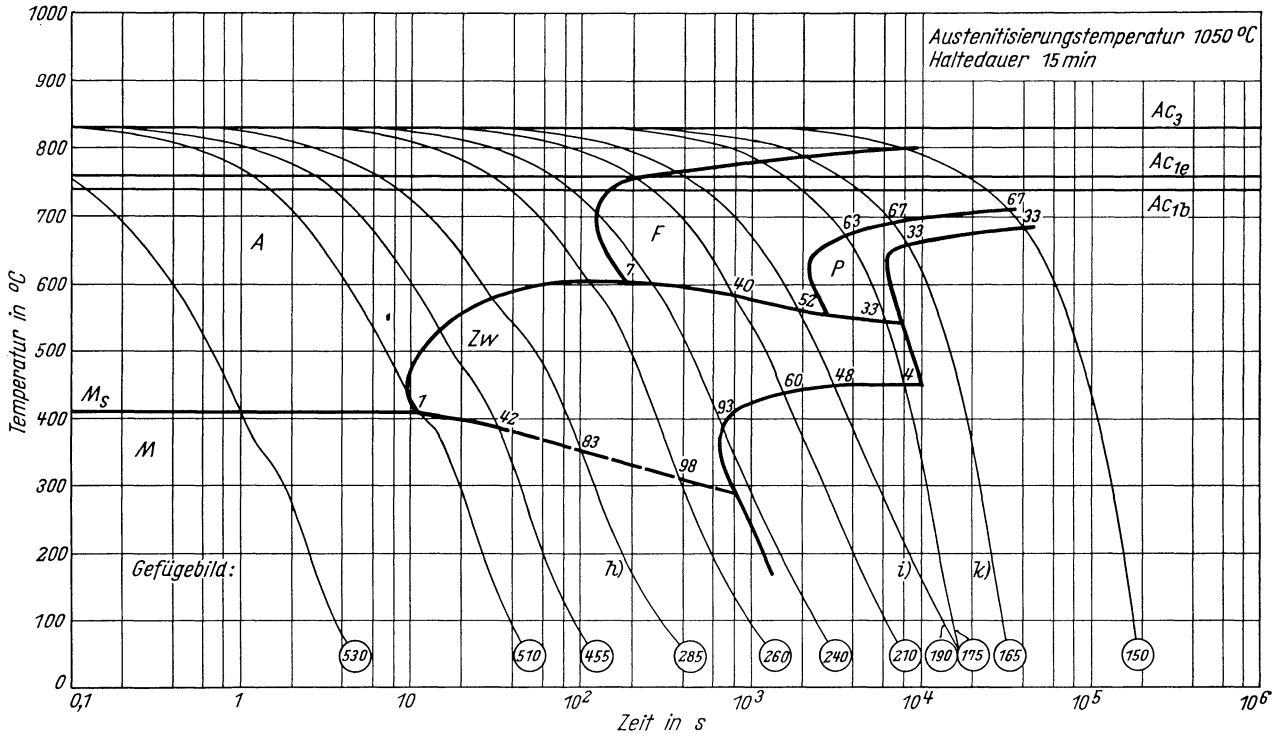
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	—
	0,27	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	—

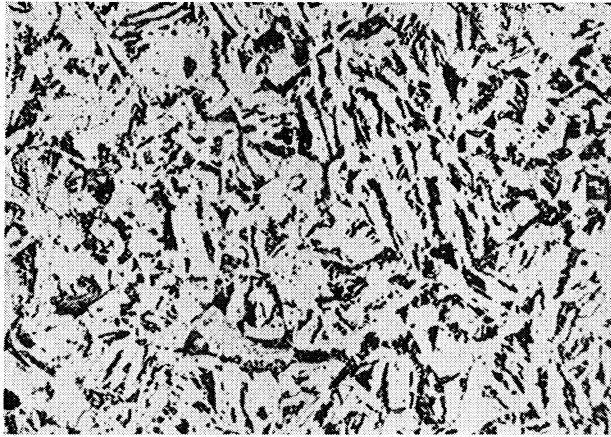


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	-
	0,27	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	-



Gefügebilder zu den Umwandelungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



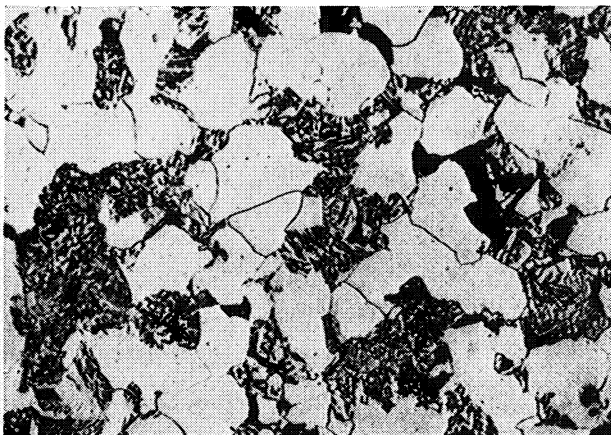
a) 890 °C 15 min/0,6 s →500 °C

500:1



b) 890 °C 15 min/65 s →500 °C

500:1



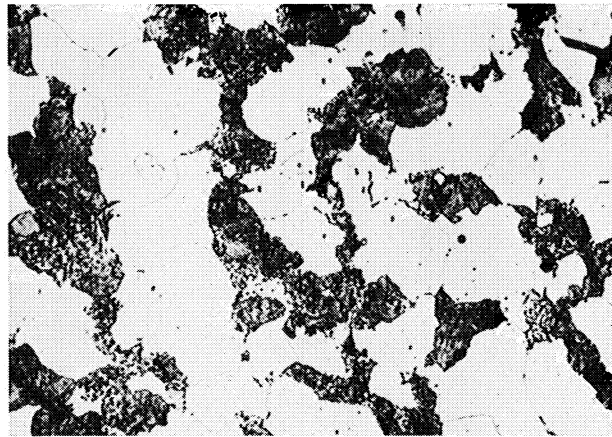
c) 890 °C 15 min/2650 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandschaubildern
kontinuierlich

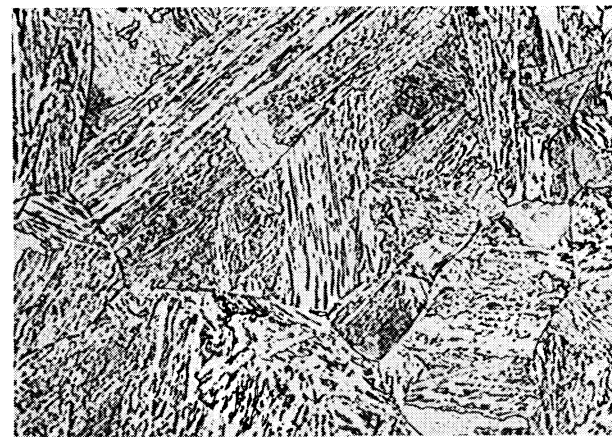
d) 890 °C 15 min/7000 s → 500 °C

500:1



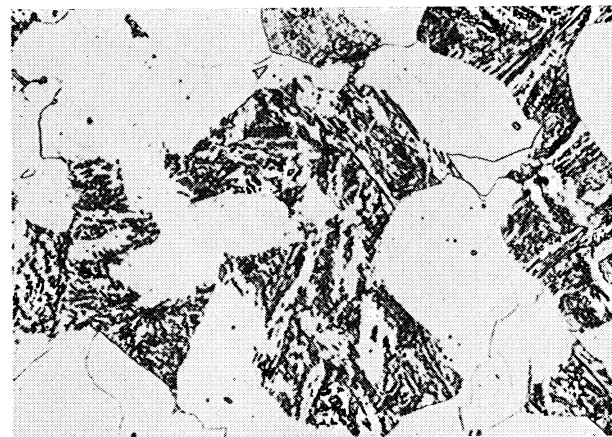
h) 1050 °C 15 min/55 s → 500 °C

500:1



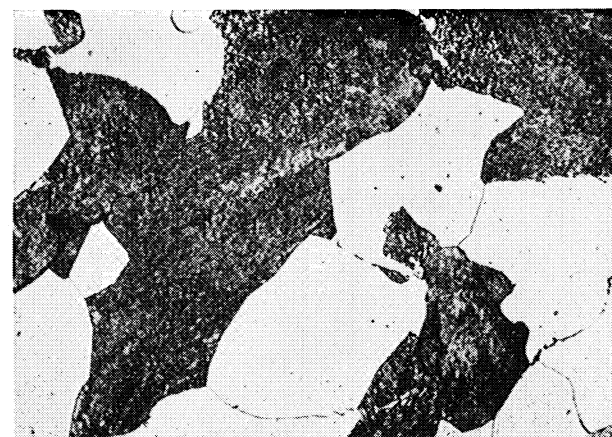
i) 1050 °C 15 min/2500 s → 500 °C

500:1



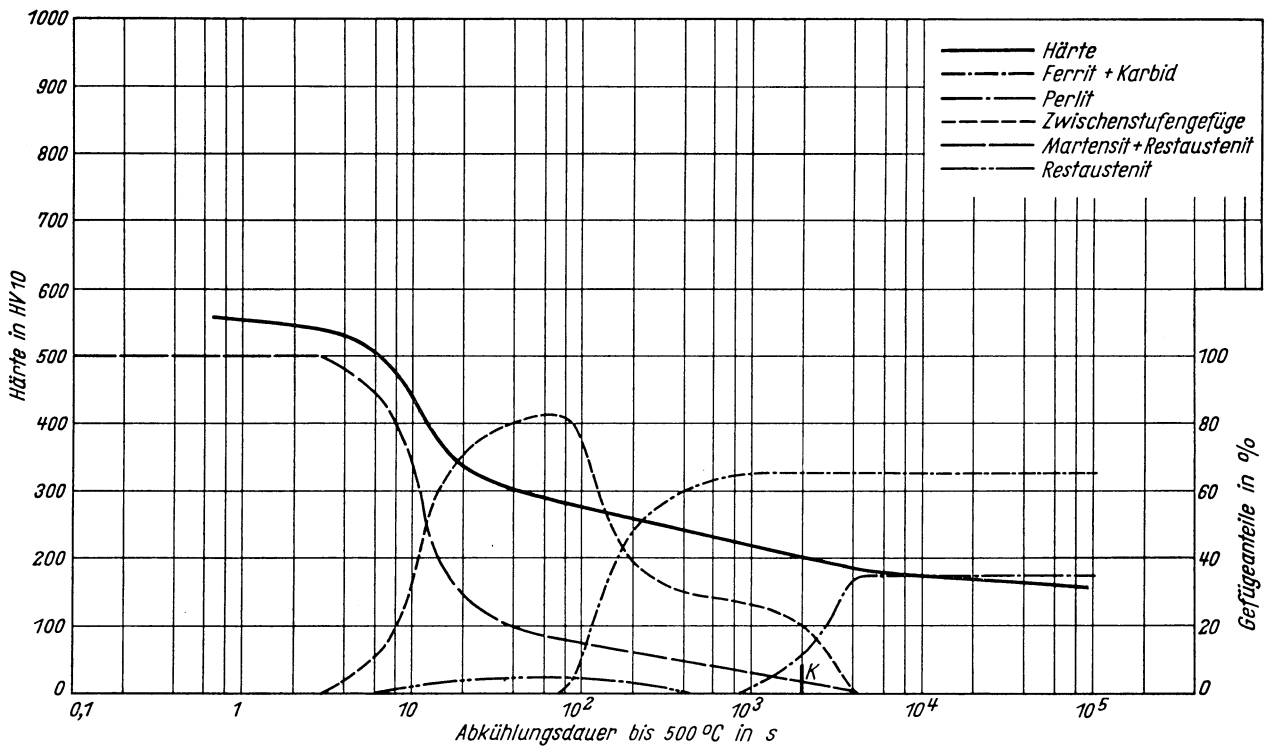
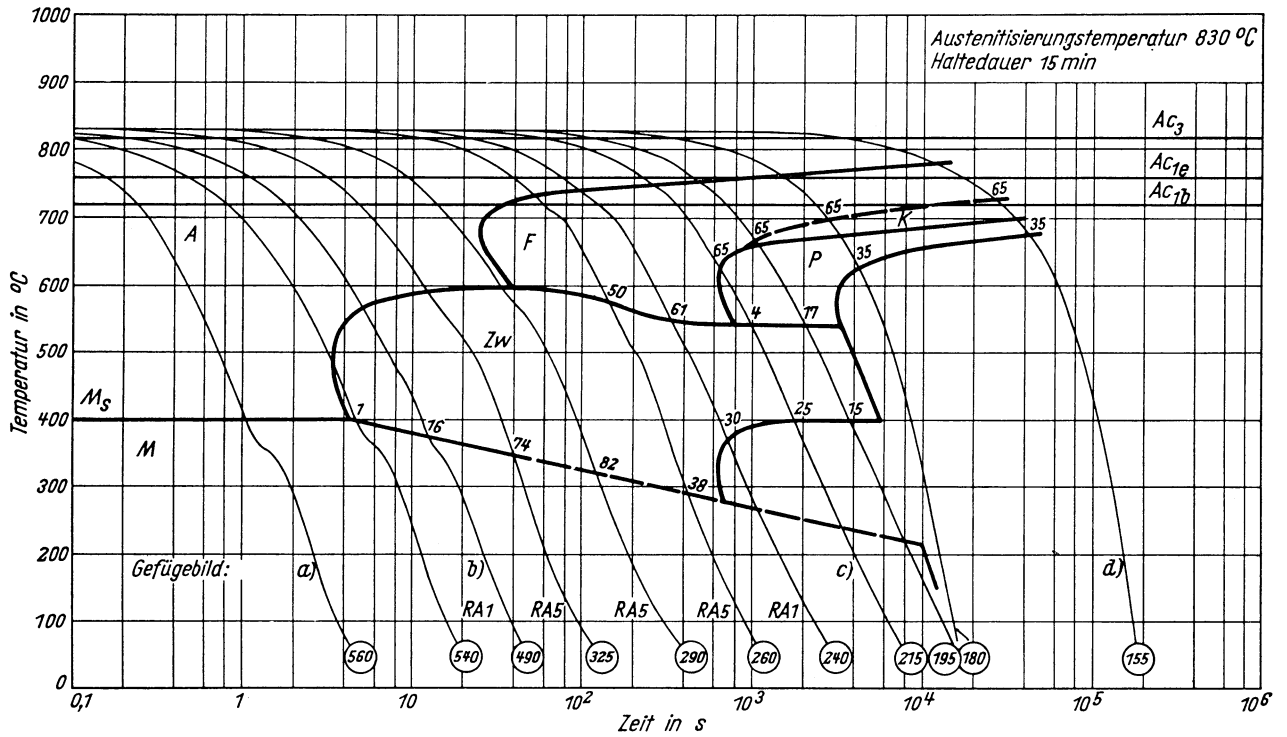
k) 1050 °C 15 min/15000 s → 500 °C

500:1



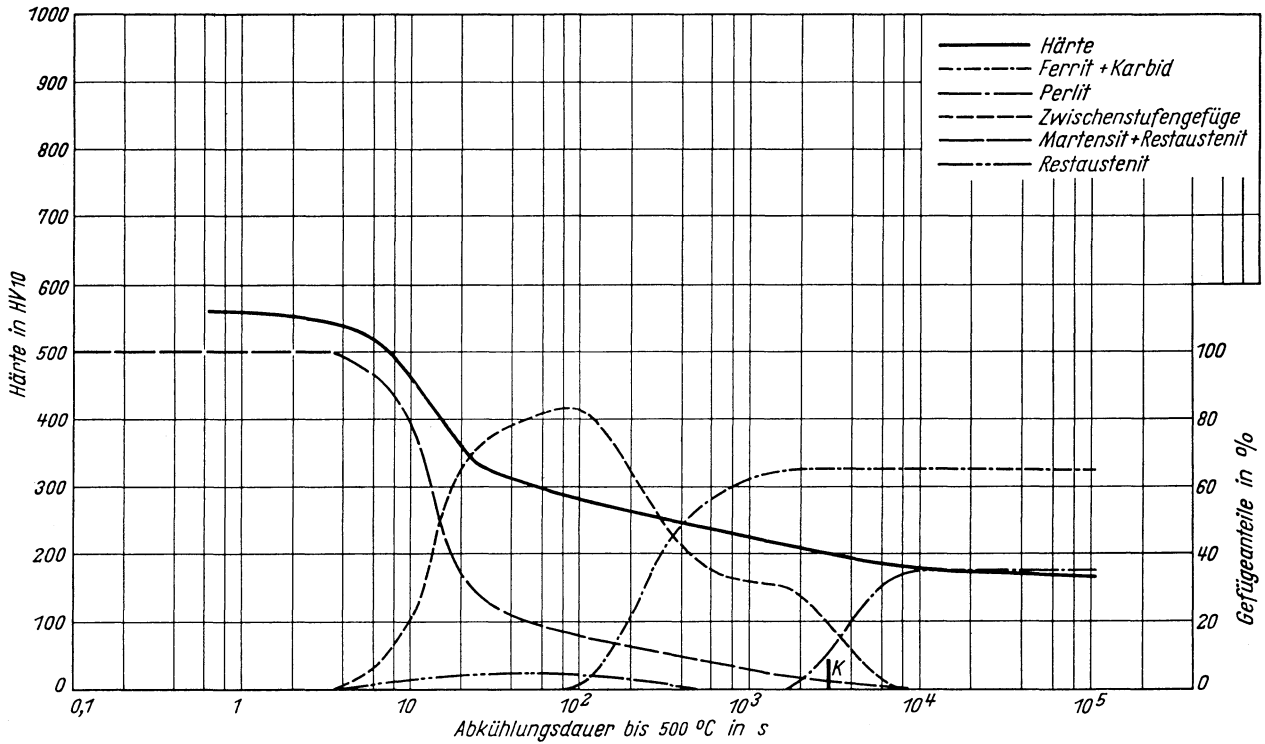
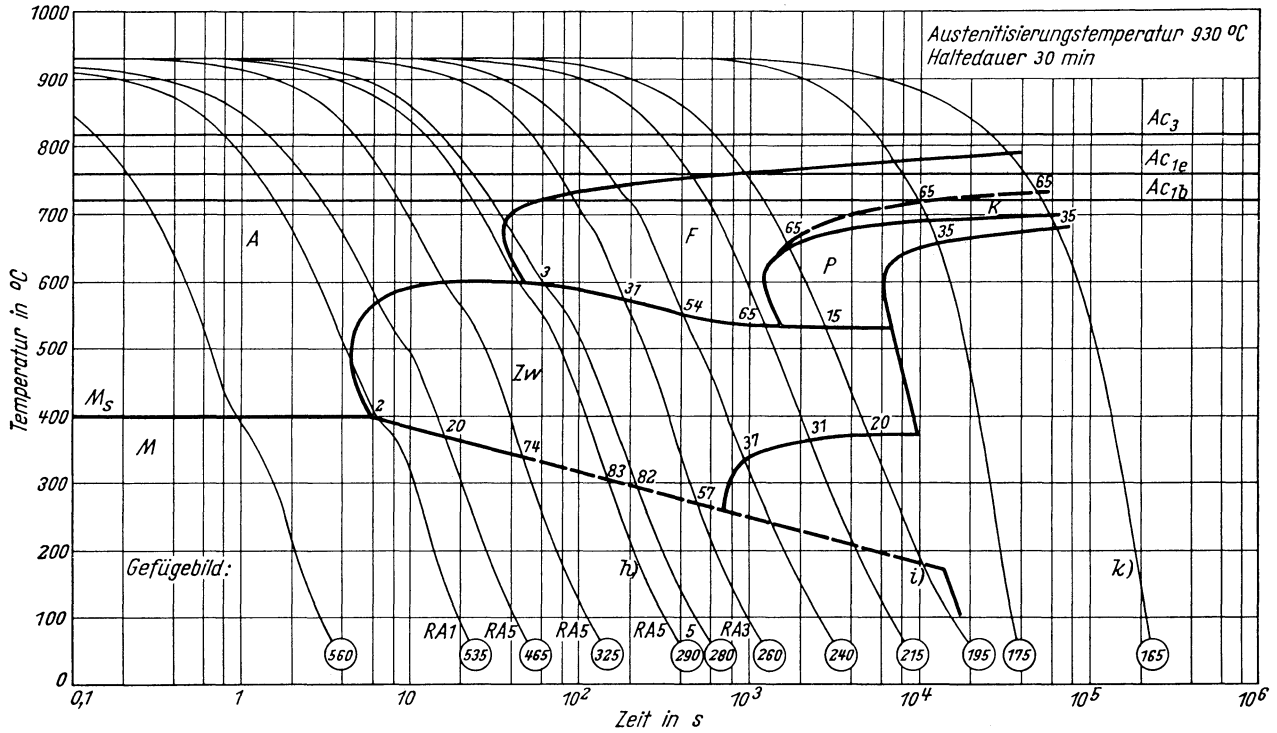
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	-
	0,31	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	-

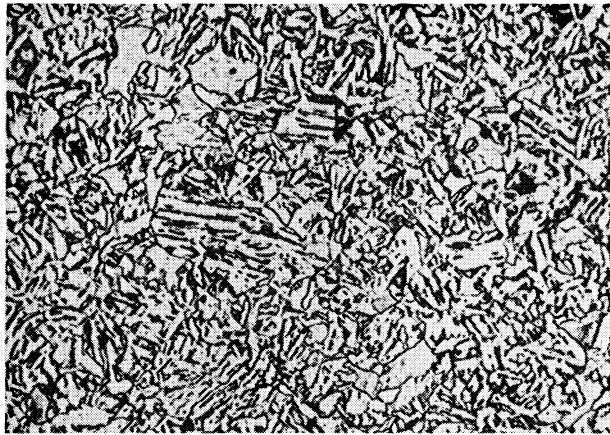


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	-
		0,31	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



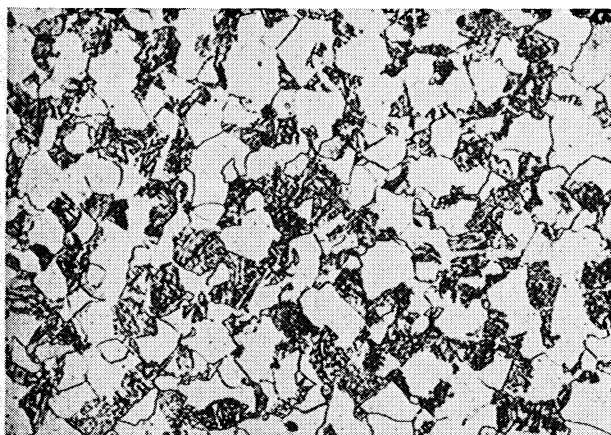
a) 830 °C 15 min/0,8 s → 500 °C

1000:1



b) 830 °C 15 min/7,0 s → 500 °C

1000:1



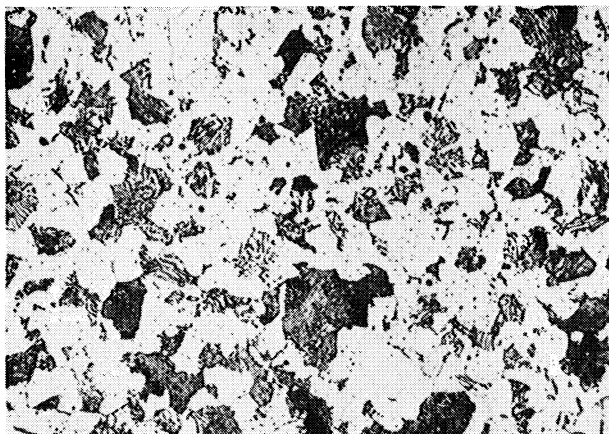
c) 830 °C 15 min/1200 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

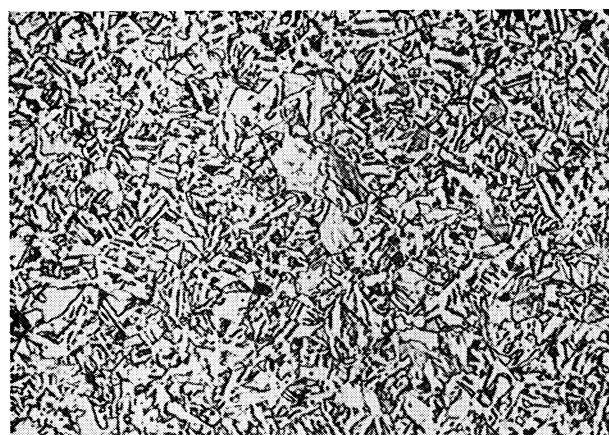
d) 830 °C 15 min/86 000 s → 500 °C

500:1



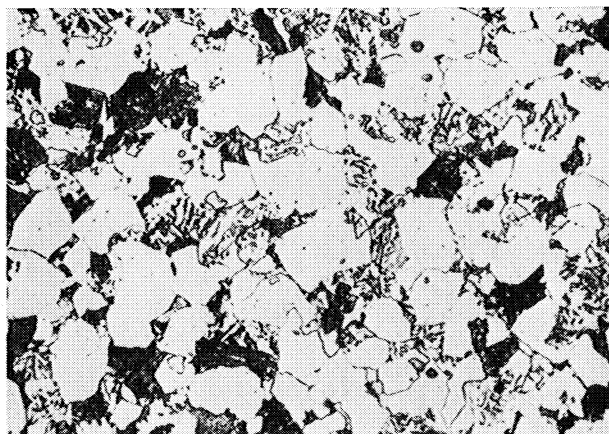
h) 930 °C 30 min/77 s → 500 °C

500:1



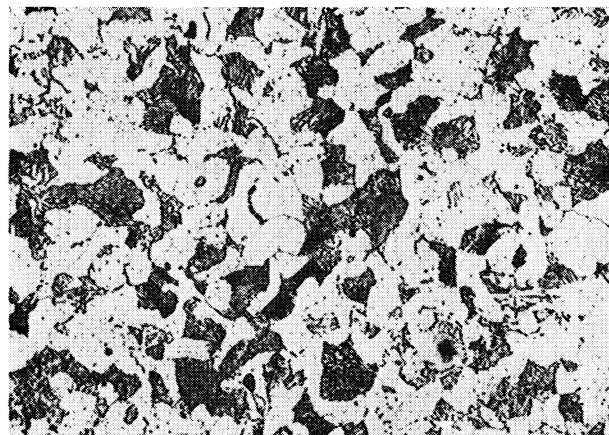
i) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



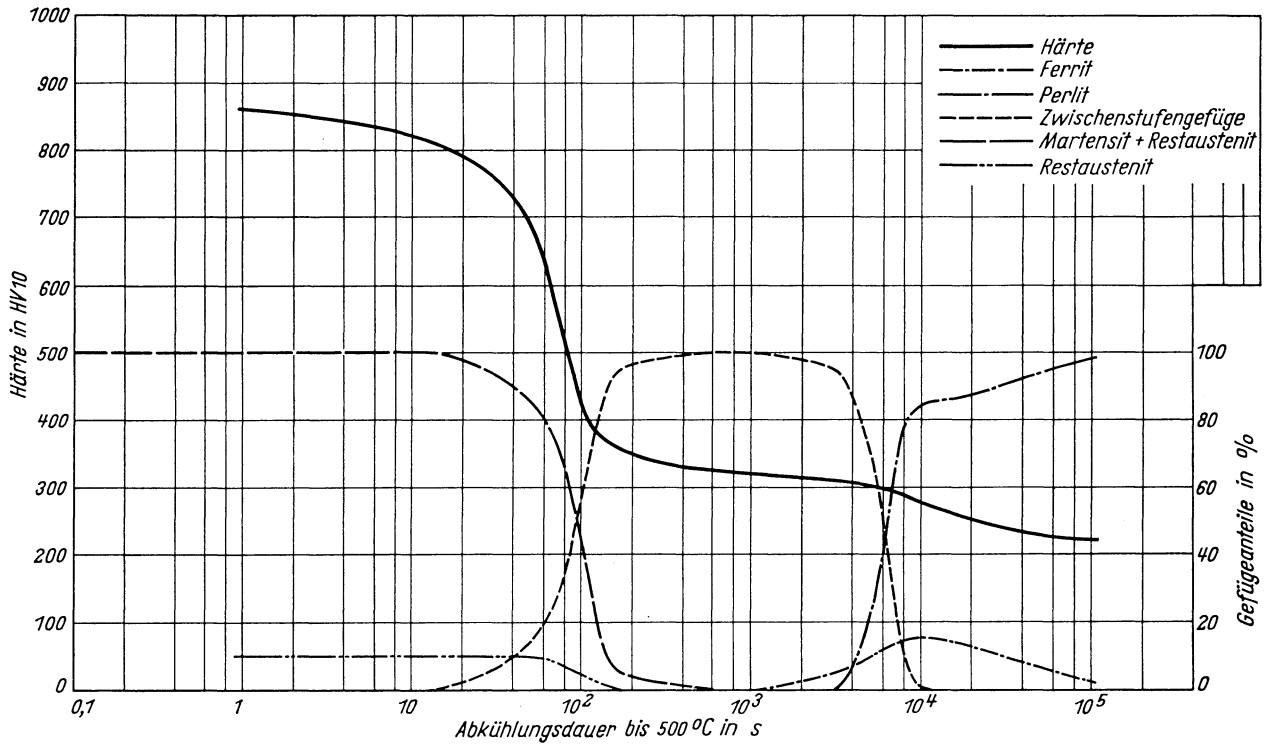
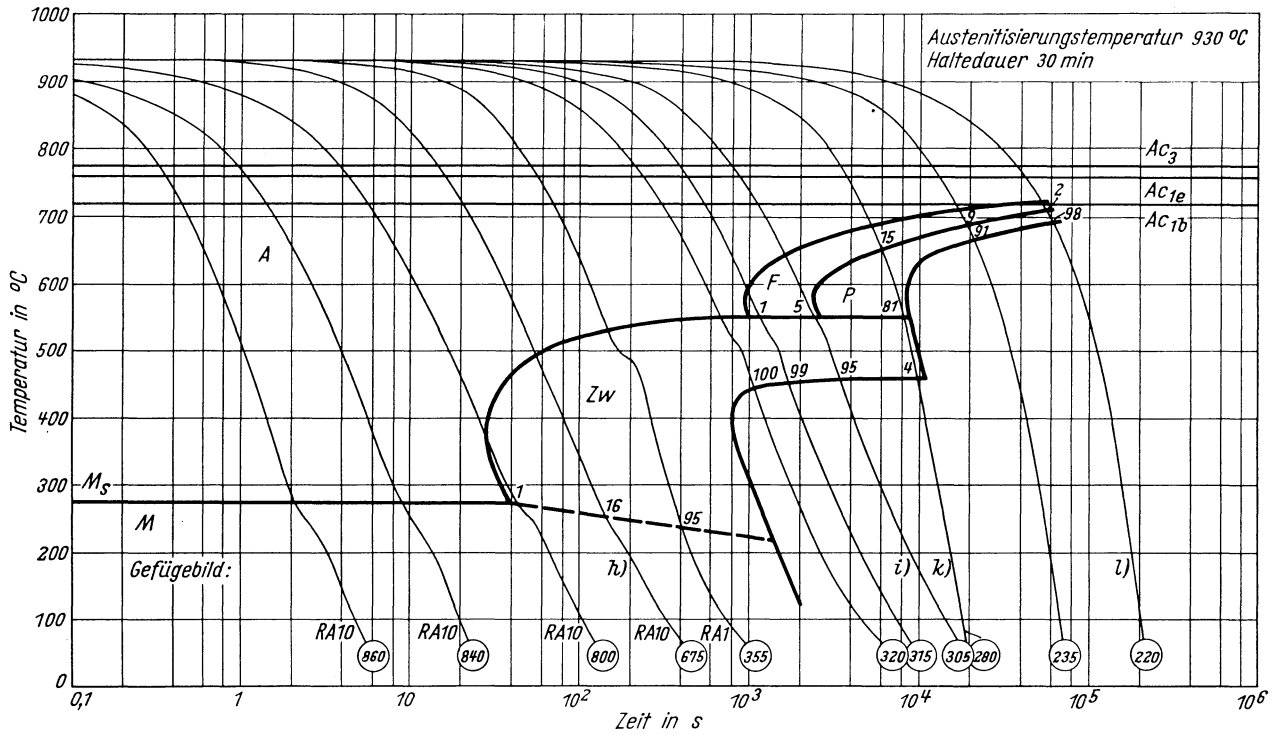
k) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1

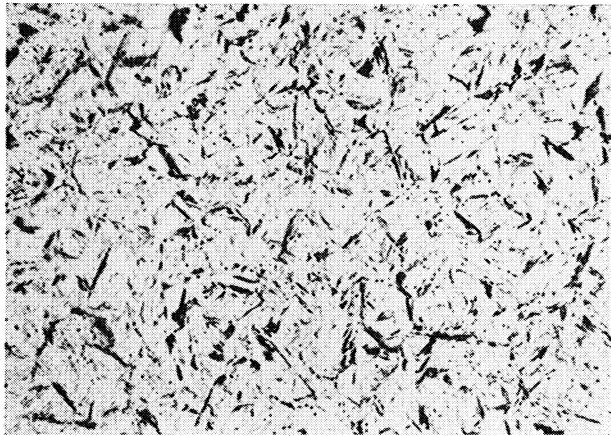


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	—
	0,60	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	—

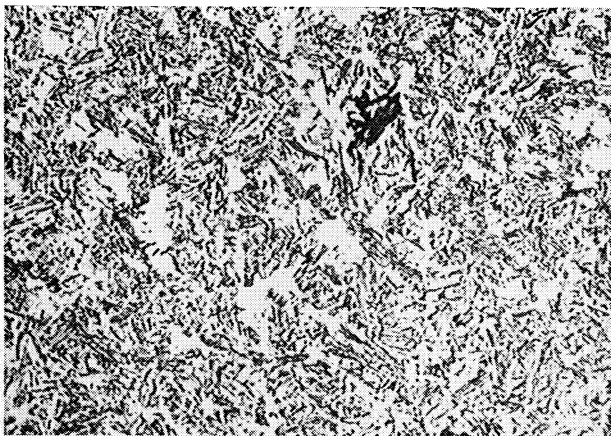


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



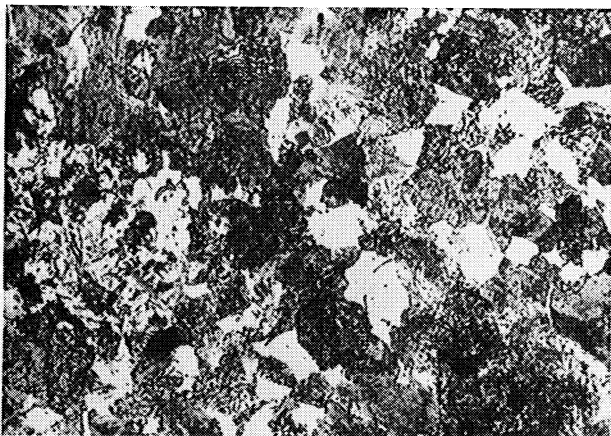
a) 830 °C 15 min/0,5 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/2400 s →500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/7000 s →500 °C

500:1



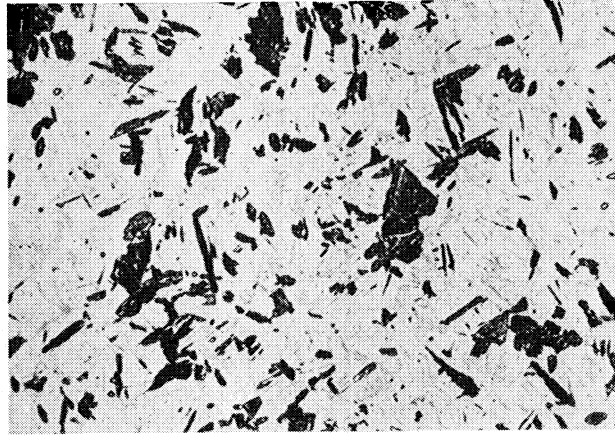
d) 830 °C 15 min/88000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

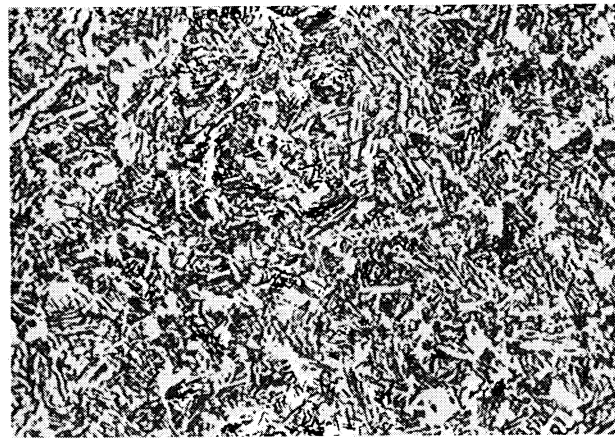
h) 930 °C 30 min/53 s → 500 °C

500:1



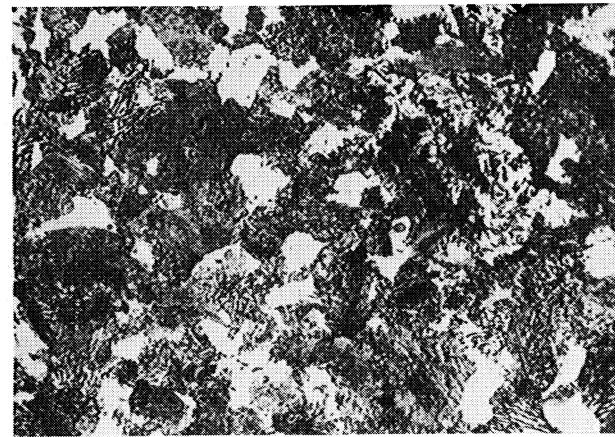
i) 930 °C 30 min/3000 s → 500 °C

500:1



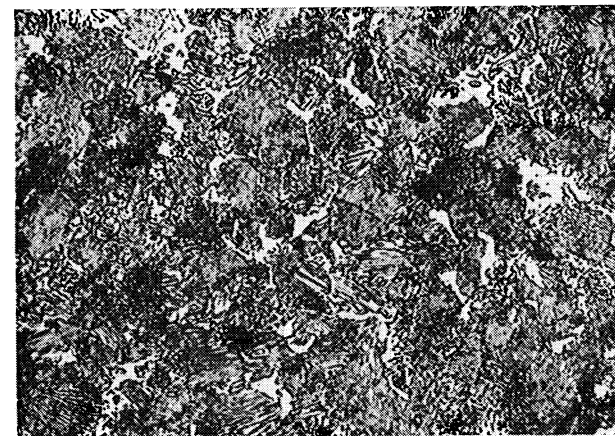
k) 930 °C 30 min/8750 s → 500 °C

500:1



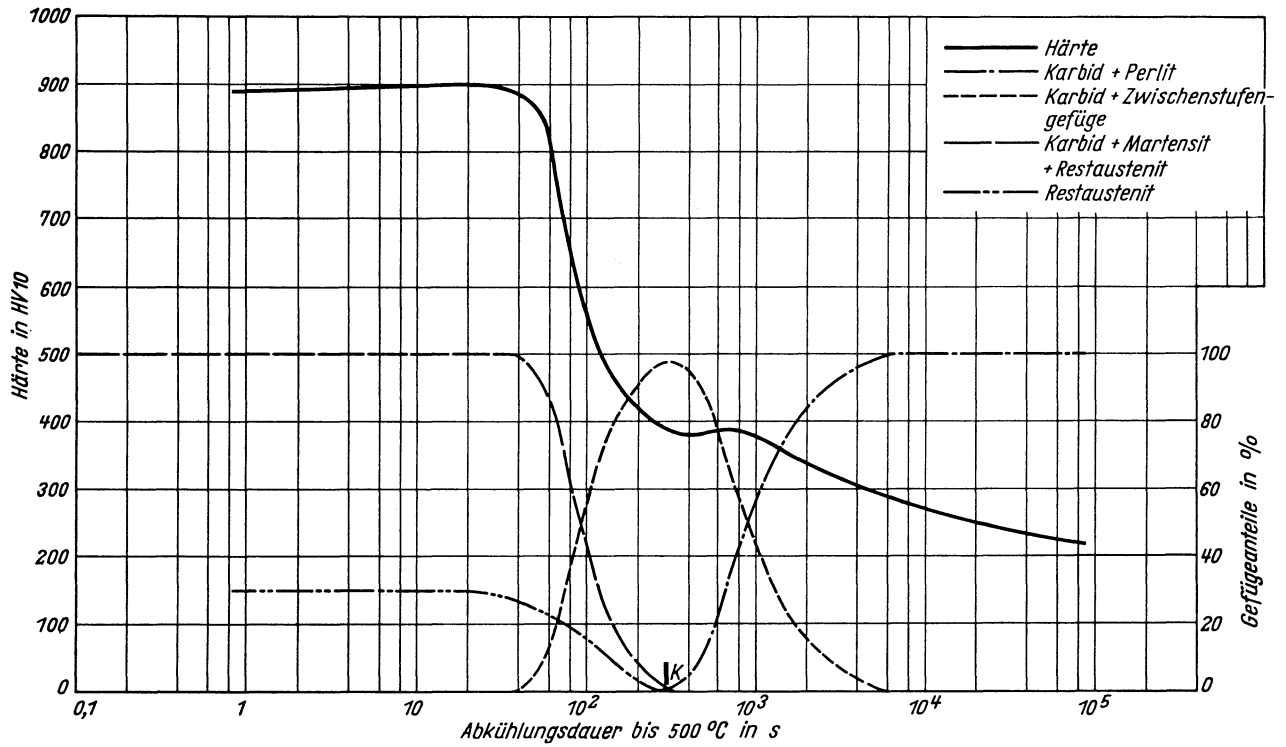
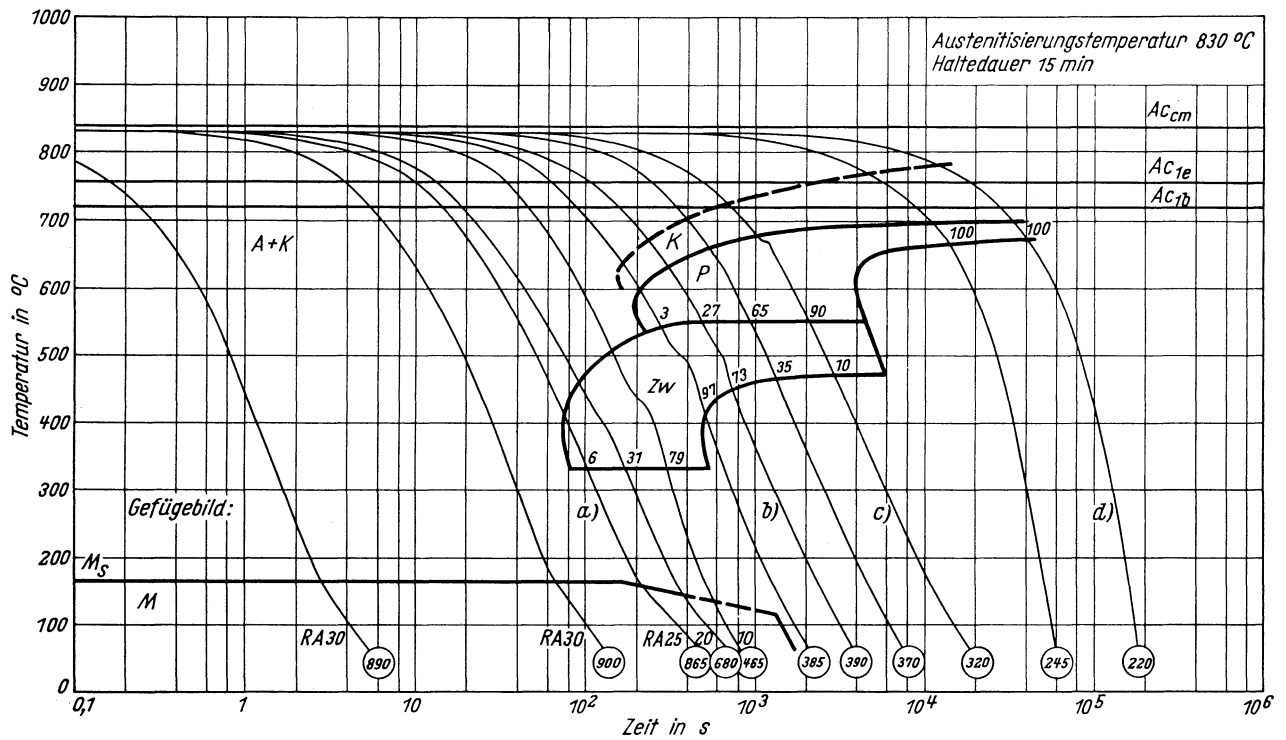
l) 930 °C 30 min/110000 s → 500 °C

500:1



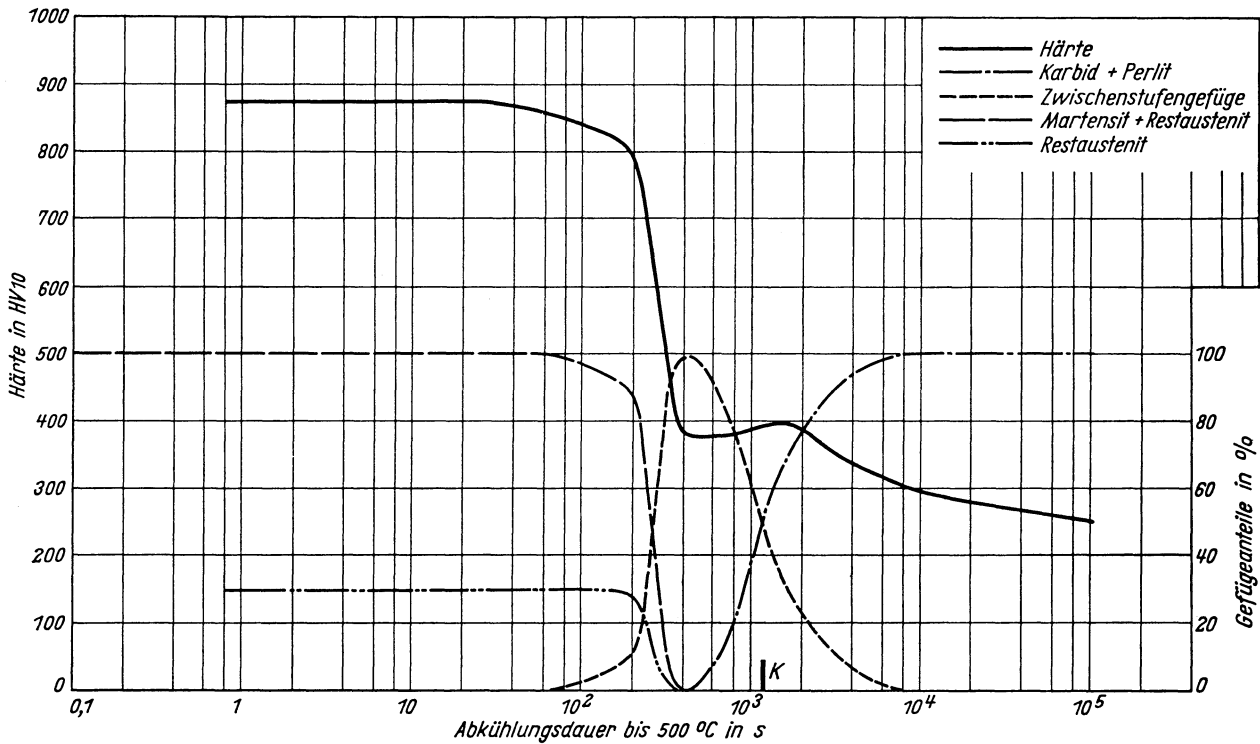
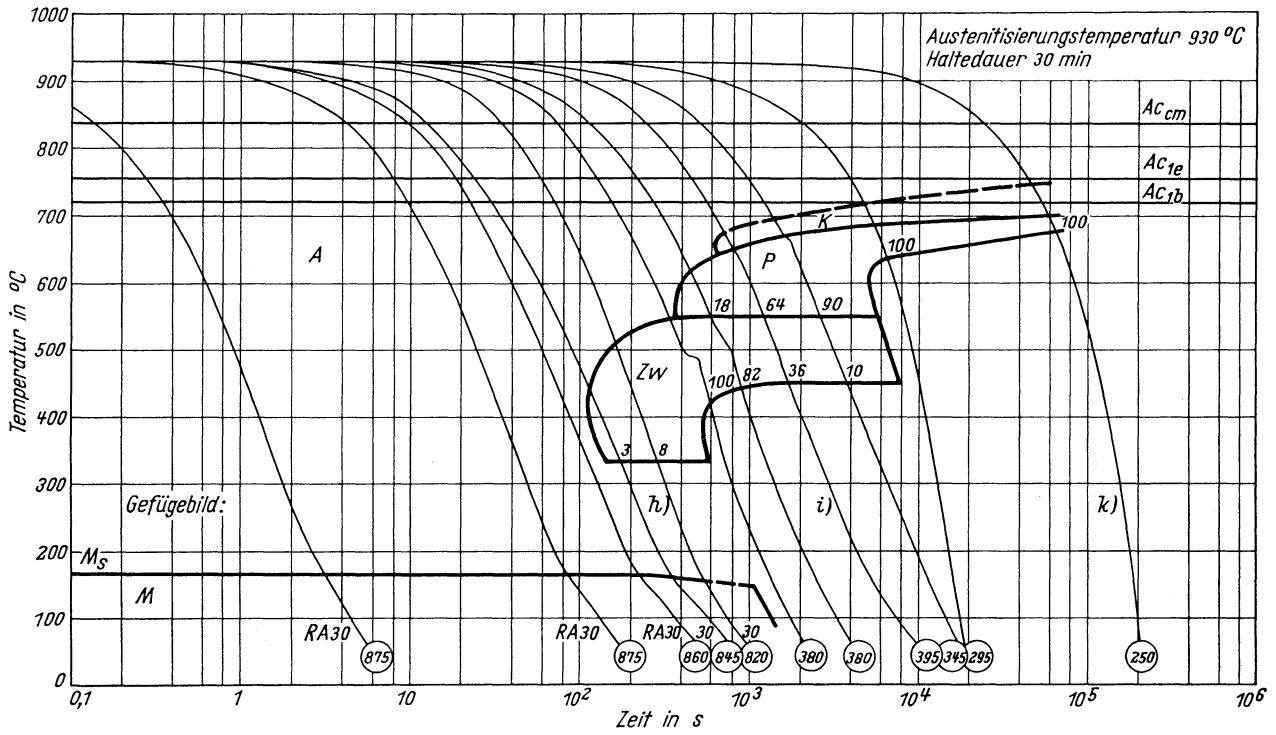
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	—
		0,92	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	—
	0,92	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	—

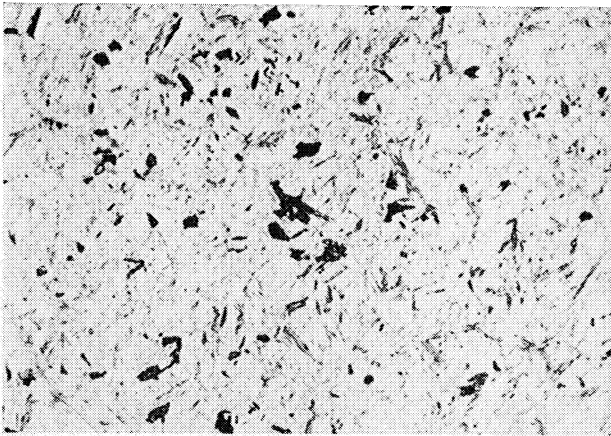


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



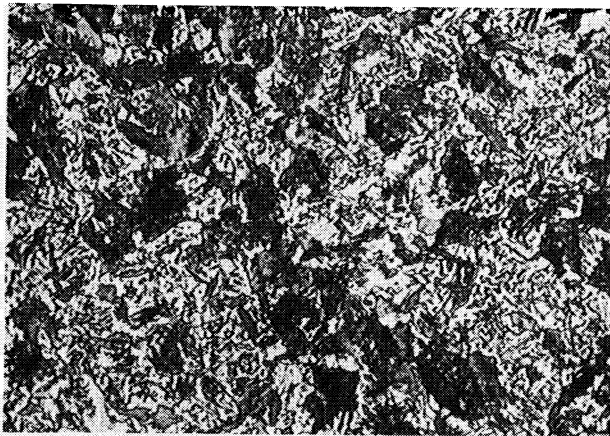
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/52 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/650 s → 500 °C

500:1



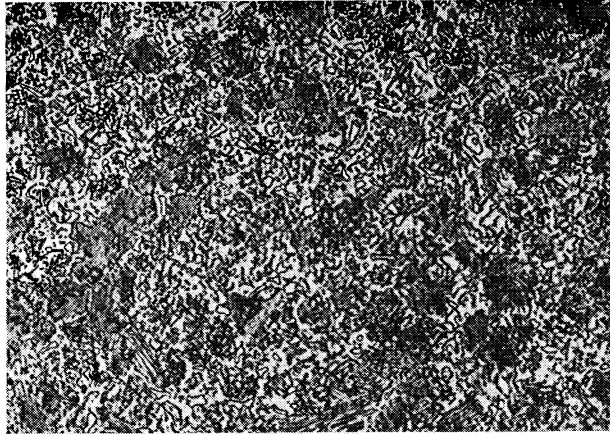
c) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

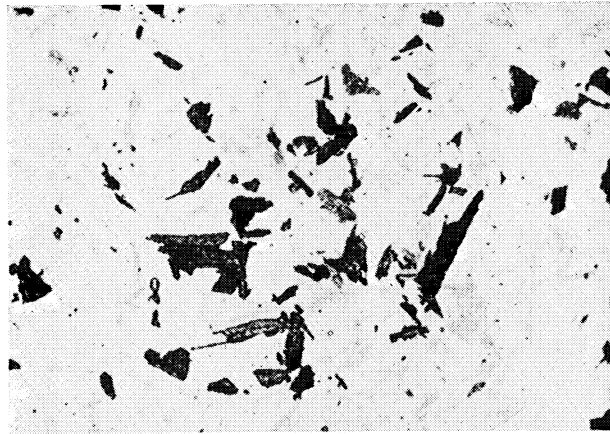
d) 830 °C 15 min/85 000 s → 500 °C

500:1



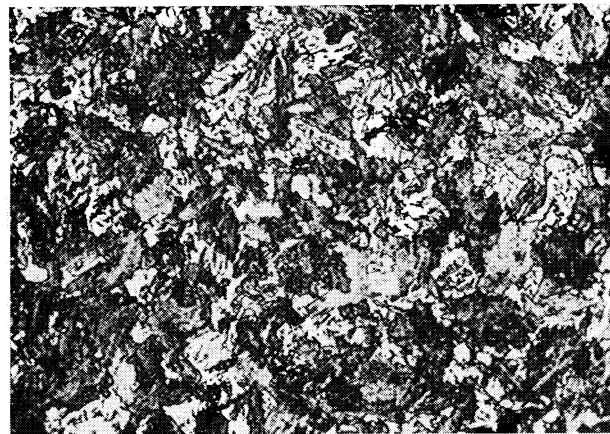
h) 930 °C 30 min/165 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/1450 s → 500 °C

500:1



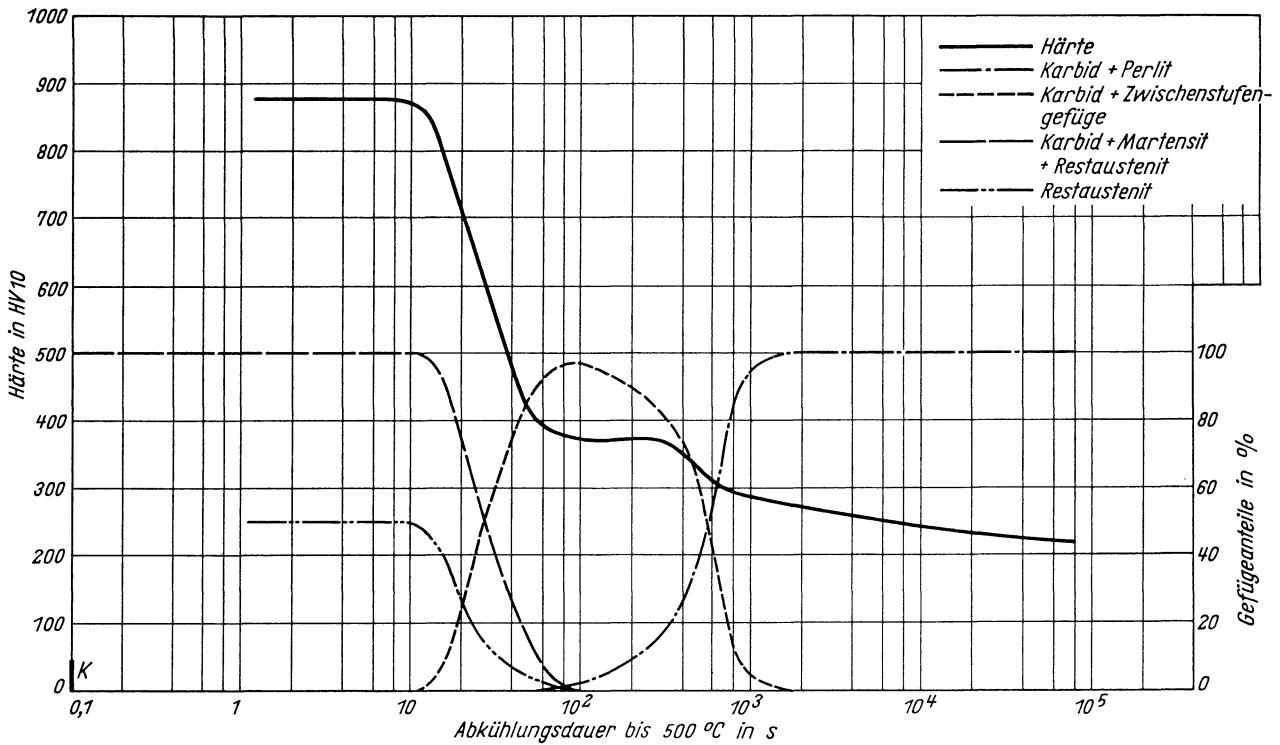
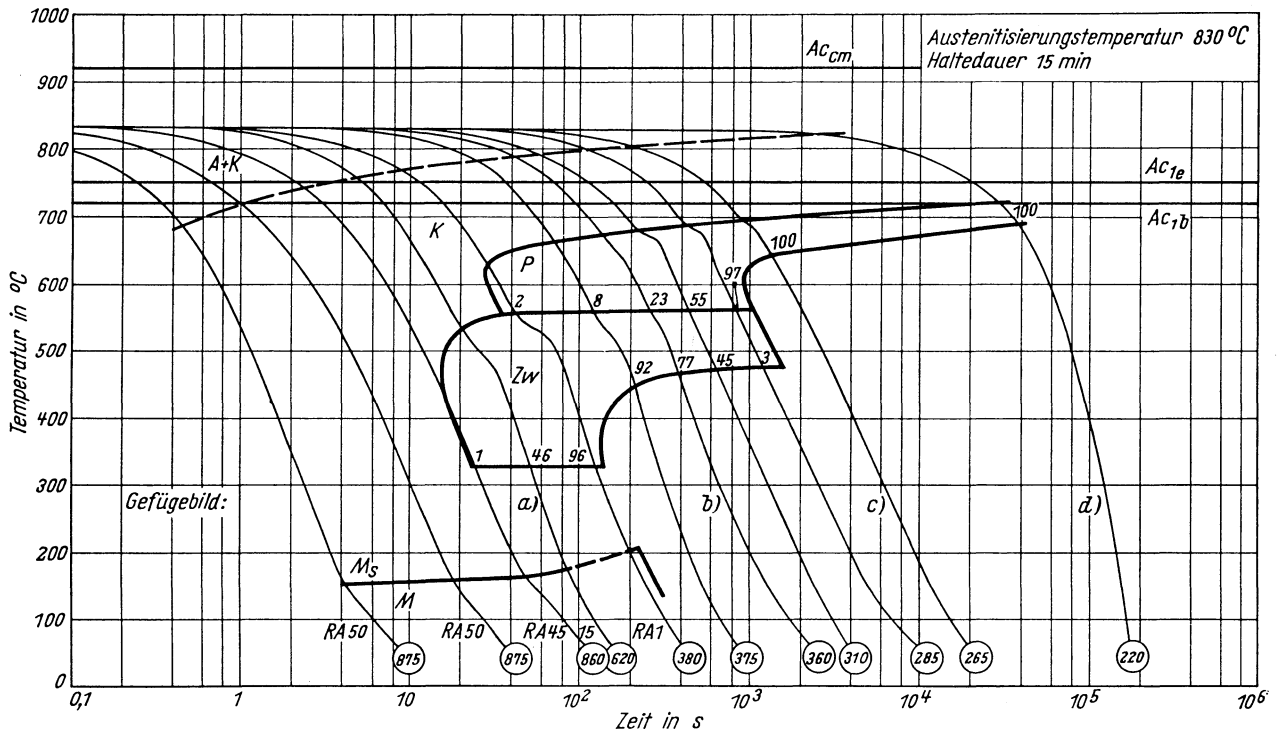
k) 930 °C 30 min/105 000 s → 500 °C

500:1



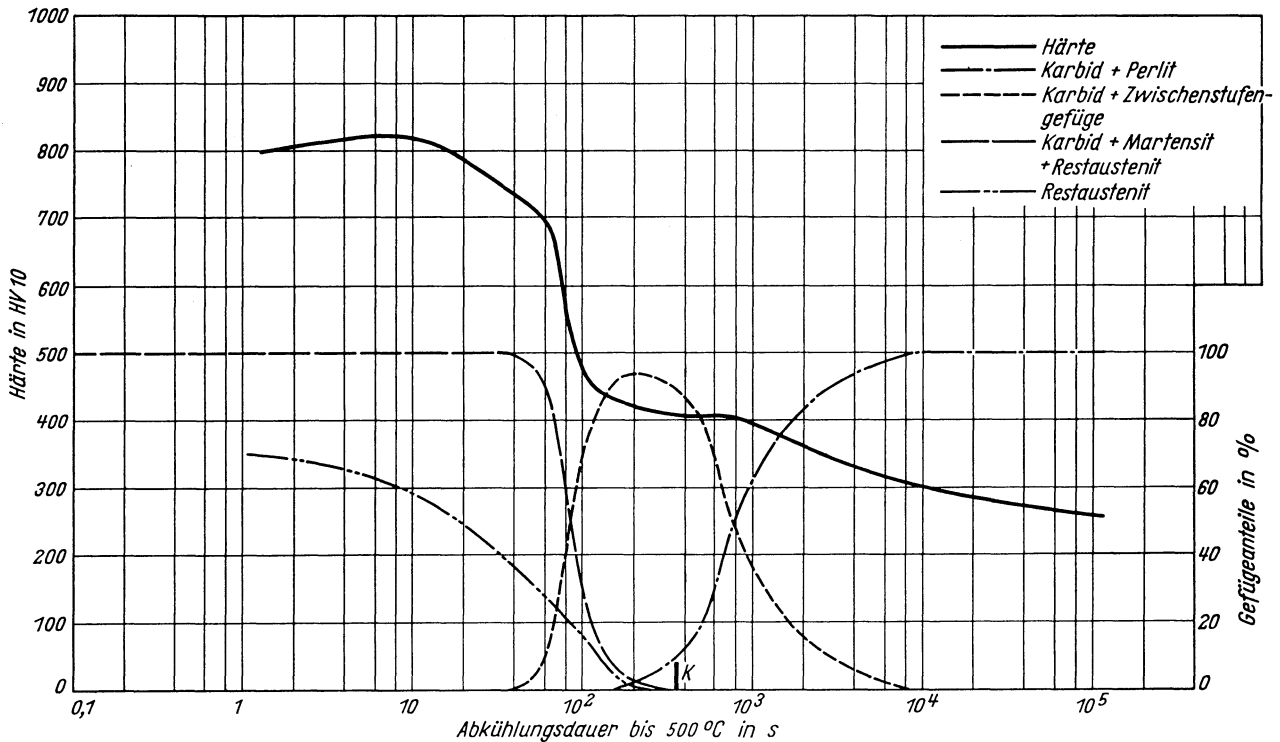
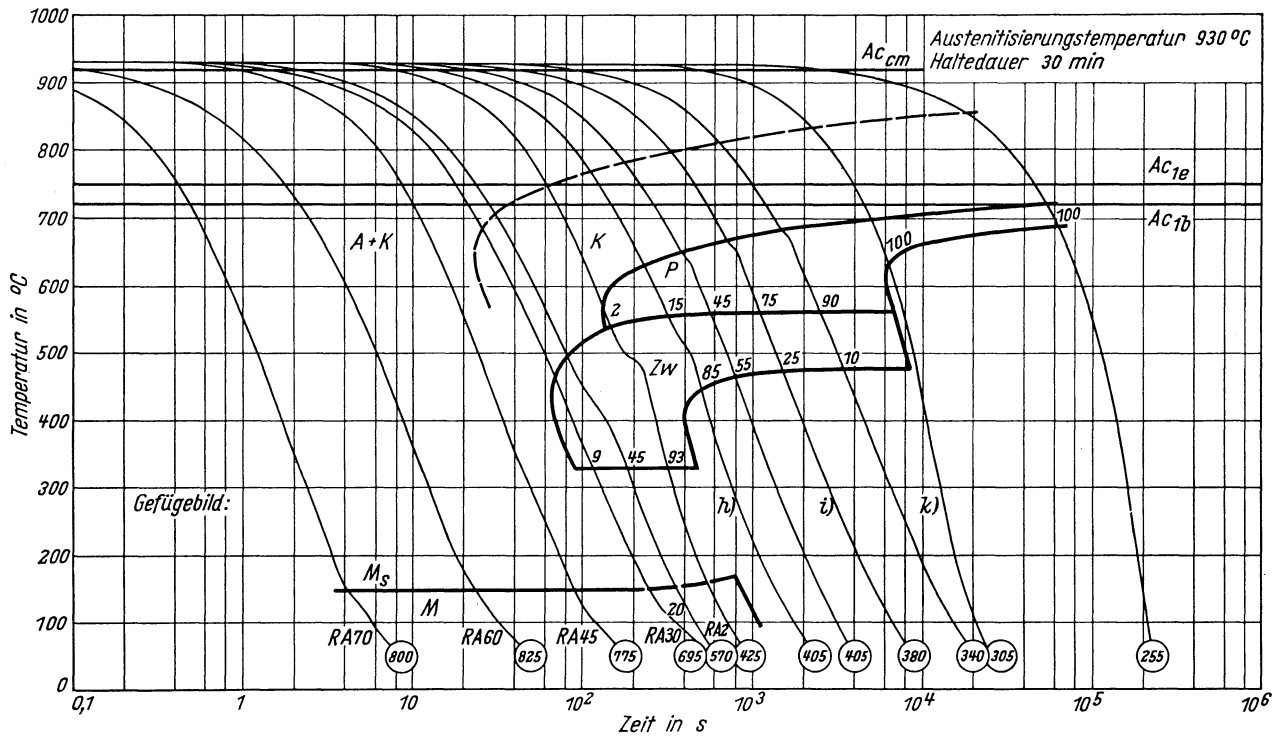
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	-
	1,18	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	—
		1,18	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11

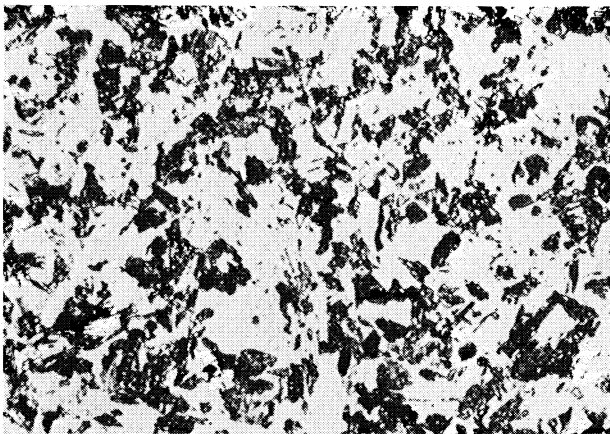


Gefügebilder zu den Umwandelungsschaubildern
kontinuierlich



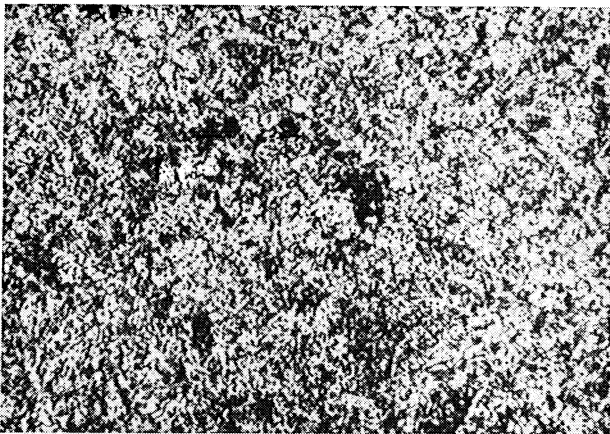
Ausgangszustand

500:1



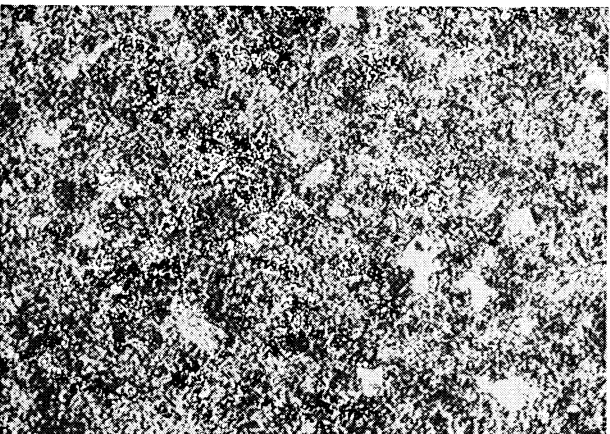
a) 830 °C 15 min/26 s → 500 °C

1000:1



b) 830 °C 15 min/350 s → 500 °C

1000:1



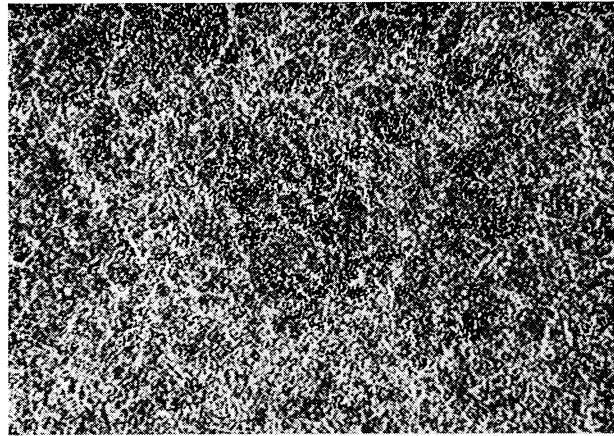
c) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

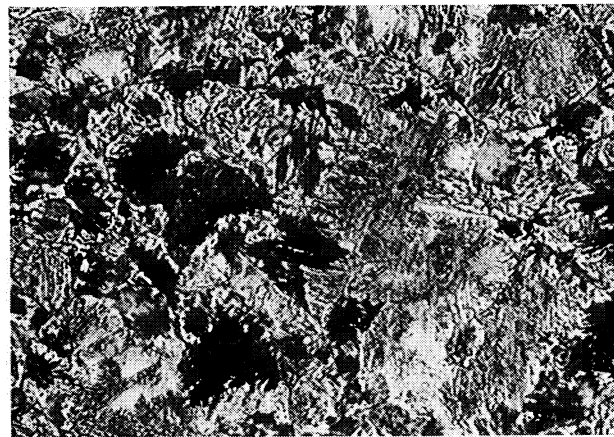
d) 830 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



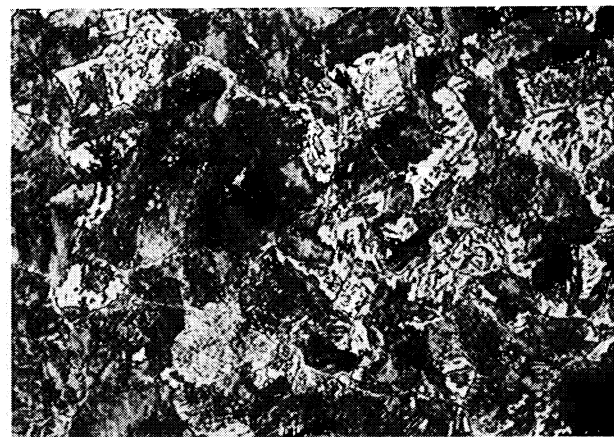
h) 930 °C 30 min/440 s → 500 °C

500:1



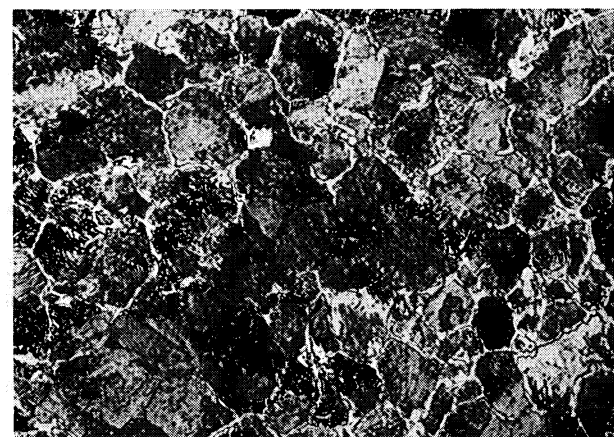
i) 930 °C 30 min/1400 s → 500 °C

500:1



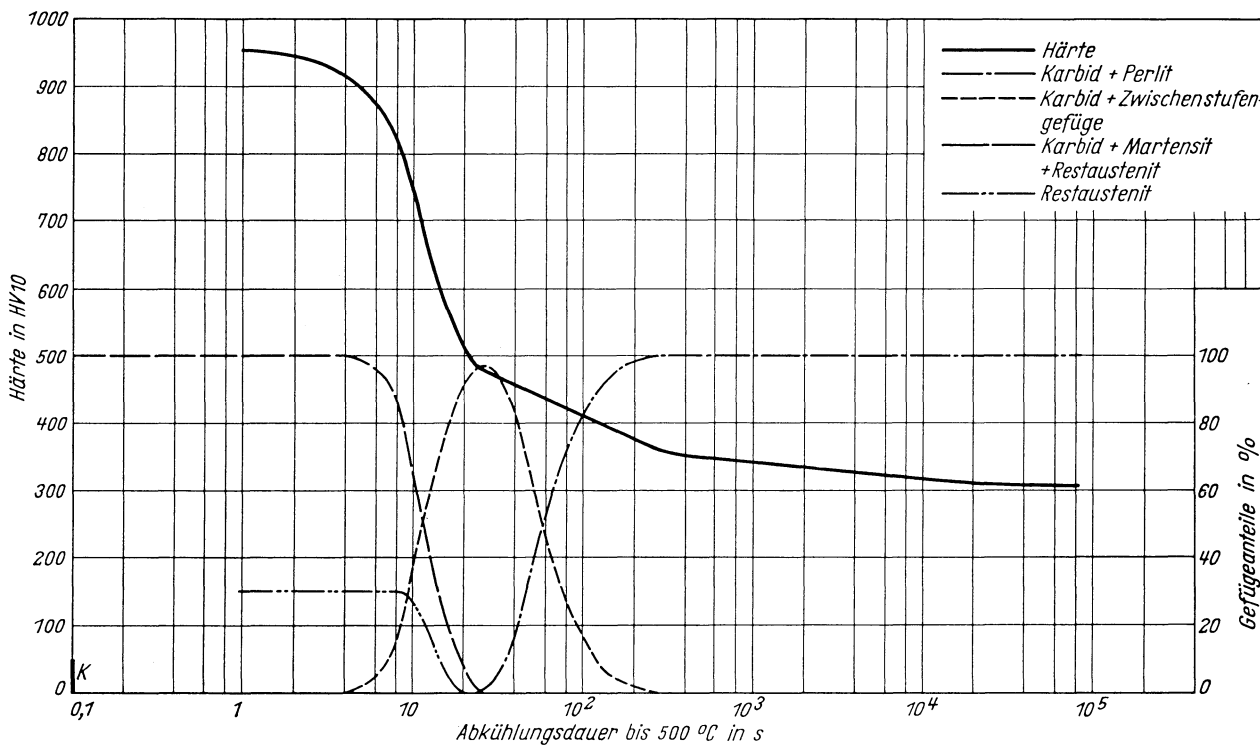
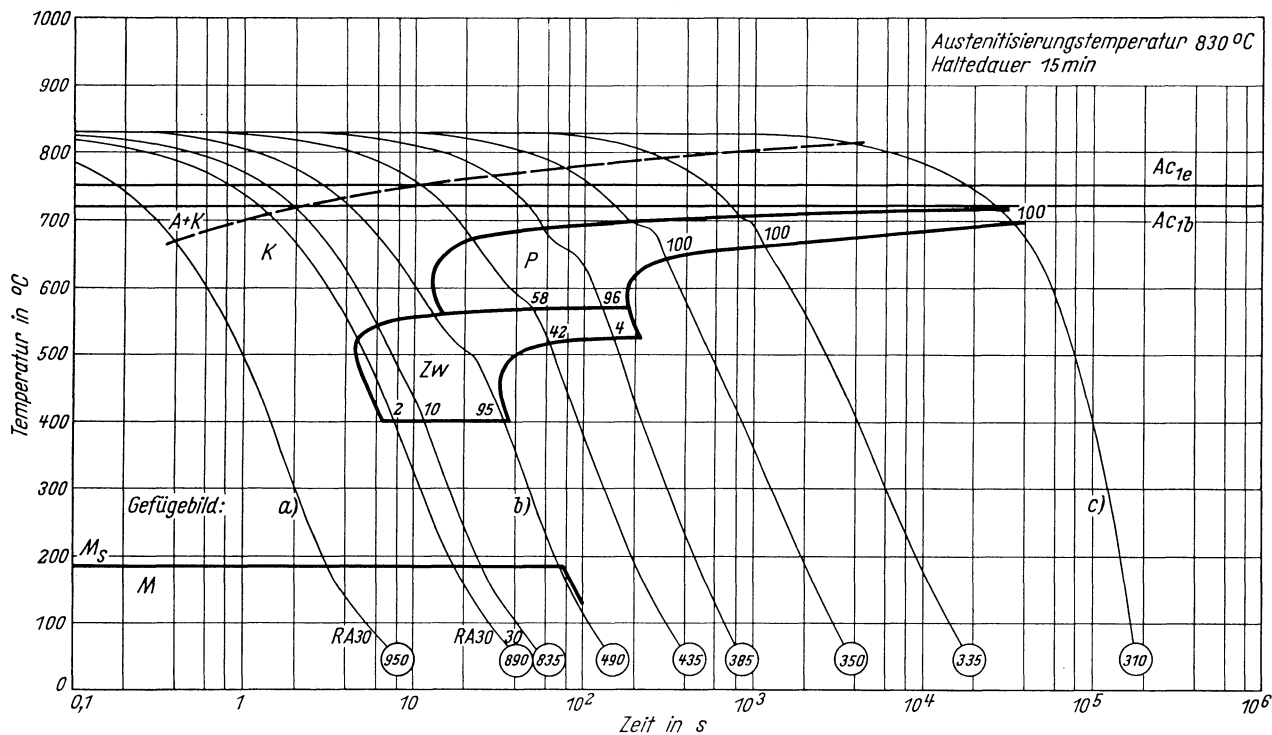
k) 930 °C 30 min/9000 s → 500 °C

500:1



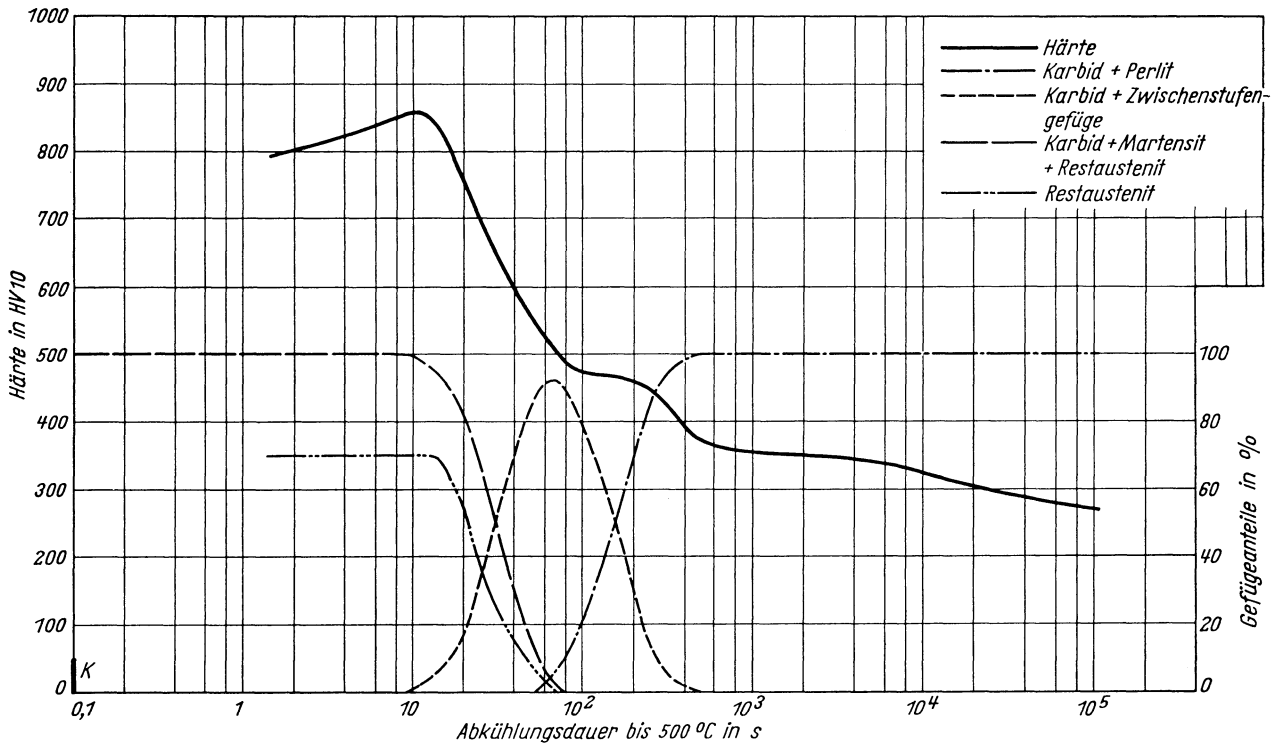
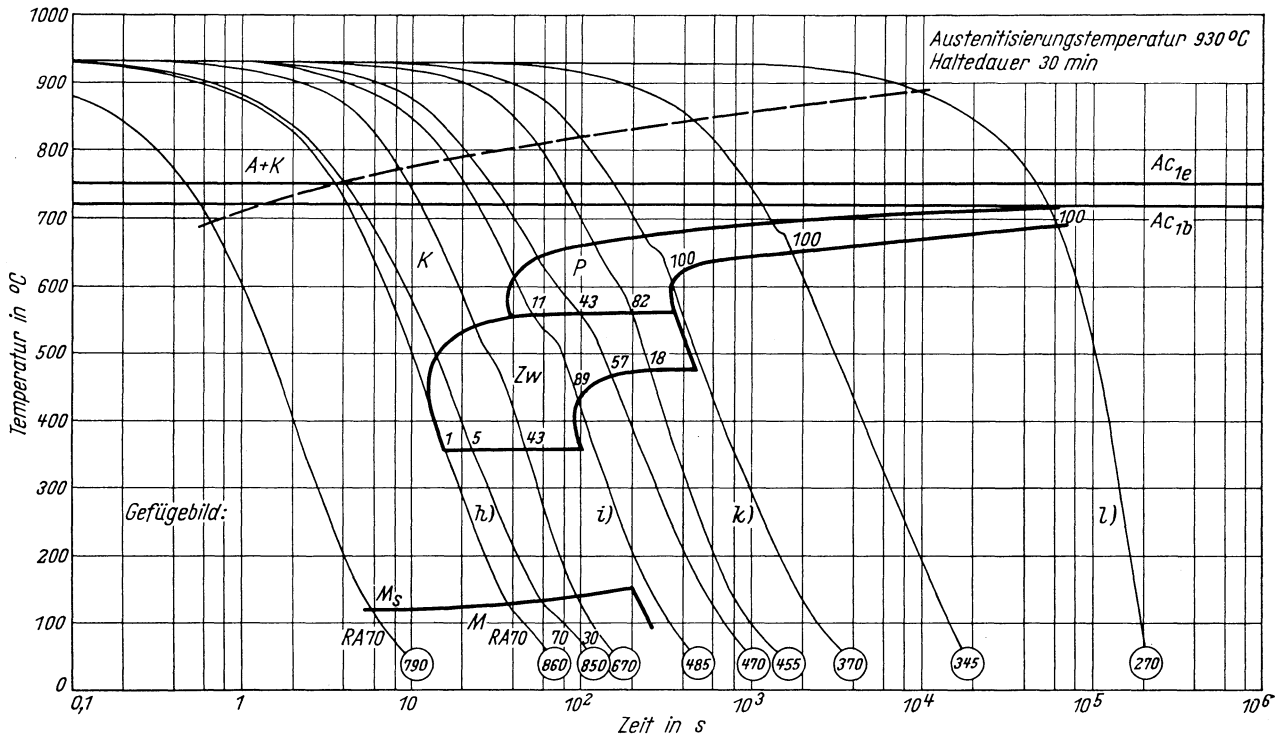
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	—
	2,60	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	—

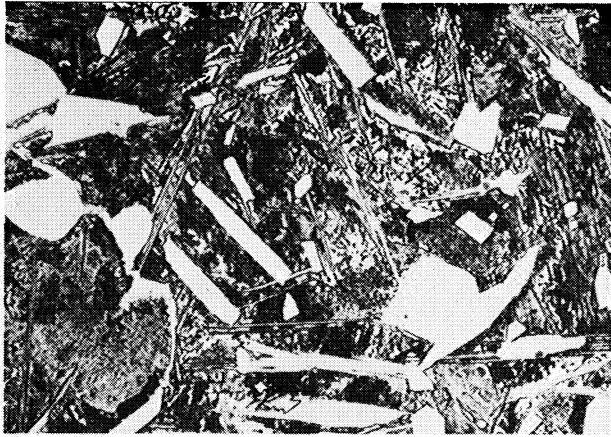


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	N	Ni	-
	2,60	0,20	0,67	0,017	0,022	0,034	0,002	0,50	0,45	0,005	0,11	-

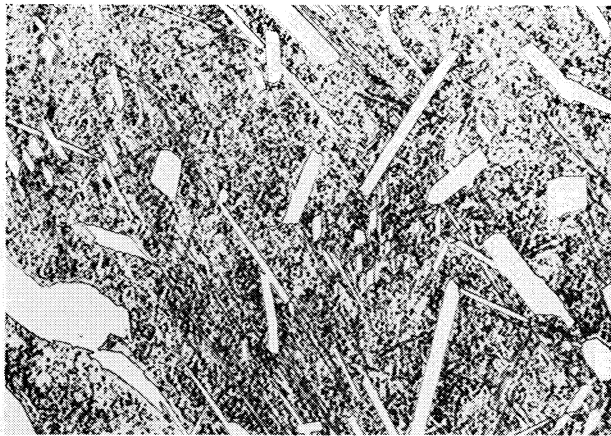


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



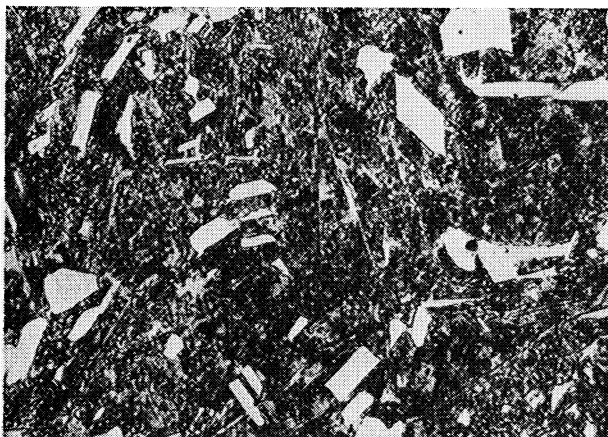
Ausgangszustand

500: 1



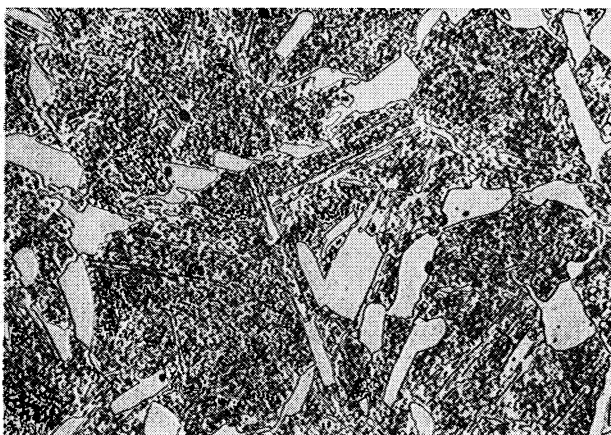
a) 830 °C 15 min/1,0 s →500 °C

500: 1



b) 830 °C 15 min/22 s →500 °C

500: 1



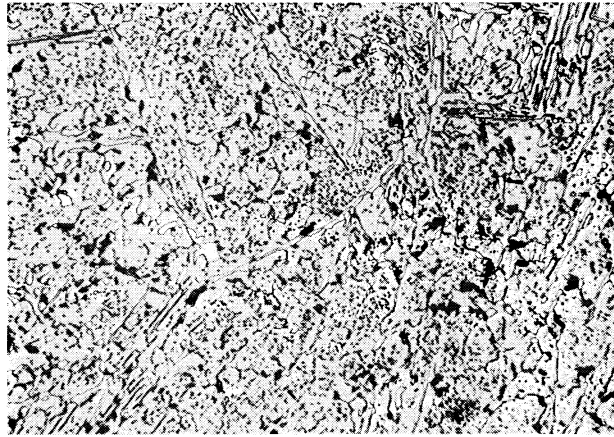
c) 830 °C 15 min/80000 s →500 °C

500: 1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

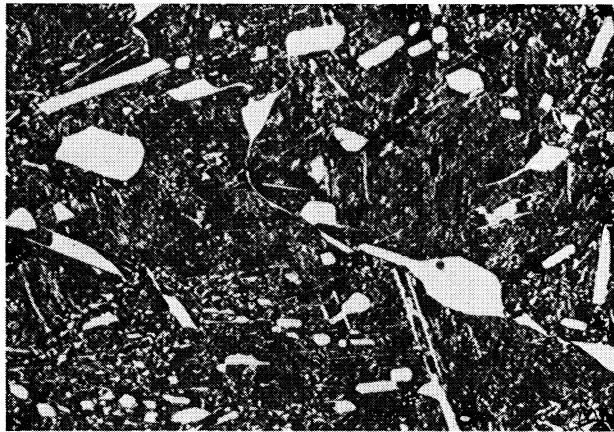
h) 930 °C 30 min/13 s → 500 °C

500:1



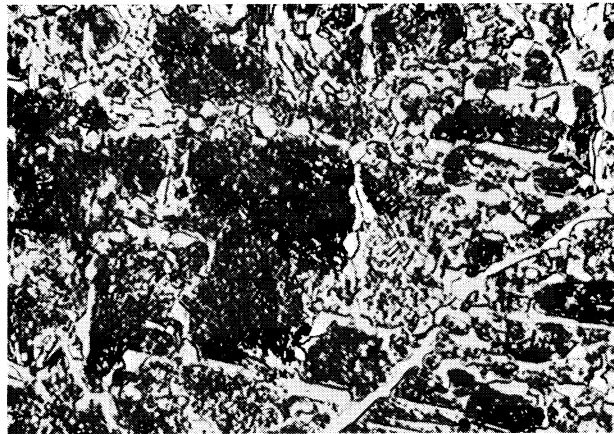
i) 930 °C 30 min/80 s → 500 °C

500:1



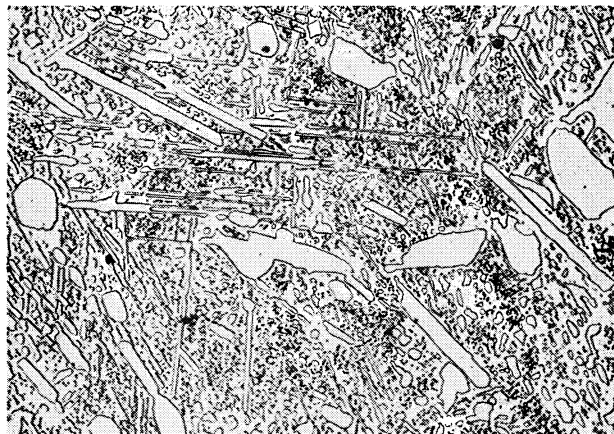
k) 930 °C 30 min/480 s → 500 °C

1000:1



l) 930 °C 30 min/105 000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17 006)

Einsatzstahl, nicht genormt nach DIN 17 210

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni
0,20	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	< 0,0005	0,47	0,48	1,58

Lieferzustand: Erschmelzungsart: Hochfrequenz-Ofen

Verarbeitung: geschmiedet auf 30 mm Dmr.

Kenngrößen für das Umwandlungsverhalten

Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500 °C in s			M _s °C				
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p					
20 NiMoCr 6	0,20	740	760	820	-	L.Z.	5, 6, 7	4,8 ¹⁾	220 ¹⁾	54000 ¹⁾	415					
						870						A	6, 7	15 ²⁾	2700 ²⁾	> 100000 ²⁾
						1050						A	2, 3, wenige 1			
20 NiMoCr 6 aufgekühlt	0,28	720	760	805	-	A.Z.	2, 3	16	1400	65000	380					
						830						A	4, 5, 6			
						930						A	1, 2, 3	20	3000	120000
20 NiMoCr 6 aufgekühlt	0,58	700	760	770	-	A.Z.	2, 3	80	26000	80000	250					
						830						A	6, 7	100	40000	95000
						930						A	3, 5, 4			
20 NiMoCr 6 aufgekühlt	0,90	700	760	-	840	A.Z.	2, 3, 4	300	5500	80000	150					
						830						A + K	6, 7, 8	650	4000	40000
						930						A	5, 6			
20 NiMoCr 6 aufgekühlt	1,14	700	755	-	935	A.Z.	2, 3	36	900	26000	150					
						830						A + K	9, 10	200	15800	85000
						930						A + K	4, 5, 6			
20 NiMoCr 6 aufgekühlt	2,25	700	750	-	> 1050	A.Z.	n. b.	18	1300	10000	< 140					
						830						A + K	n. b.	70	4500	30000
						930						A + K	n. b.			

¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930 °C

²⁾ gezählt von 930 °C

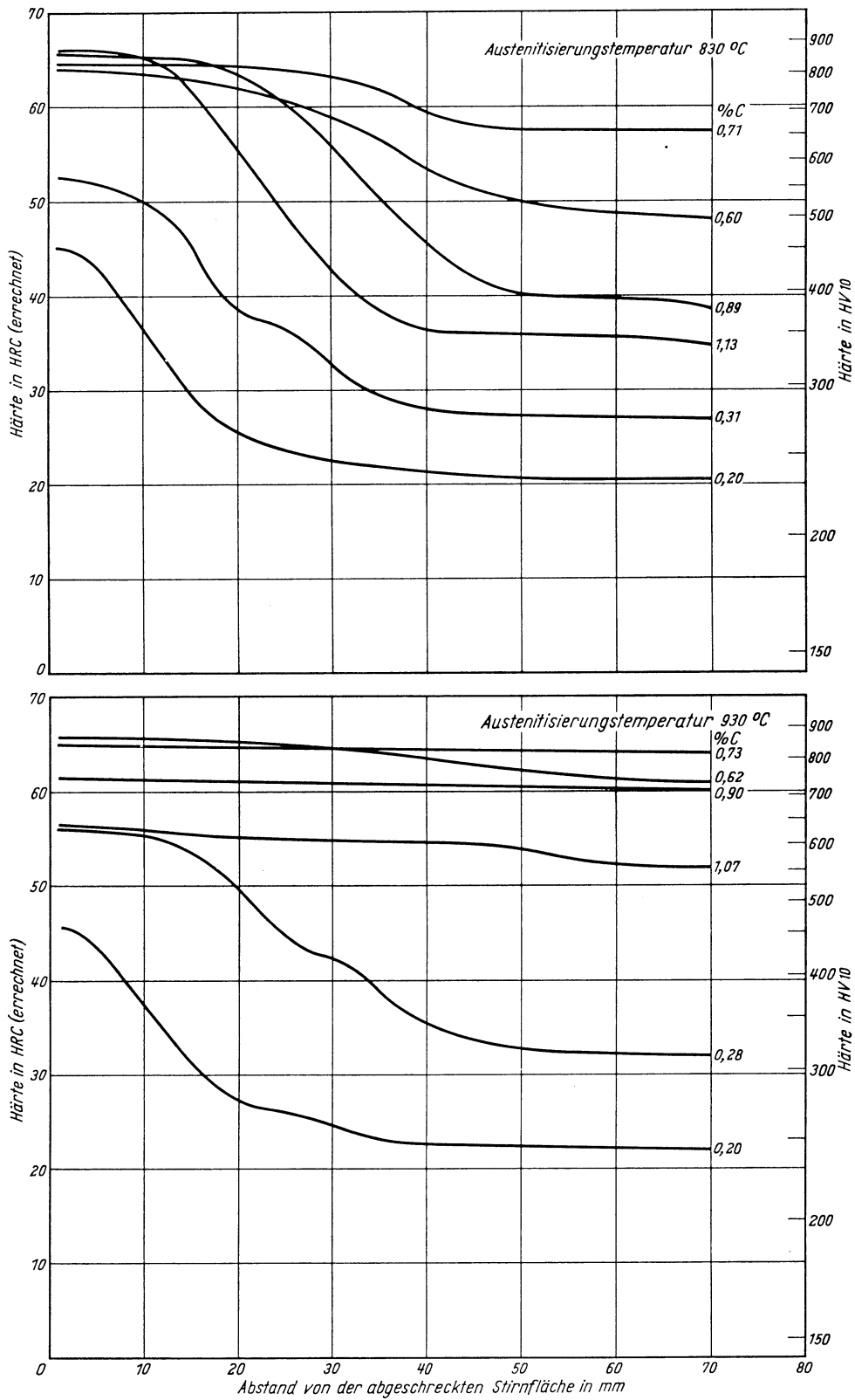
L.Z. = Lieferzustand
A.Z. = Aufkohlungszustand

K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung

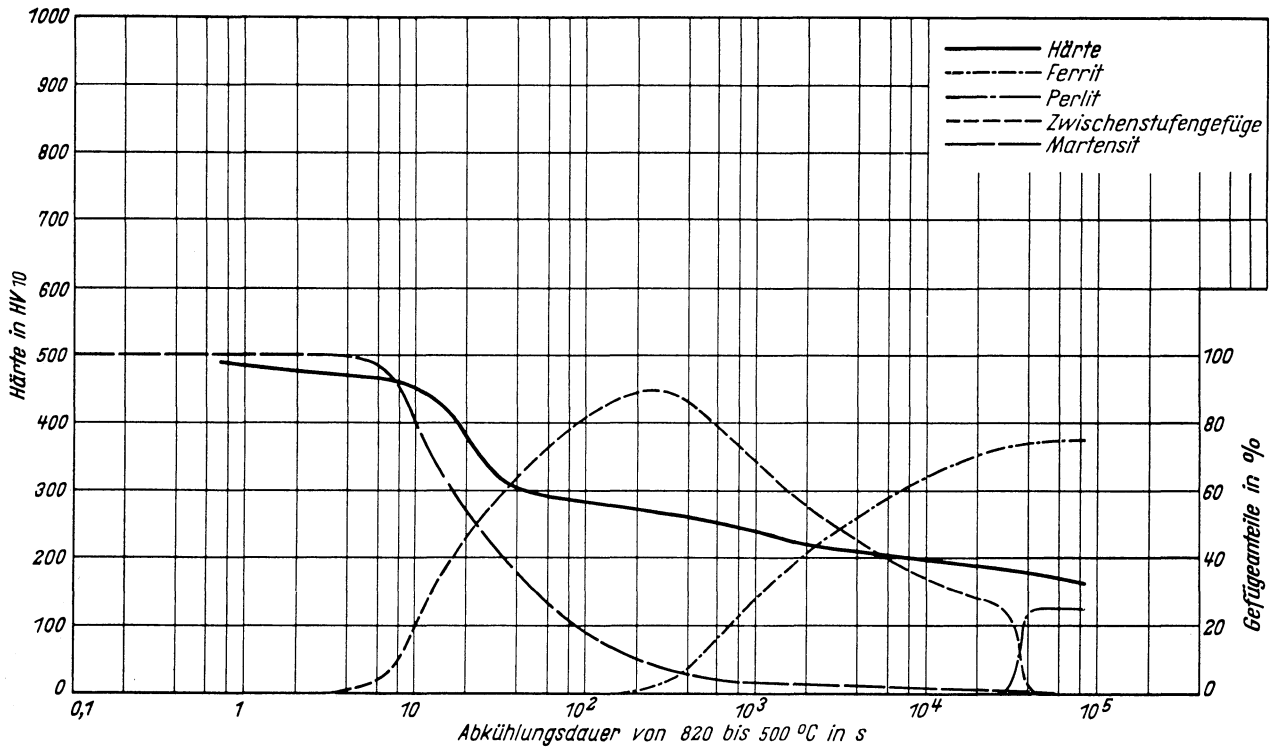
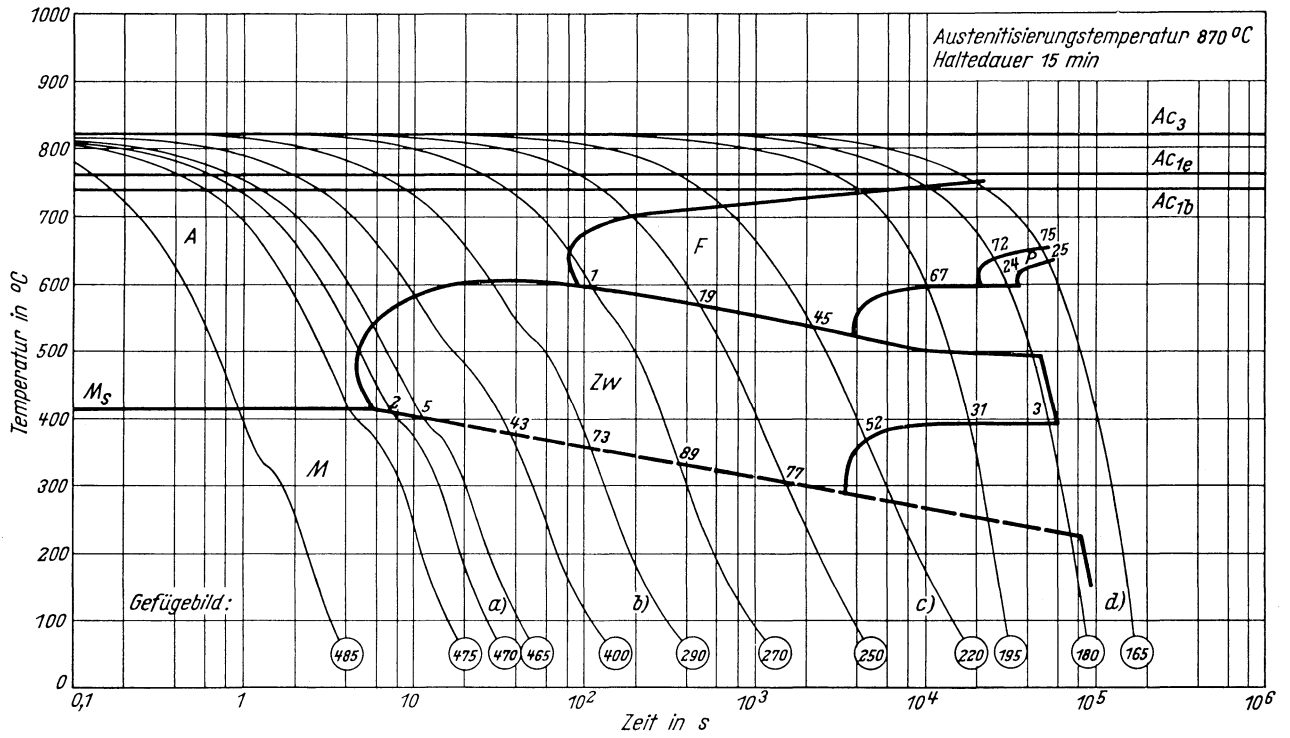
K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)



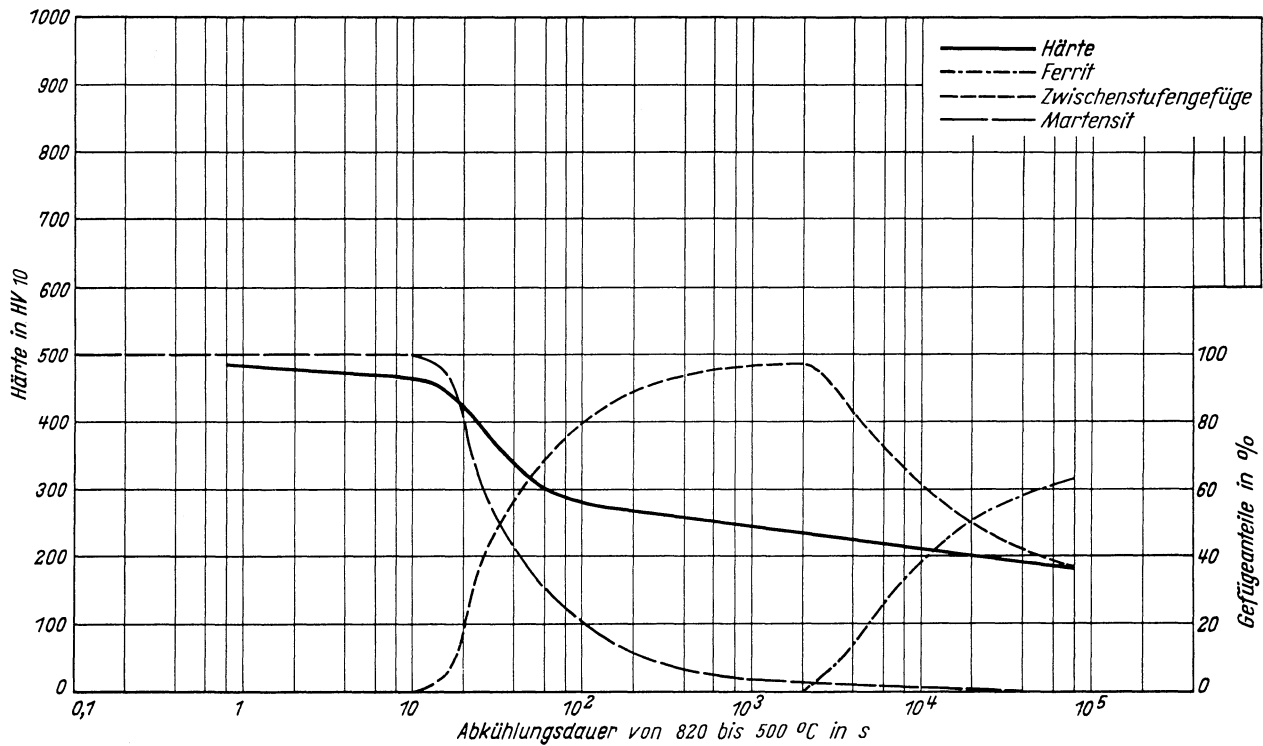
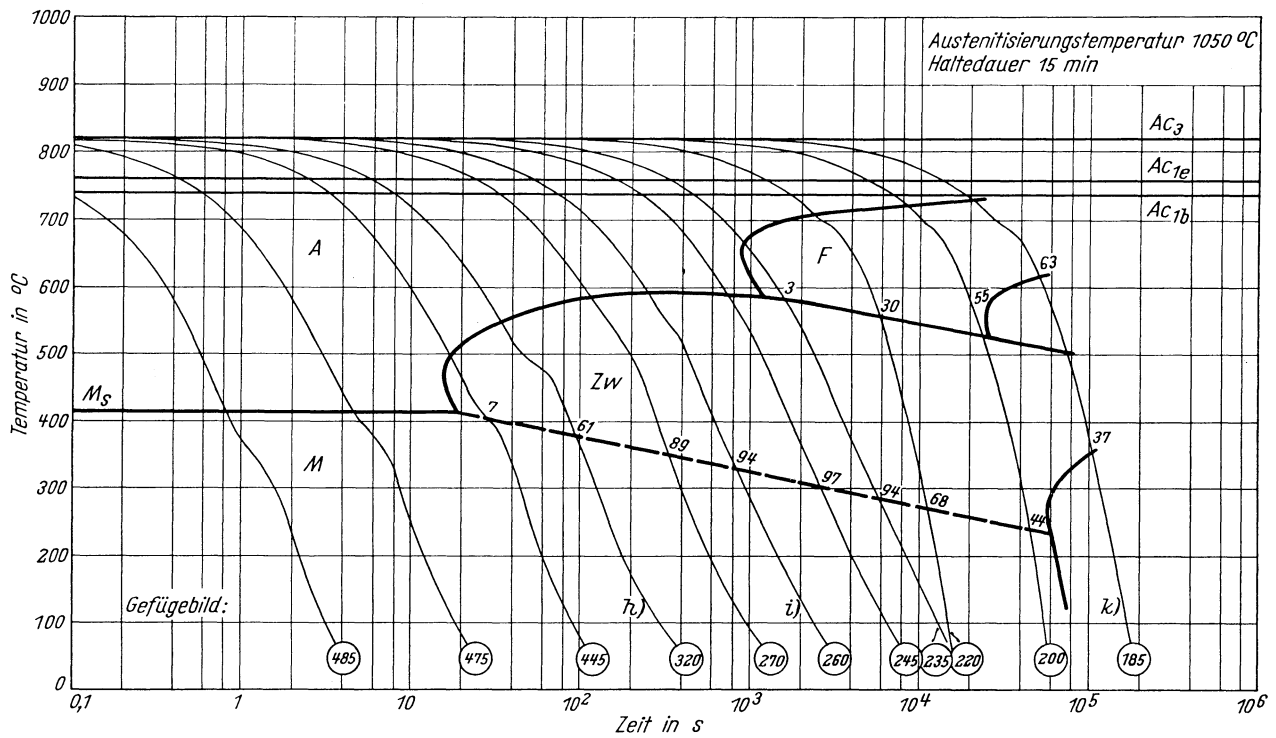
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,20	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

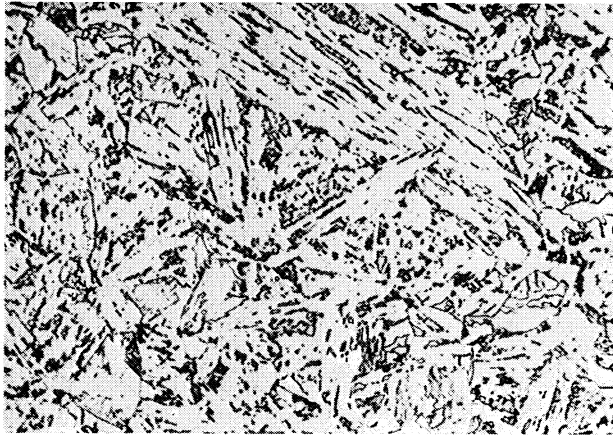


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,20	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



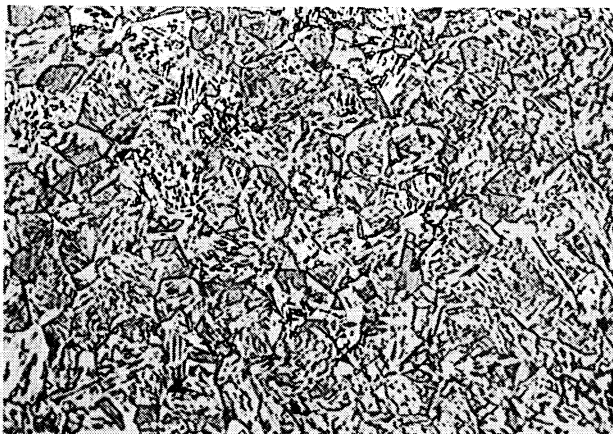
Ausgangszustand

500:1



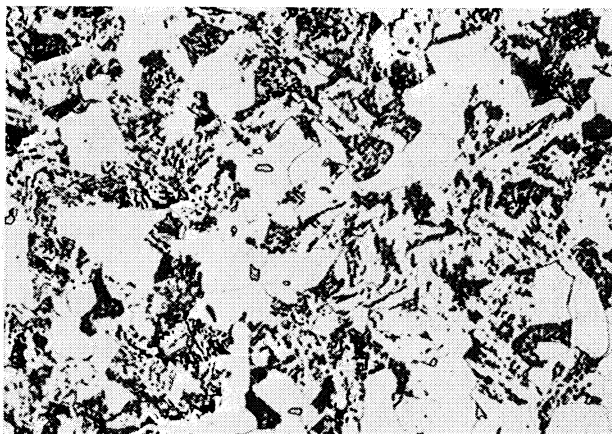
a) 870 °C 15 min/6,8 s →500 °C

500:1



b) 870 °C 15 min/60 s →500 °C

500:1

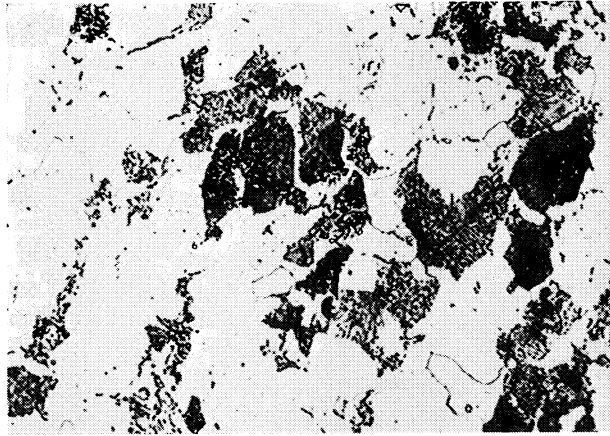


c) 870 °C 15 min/2600 s →500 °C

500:1

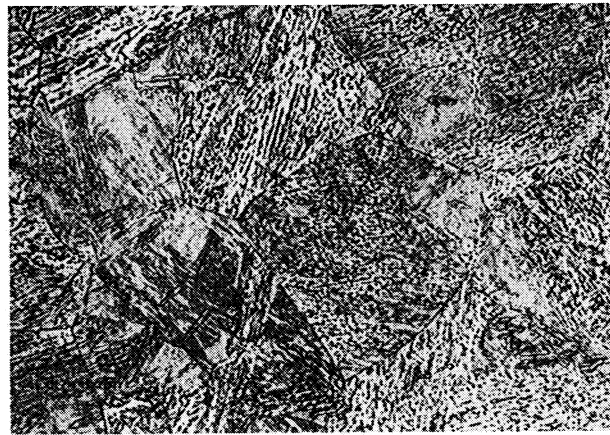
Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

d) 870 °C 15 min/80 000 s → 500 °C



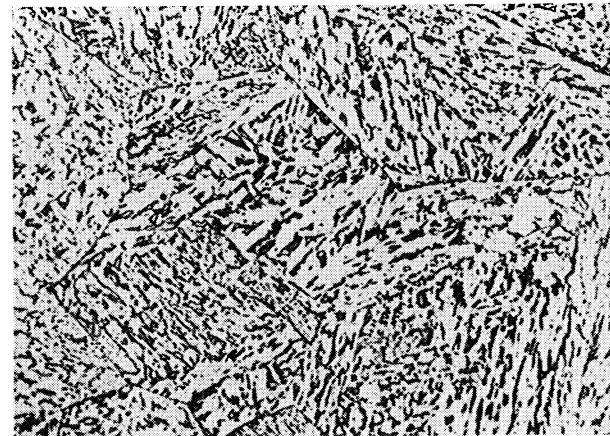
500:1

h) 1050 °C 15 min/17 s → 500 °C



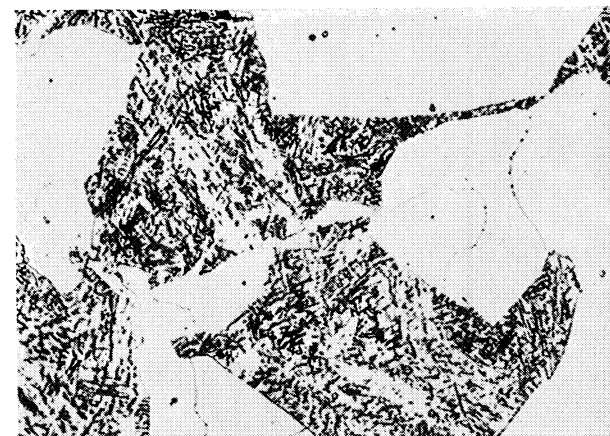
500:1

i) 1050 °C 15 min/440 s → 500 °C



500:1

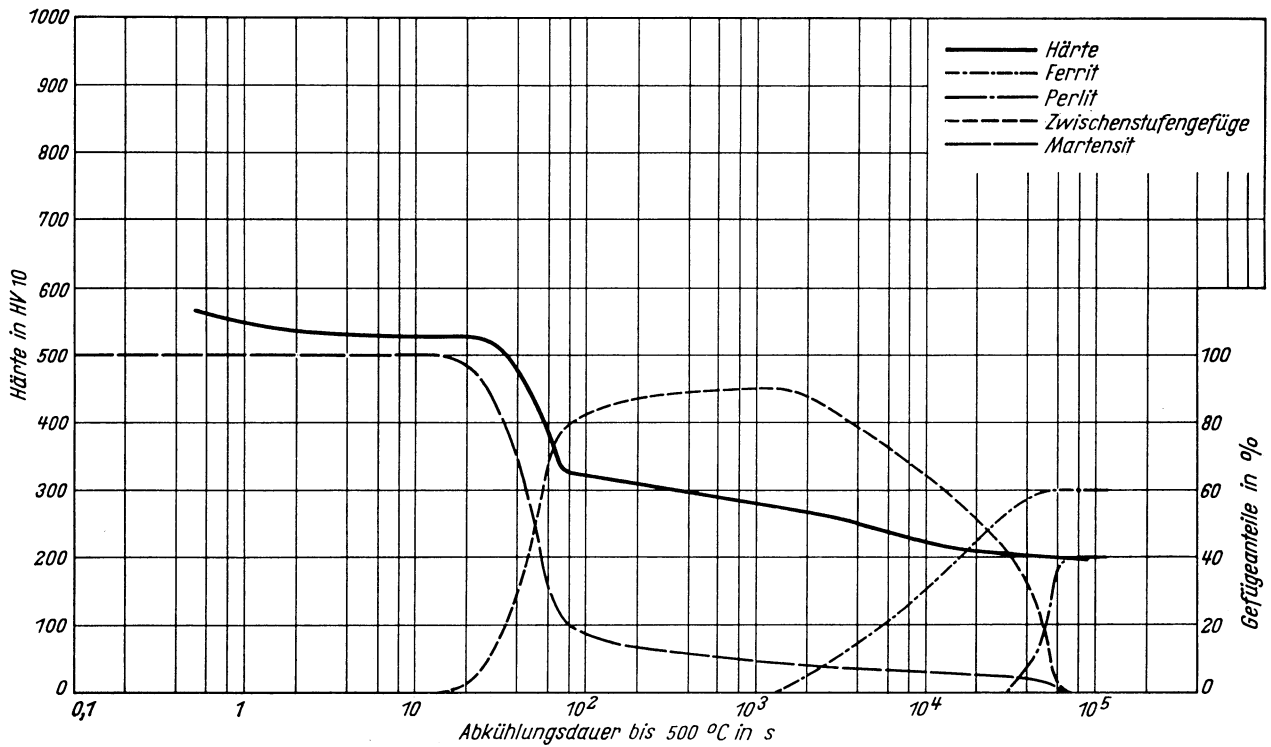
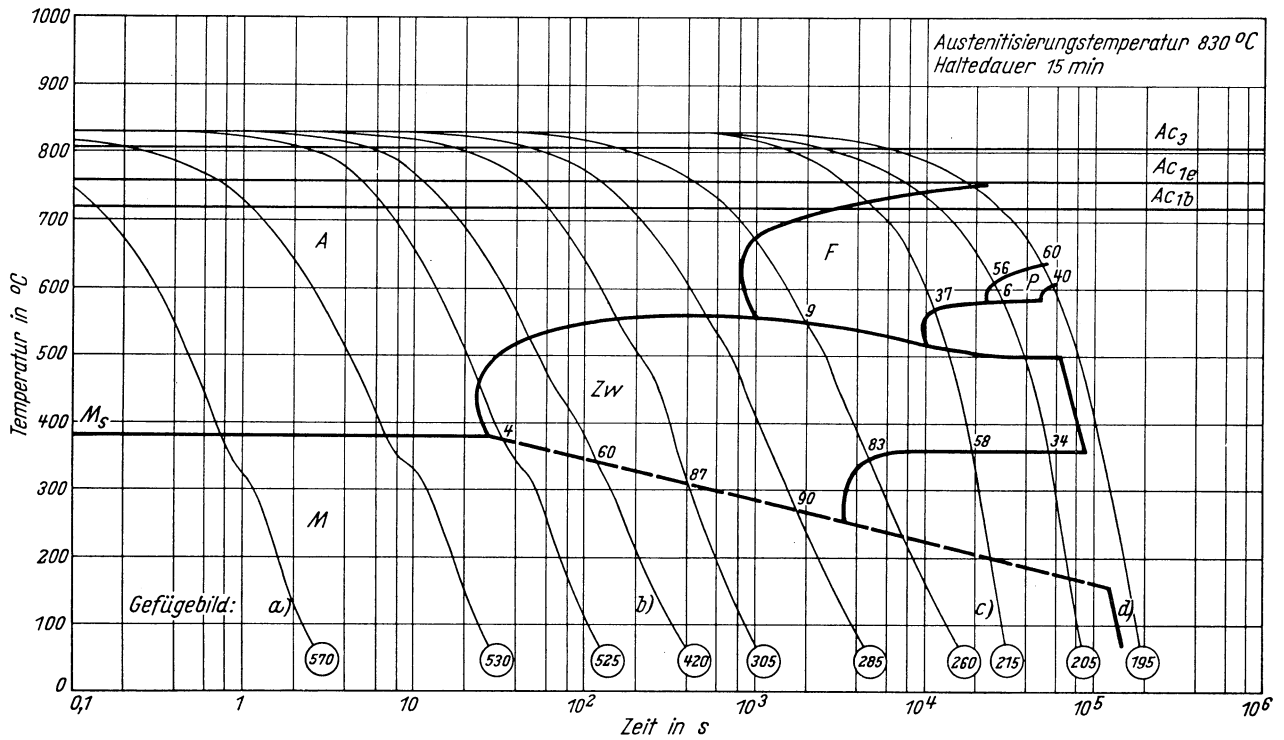
k) 1050 °C 15 min/77 000 s → 500 °C



500:1

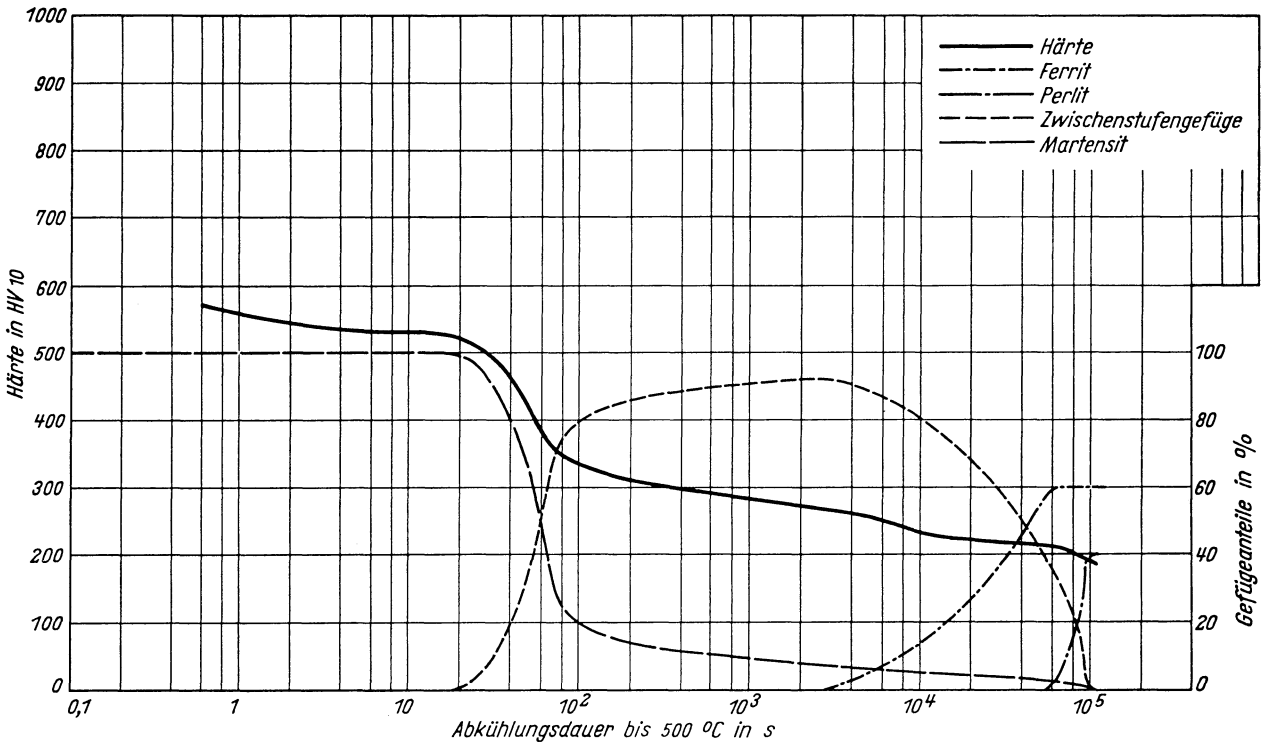
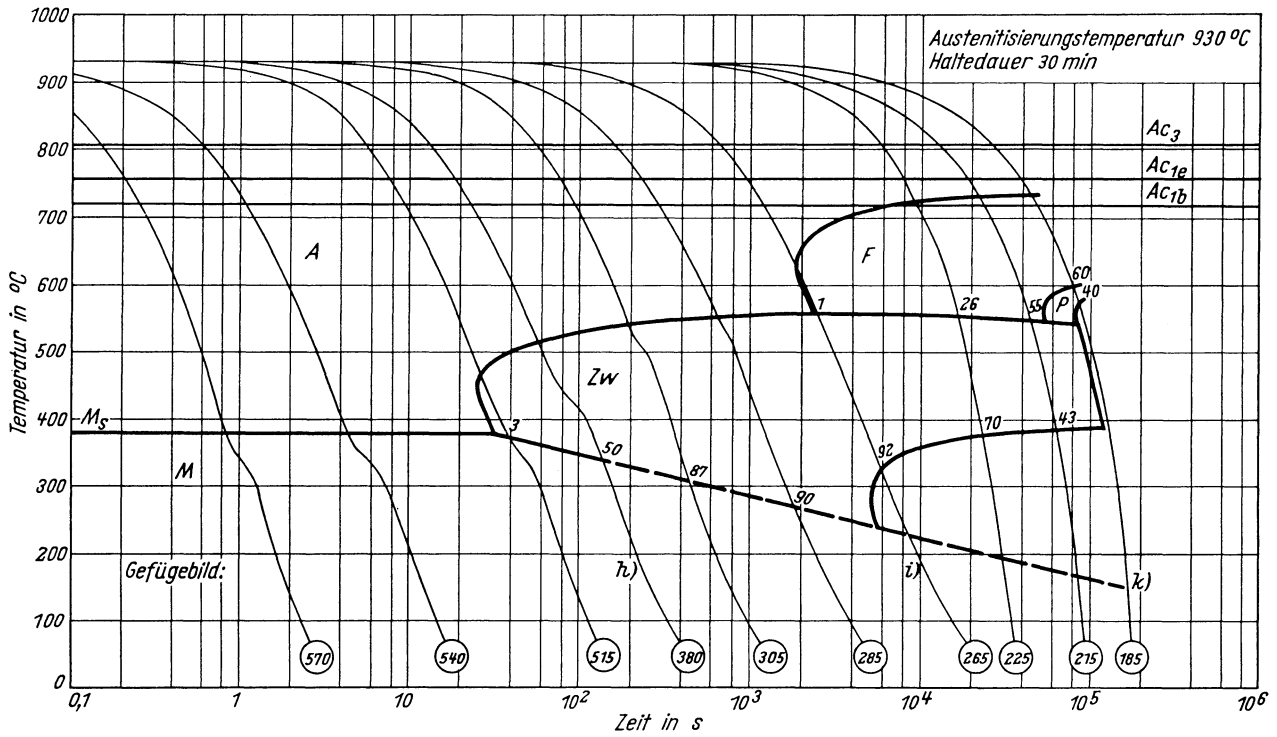
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,28	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

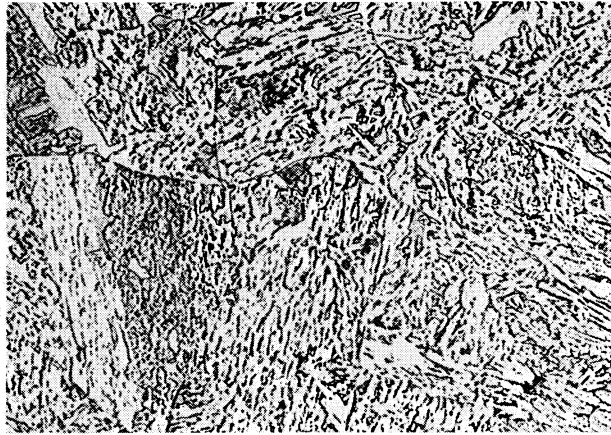


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,28	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



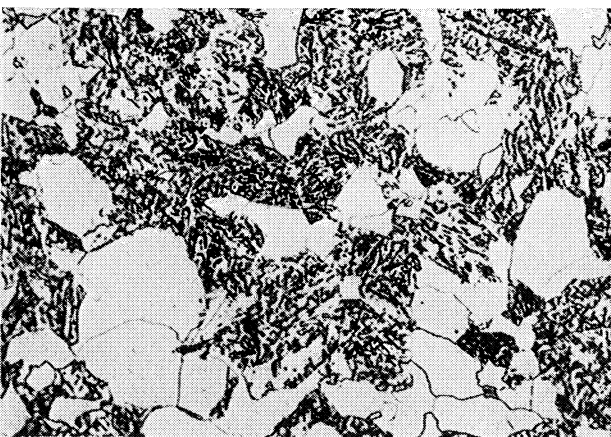
a) 830 °C 15 min/0,5 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/54 s →500 °C

500:1



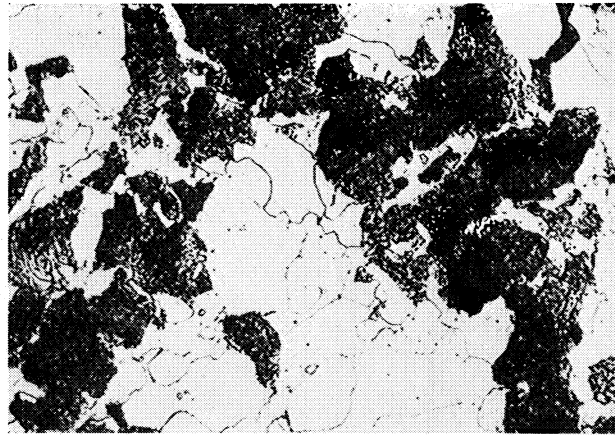
c) 830 °C 15 min/14 000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

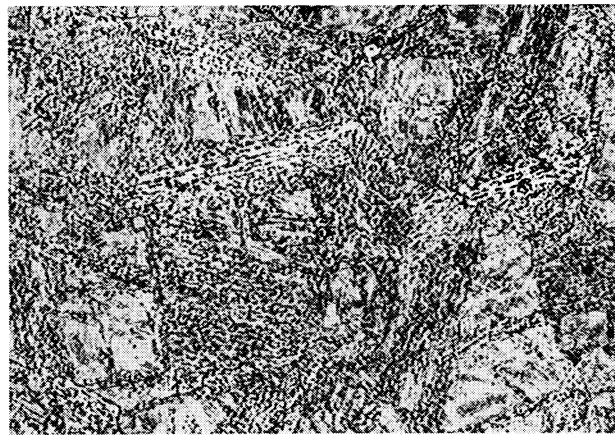
d) 830 °C 15 min/85 000 s → 500 °C

500:1



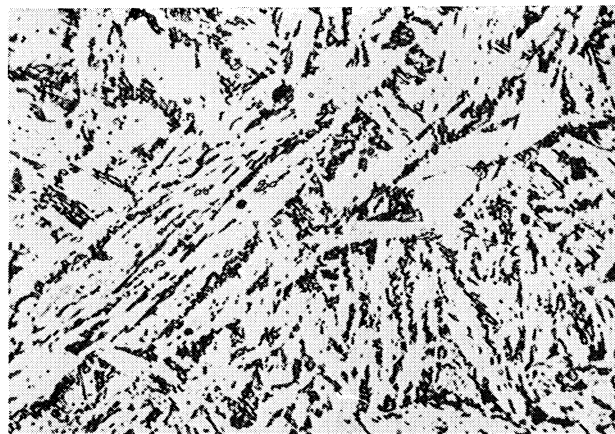
h) 930 °C 30 min/60 s → 500 °C

500:1



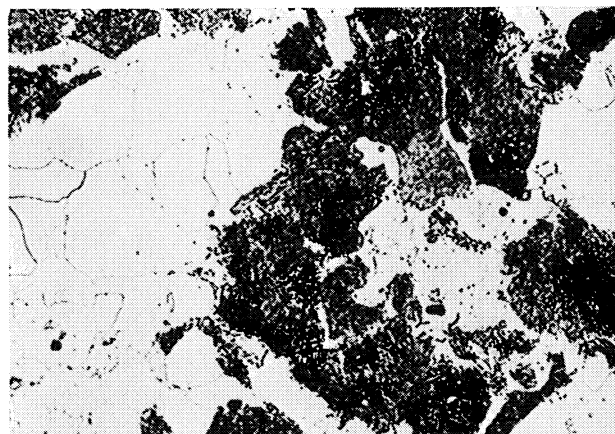
i) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



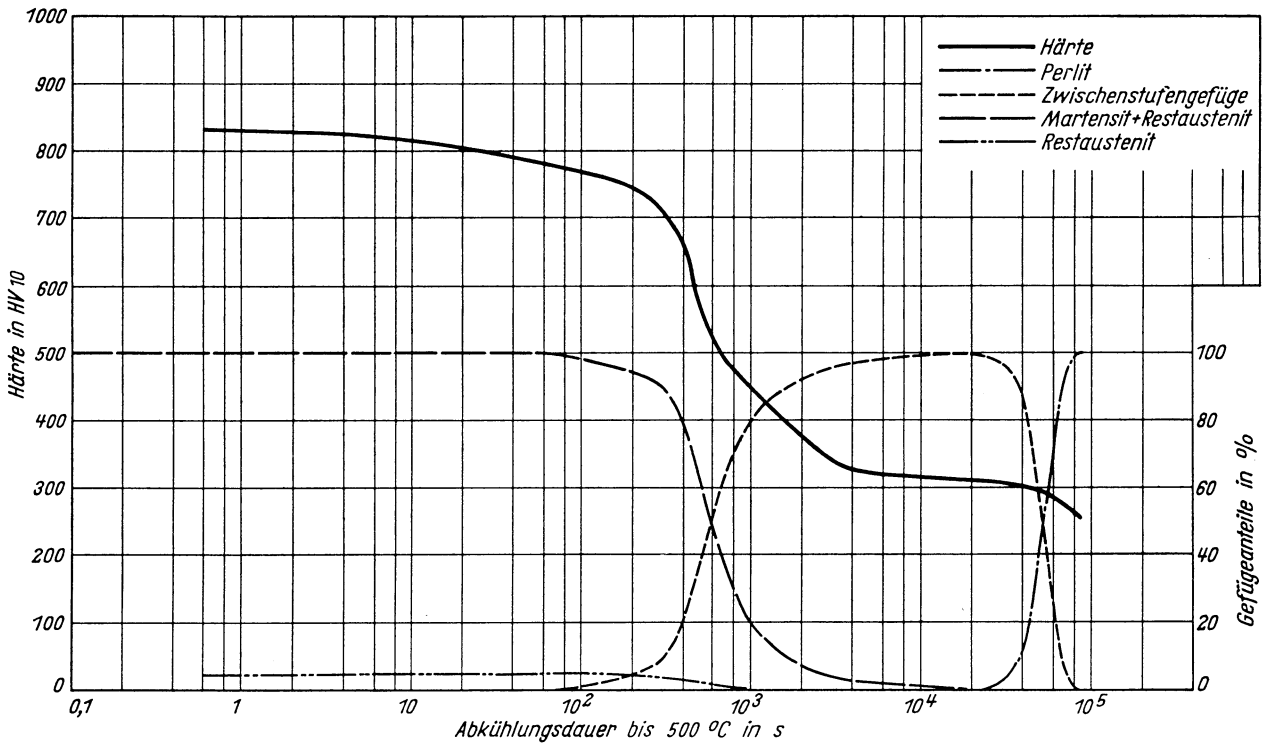
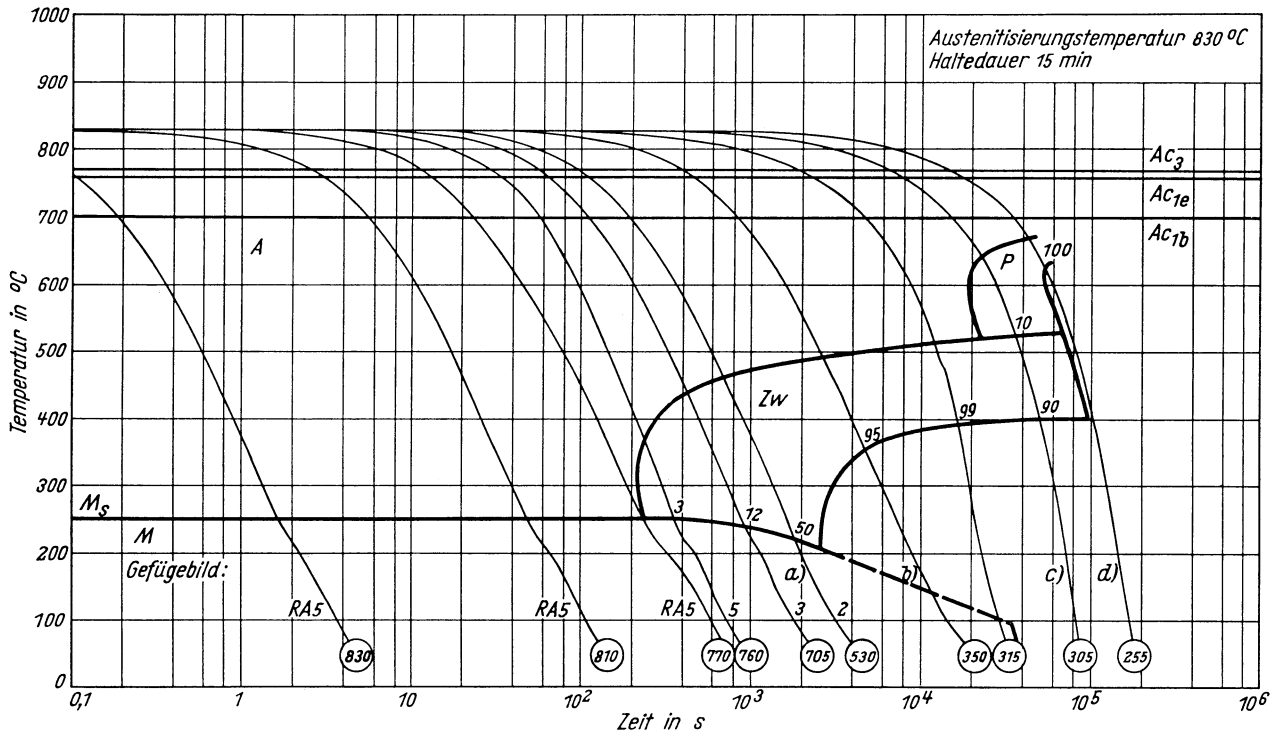
k) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1



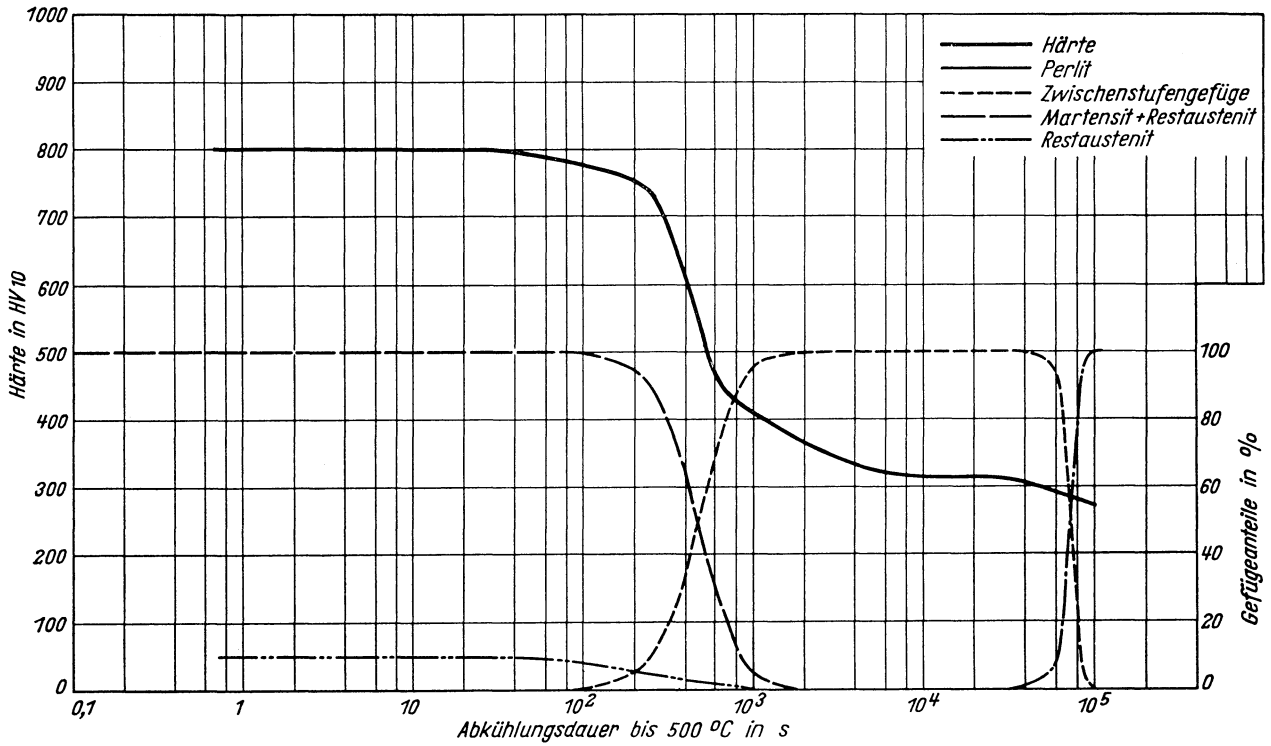
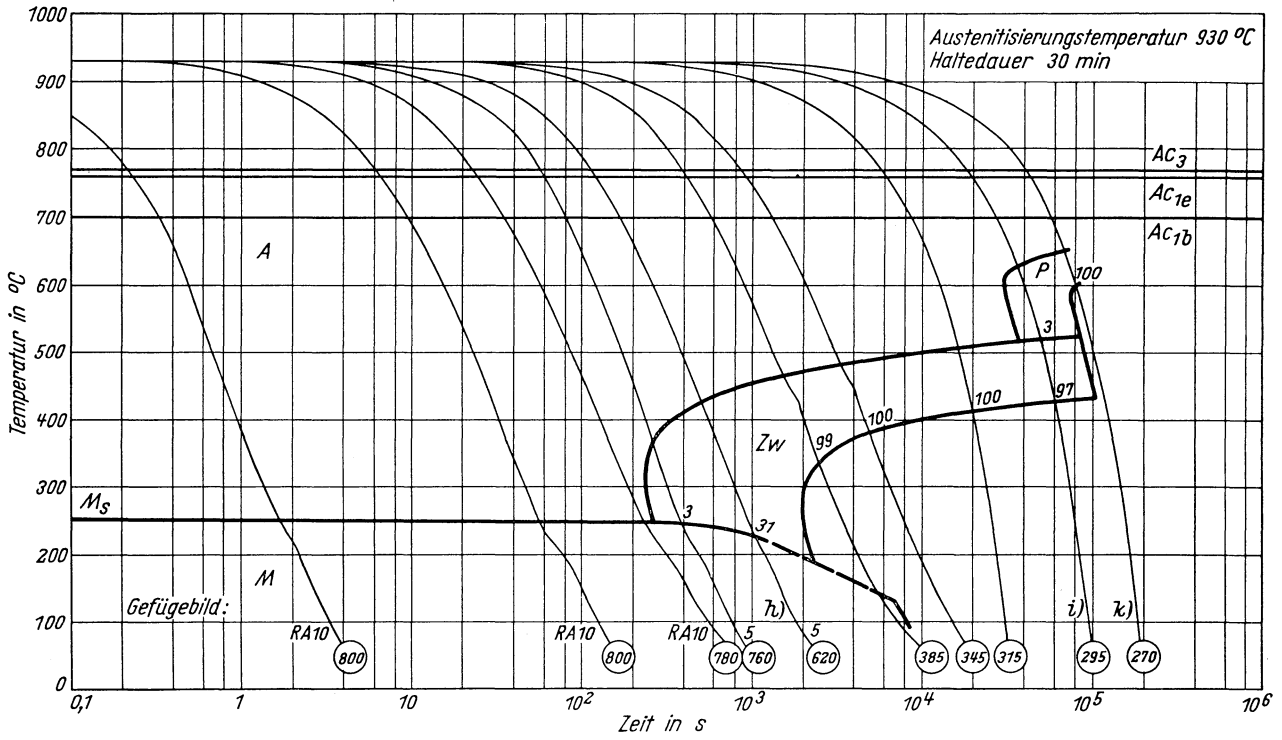
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,58	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

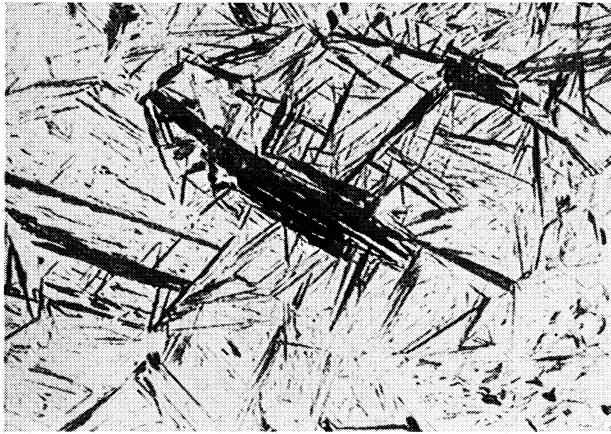


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,58	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

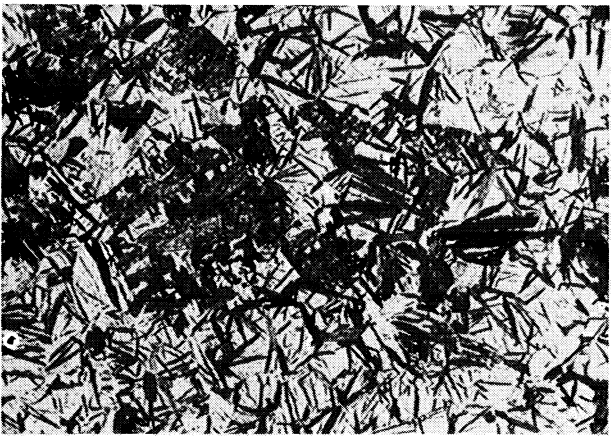


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



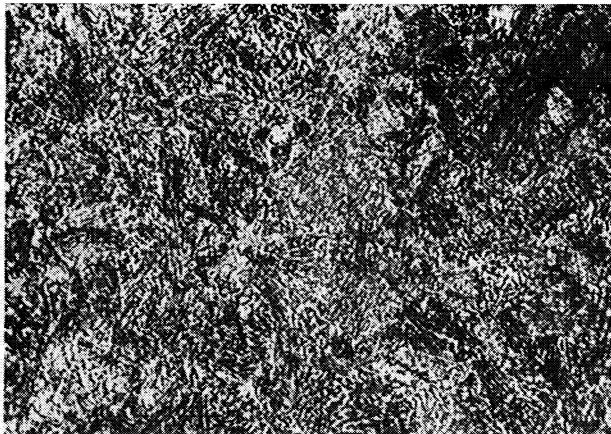
Ausgangszustand

500:1



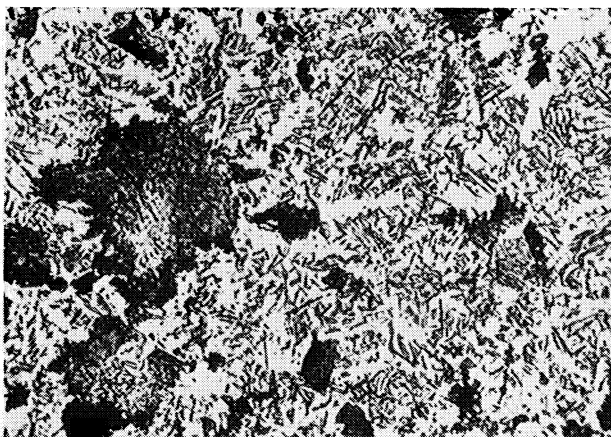
a) 830 °C 15 min/600 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1



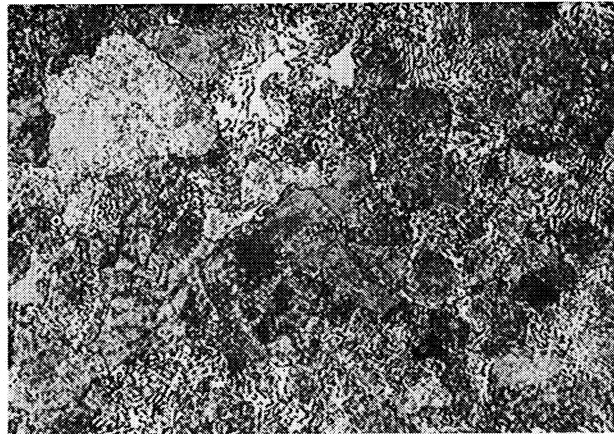
c) 830 °C 15 min/40000 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

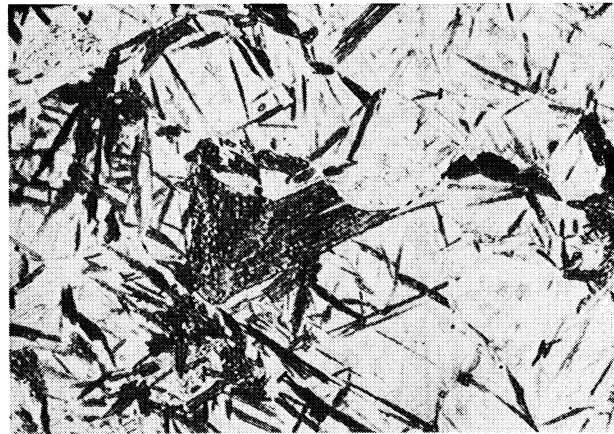
d) 830 °C 15 min/85 000 s → 500 °C

500:1



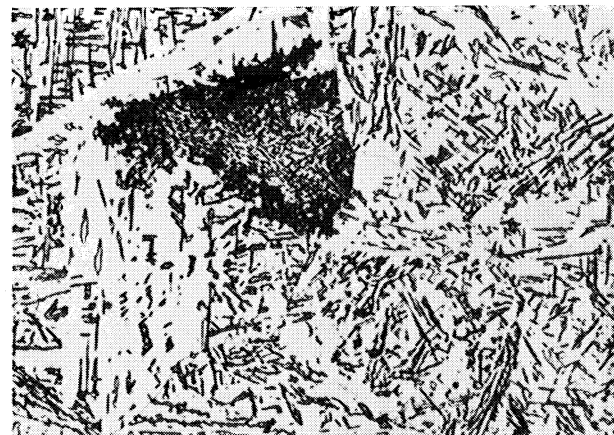
h) 930 °C 30 min/400 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/52 000 s → 500 °C

500:1



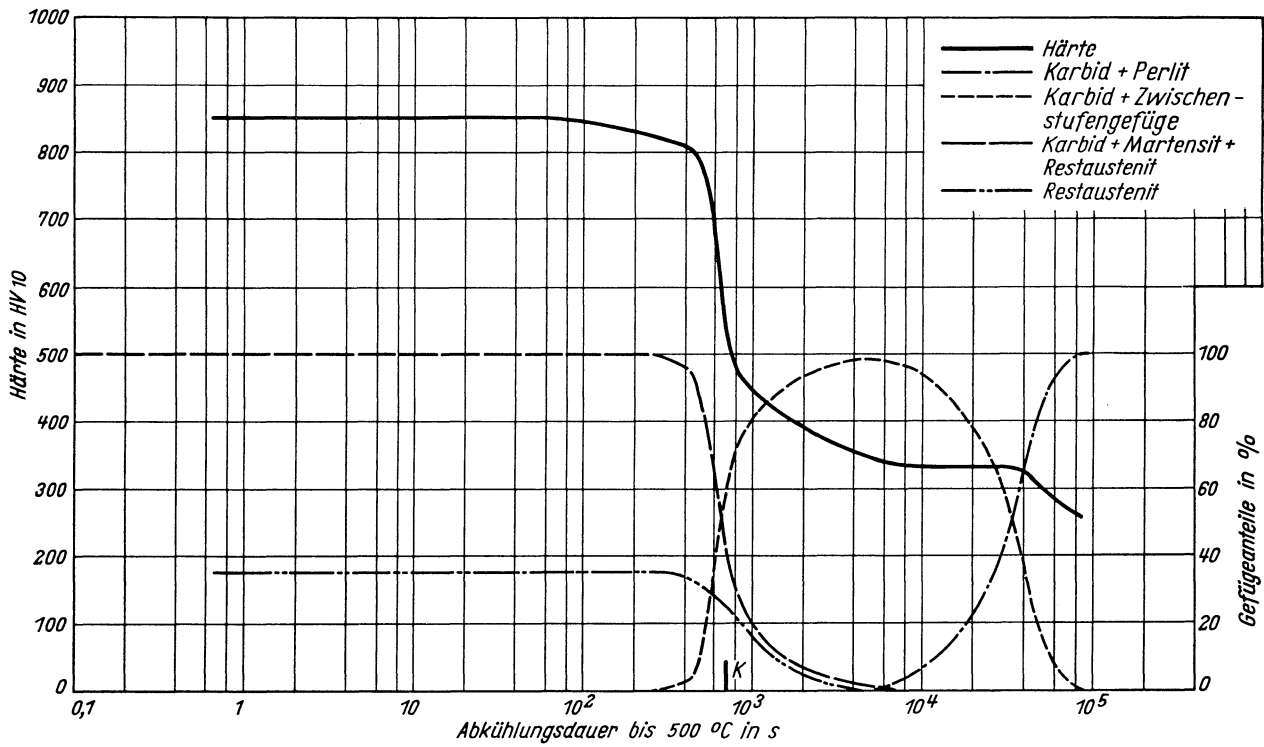
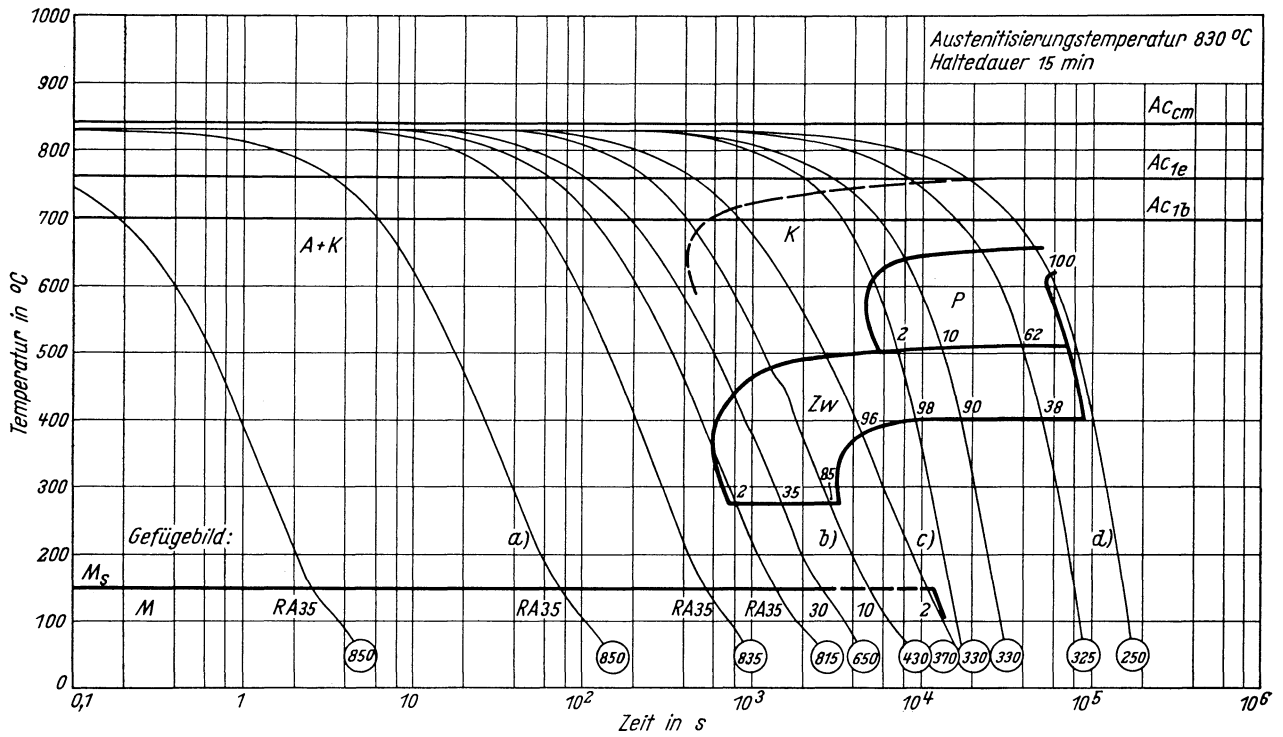
k) 930 °C 30 min/105 000 s → 500 °C

500:1

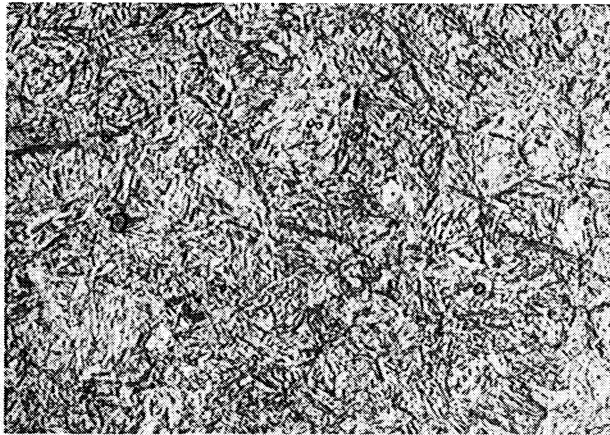


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	0,90	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	< 0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-



Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



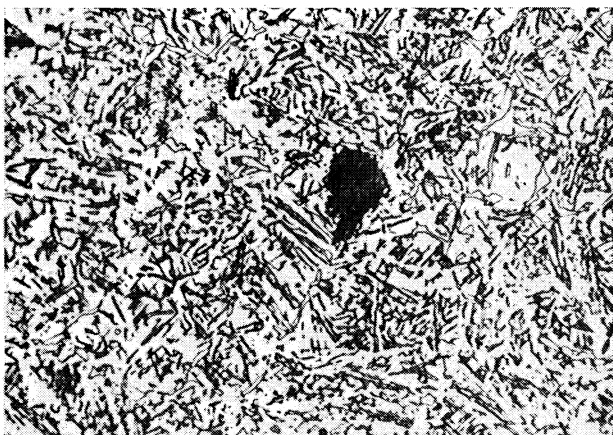
a) 830 °C 15 min/18 s → 500 °C

500:1



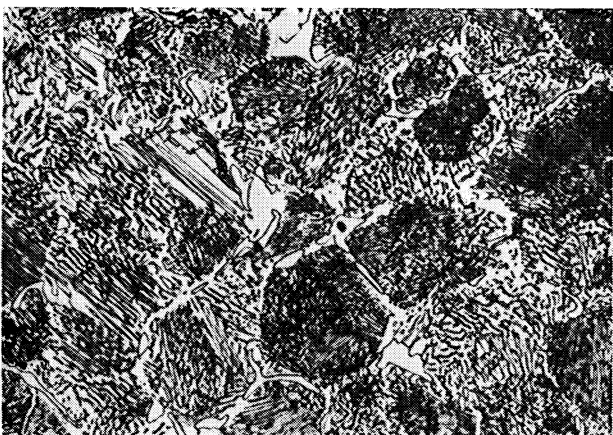
b) 830 °C 15 min/1200 s → 500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/7300 s → 500 °C

1000:1



d) 830 °C 15 min/85000 s → 500 °C

1000:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

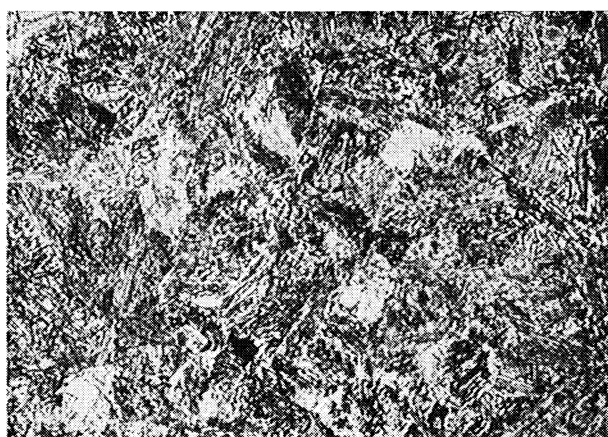
h) 930 °C 30 min/1300 s → 500 °C

500:1



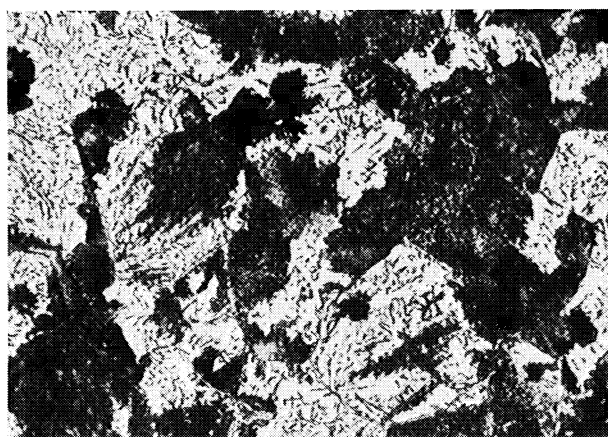
i) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/17 000 s → 500 °C

500:1



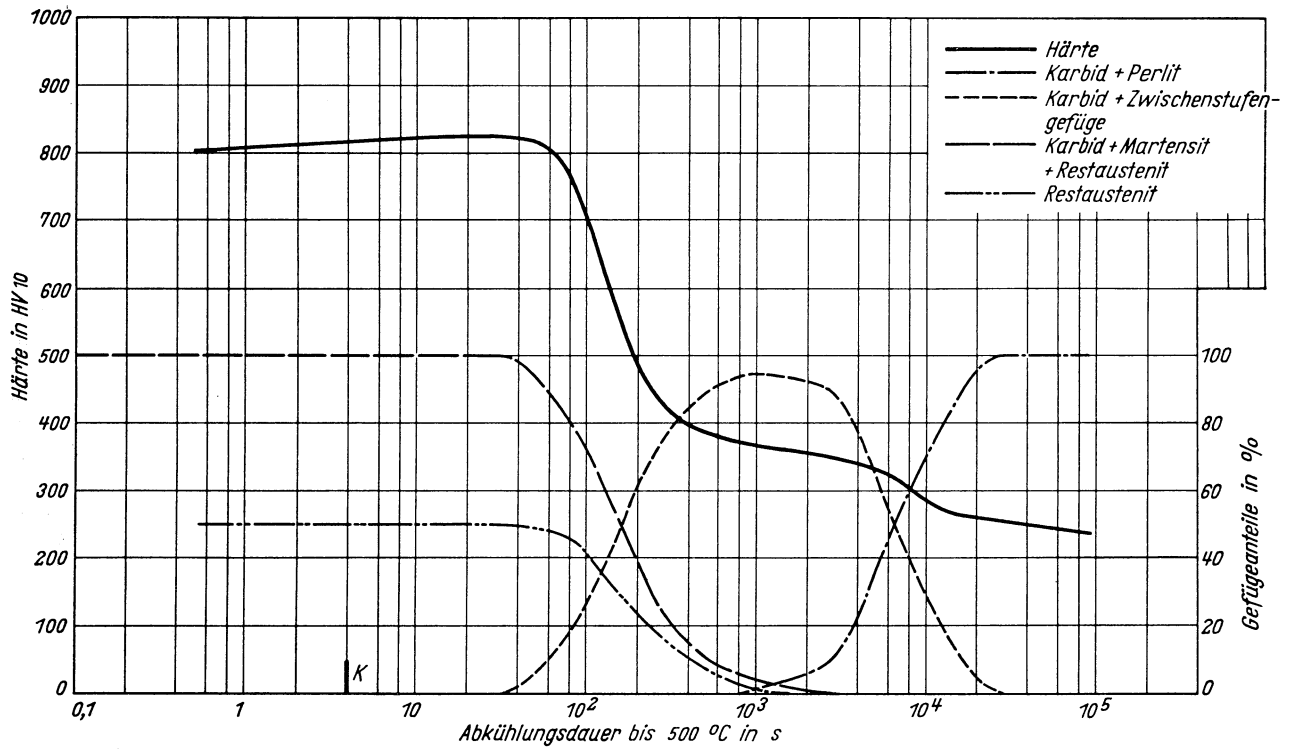
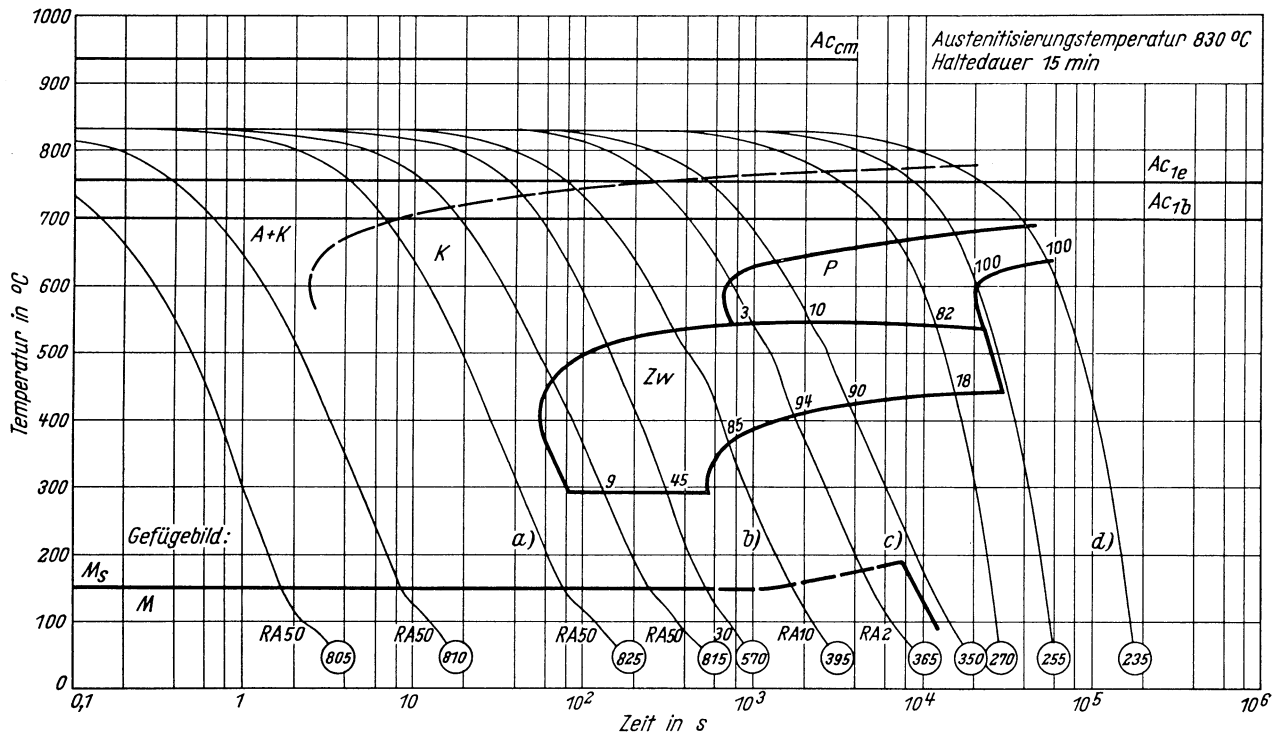
l) 930 °C 30 min/100 000 s → 500 °C

500:1



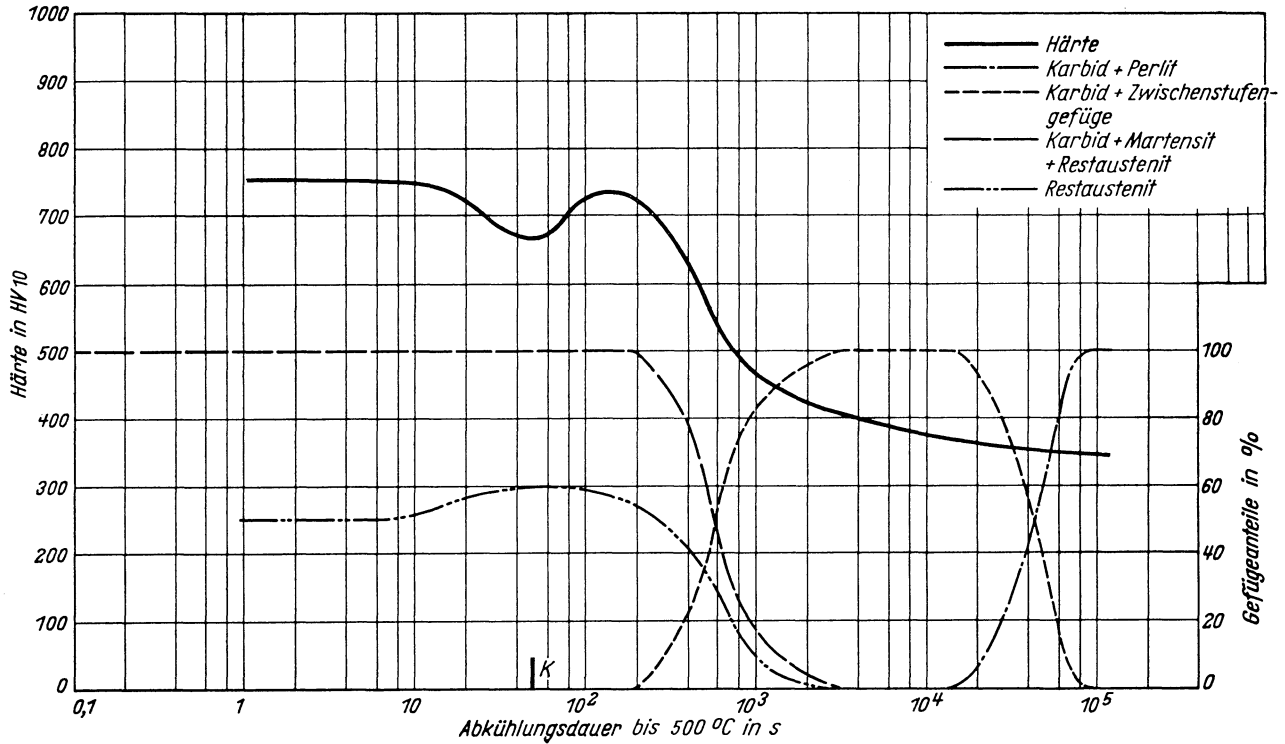
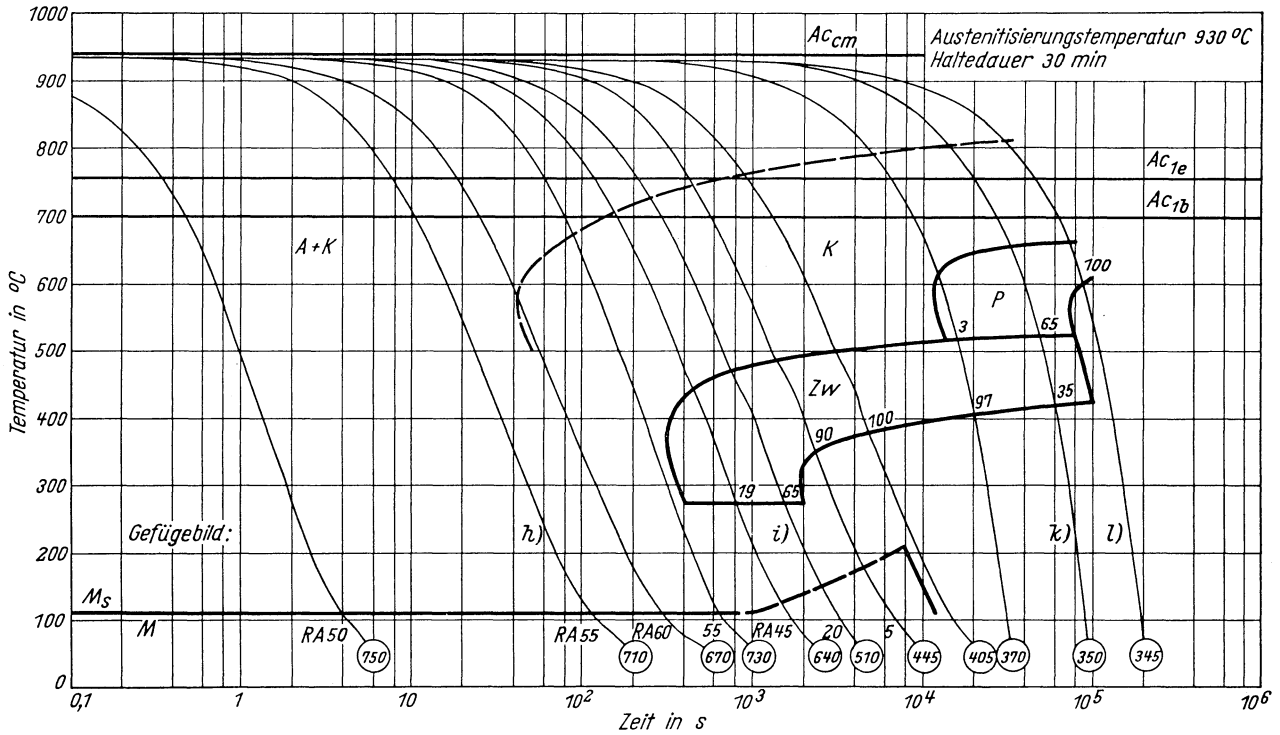
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
		1,14	0,75	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-

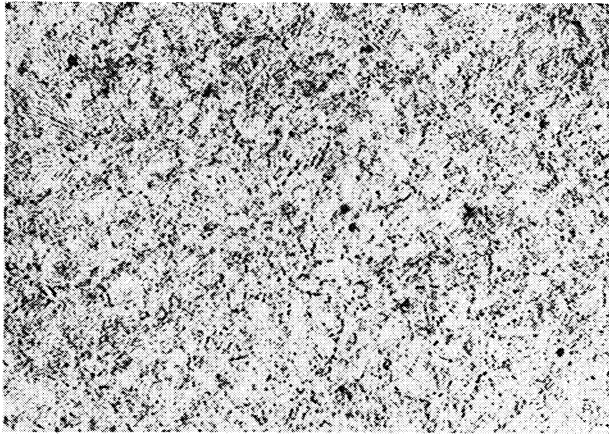


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	1,14	0,75	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

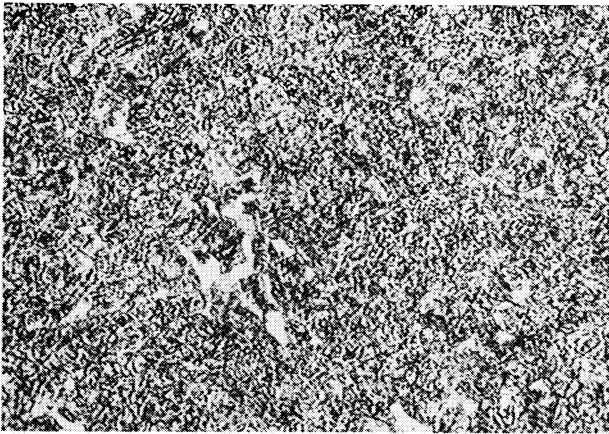


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



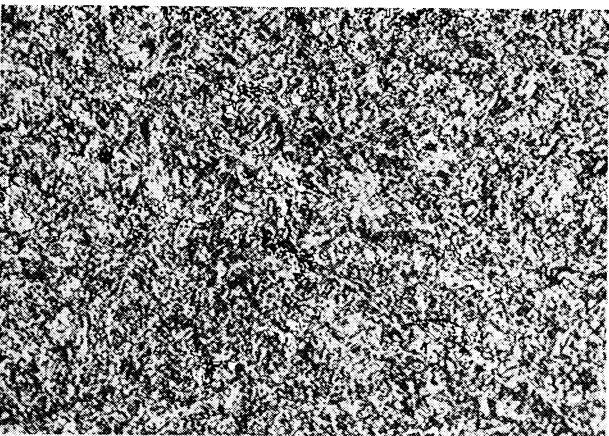
a) 830 °C 15 min/19 s →500 °C

500:1



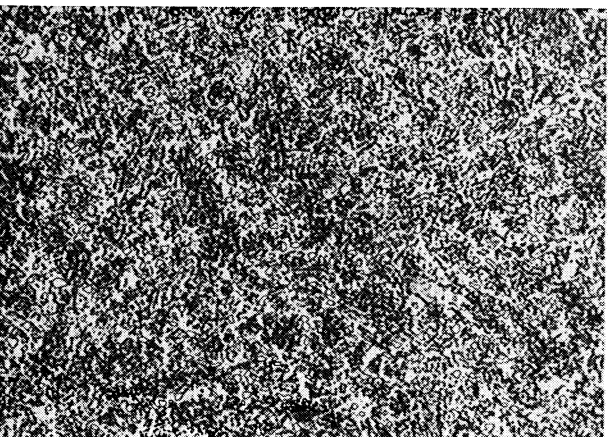
b) 830 °C 15 min/420 s →500 °C

500:1



c) 830 °C 15 min/2800 s →500 °C

500:1

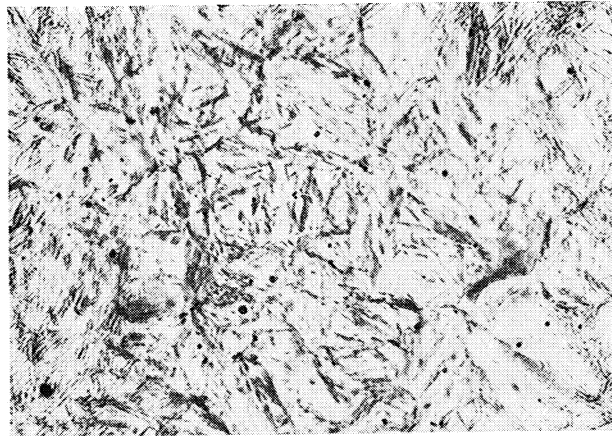


d) 830 °C 15 min/90000 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

h) 930 °C 30 min/24 s → 500 °C



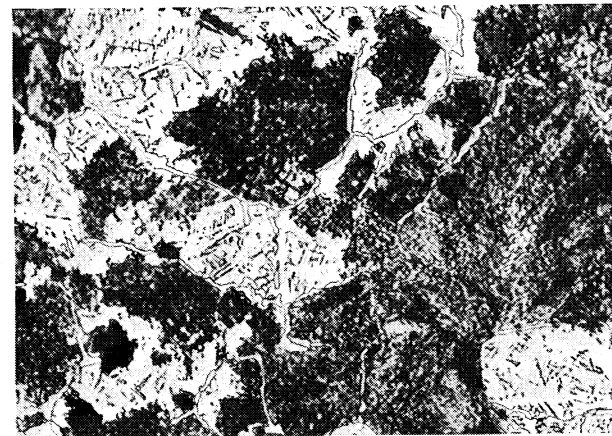
500:1

i) 930 °C 30 min/700 s → 500 °C



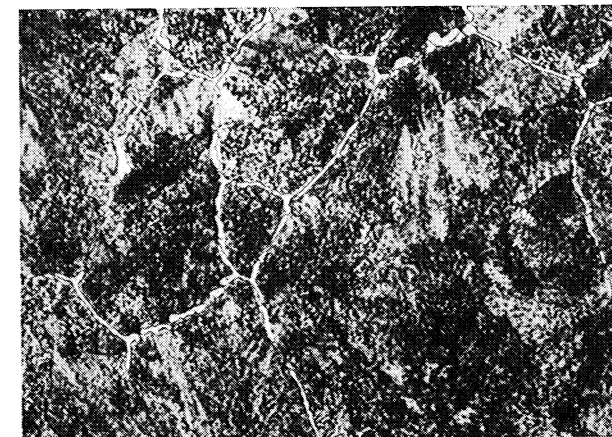
500:1

k) 930 °C 30 min/52 000 s → 500 °C



500:1

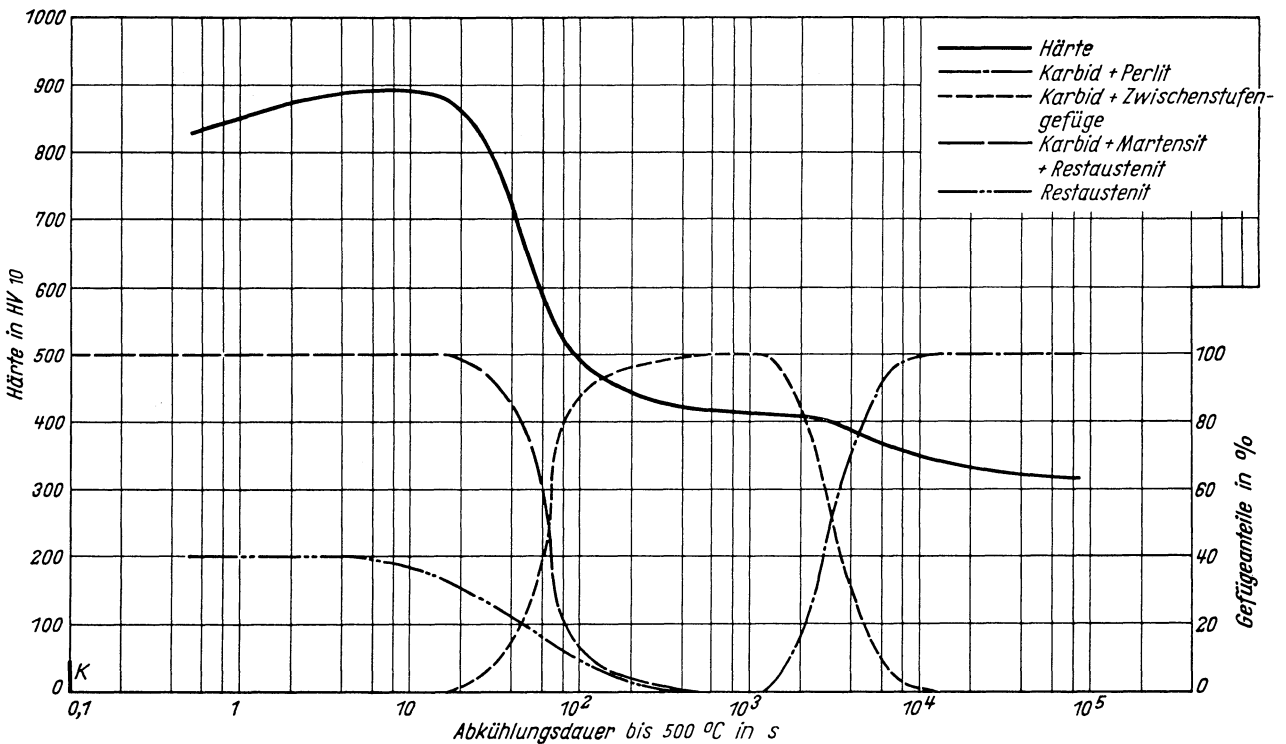
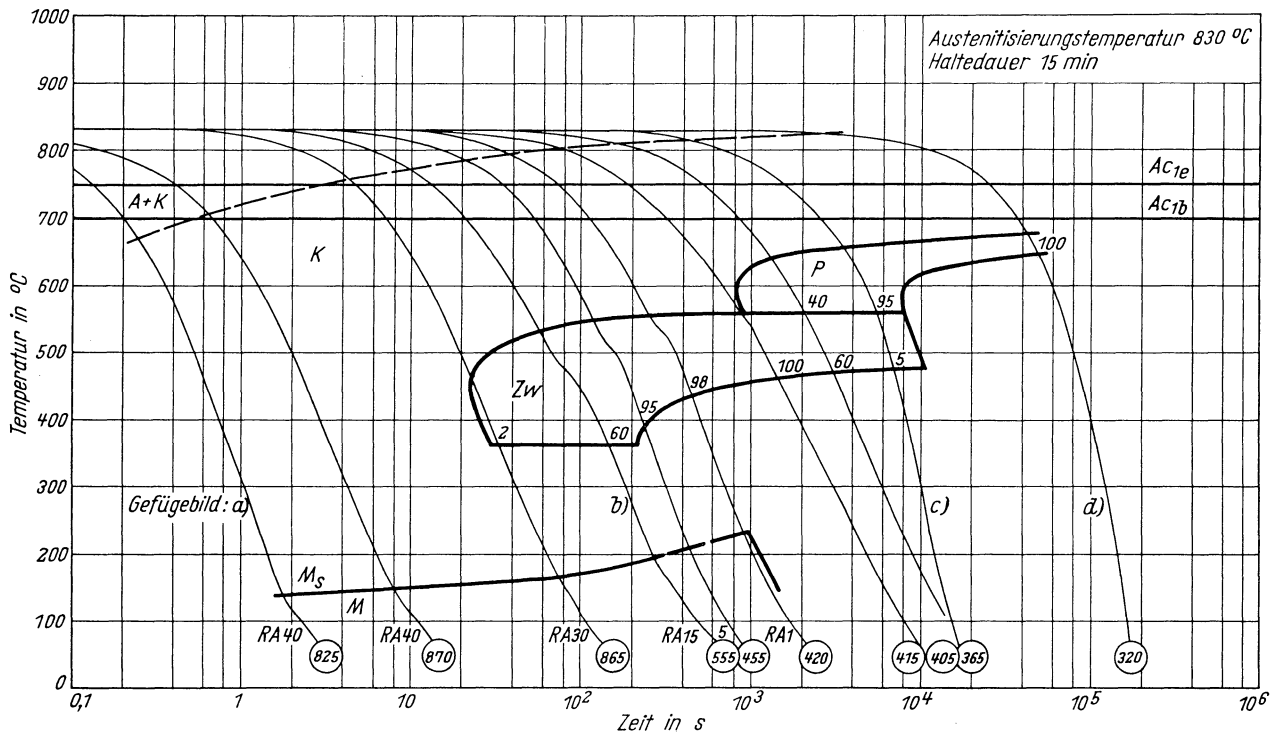
l) 930 °C 30 min/115 000 s → 500 °C



500:1

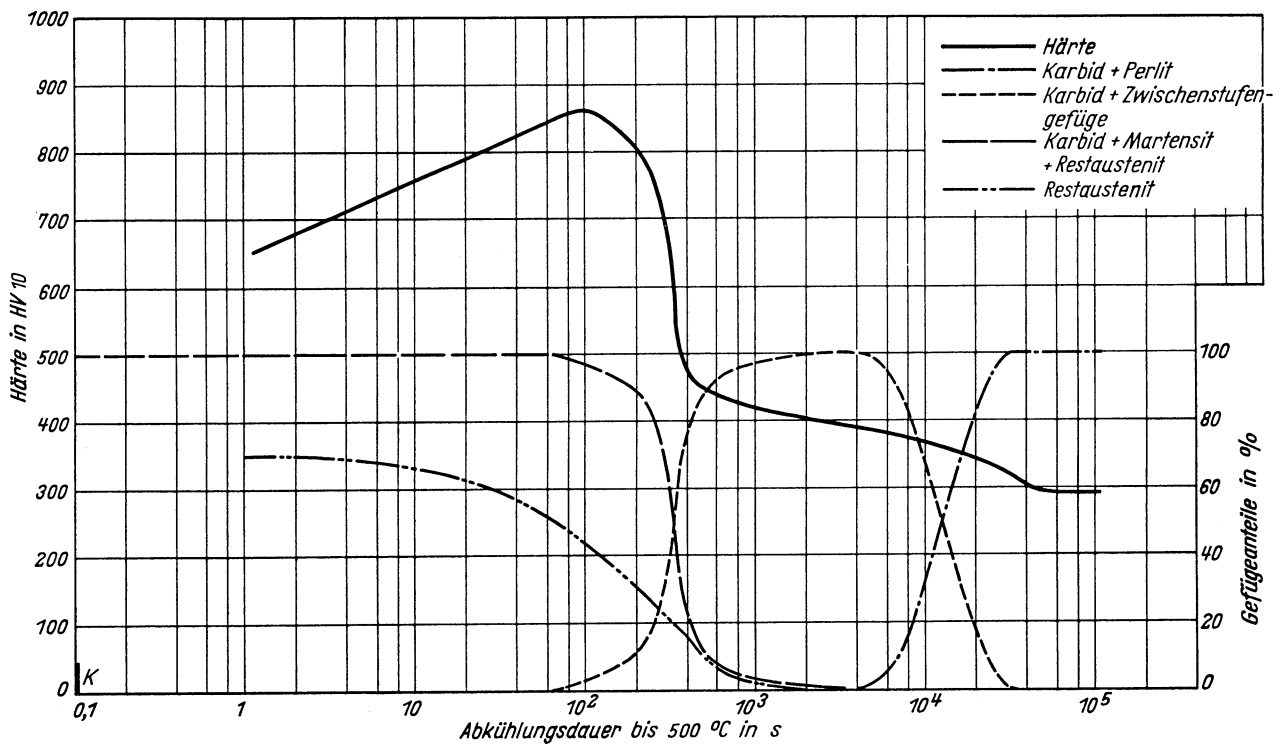
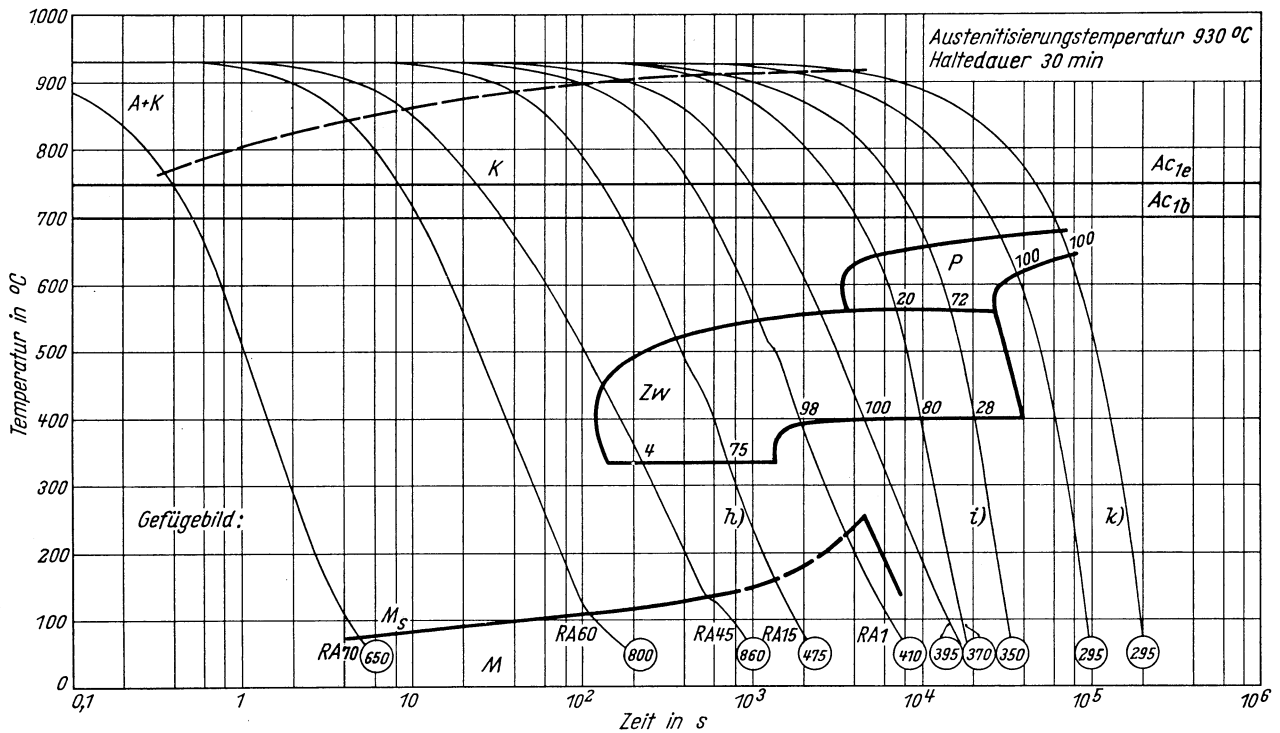
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	2,25	0,15	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

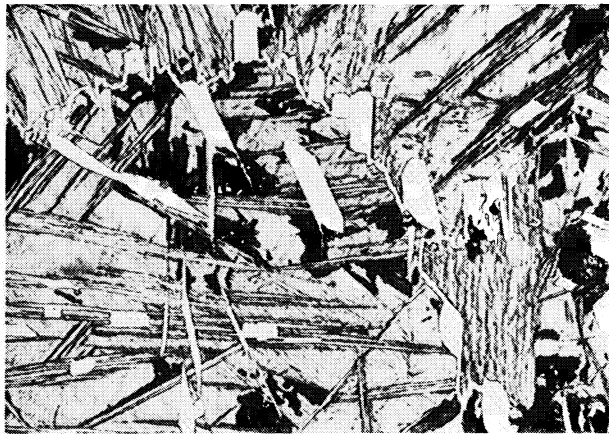


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	B	Cr	Mo	Ni	-	-
	2,25	0,75	0,62	0,015	0,020	0,015	<0,0005	0,47	0,48	1,58	-	-

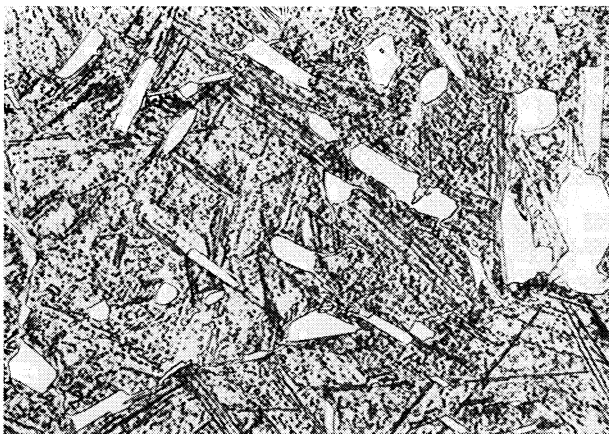


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



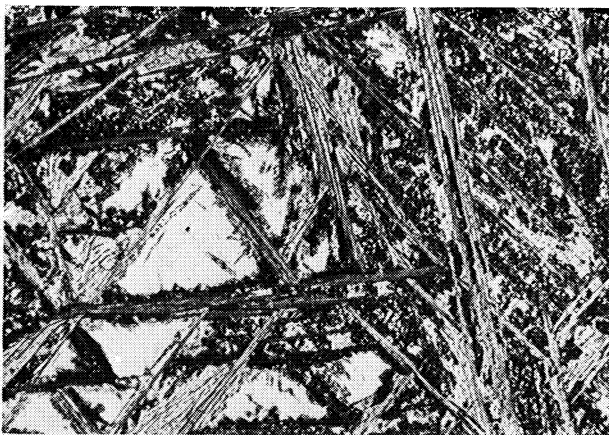
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/0,53 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/67 s → 500 °C

500:1



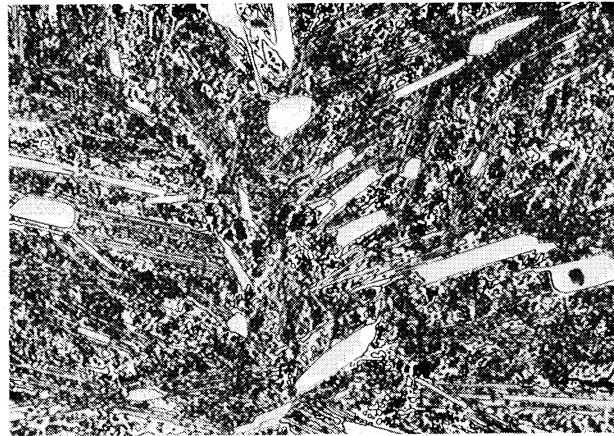
c) 830 °C 15 min/6700 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

d) 830 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



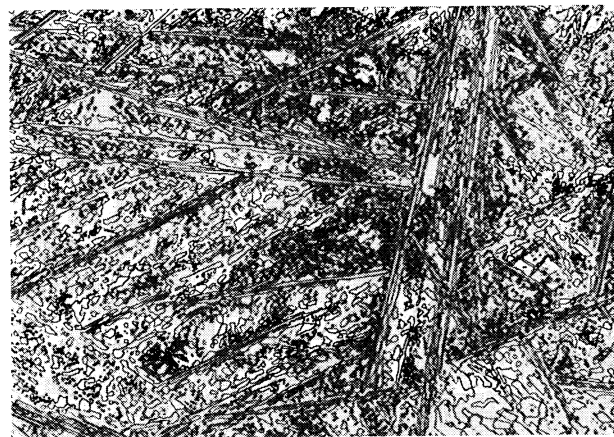
h) 930 °C 30 min/400 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/17 000 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/110 000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17006)

Einsatzstahl, nicht genormt nach DIN 17210

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V
0,23	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Elektro-Ofen

Verarbeitung: gewalzt auf 30 mm Dmr.

Kenngößen für das Umwandlungsverhalten

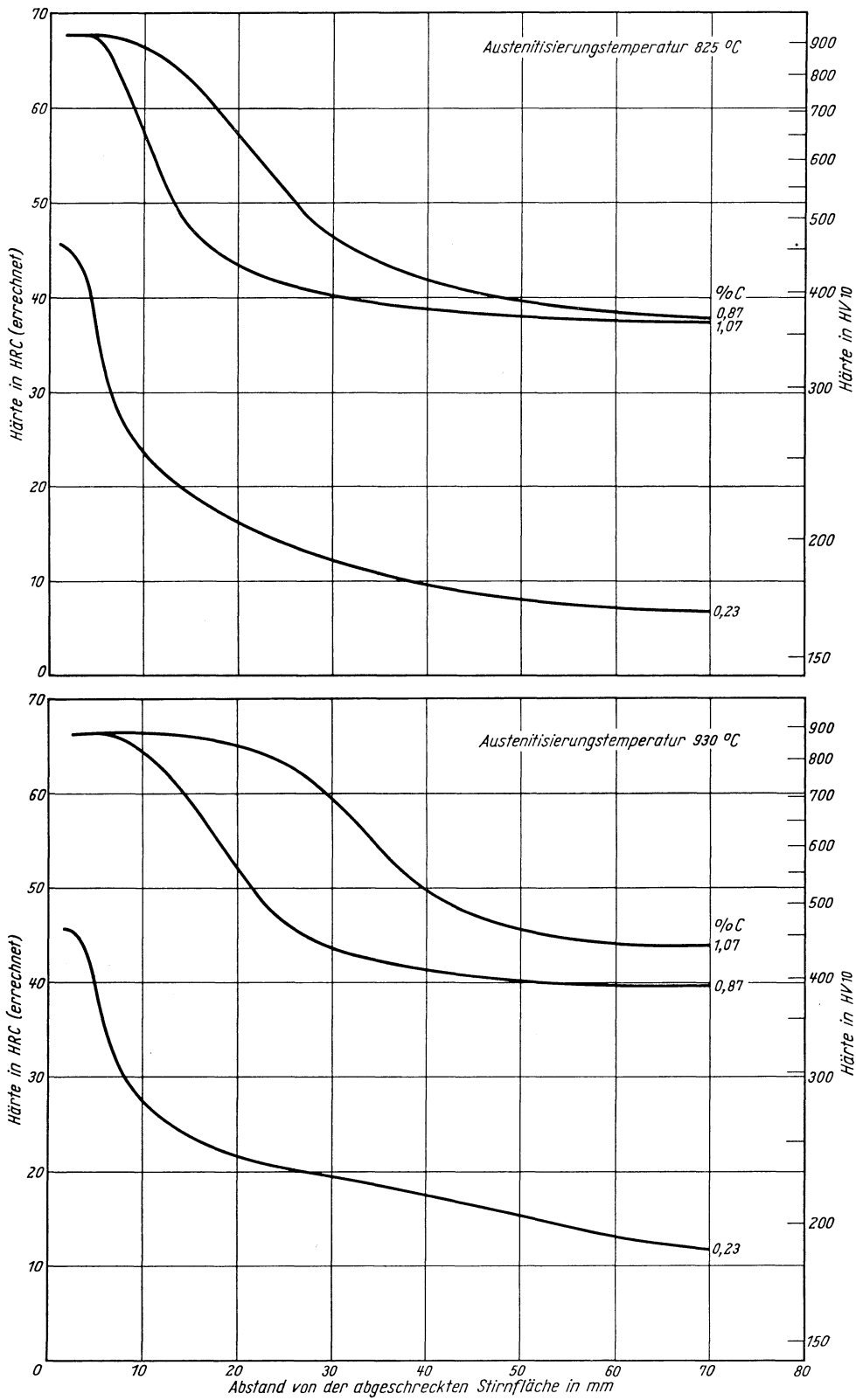
Bezeichnung	C-Gehalt in %	Temperaturen der Ac-Punkte in °C				T _A °C	Zu- stand bei T _A	Austenitkorn- größe nach ASTM	Kritische Kühlzeiten von T _A bis 500°C in s			M _s °C					
		Ac _{1b}	Ac _{1e}	Ac ₃	Ac _{cm}				K _m	K _f	K _p						
20 Mo 5	0,23	750	760	860	—	L.Z.	n. b.		1,0 ¹⁾	62 ¹⁾	4500 ¹⁾	425					
						880	A						n. b.	1,15 ²⁾	135 ²⁾	6200 ²⁾	425
						1050	A						n. b.				
20 Mo 5 aufgekühlt	0,31	735	760	830	—	A.Z.	n. b.		0,95	45	3600	400					
						830	A						n. b.	1,15	75	5000	400
						930	A						n. b.				
20 Mo 5 aufgekühlt	0,58	735	760	775	—	A.Z.	n. b.		6,0	600	7000	295					
						830	A						n. b.	7,5	1100	8500	295
						930	A						n. b.				
20 Mo 5 aufgekühlt	0,85	735	760	—	855	A.Z.	n. b.		42	300	4800	210					
						830	A + K						n. b.	55	700	6500	190
						930	A						n. b.				
20 Mo 5 aufgekühlt	1,11	735	760	—	910	A.Z.	n. b.		6,0	85	2300	180					
						830	A + K						n. b.	57	270	5000	140
						930	A						n. b.				
20 Mo 5 aufgekühlt	2,00	735	760	—	> 1050	A.Z.	n. b.		3,0	30	1500	180					
						830	A + K						n. b.	5,5	55	2000	125
						930	A + K						n. b.				

¹⁾ gezählt von einer extrapolierten Temperatur 930°C
²⁾ gezählt von 930°C

L.Z. = Lieferzustand
 A.Z. = Aufkohlungszustand

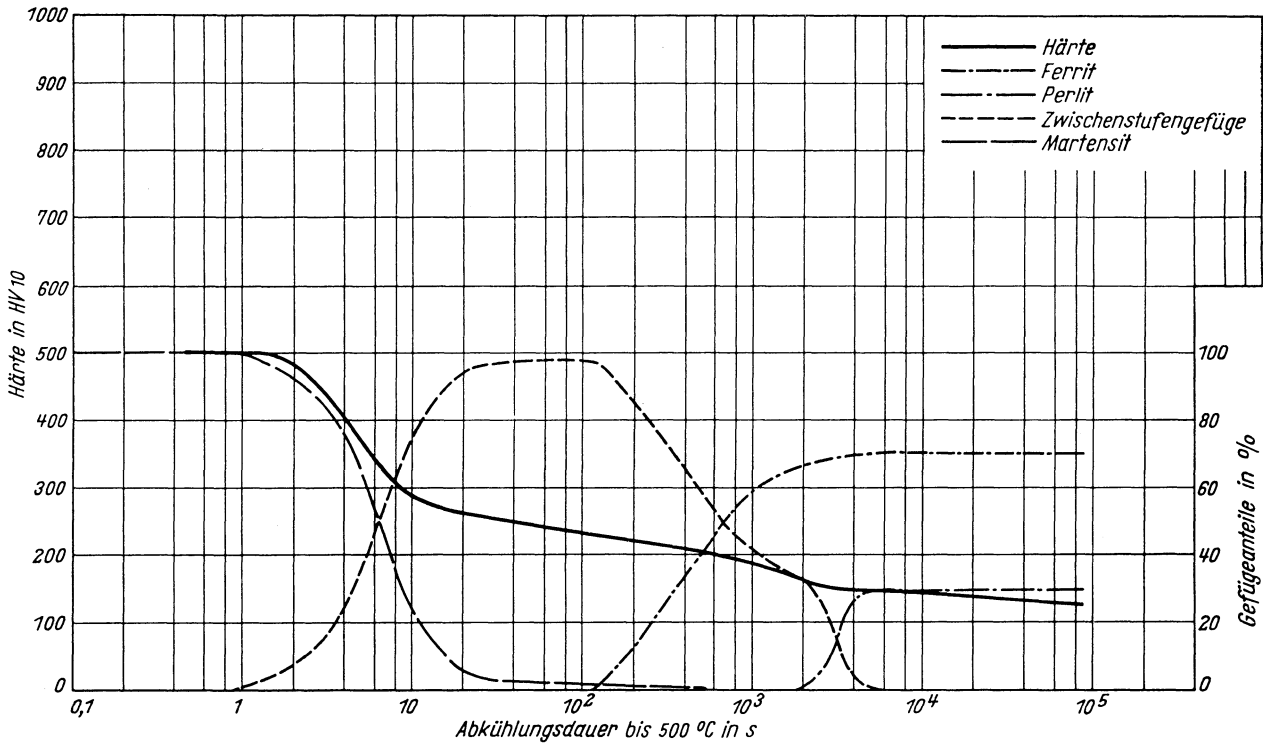
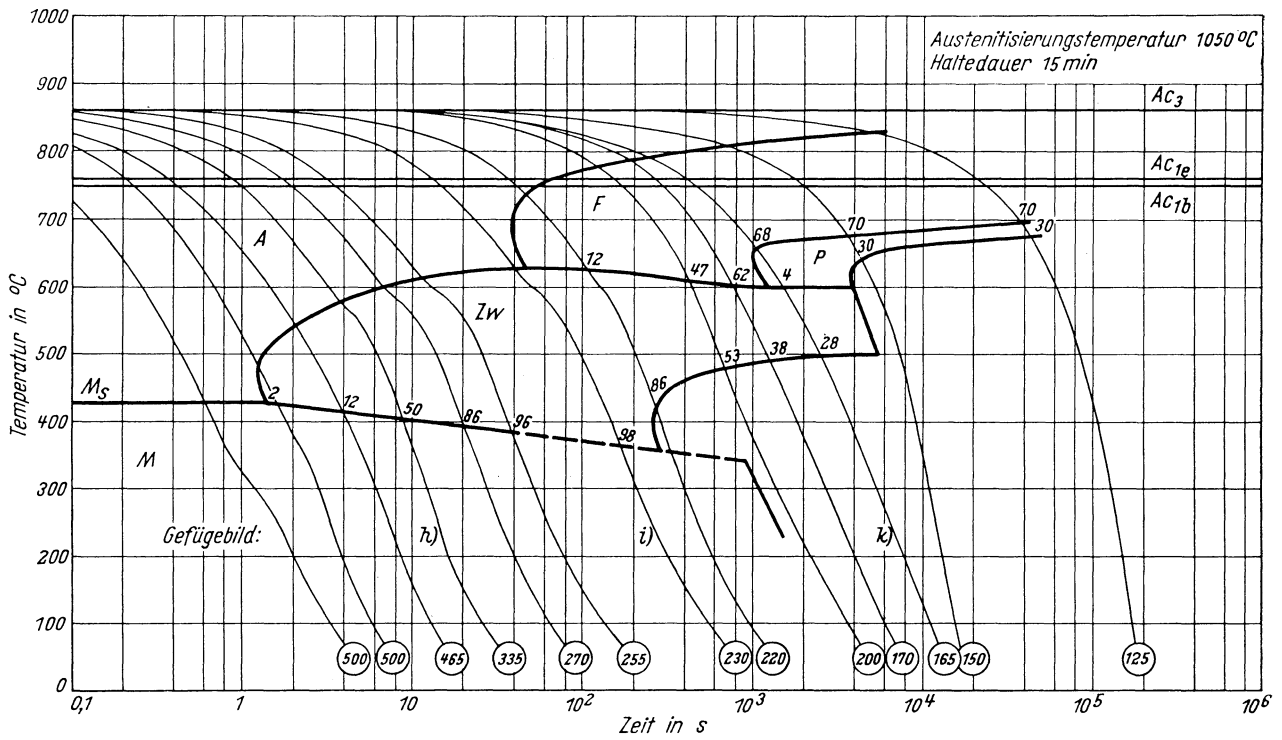
K_m = längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit
 K_f = Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung
 K_p = kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit

Stirnabschreckhärtekurven einer aufgekohlten Probe
(Randhärteprüfung nach Teil I)

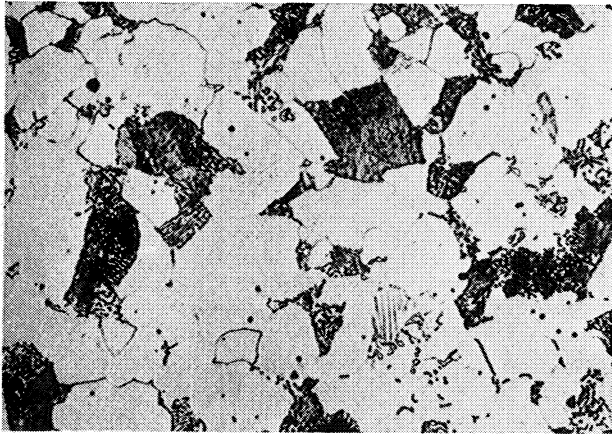


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,23	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-

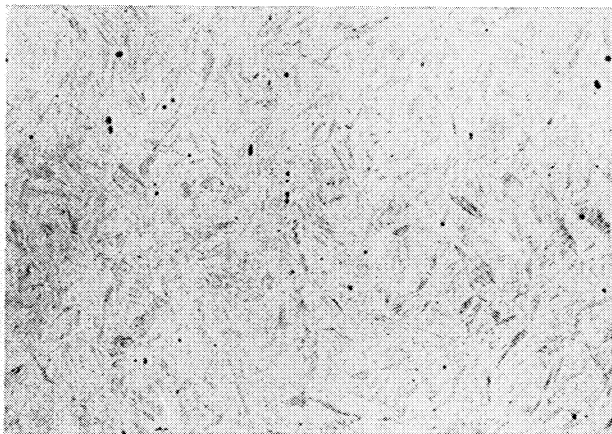


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



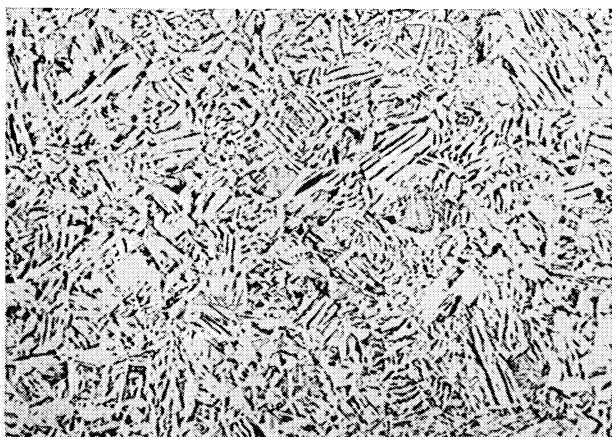
Ausgangszustand

500:1



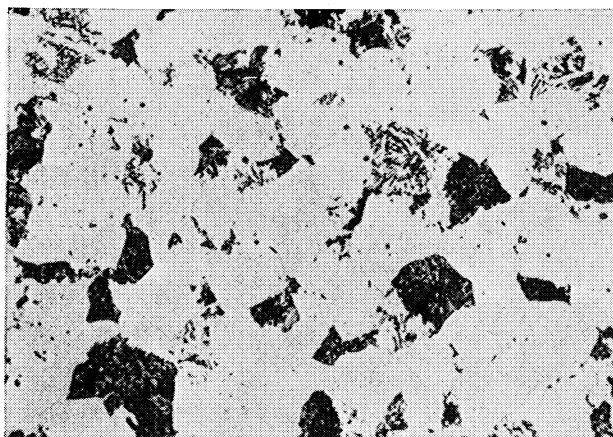
a) 890 °C 15 min/0,8 s →500 °C

500:1



b) 890 °C 15 min/24 s →500 °C

500:1



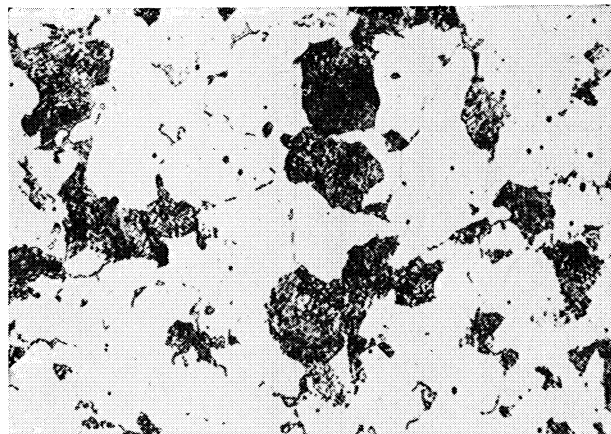
c) 890 °C 15 min/2700 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

d) 890 °C 15 min/7500 s → 500 °C

500:1



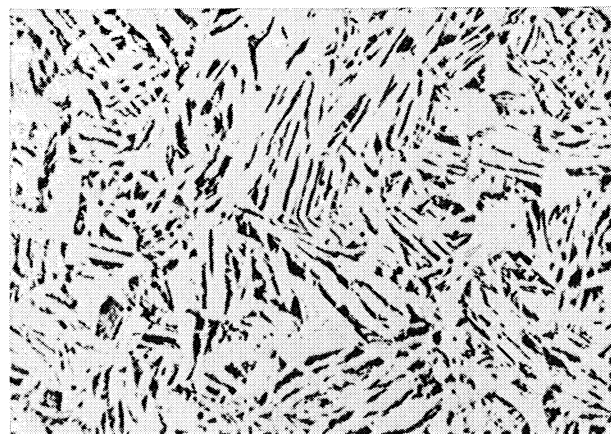
h) 1050 °C 15 min/6,4 s → 500 °C

500:1



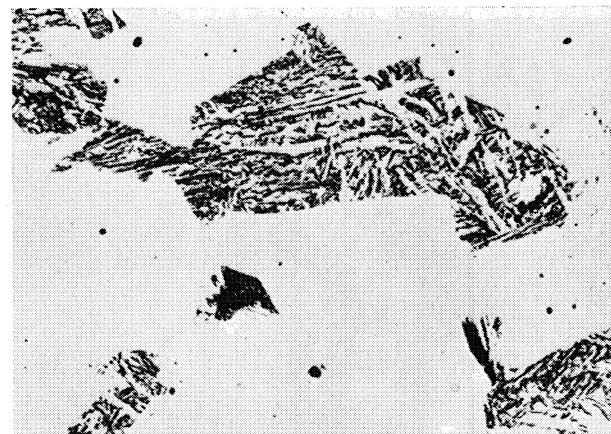
i) 1050 °C 15 min/100 s → 500 °C

500:1



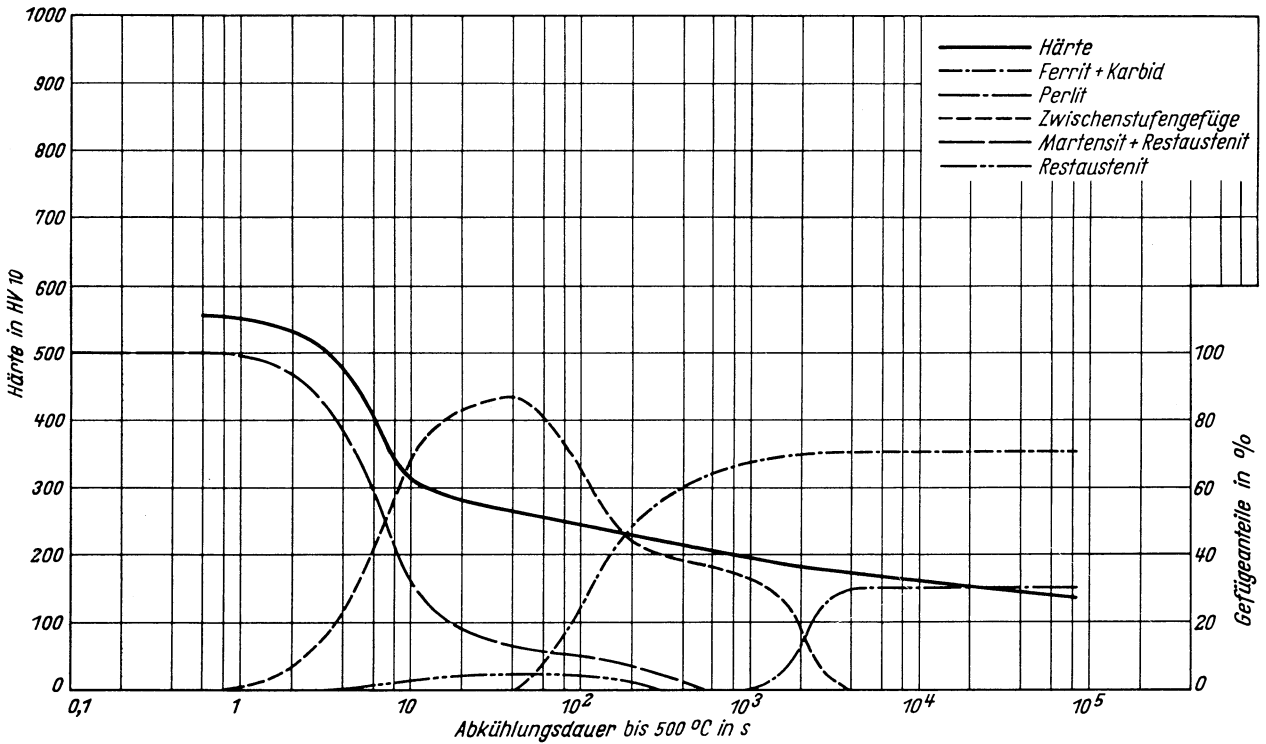
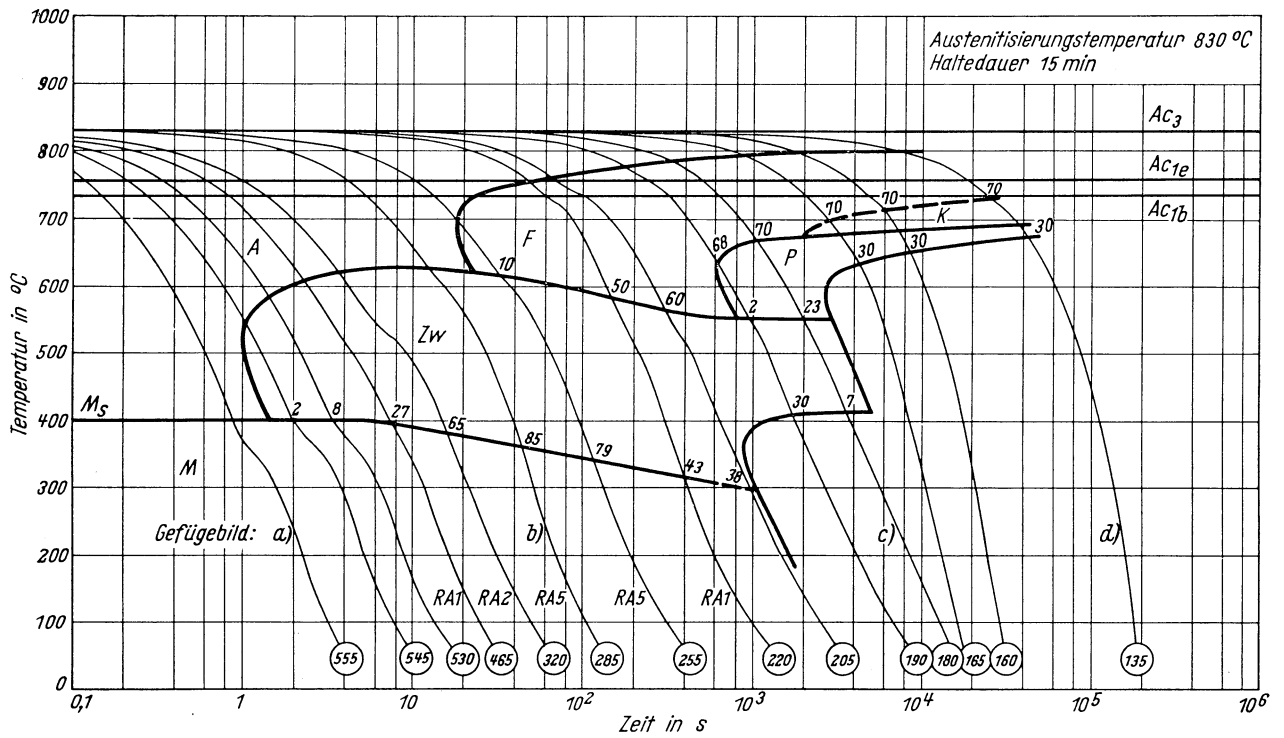
k) 1050 °C 15 min/2500 s → 500 °C

500:1



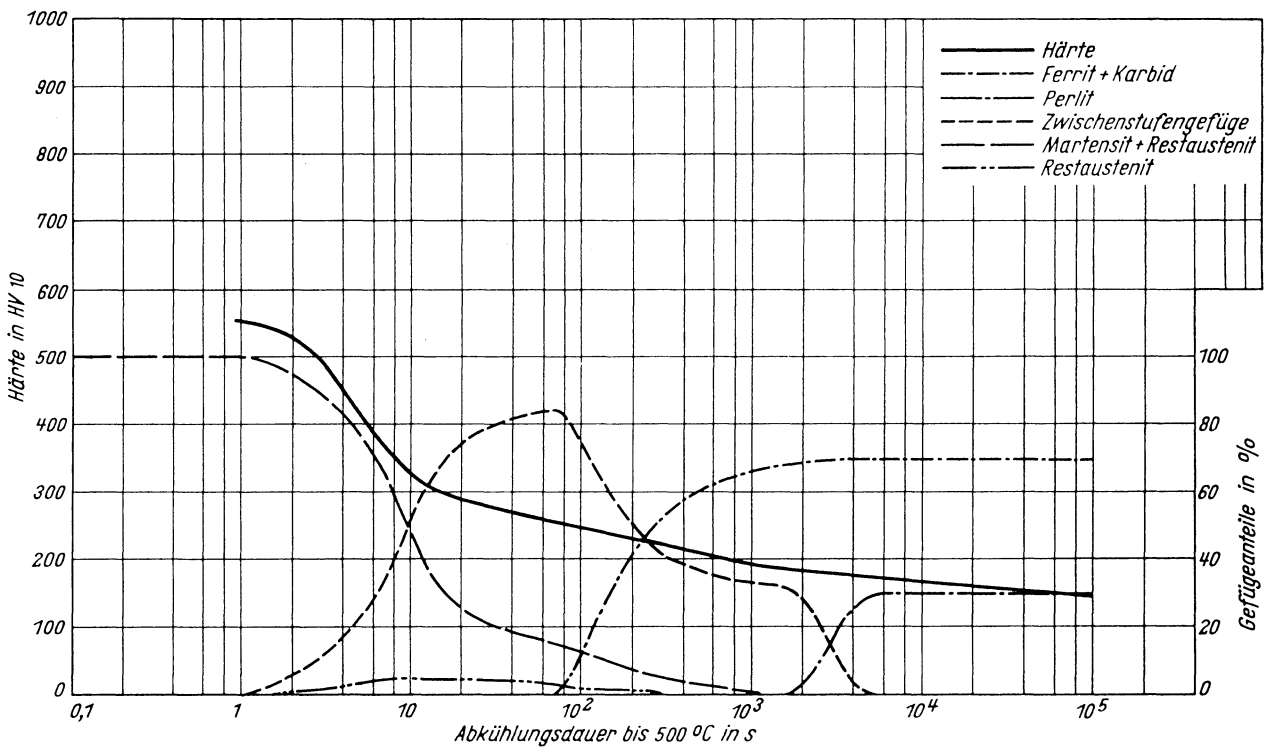
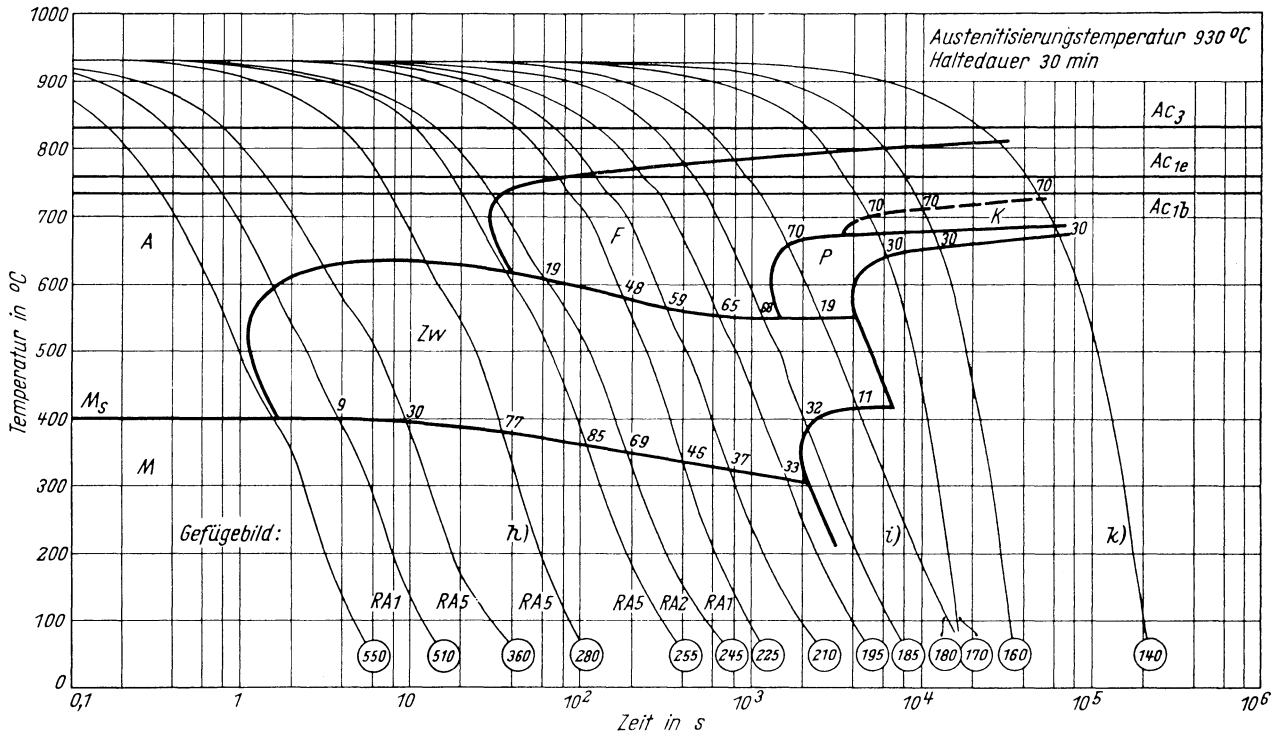
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	—
	0,31	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	—

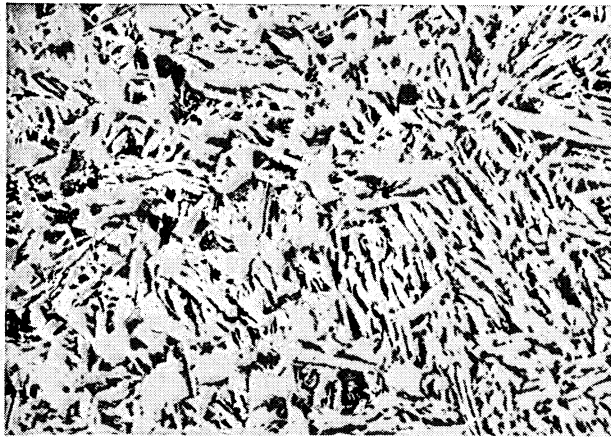


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,31	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-

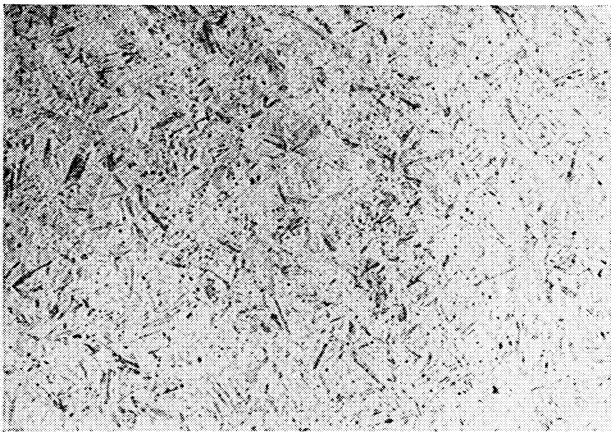


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



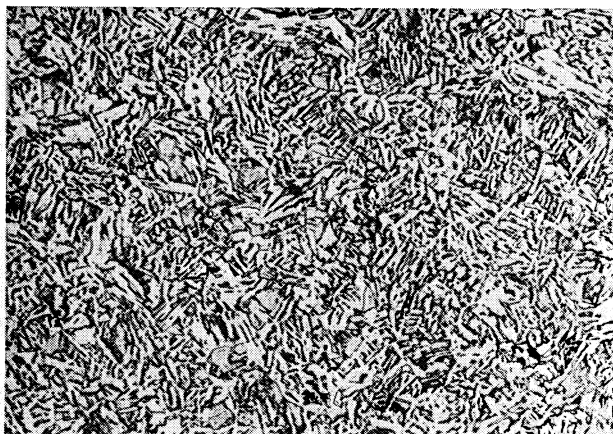
Ausgangszustand

500:1



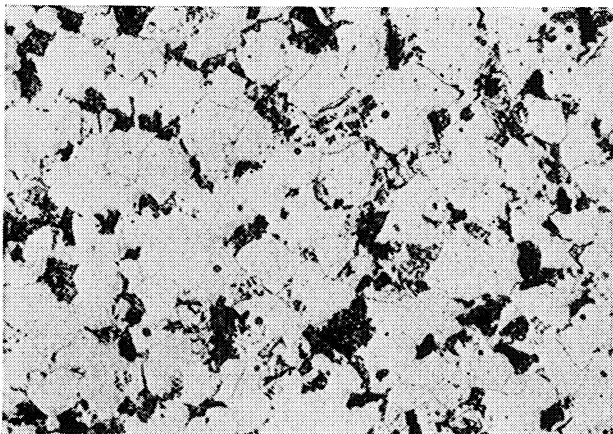
a) 830 °C 15 min/0,6 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/20 s → 500 °C

500:1



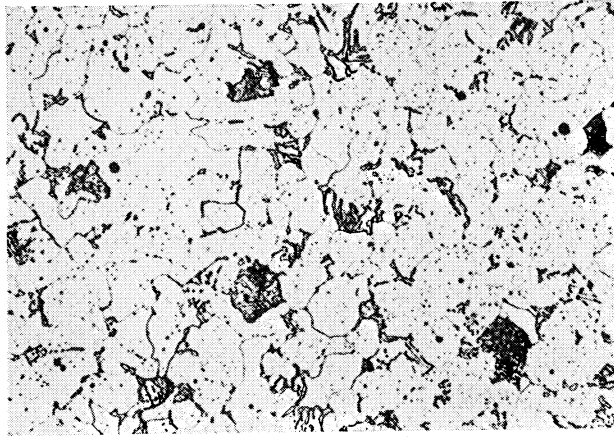
c) 830 °C 15 min/2500 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

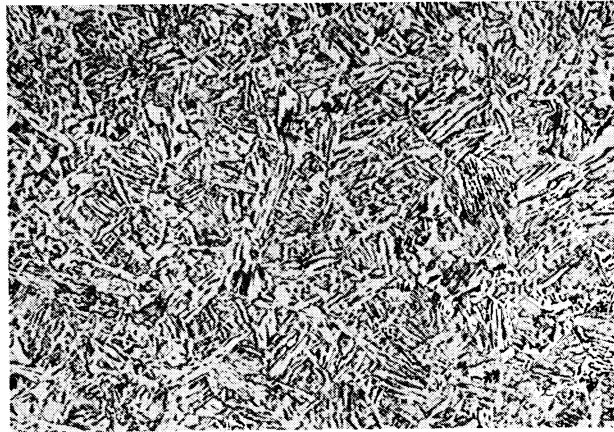
d) 830 °C 15 min/90000 s → 500 °C

500:1



h) 930 °C 30 min/25 s → 500 °C

500:1



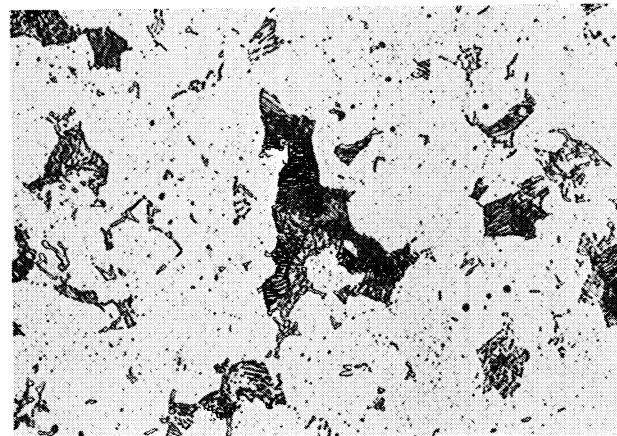
i) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



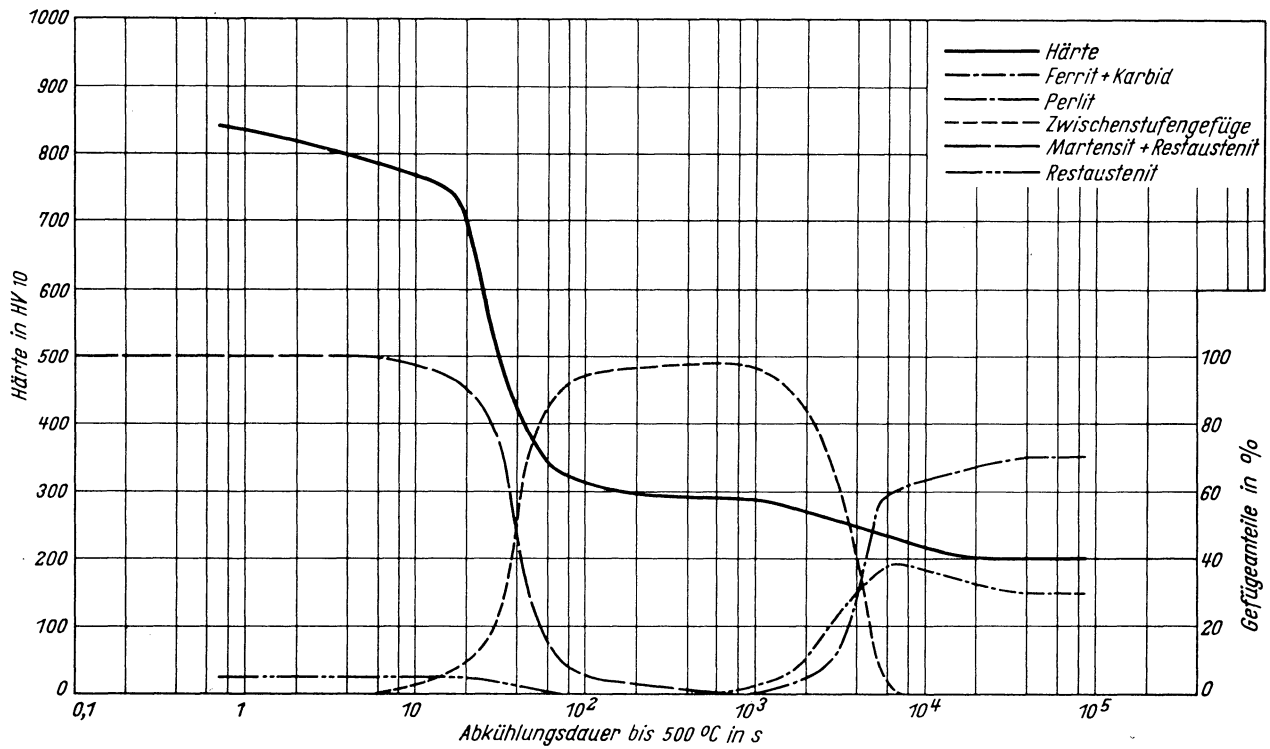
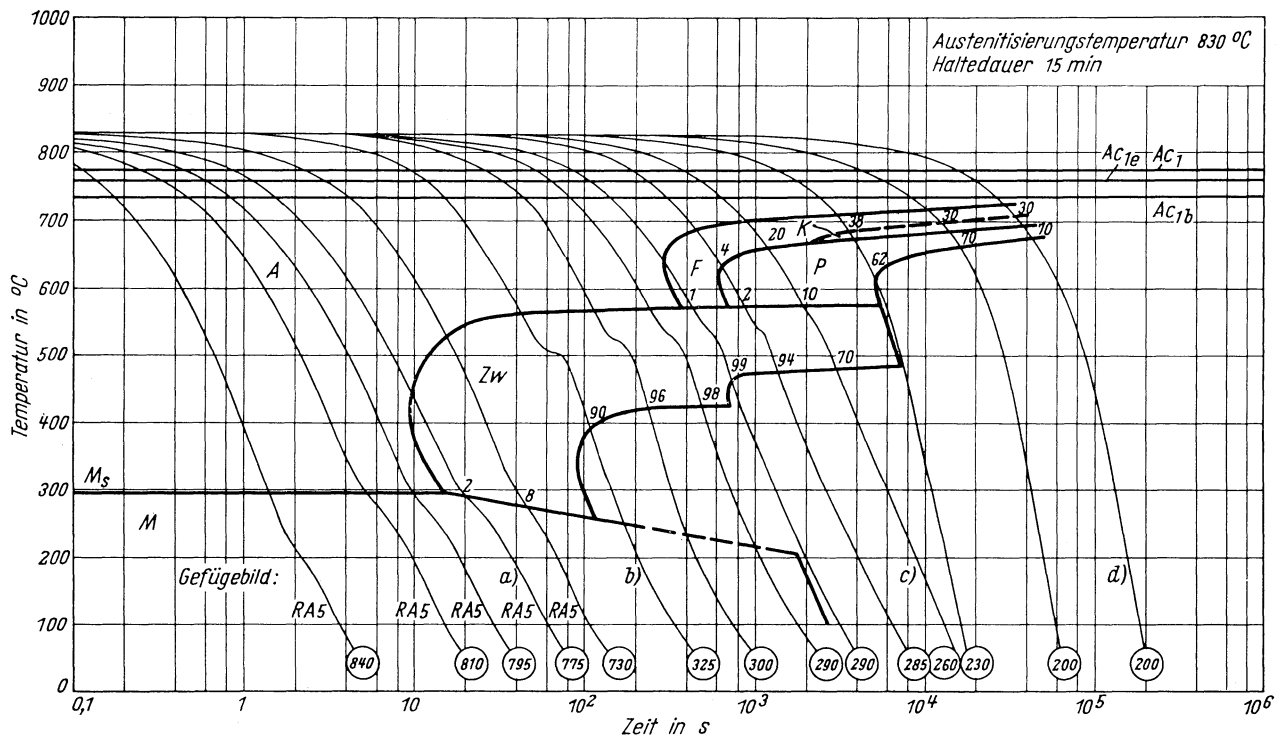
k) 930 °C 30 min/110000 s → 500 °C

500:1



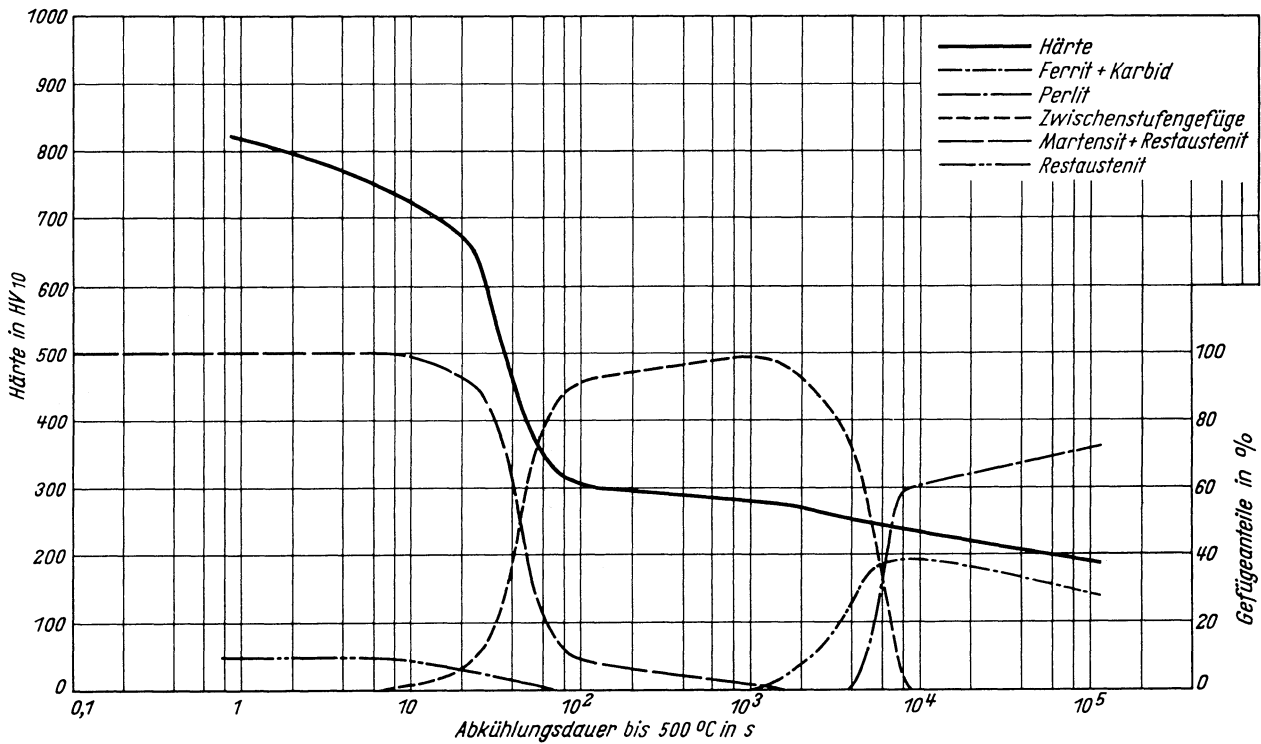
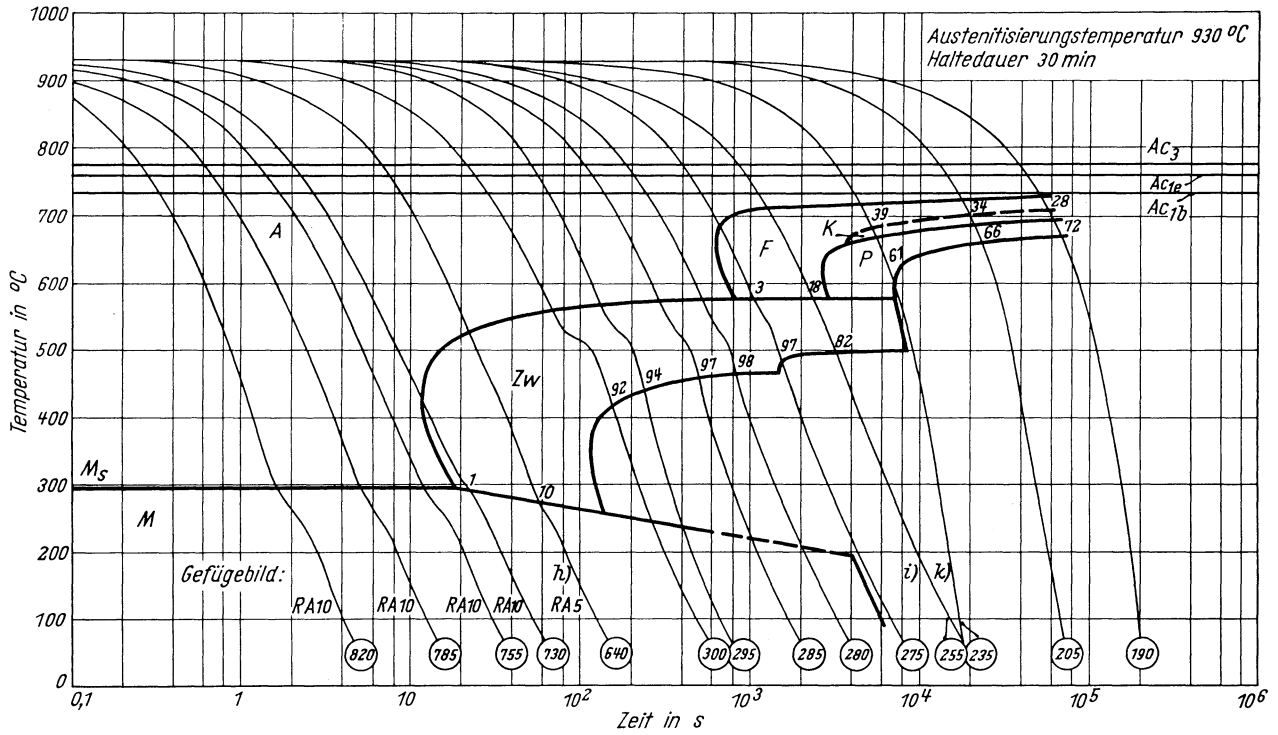
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,58	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-

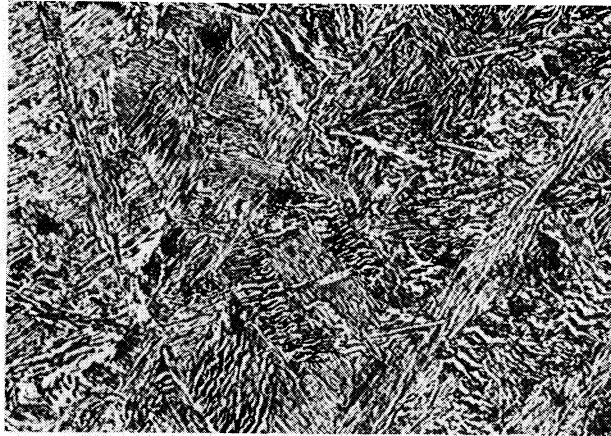


Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,58	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-

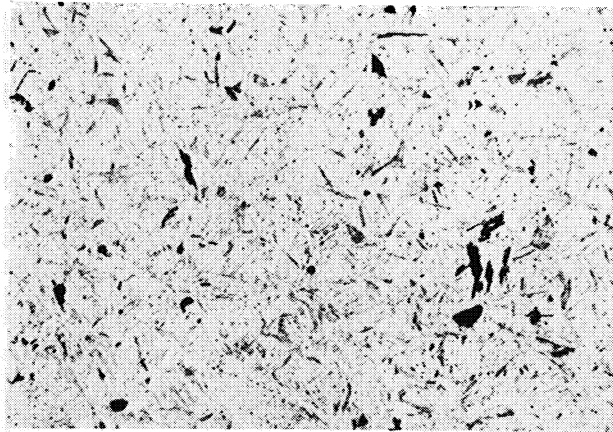


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



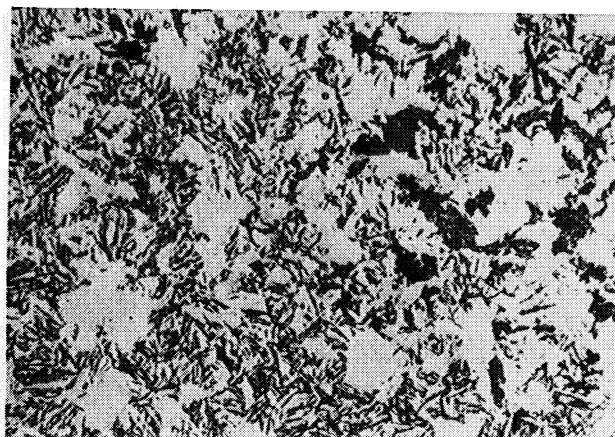
a) 830 °C 15 min/7,5 s → 500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/75 s → 500 °C

500:1



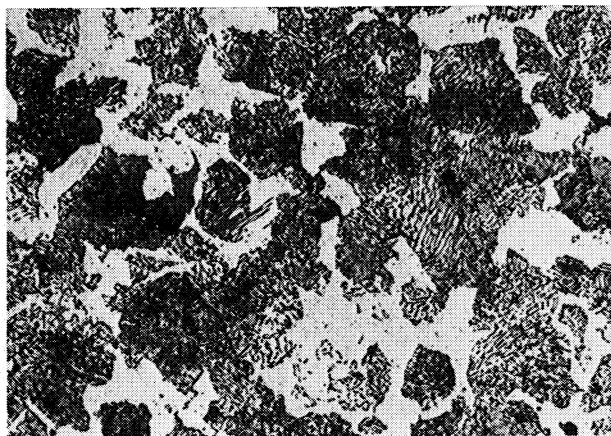
c) 830 °C 15 min/2700 s → 500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

d) 830 °C 15 min/88 000 s → 500 °C

500:1



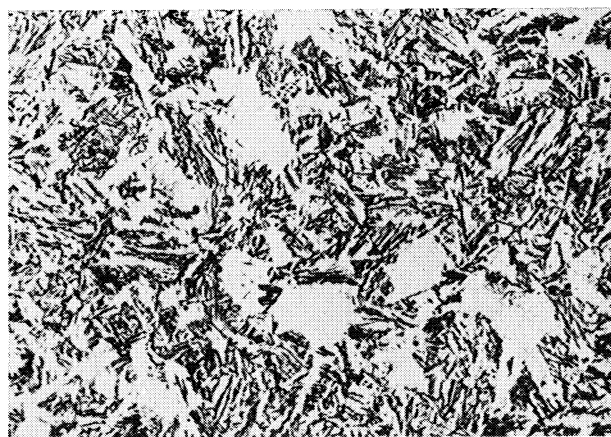
h) 930 °C 30 min/25 s → 500 °C

500:1



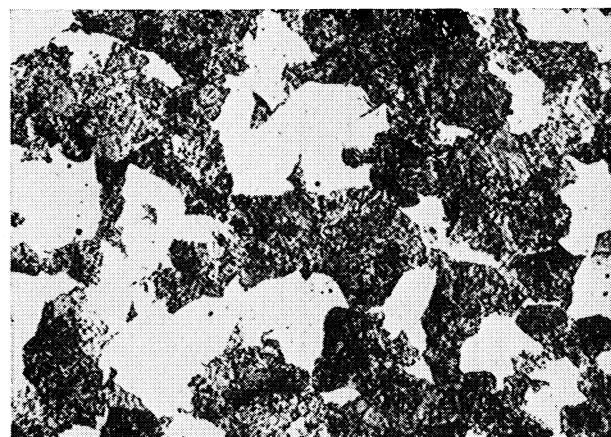
i) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



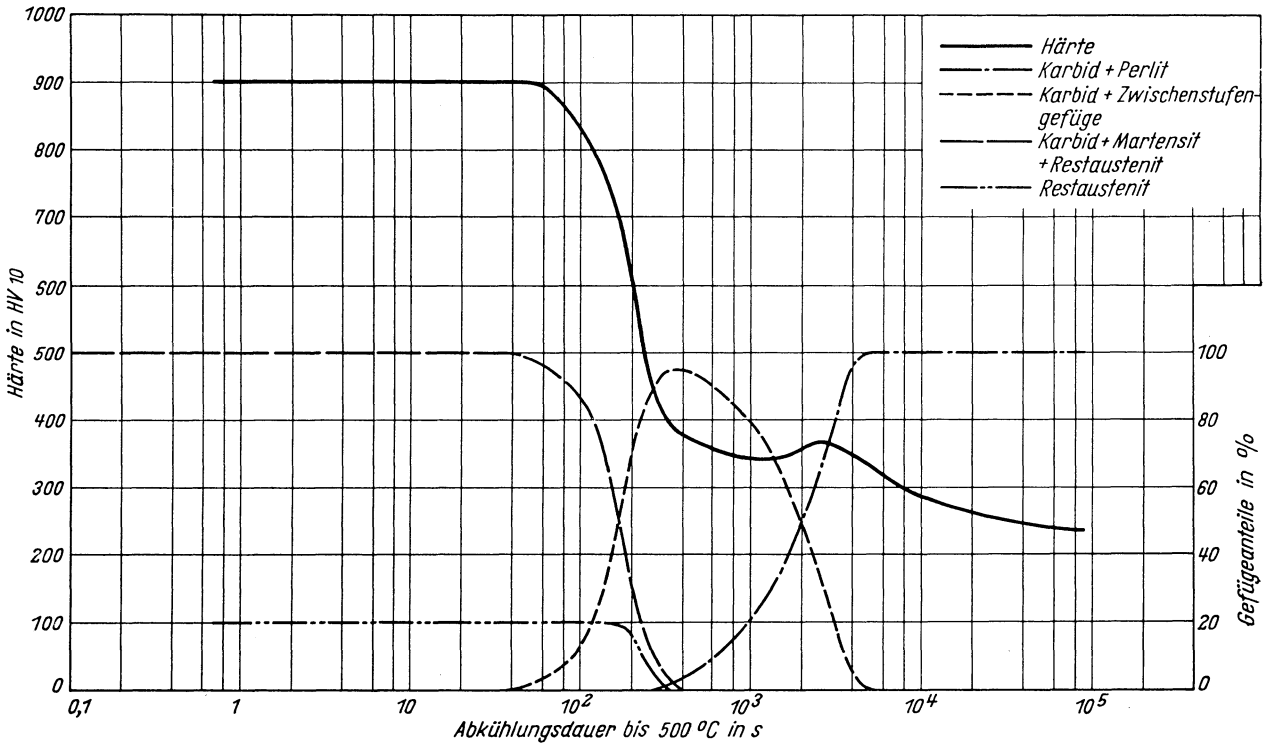
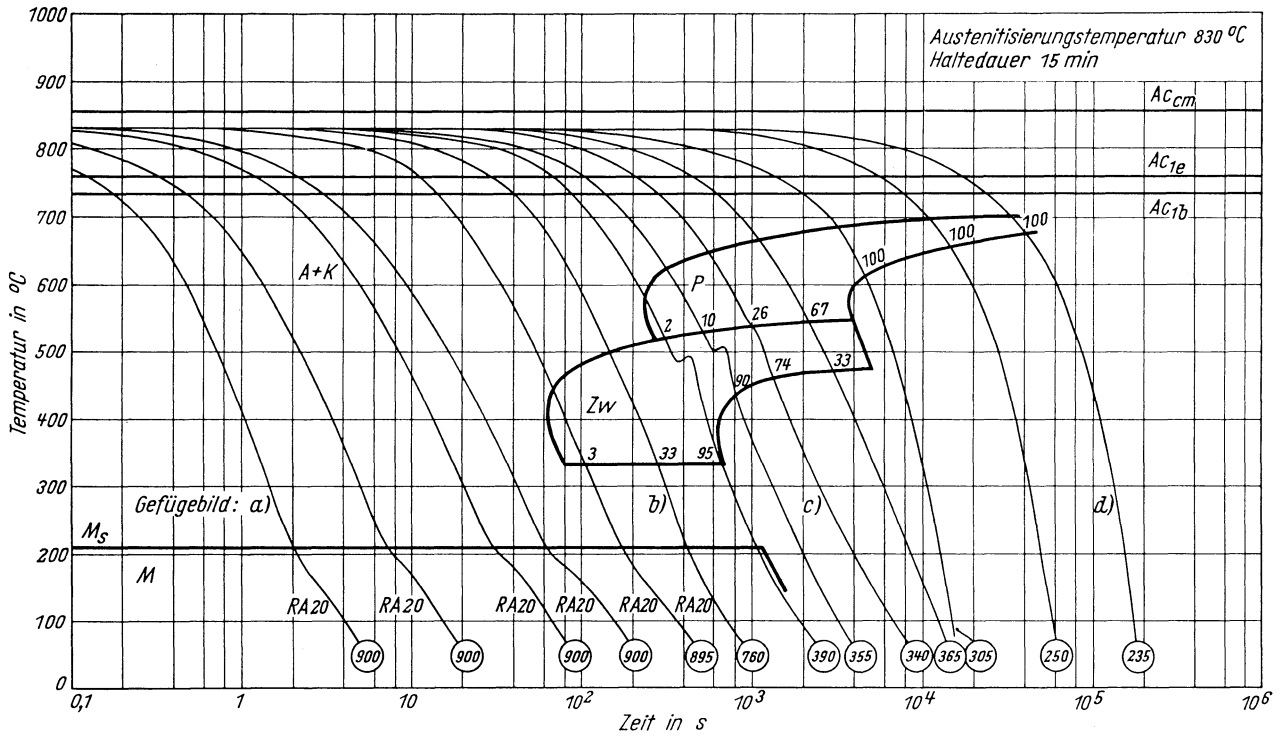
k) 930 °C 30 min/8700 s → 500 °C

500:1



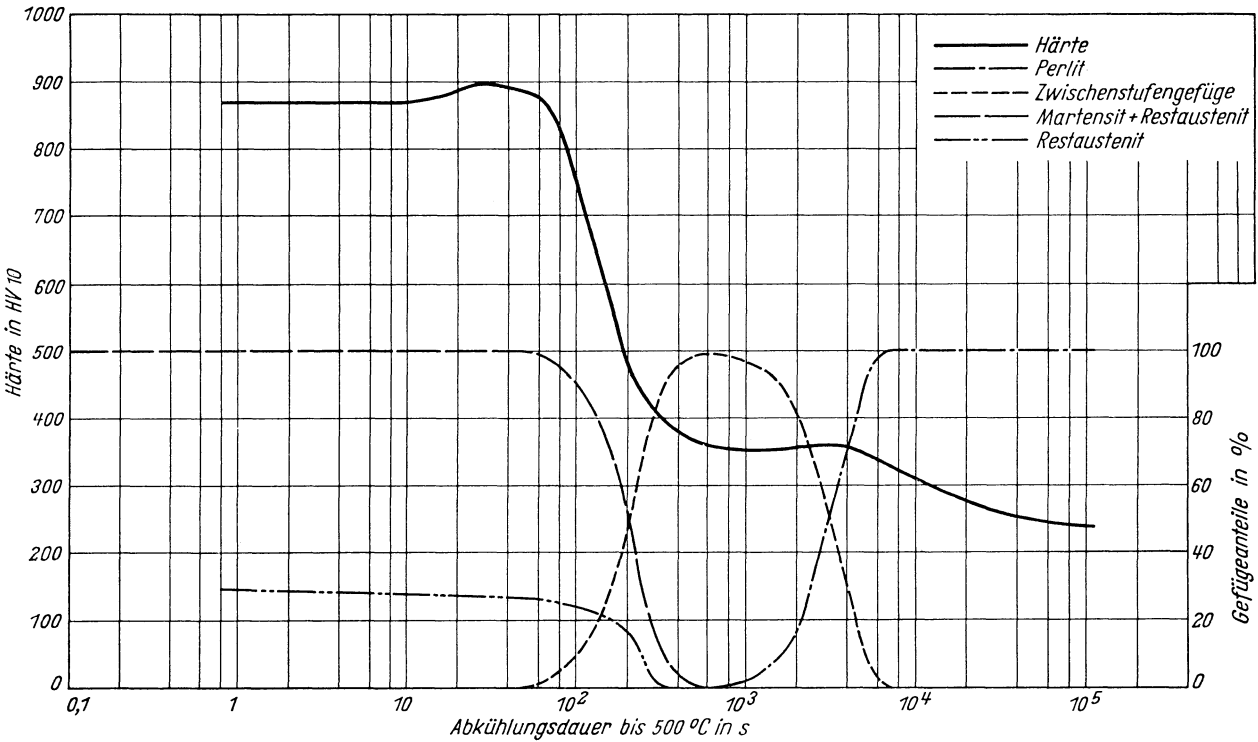
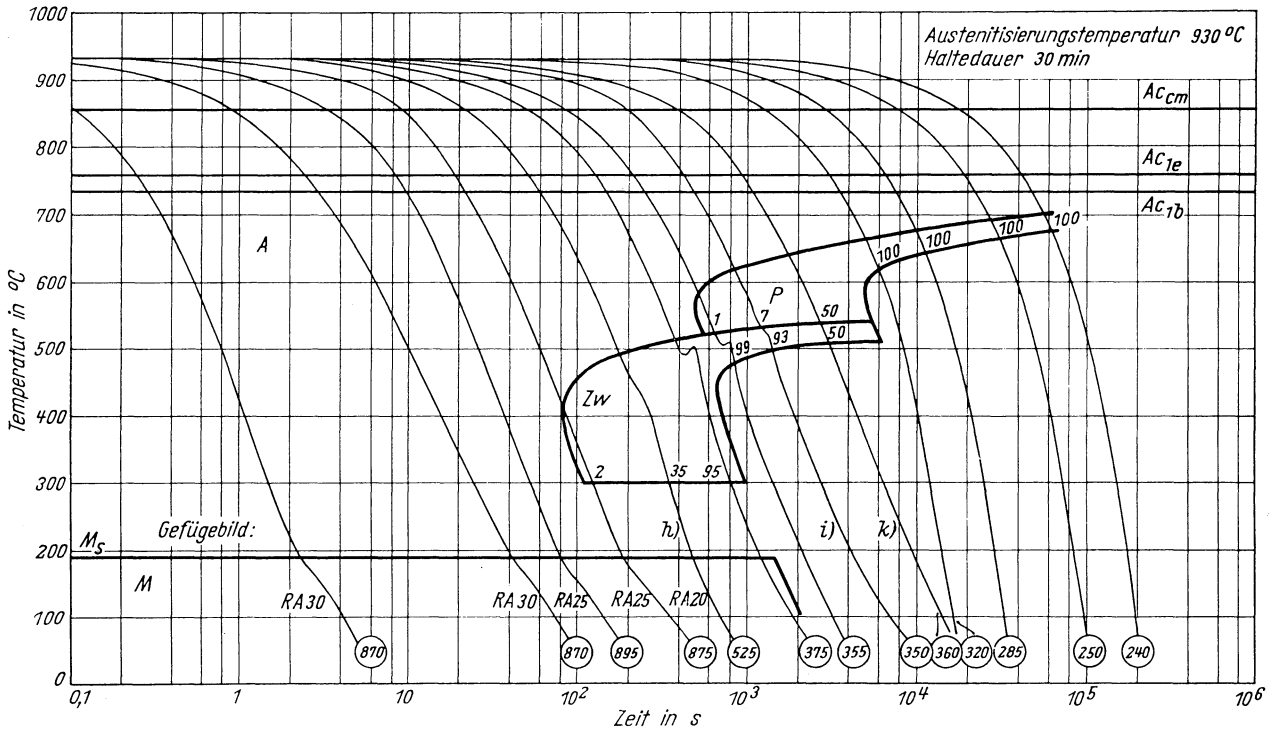
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
		0,85	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,85	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-

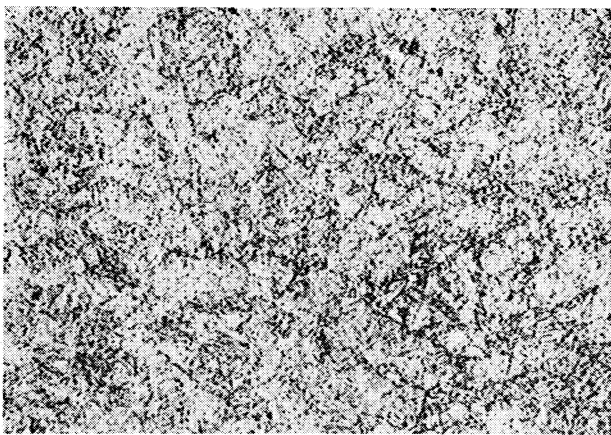


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



Ausgangszustand

500:1



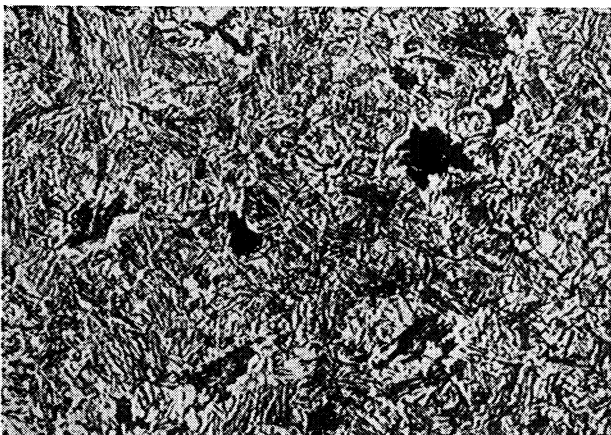
a) 830 °C 15 min/0,7 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/145 s →500 °C

500:1



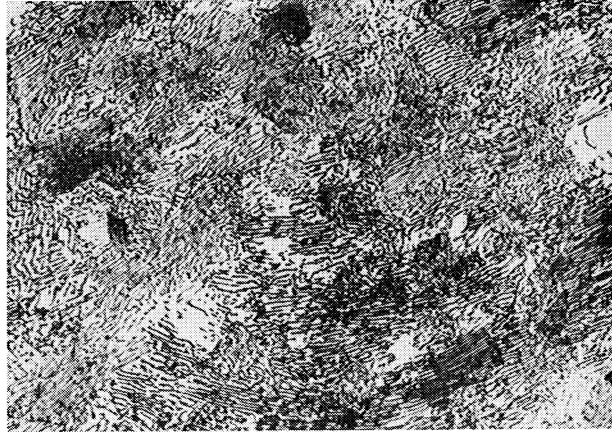
c) 830 °C 15 min/1200 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

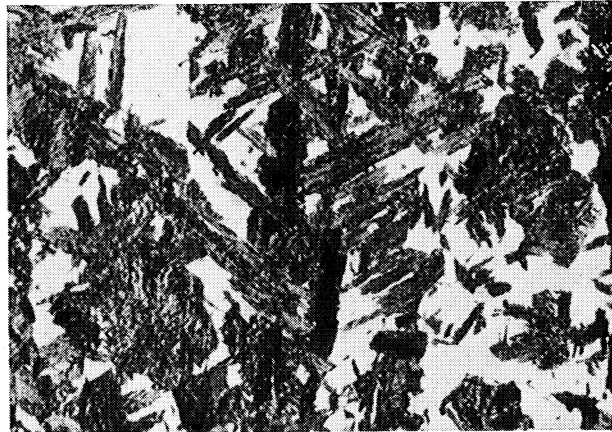
d) 830 °C 15 min/85 000 s → 500 °C

500:1



h) 930 °C 30 min/170 s → 500 °C

500:1



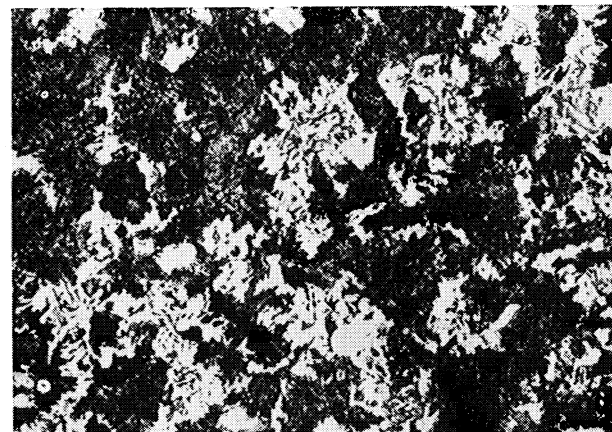
i) 930 °C 30 min/1450 s → 500 °C

500:1



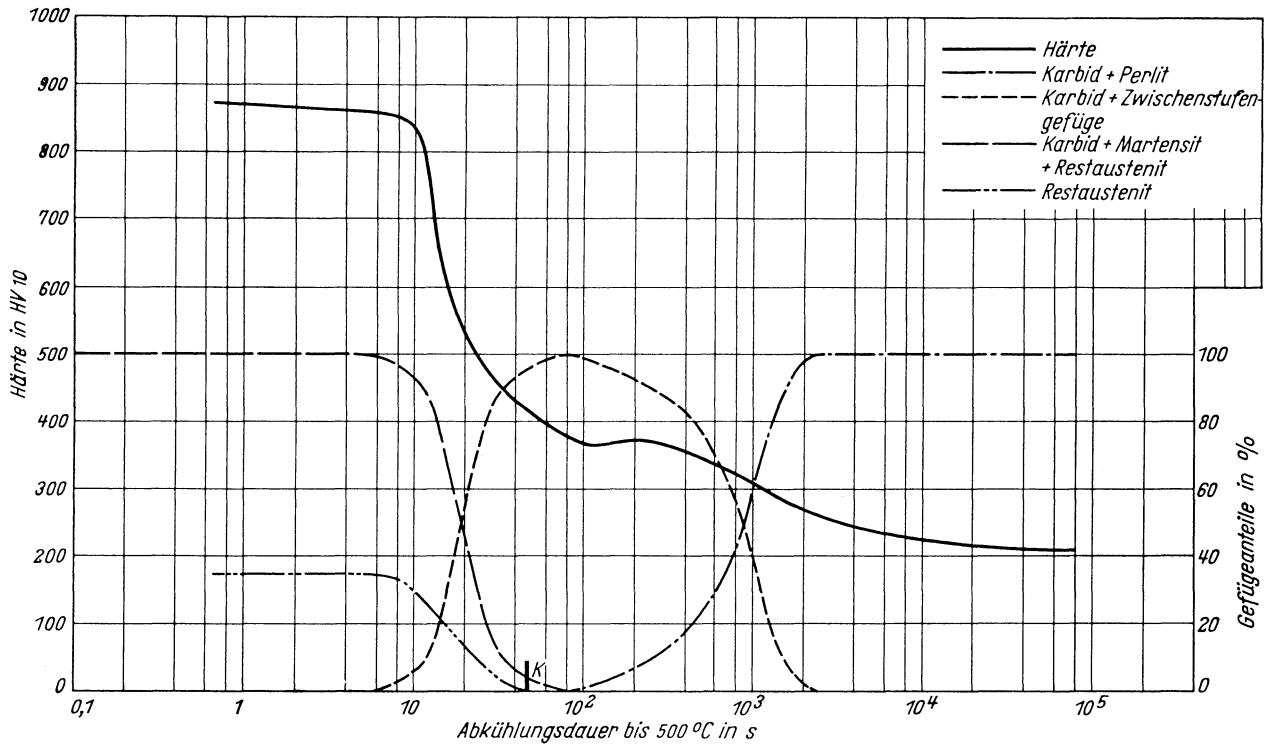
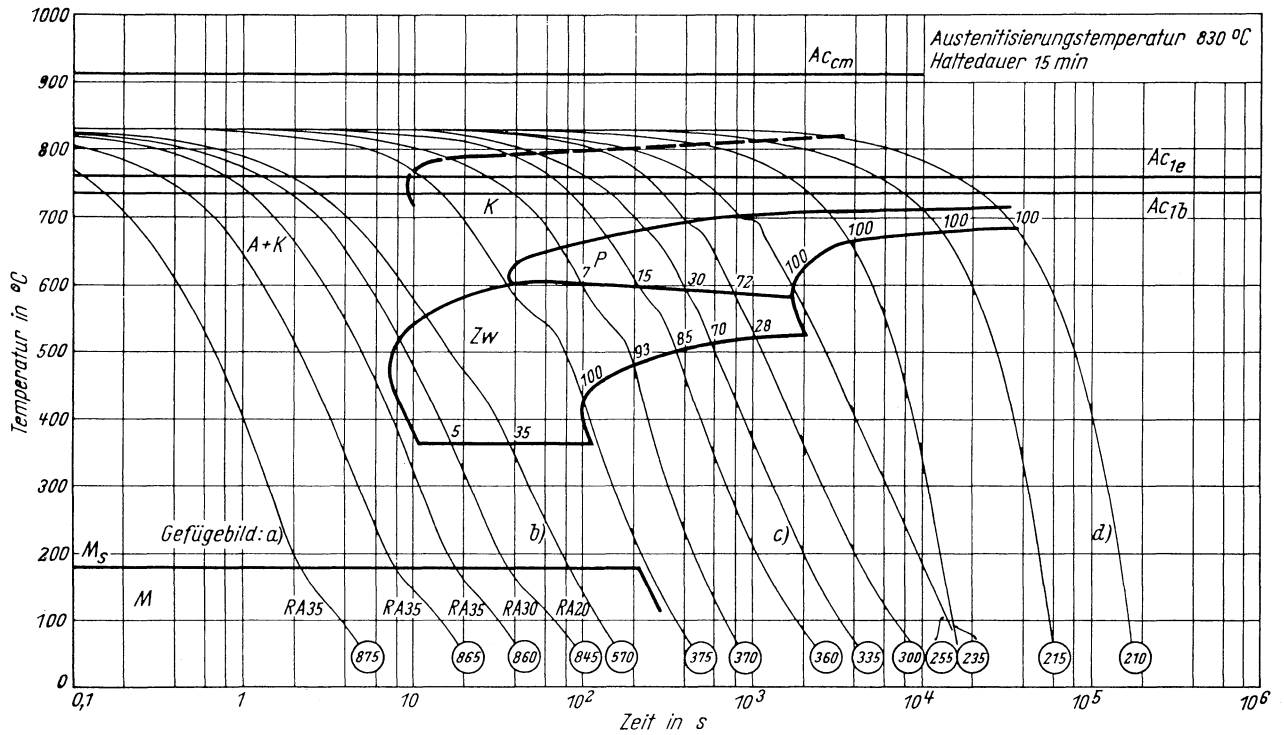
k) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	1,11	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-

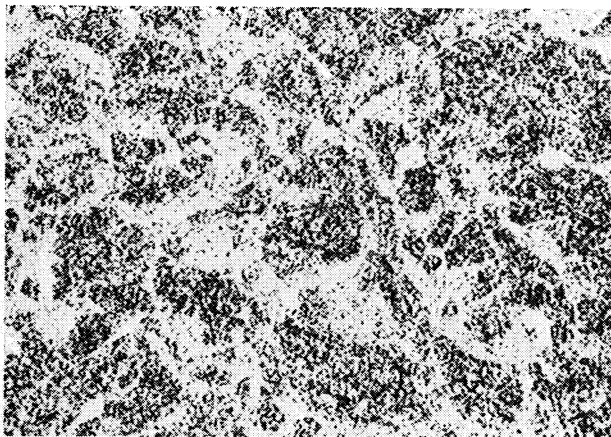


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



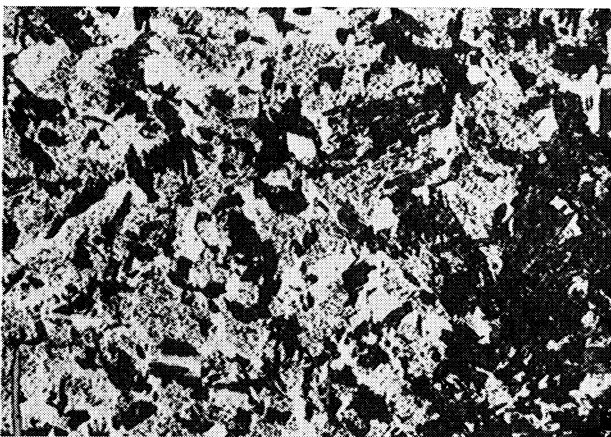
Ausgangszustand

500:1



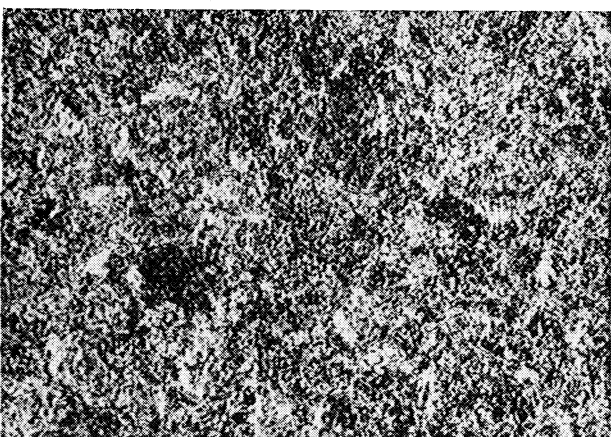
a) 830 °C 15 min/0,7 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/16 s →500 °C

500:1



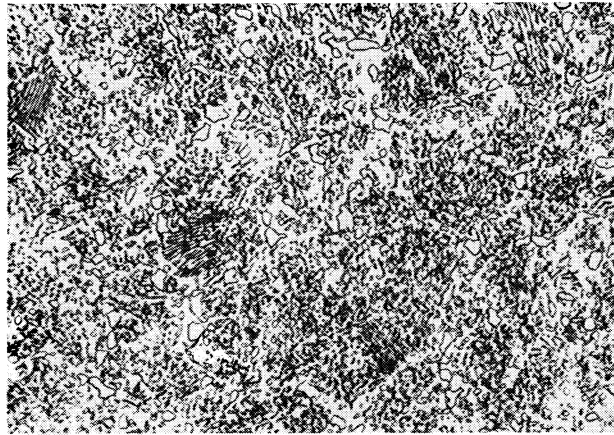
c) 830 °C 15 min/600 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

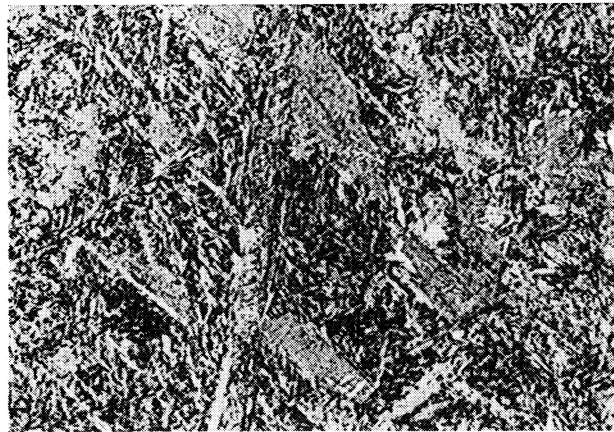
d) 830 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



h) 930 °C 30 min/60 s → 500 °C

500:1



i) 930 °C 30 min/90 s → 500 °C

500:1



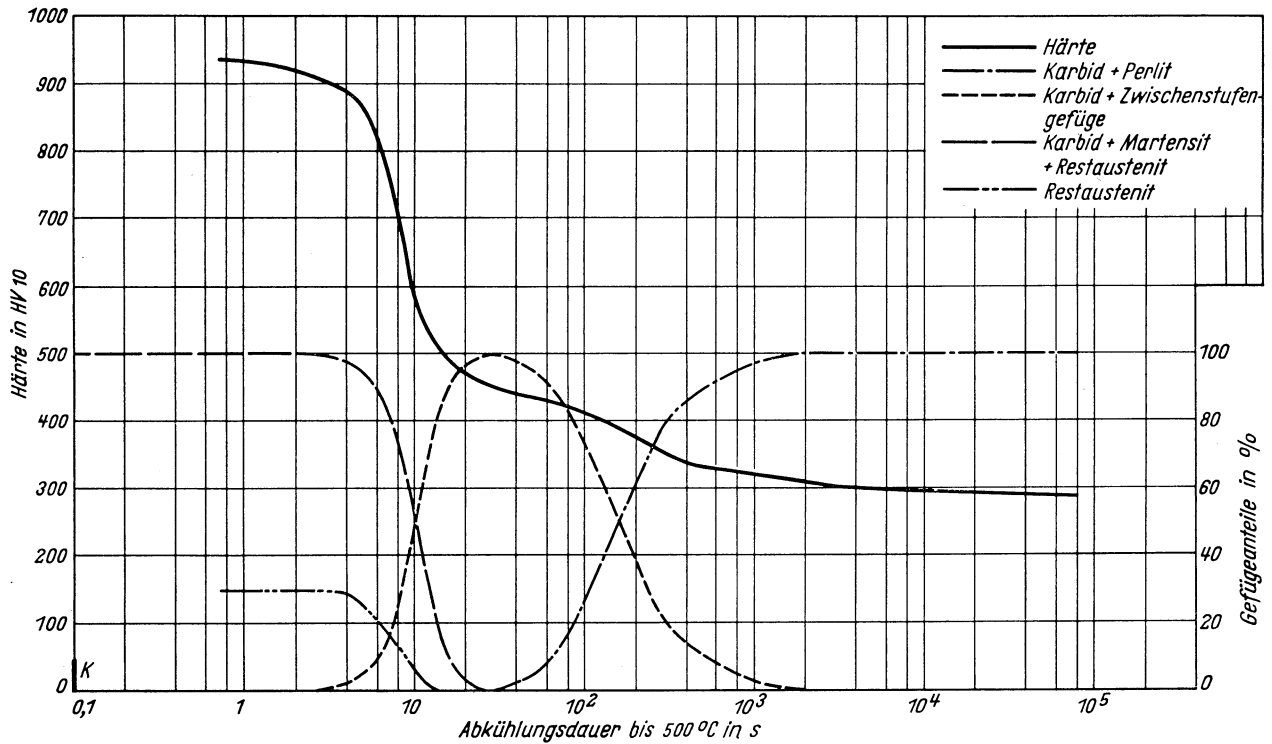
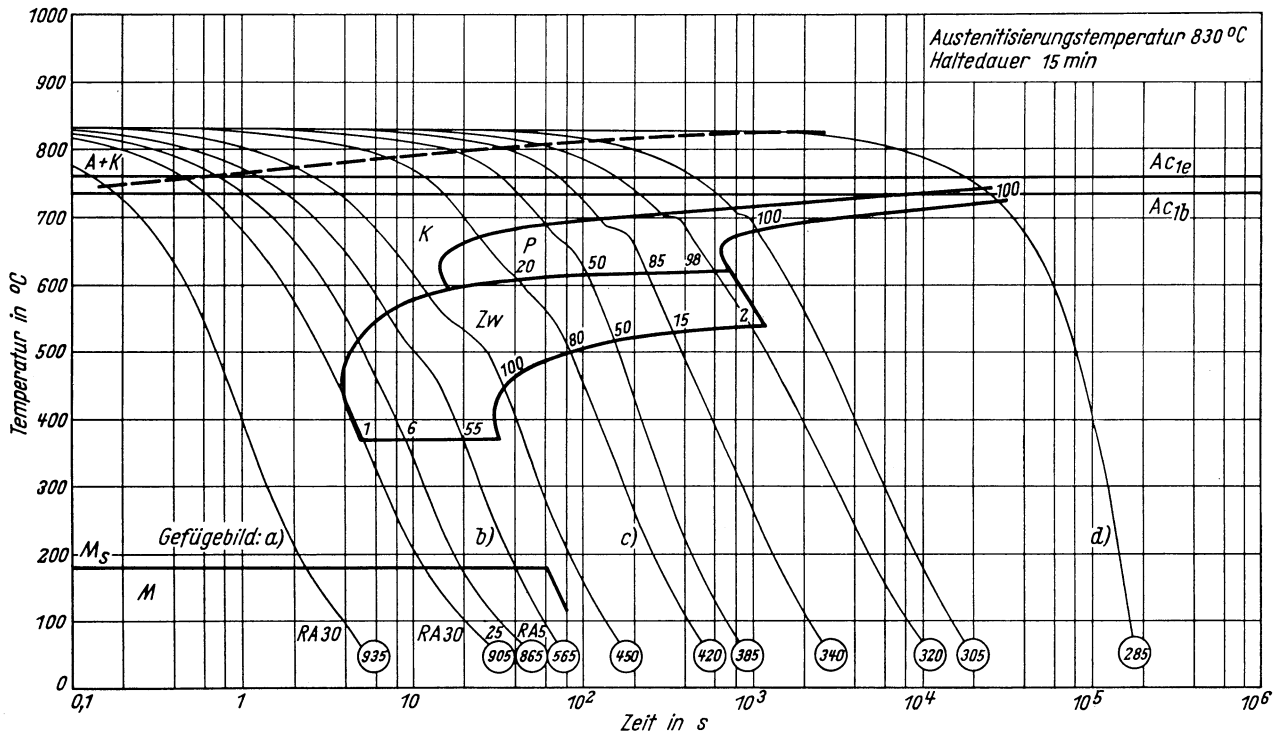
k) 930 °C 30 min/3200 s → 500 °C

500:1



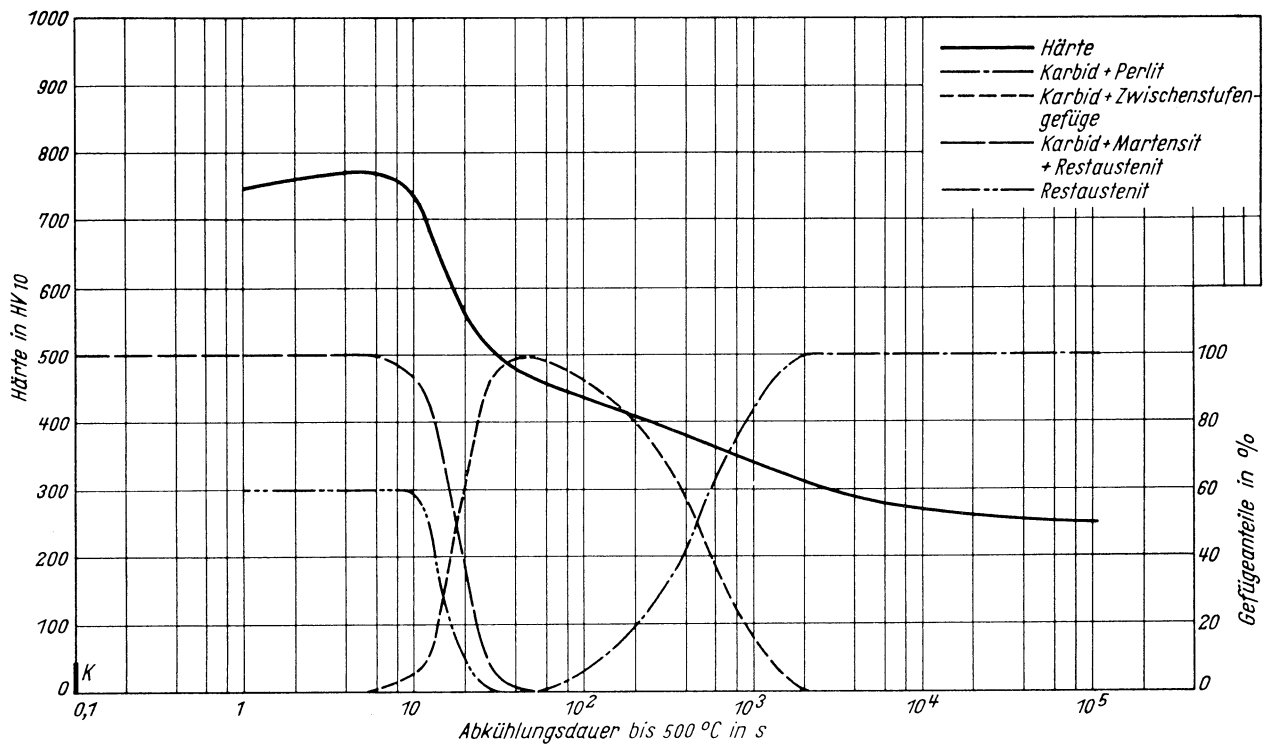
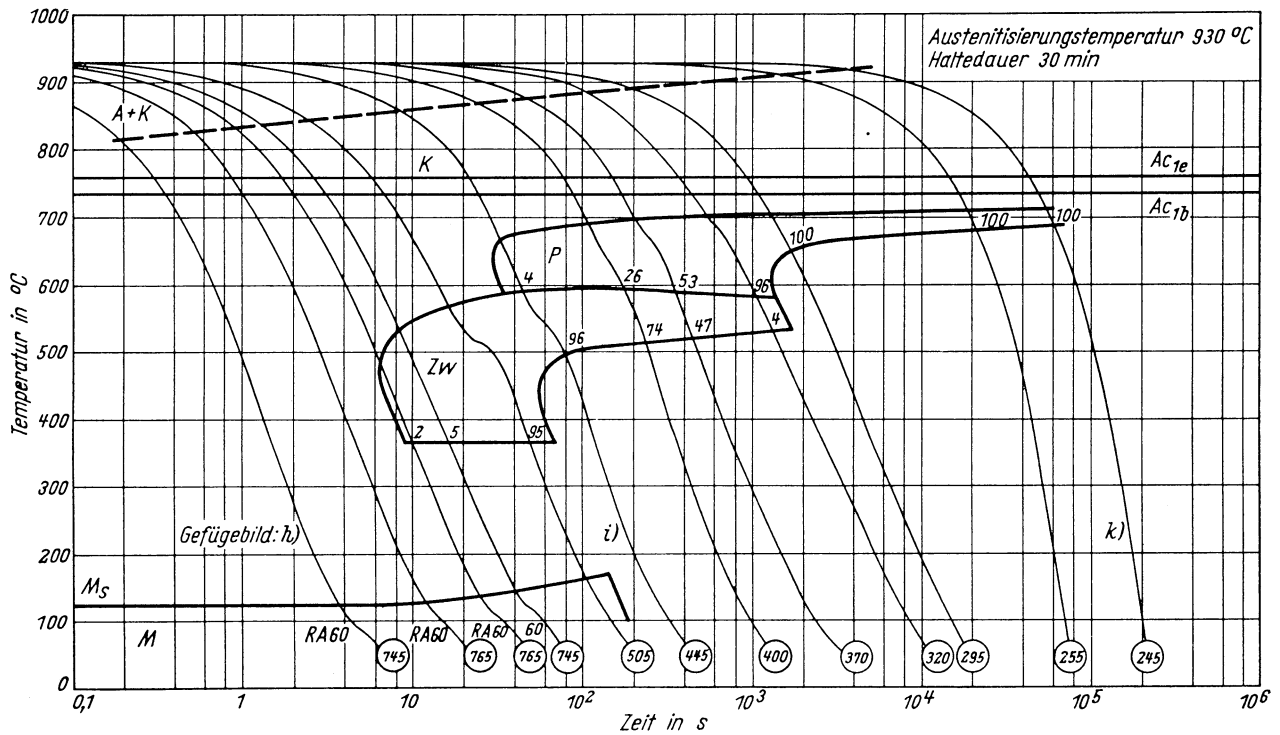
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	2,00	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	V	—
	2,00	0,30	0,65	0,013	0,030	0,051	0,12	0,08	0,50	0,05	0,03	—

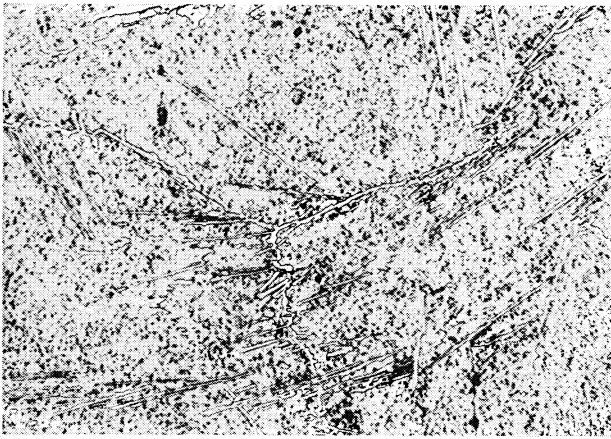


Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich



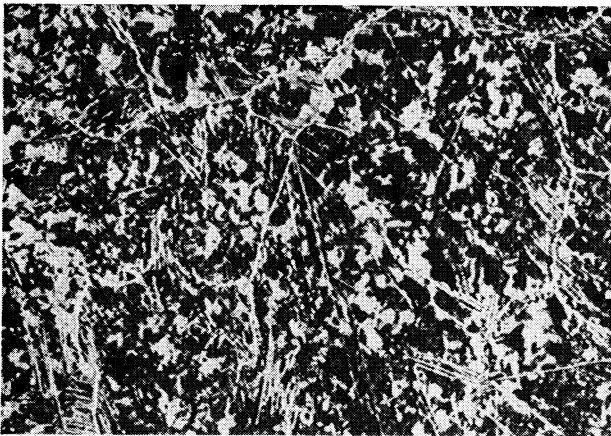
Ausgangszustand

500:1



a) 830 °C 15 min/0,7 s →500 °C

500:1



b) 830 °C 15 min/10,5 s →500 °C

500:1



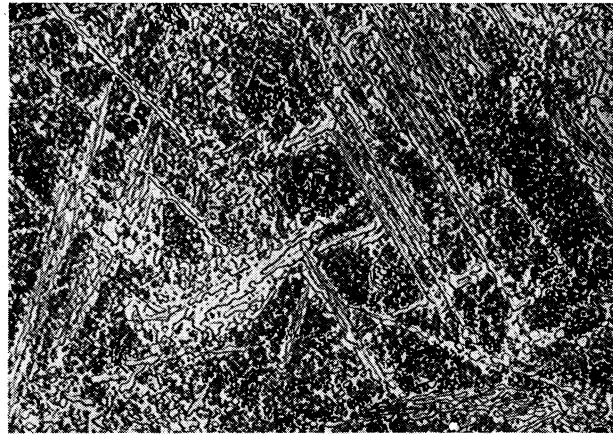
c) 830 °C 15 min/85 s →500 °C

500:1

Gefügebilder zu den Umwandlungsschaubildern
kontinuierlich

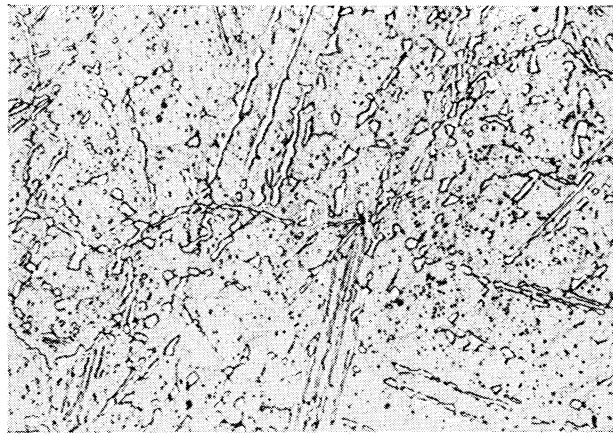
d) 830 °C 15 min/80 000 s → 500 °C

500:1



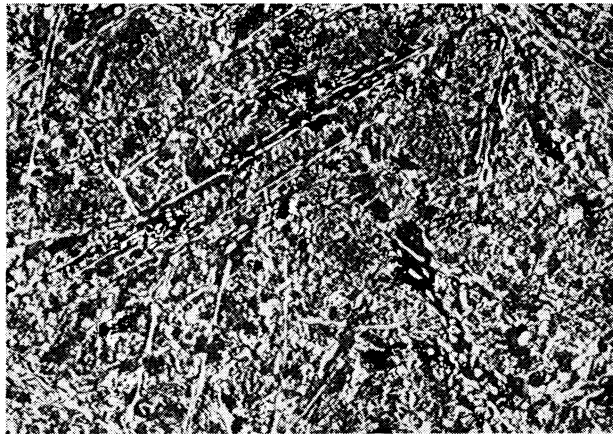
h) 930 °C 30 min/1,0 s → 500 °C

500:1



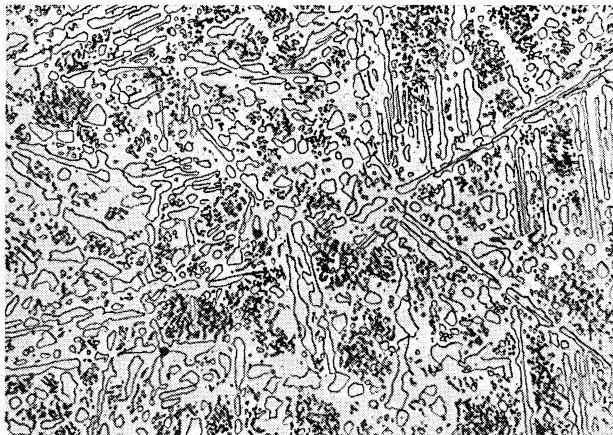
i) 930 °C 30 min/105 s → 500 °C

500:1



k) 930 °C 30 min/108 000 s → 500 °C

500:1



(Bezeichnung nach DIN 17 006)

Stoffnummer nach DIN 17 007 : 1.1181

Vergütungsstahl nach DIN 17 200

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S
mindestens	0,32	0,15	0,50		
höchstens	0,39	0,35	0,80	0,035	0,035

Temperaturen für die Wärmebehandlung

Normalglühen	Weichglühen	in Wasser	Härten in Öl
860 bis 890 °C	650 bis 700 °C	840 bis 870 °C	850 bis 880 °C

Angaben über die den Umwandelungschaubildern zugrunde liegenden Schmelzen

Schmelze	Erschmelzungsart	Austenitkorngröße (ASTM) nach	
		880 °C 20 min	1100 °C 20 min
1	bas. Siemens-Martin-Ofen	7,8	4
2	bas. Siemens-Martin-Ofen zusätzlich vakuumbehandelt	5,6	2,3

Chemische Zusammensetzung in %

Schmelze	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	N	Ni	O
1	0,36	0,27	0,64	0,030	0,022	< 0,005	0,12	0,006	0,05	0,011
2	0,37	0,16	0,60	0,027	0,020	< 0,005	0,12	0,005	0,05	0,003

	Schm. 1	Schm. 2
Ac ₃ -Temperatur	810 °C	810 °C
Ac ₁ -Temperatur	730 °C	745 °C
M _s -Temperatur	375 °C	375 °C

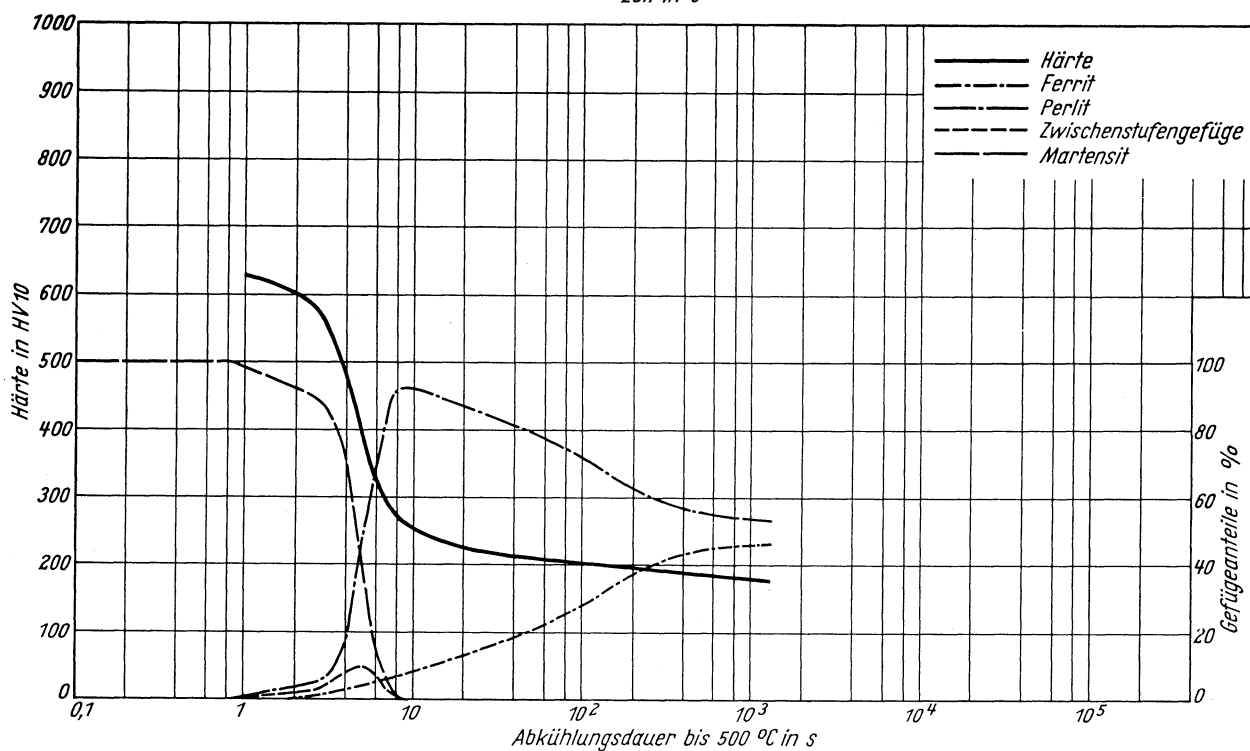
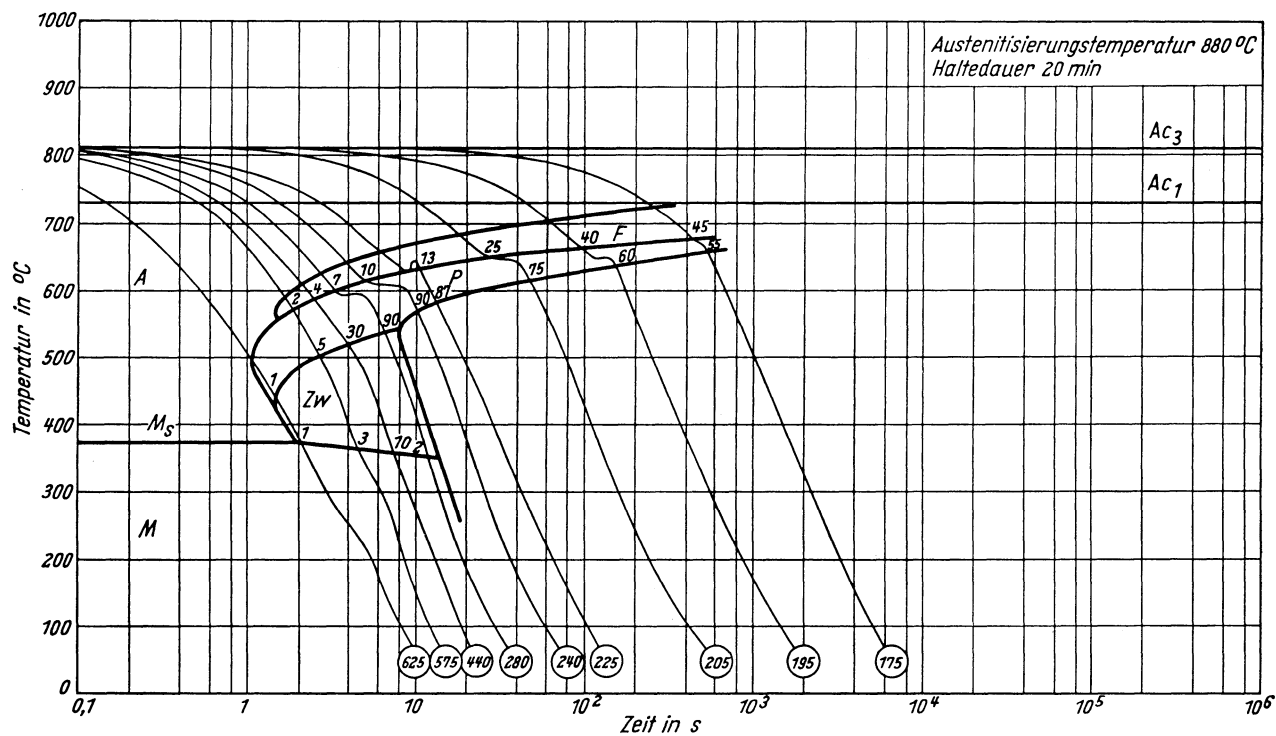
} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min

Kritische Kühlzeiten von Ac₃ bis 500 °C nach Austenitisierung von 880 °C 20 min bzw. 1100 °C 20 min, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

	Schm. 1		Schm. 2		
	880 °C	1100 °C	880 °C	1100 °C	
K _m	0,9 s	1,1 s	0,9 s	1,5 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	4,6 s	5,5 s	4,3 s	5,0 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	0,9 s	1,1 s	0,9 s	1,5 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	8,5 s	18 s	9,0 s	18 s	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

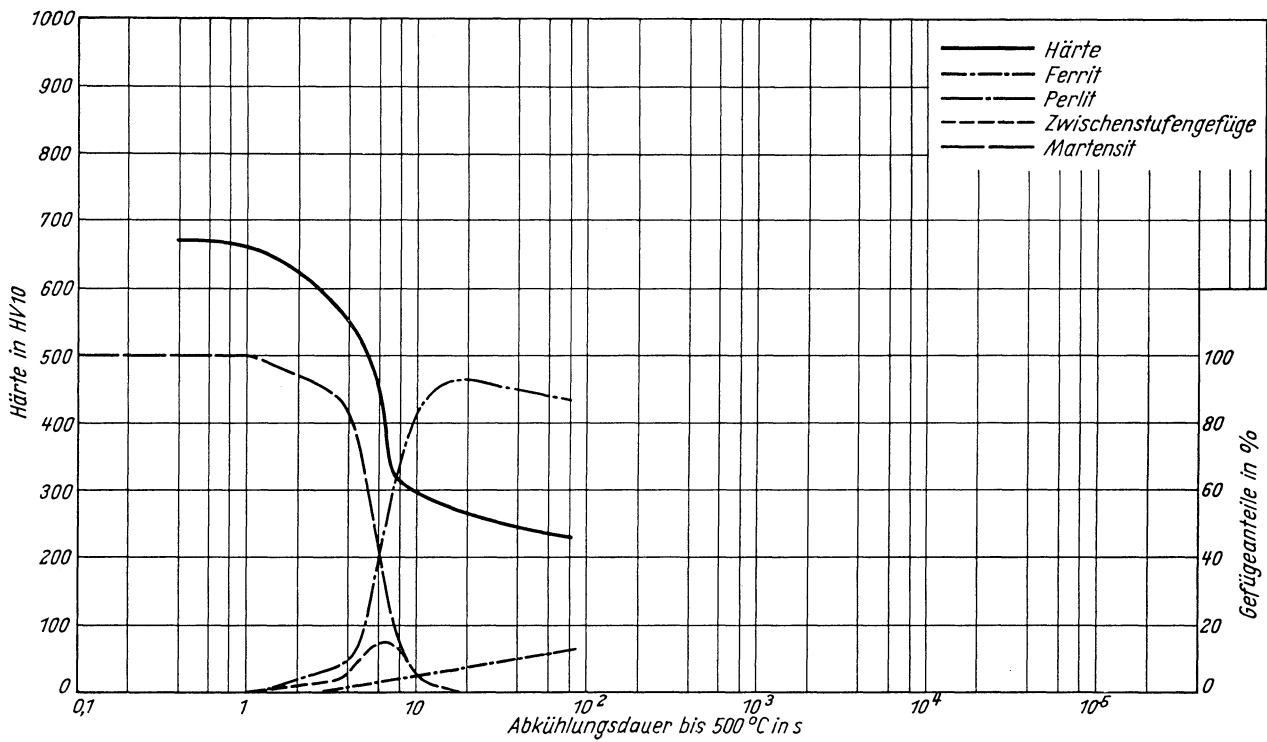
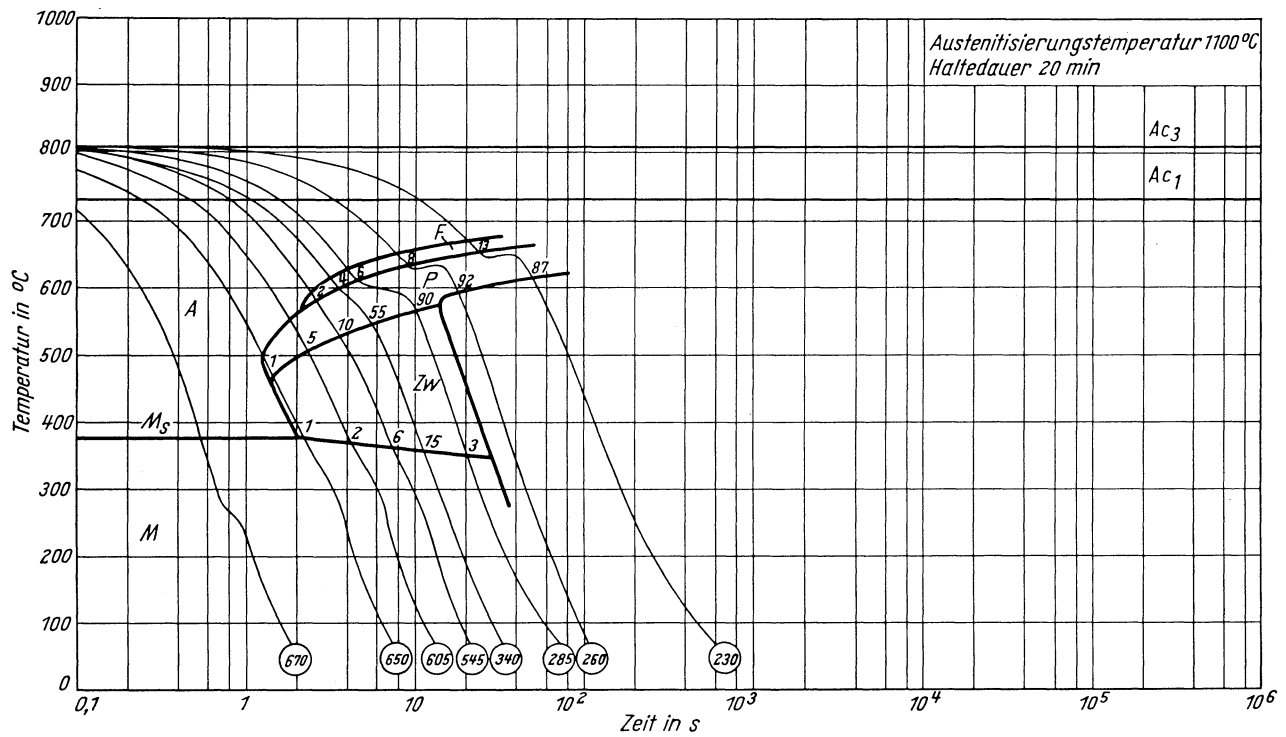
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	N ₂	O ₂	—	—	—
		0,36	0,27	0,64	0,030	0,022	0,005	0,12	0,006	0,011	—	—



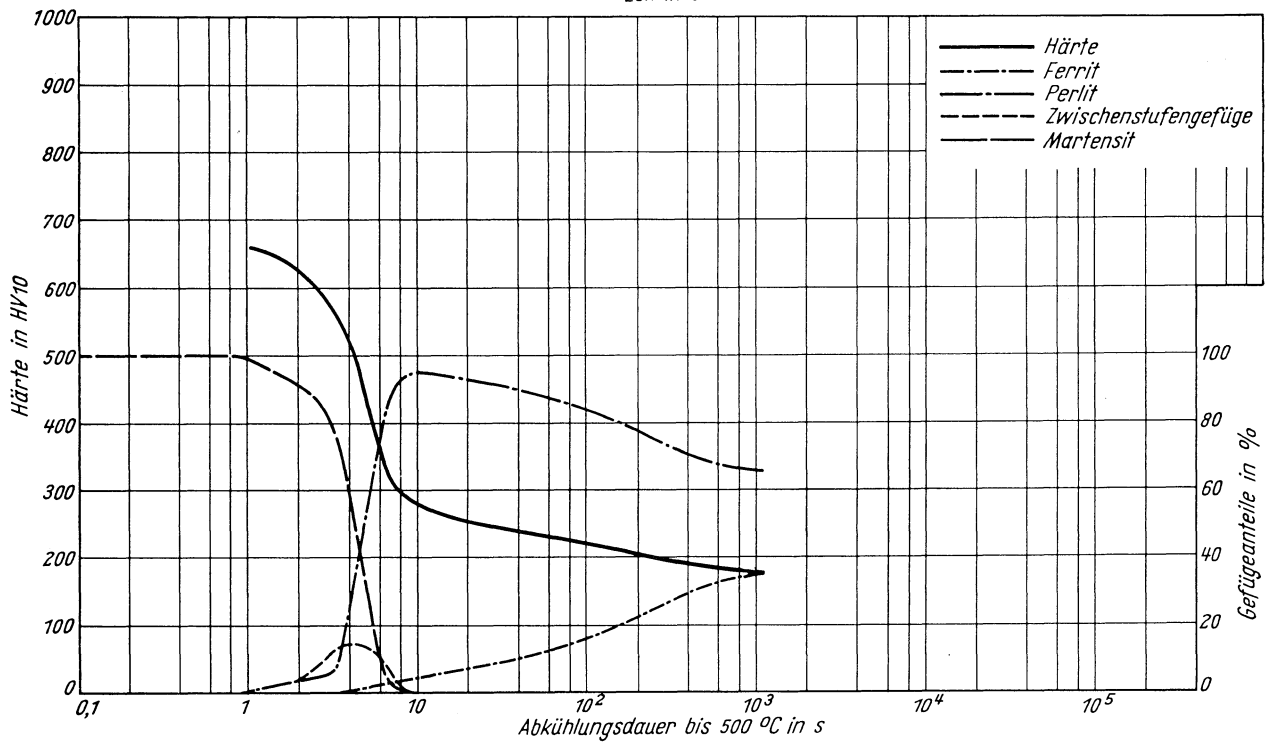
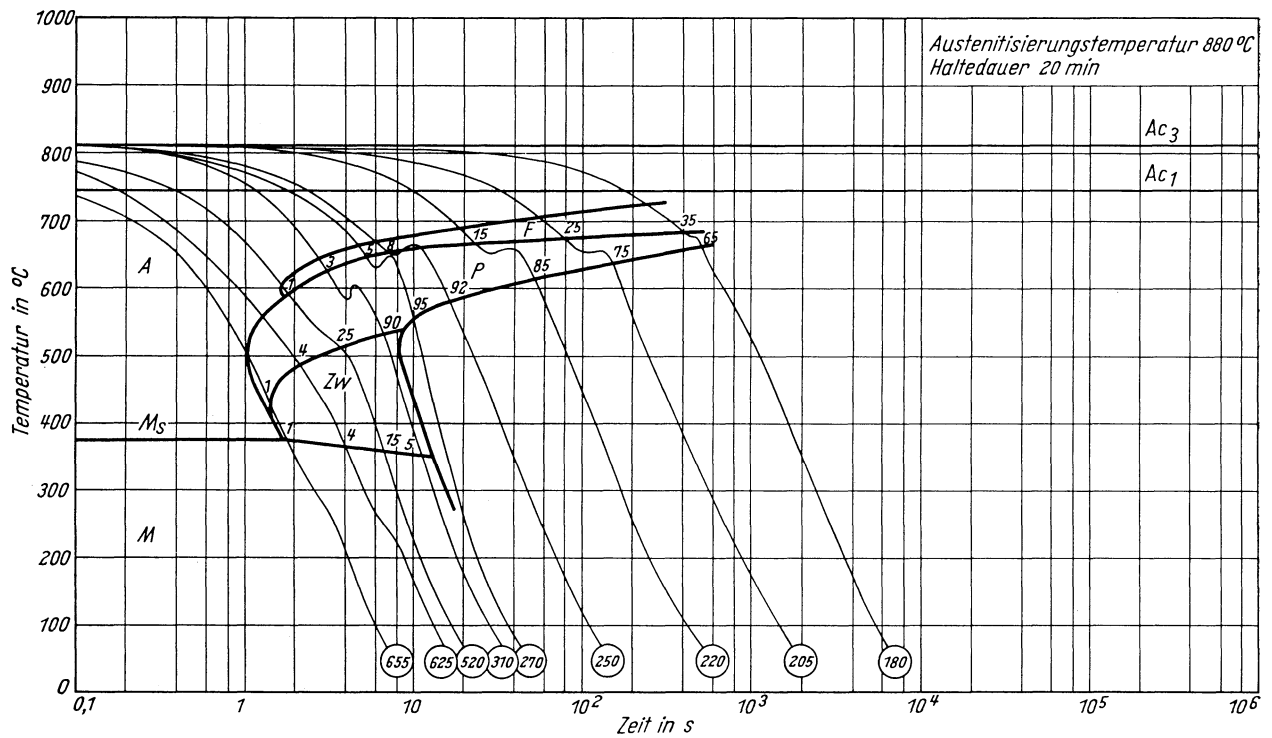
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	N ₂	O ₂	-	-	-
	0,36	0,27	0,64	0,030	0,022	0,005	0,12	0,006	0,011	-	-	-



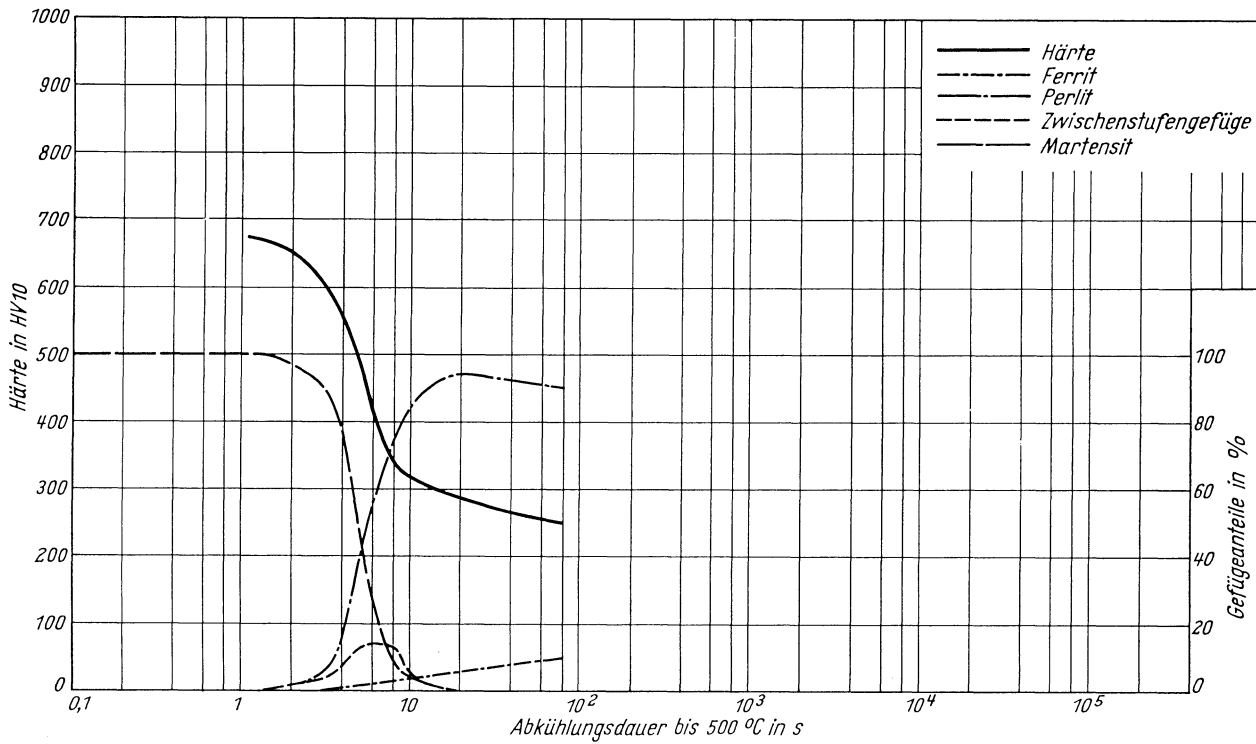
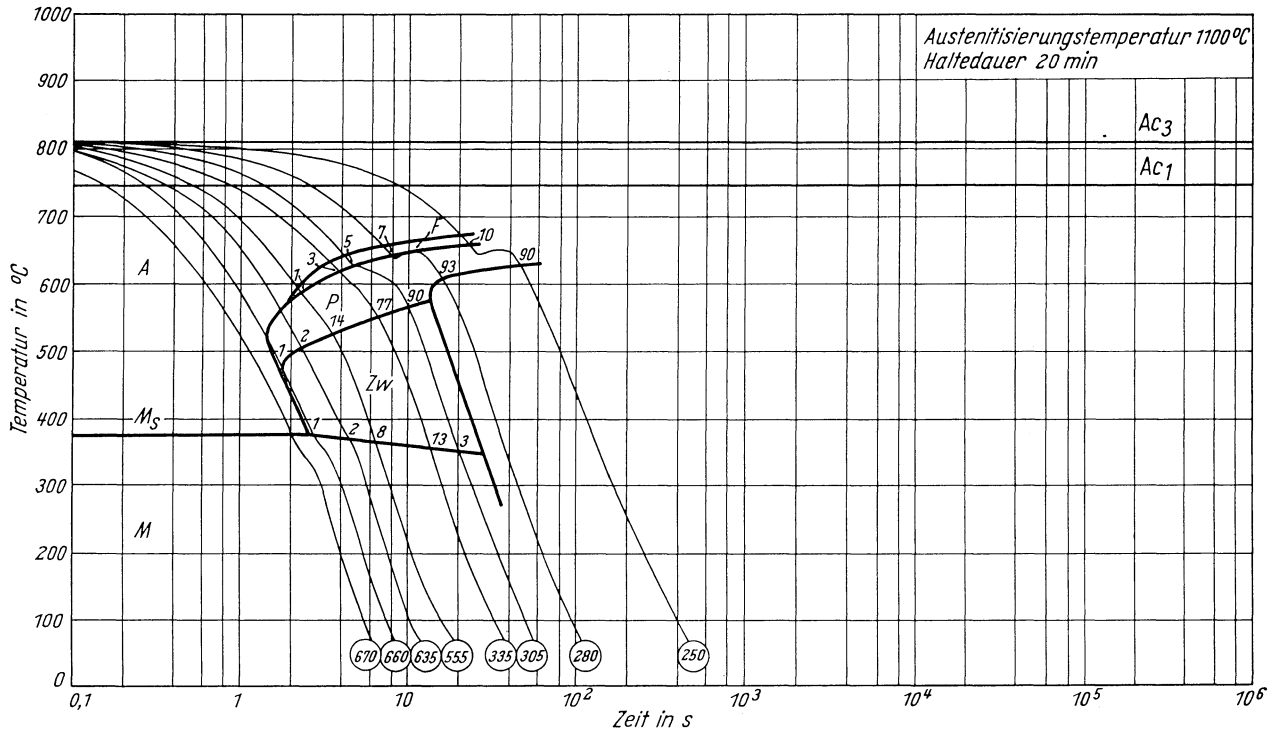
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	N ₂	O ₂	-	-	-
	0,37	0,16	0,60	0,027	0,020	0,005	0,12	0,005	0,003	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	N ₂	O ₂	-	-	-
	0,37	0,16	0,60	0,027	0,020	0,005	0,12	0,005	0,003	-	-	-



(Bezeichnung nach DIN 17006)

Stoffnummer nach DIN 17007 : 1.5417

Stahl für nahtlose Trommeln für Dampfanlagen nach Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 600-52

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Mo
mindestens	0,17	0,15	1,0			0,20
höchstens	0,23	0,35	1,2	0,04	0,04	0,30

Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni
0,21	0,29	1,17	0,011	0,008	0,031	0,05	0,09	0,54	0,05

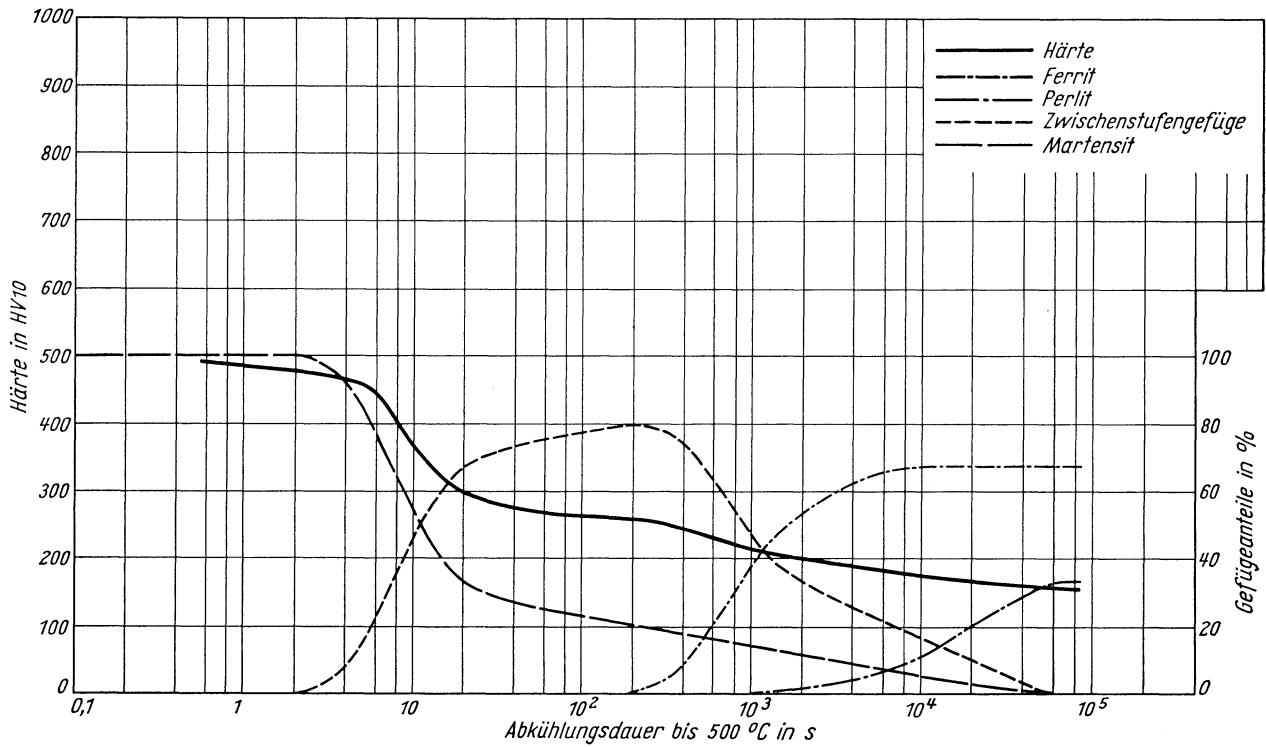
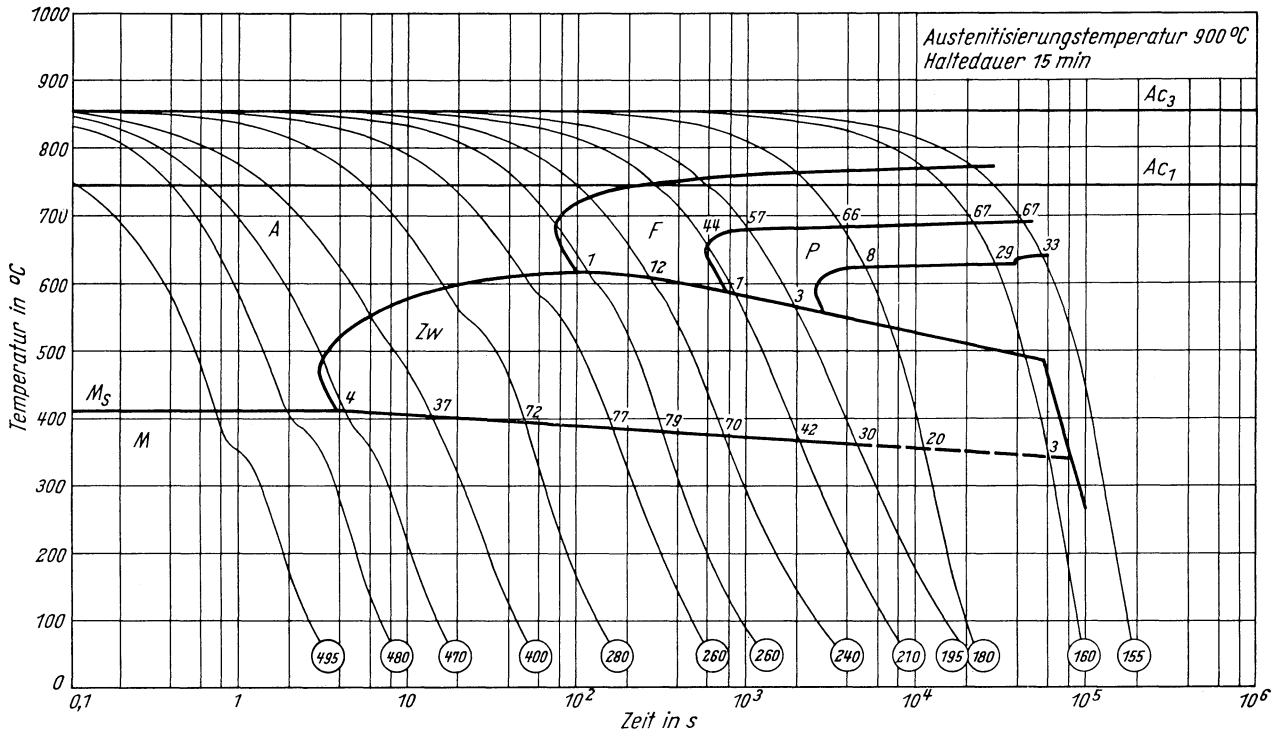
A_{c3} -Temperatur: 855 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 A_{c1} -Temperatur: 745 °C }
 M_s -Temperatur: 410 °C

Kritische Kühlzeiten von A_{c3} bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 15 min, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

$K_m = 2,4$ s (längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
 $K_{50} = 11$ s (Kühlzeit für 50 % Martensit)
 $K_f = 200$ s (Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
 $K_p = 58000$ s (kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	—	—
	0,21	0,29	1,77	0,011	0,008	0,031	0,05	0,09	0,54	0,05	—	—



Stoffnummer nach DIN 17 007 : 1.0461

Schweißbarer Feinkornbaustahl nach Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 089-70

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S
mindestens			0,40		
höchstens	0,18	0,40	1,30	0,040	0,040

Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegenden Schmelzen

Chemische Zusammensetzung in %

Schmelze	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Ni
1	0,14	0,23	0,48	0,014	0,032	0,014	0,07	0,19	0,07
2	0,16	0,28	0,68	0,012	0,030	0,028	0,06	0,08	0,05

Lieferzustand: Schmelze 1: gewalzt auf 11 mm Blechdicke

Schmelze 2: gewalzt auf 29 mm Blechdicke

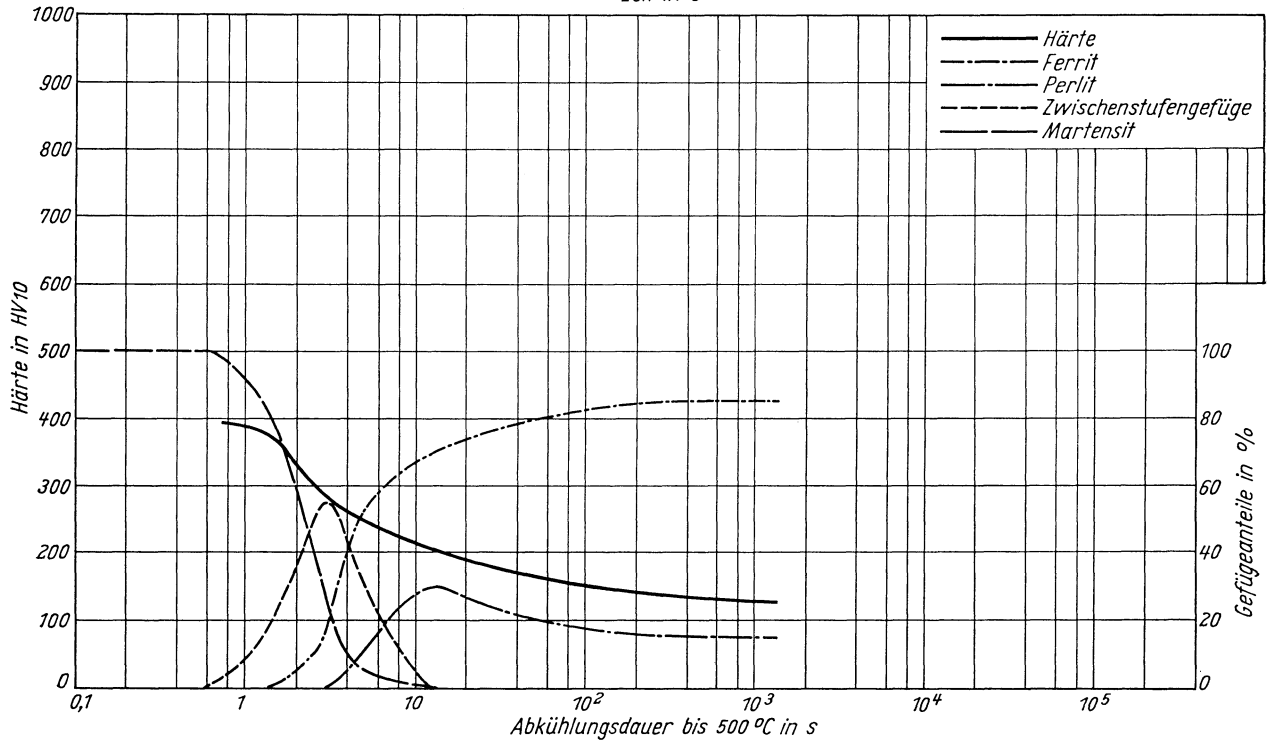
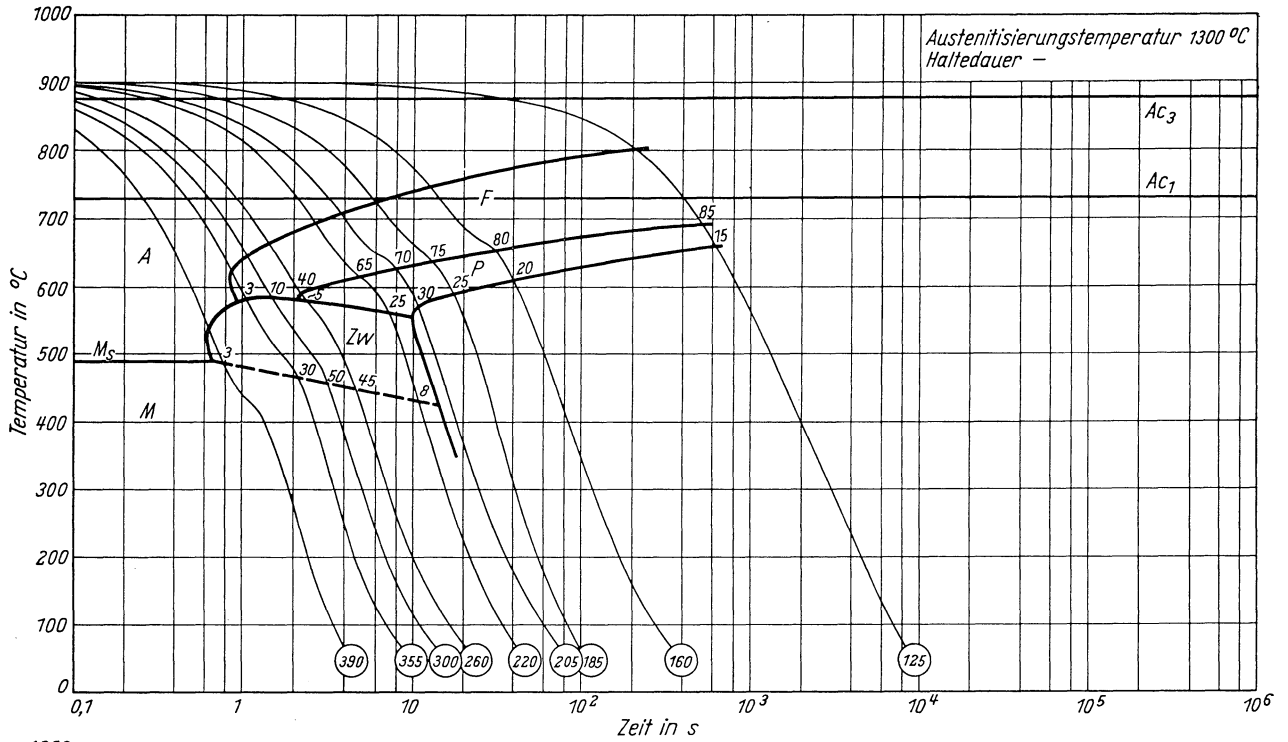
	Schm. 1	Schm. 2	
Ac ₃ -Temperatur	875 °C	870 °C	} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
Ac ₁ -Temperatur	730 °C	730 °C	
M _s -Temperatur	490 °C	465 °C	

Kritische Kühlzeiten von 900 °C bis 500 °C nach Austenitisierung von 1300 °C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern (kontinuierlich):

	Schm. 1	Schm. 2	
K _m	0,65 s	0,85 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	2,2 s	4,0 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	1,45 s	2,1 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	12 s	18 s	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

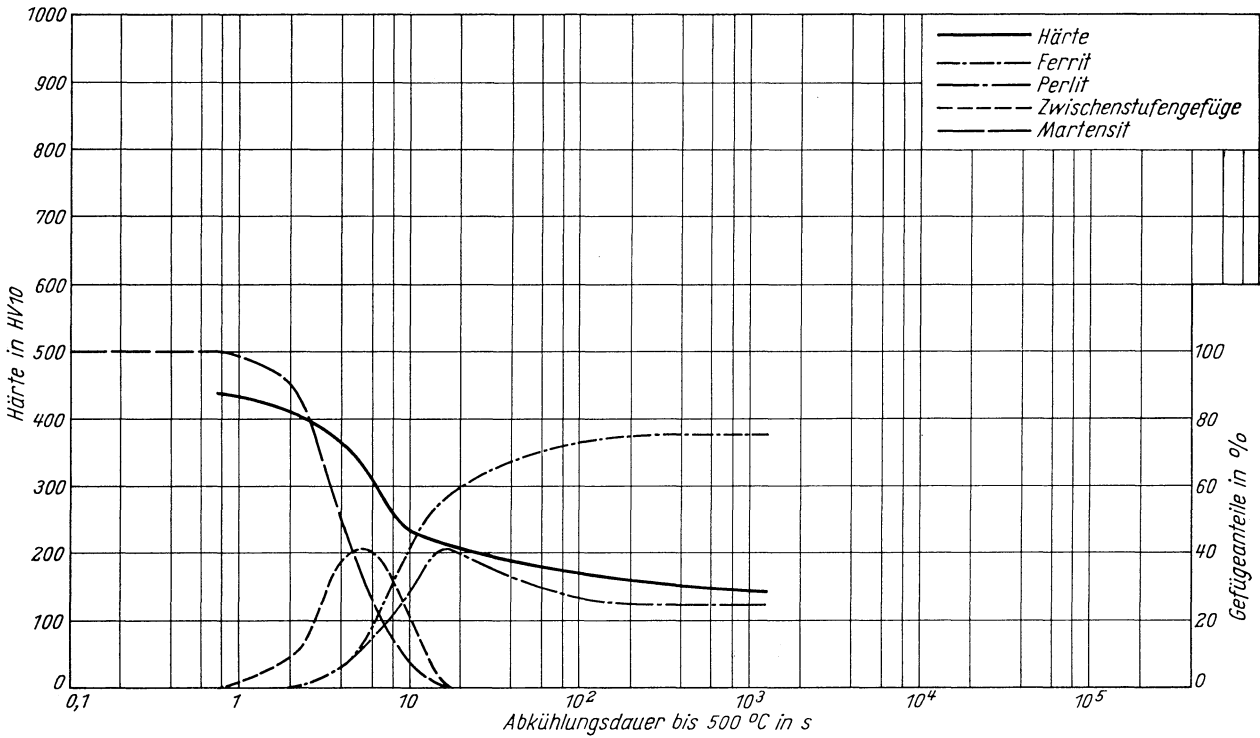
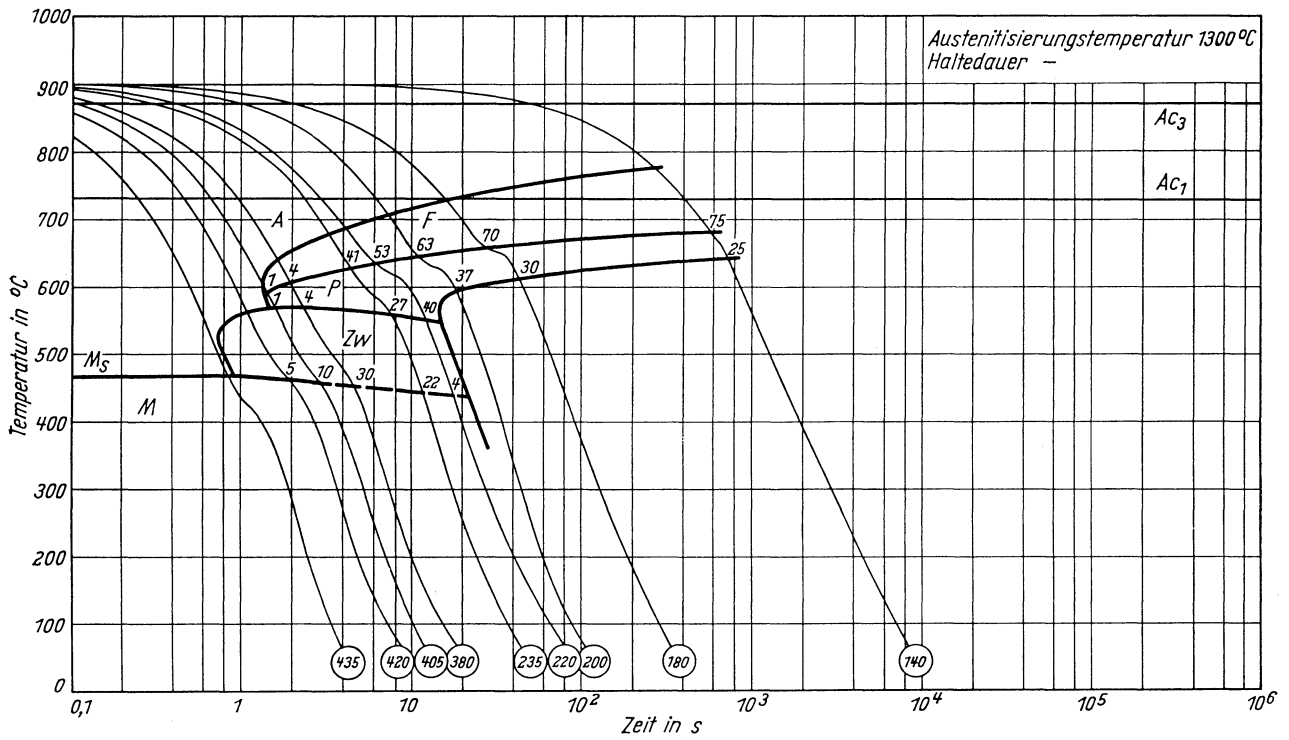
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Ni	-	-	-
	0,14	0,23	0,48	0,014	0,032	0,014	0,07	0,19	0,07	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Ni	-	-	-
	0,16	0,28	0,68	0,012	0,030	0,028	0,06	0,08	0,05	-	-	-



Stoffnummer nach DIN 17007: 1.0854

Schweißbarer Feinkornbaustahl nach Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 089-70

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S
mindestens		0,10	0,90		
höchstens	0,20	0,50	1,60	0,04	0,04

Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	N
0,17	0,51	1,39	0,025	0,024	0,069	0,005

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Siemens-Martin-Ofen

Verarbeitung: gewalzt auf 26 mm Blechdicke

Austenitkorngröße nach 900 °C 5 min: 9 bis 8

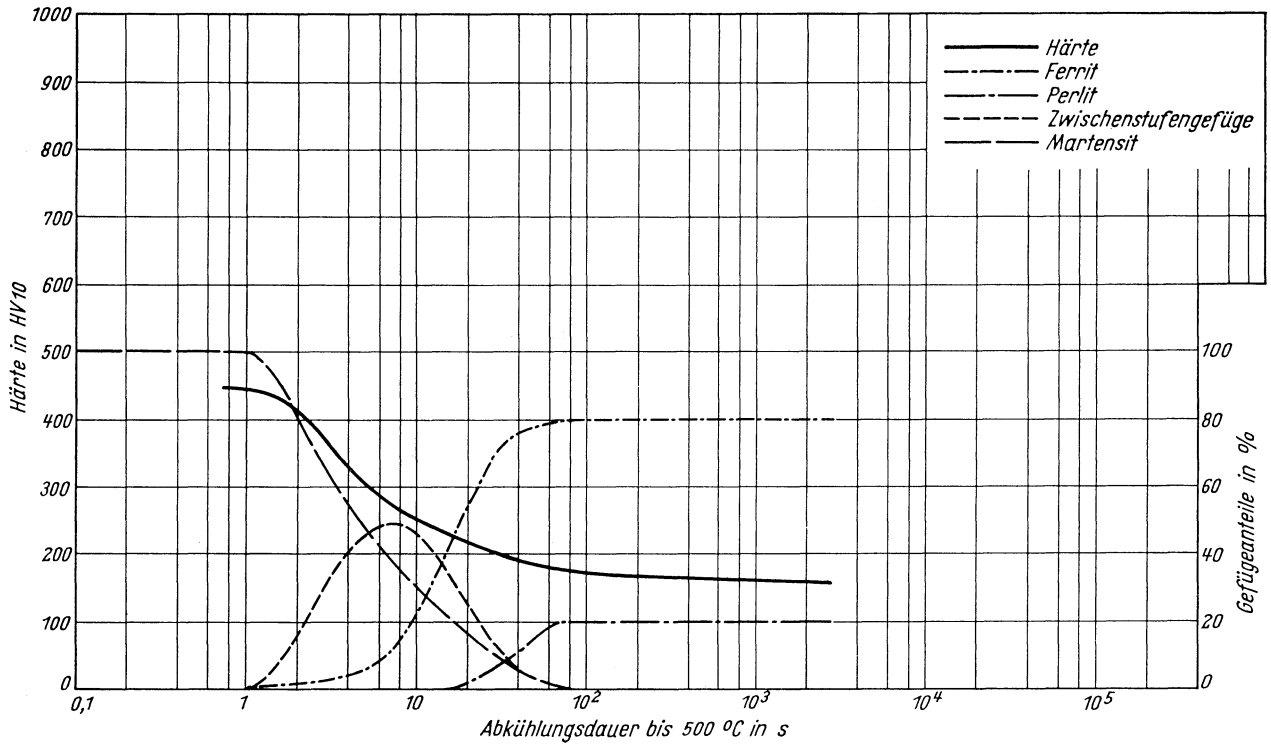
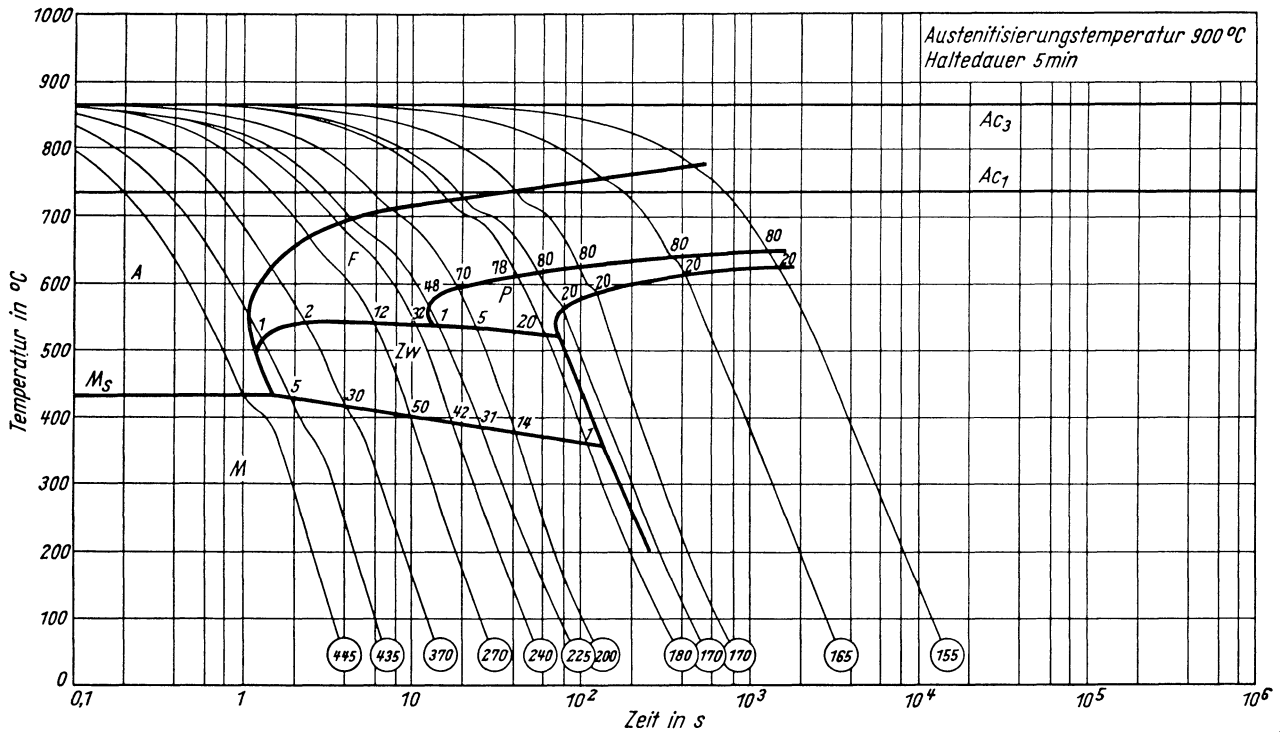
Ac₃-Temperatur: 865 °C }
 Ac₁-Temperatur: 735 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 M_s-Temperatur: 430 °C

Kritische Kühlzeiten von Ac₃ bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 5 min bzw. 1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

	900 °C	1300 °C	
K _m	1,2 s	3,5 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	5,0 s	11 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	1,2 s	30 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	80 s	370 s	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

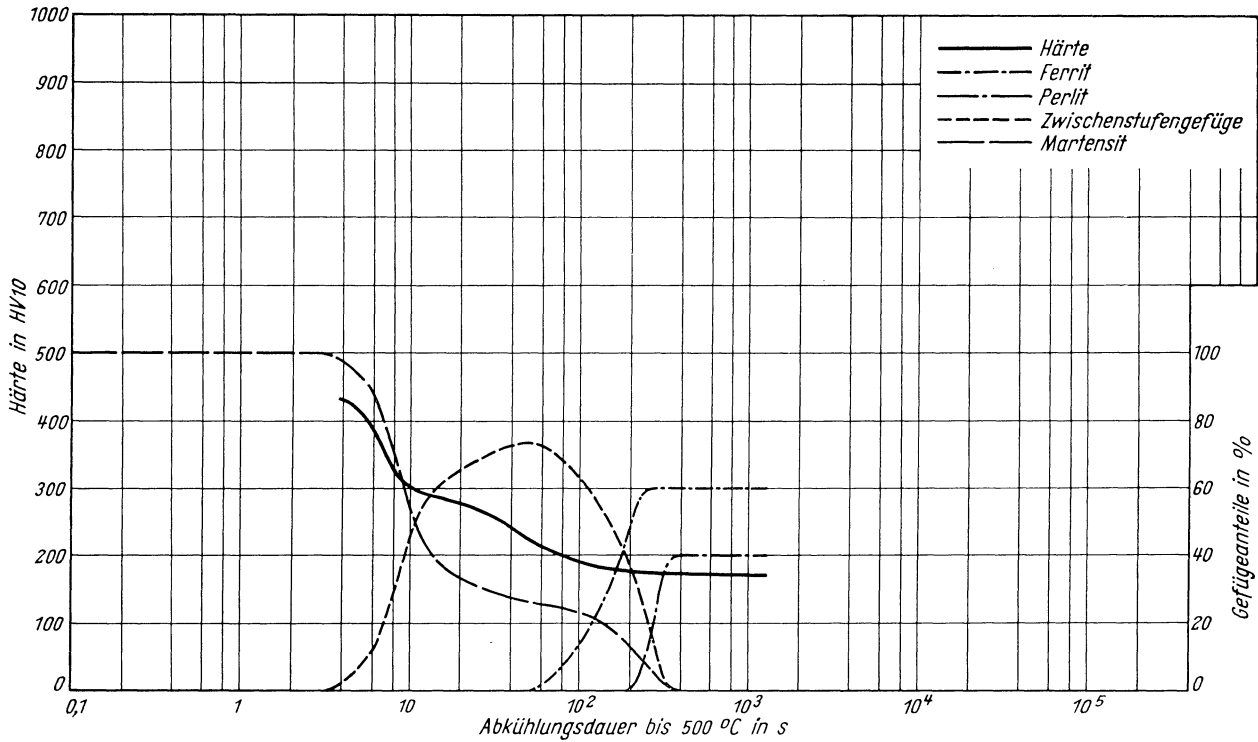
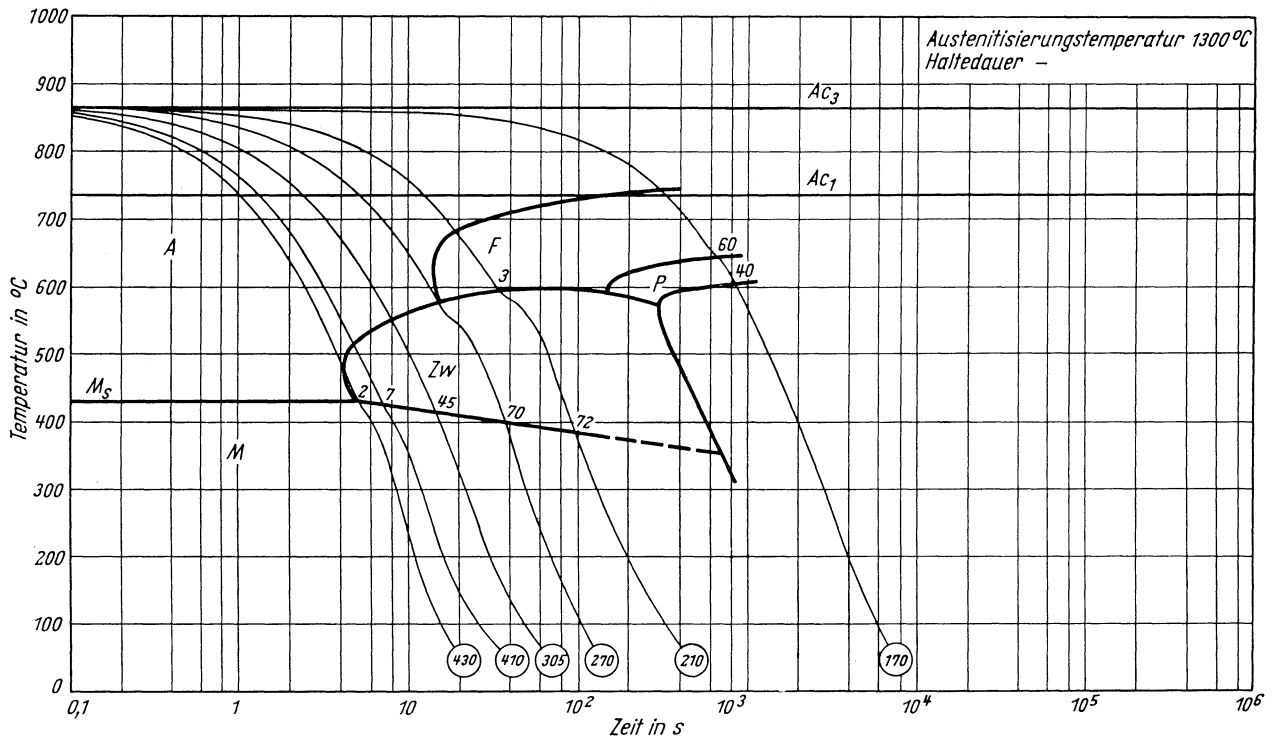
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	N ₂	-	-	-	-	-
	0,17	0,51	1,39	0,025	0,024	0,069	0,005	-	-	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	N ₂	-	-	-	-	-
	0,17	0,51	1,39	0,025	0,024	0,069	0,005	-	-	-	-	-



Schweißbarer Feinkornbaustahl

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	N	Ni	V
mindestens		0,10	1,1				0,15	0,10
höchstens	0,20	0,50	1,7	0,035	0,035	0,020	0,80	0,20

Angaben über die den Umwandelungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ni	V
0,21	0,40	1,52	0,022	0,023	0,043	0,019	0,07	0,13

Lieferzustand: Erschmelzungsart: bas. Siemens-Martin-Ofen

Verarbeitung: gewalzt auf 20 mm Blechdicke

Austenitkorngröße (ASTM) nach 900 °C 5 min: 8
 nach 1300 °C: 2,3

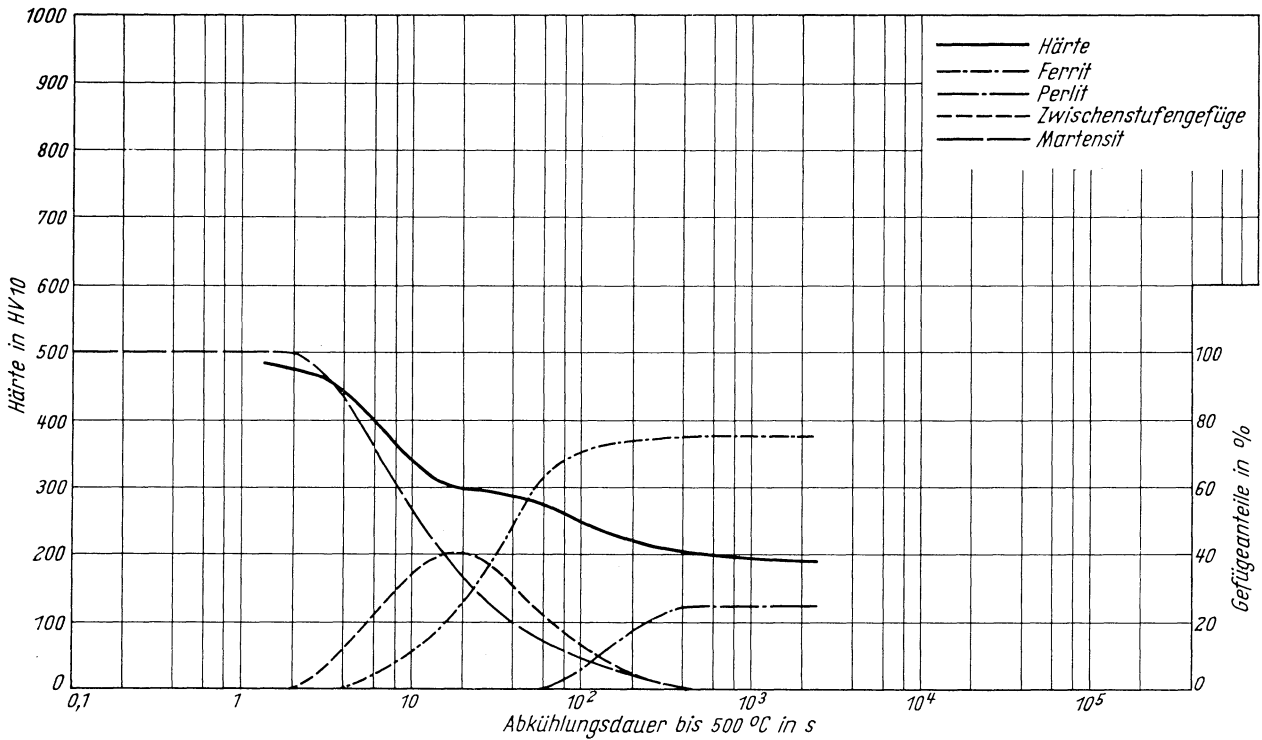
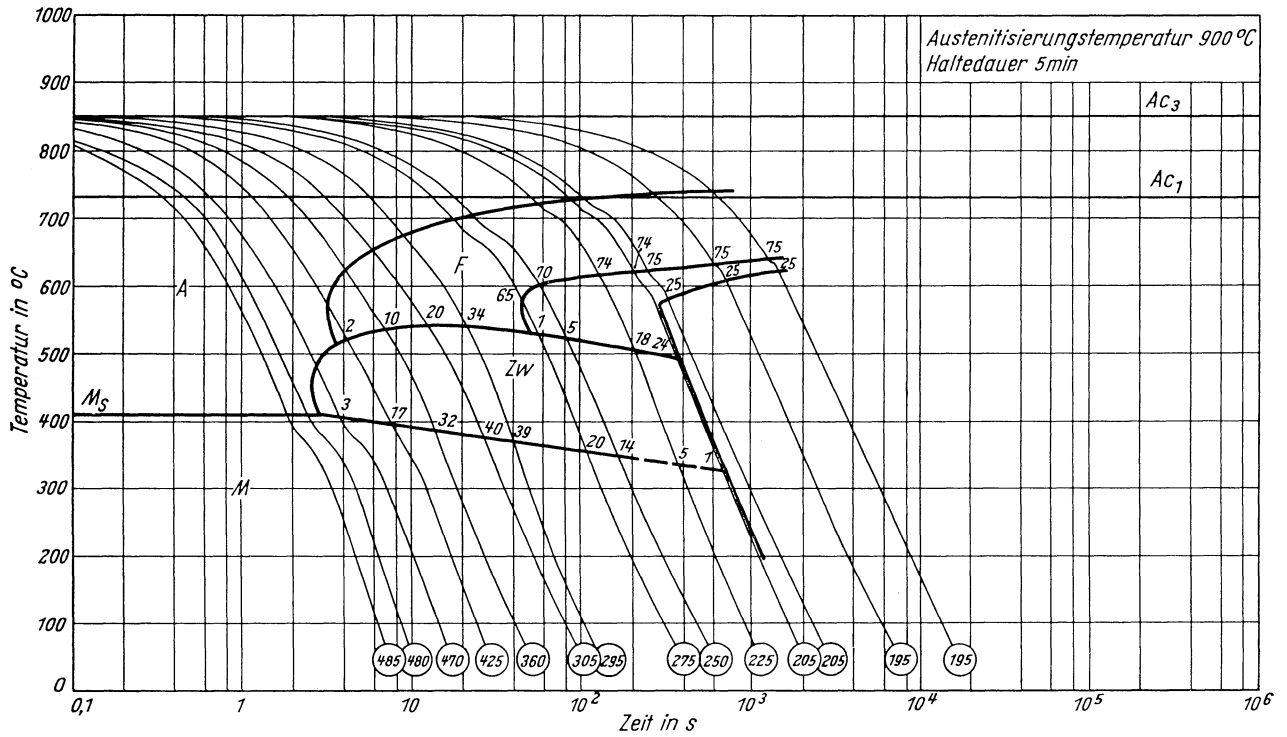
Ac₃-Temperatur: 850 °C }
 Ac₁-Temperatur: 730 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 M_s-Temperatur: 410 °C

Kritische Kühlzeiten von Ac₃ bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 5 min bzw. 1300 °C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern:

	900 °C	1300 °C	
K _m	2,0 s	3,8 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	11,5 s	34 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	4,0 s	55 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	400 s	1000 s	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

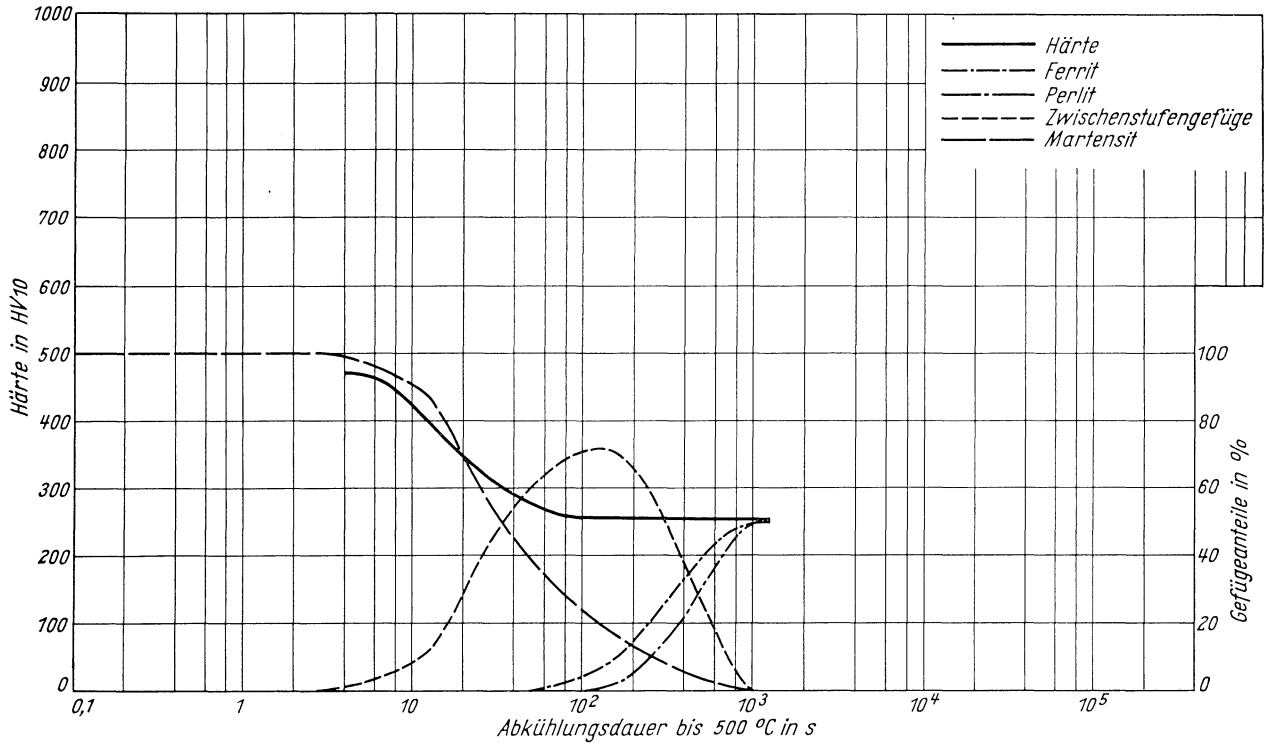
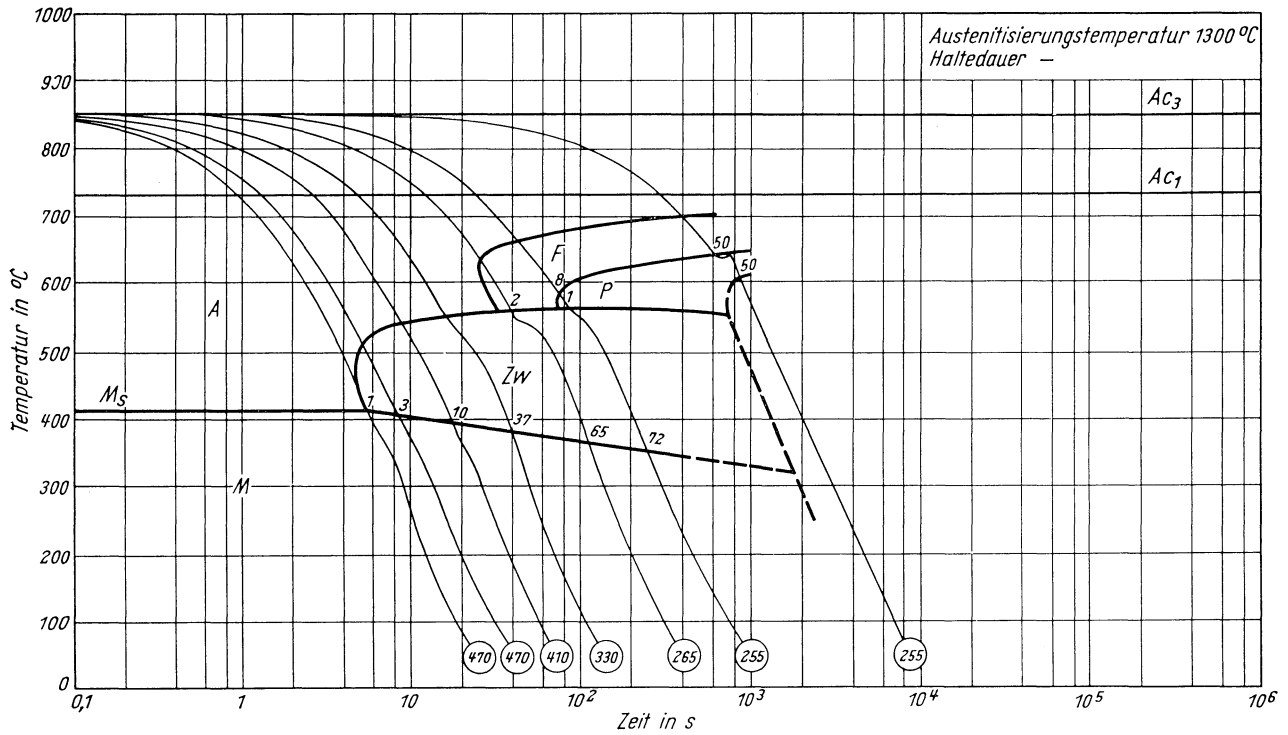
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ni	V	-	-	-
	0,21	0,40	1,52	0,022	0,023	0,043	0,019	0,07	0,13	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	N ₂	Ni	V	-	-	-
	0,21	0,40	1,52	0,022	0,023	0,043	0,019	0,07	0,13	-	-	-



Schweißbarer Feinkornbaustahl

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	N	Ni	Ti
mindestens		0,10	1,1				0,50	0,10
höchstens	0,20	0,60	1,6	0,035	0,035	0,007	0,80	0,20

Angaben über die den Umwandelungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Ti
0,17	0,55	1,45	0,016	0,017	0,055	0,74	0,18

Lieferzustand: gewalzt auf 14 mm Blechdicke

Ac₃-Temperatur: 880 °C
 Ac₁-Temperatur: 715 °C
 M_s-Temperatur: 420 °C

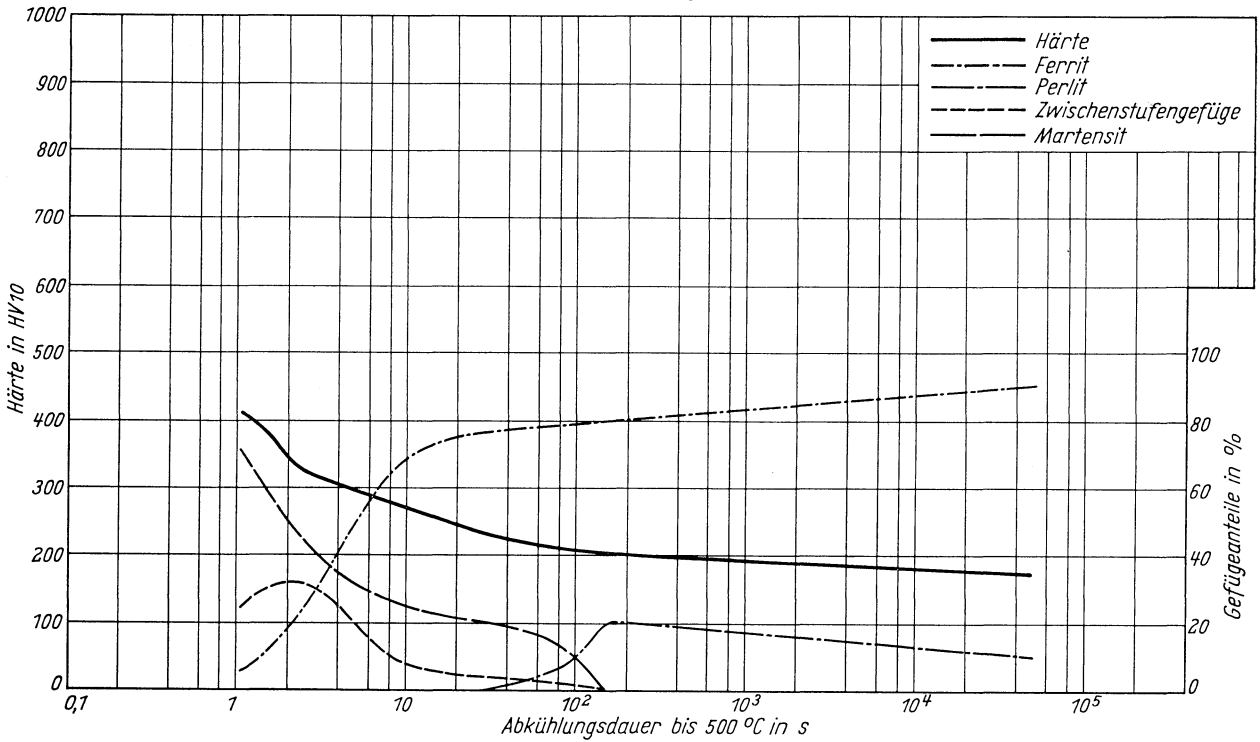
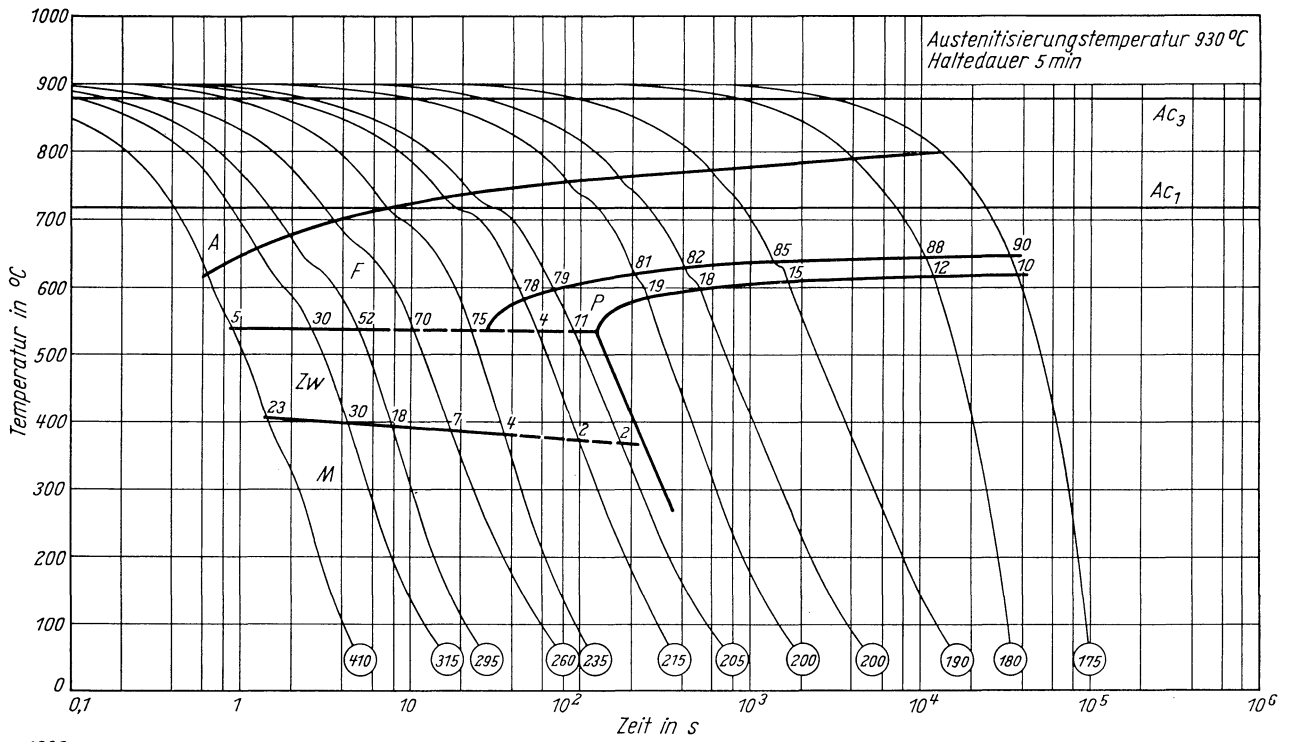
} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min

Kritische Kühlzeiten von 900 bis 500 °C nach Austenitisierung von 930 °C 5 min bzw. 1300 °C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern (kontinuierlich):

	930 °C	1300 °C	
K _m	n. b.	5,0 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	2,0 s	26 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	n. b.	650 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	150 s	n. b.	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

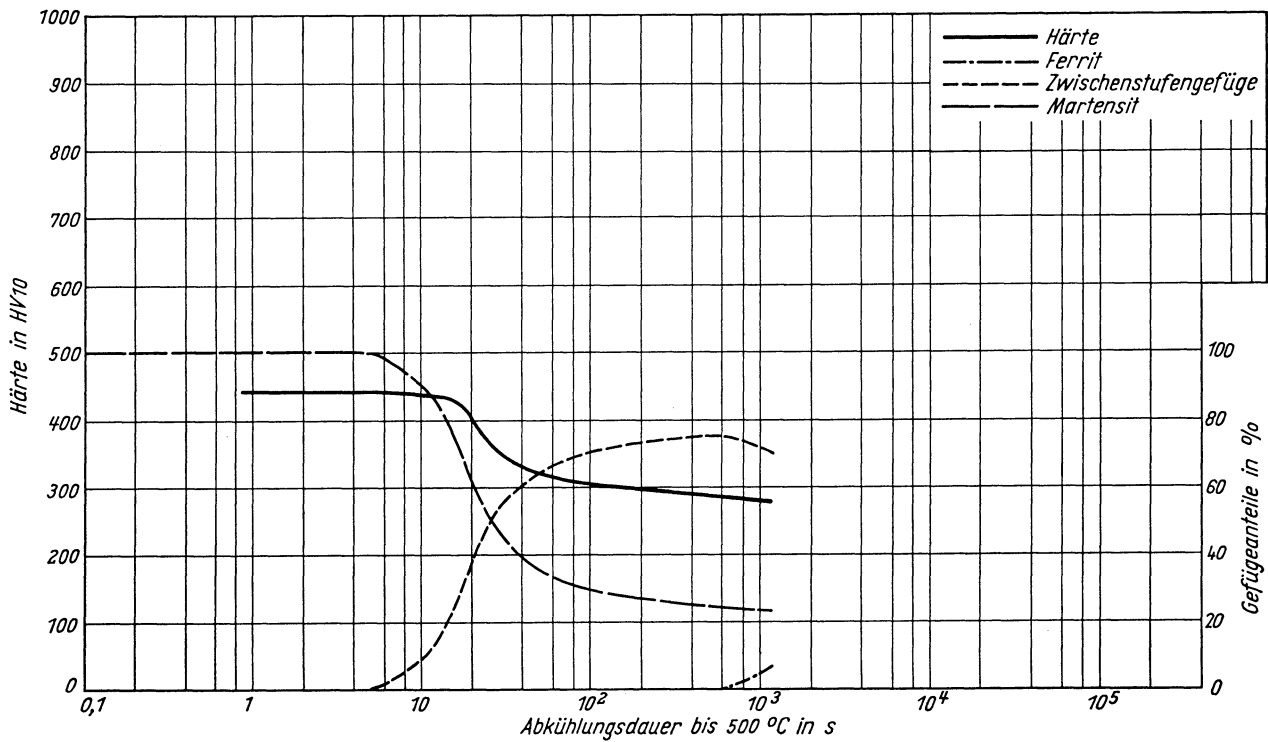
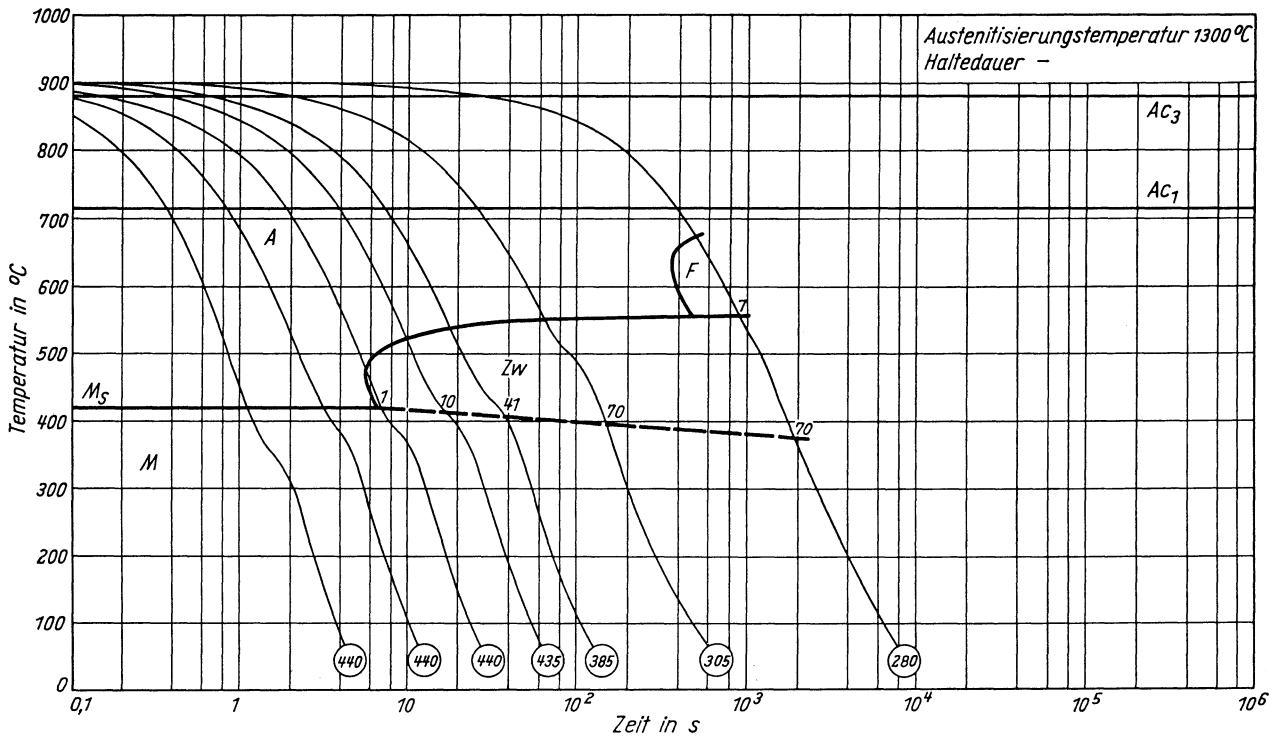
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Ti	-	-	-	-
	0,17	0,55	1,45	0,016	0,017	0,055	0,74	0,18	-	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Ni	Ti	-	-	-	-
	0,17	0,55	1,45	0,016	0,017	0,055	0,74	0,18	-	-	-	-



Schweißbarer Feinkornbaustahl

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Cu	N	Ni	V
mindestens		0,10	1,1			0,30		0,40	0,08
höchstens	0,18	0,55	1,5	0,035	0,035	0,70	0,020	0,70	0,20

Angaben über die den Umwandelungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	V
0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,024	0,67	0,62	0,15

Austenitkorngröße (ASTM) nach 900 °C 7 min: 8,9
 nach 1050 °C 7 min: 2,3
 nach 1300 °C: 1,2

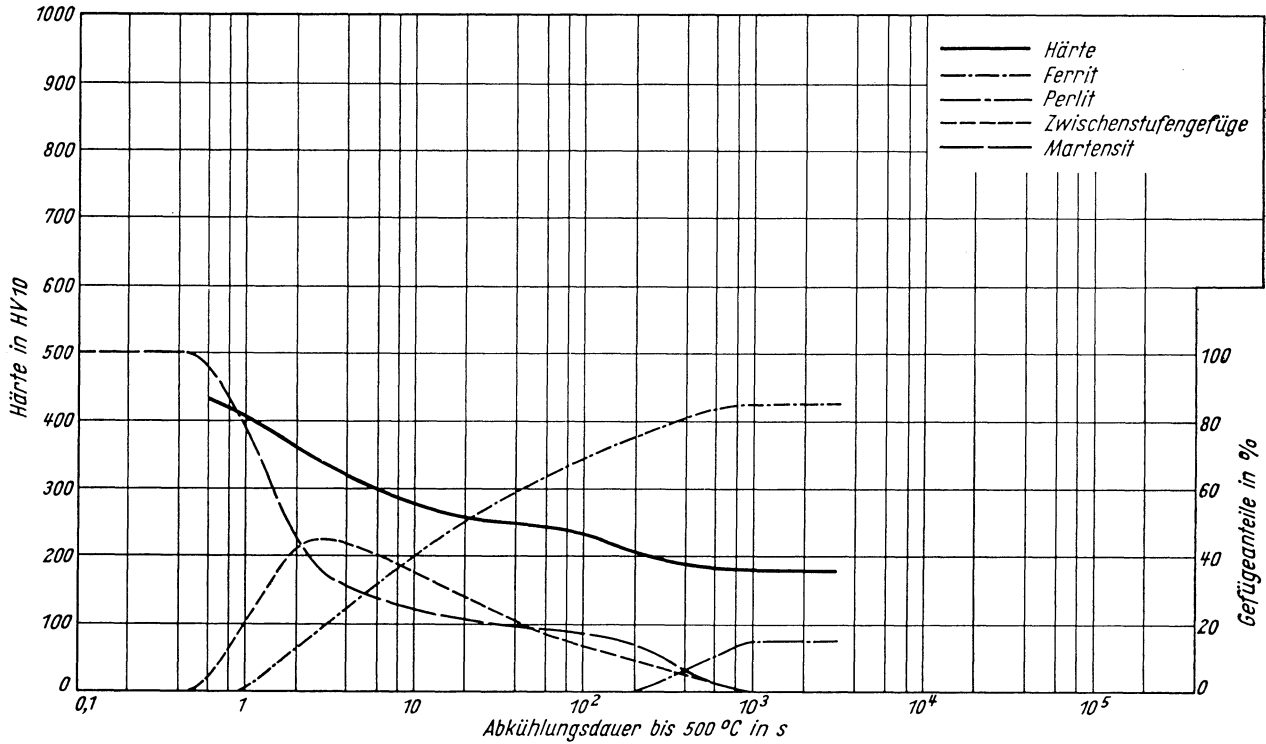
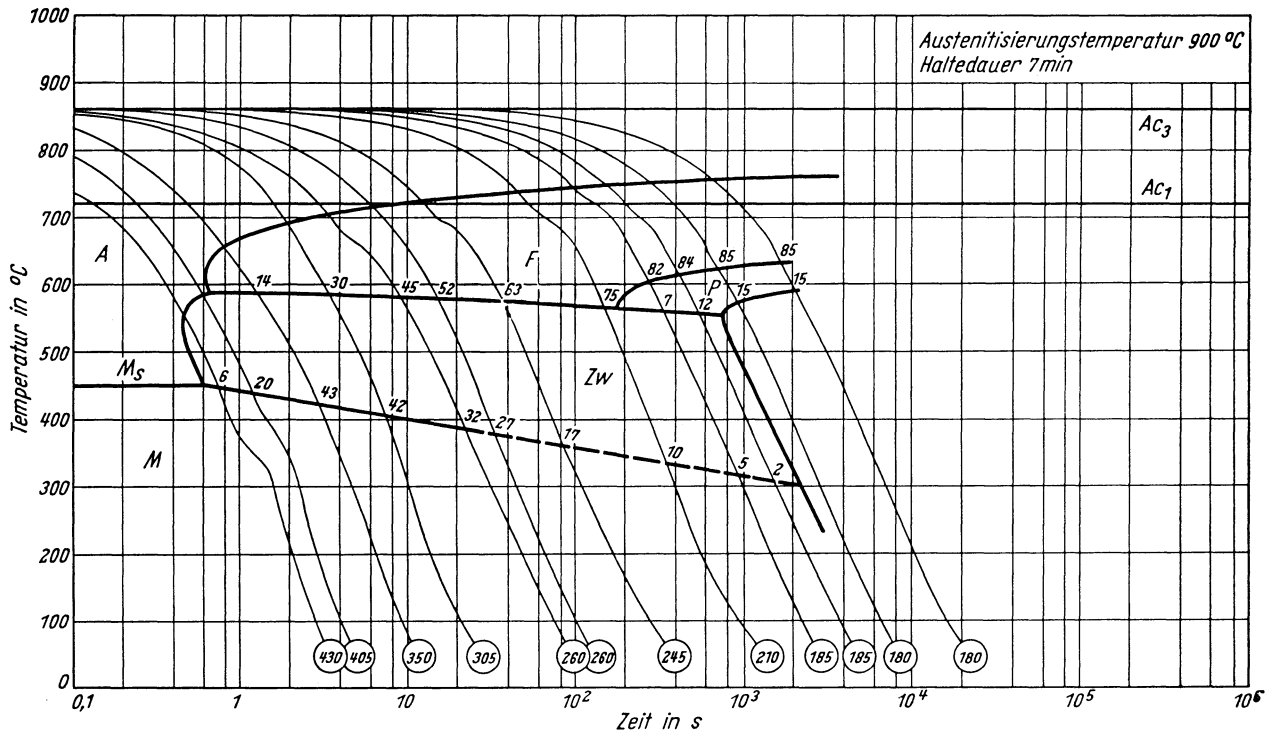
Ac₃-Temperatur: 860 °C }
 Ac₁-Temperatur: 720 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 M_s-Temperatur: 475 °C

Kritische Kühlzeiten von Ac₃ bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 7 min, 1050 °C 7 min und 1300 °C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern:

	900 °C	1050 °C	1300 °C	
K _m	0,48 s	1,1 s	3,8 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	1,75 s	3,2 s	23 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	1,0 s	27 s	75 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	850 s	2000 s	n.b.	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

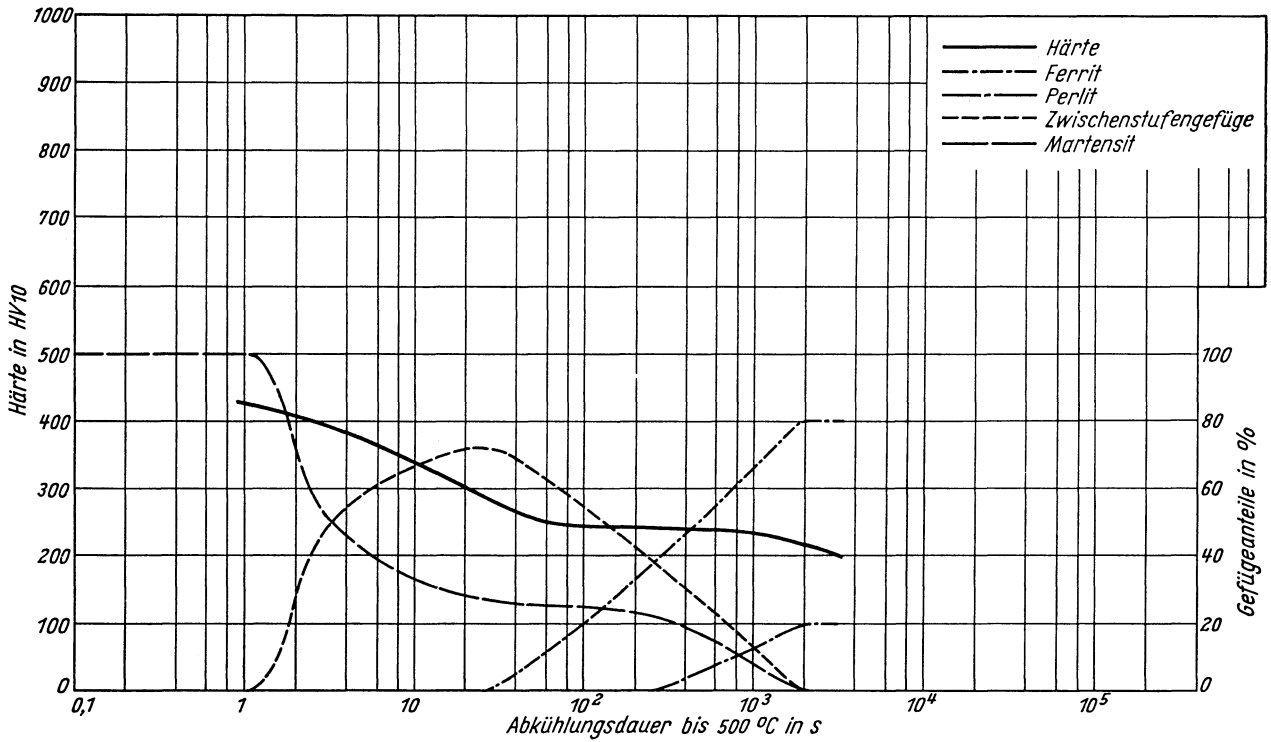
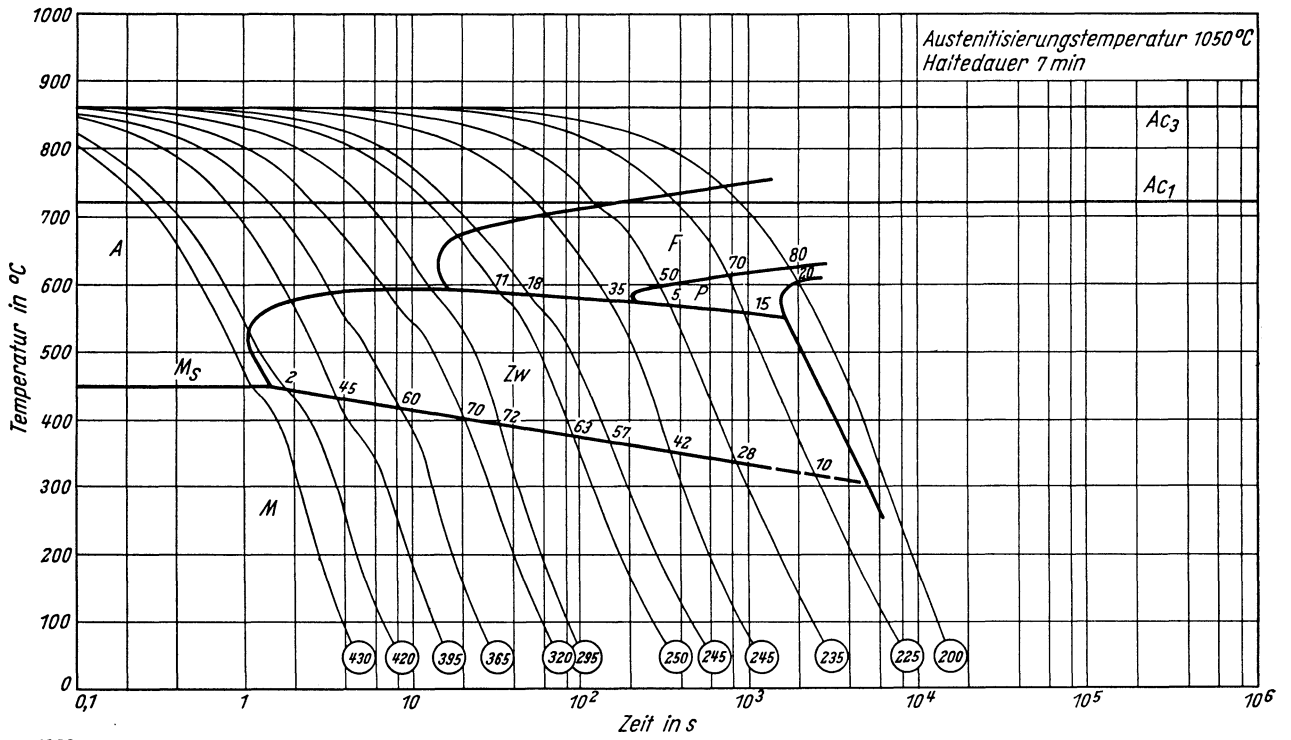
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	V	-	-	-
	0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,024	0,67	0,62	0,15	-	-	-



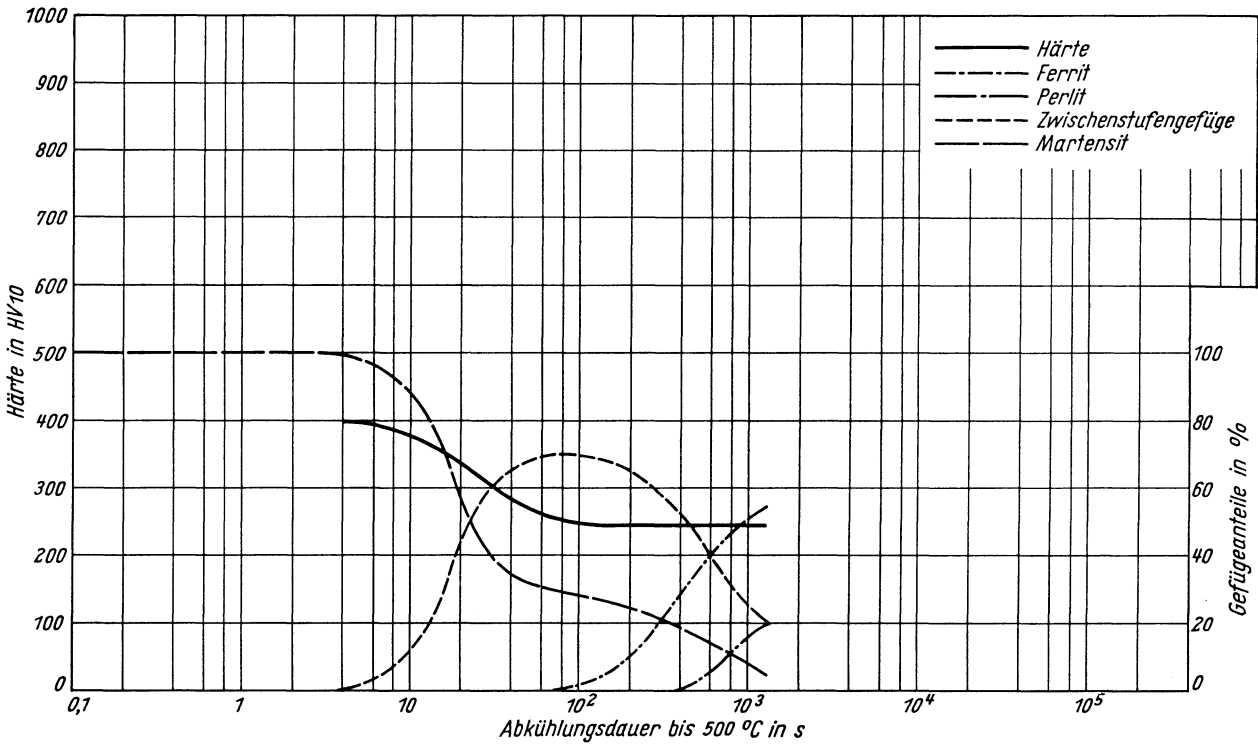
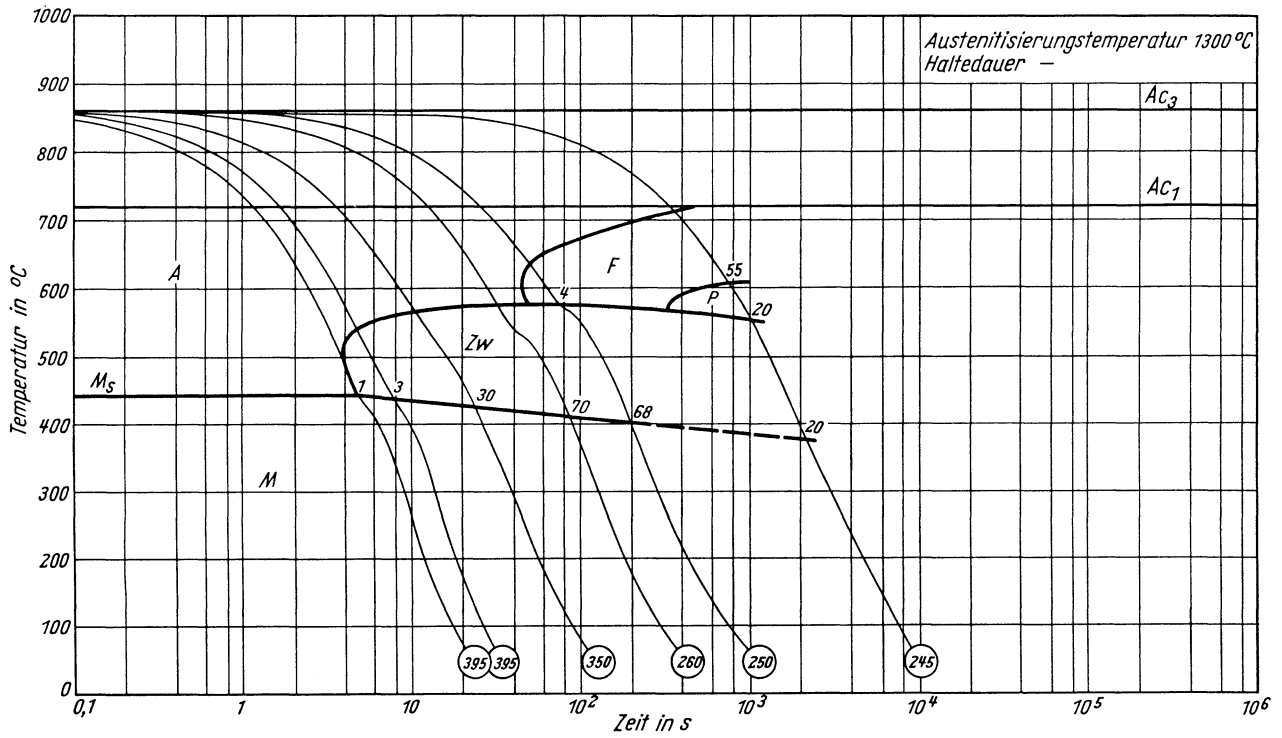
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	V	-	-	-
	0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,024	0,67	0,62	0,15	-	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	V	-	-	-
	0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,024	0,67	0,62	0,15	-	-	-



Schweißbarer Feinkornbaustahl

Angaben über die den Umwandschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Ti
0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,021	0,67	0,62	0,18

Austenitkorngröße (ASTM) nach 900 °C 7 min: 8,9

nach 1050 °C 7 min: 7,8

nach 1300 °C: 2

Ac₃-Temperatur: 875 °C

Ac₁-Temperatur: 725 °C

M_s-Temperatur: 475 °C

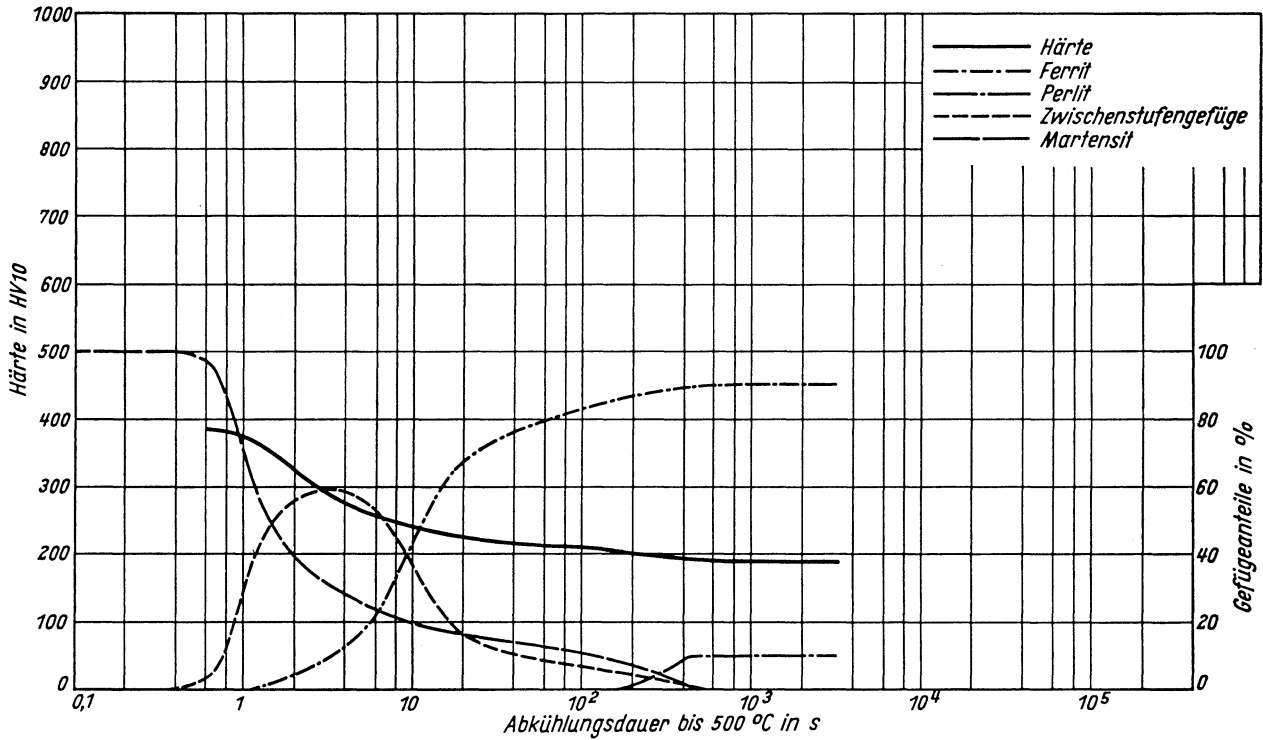
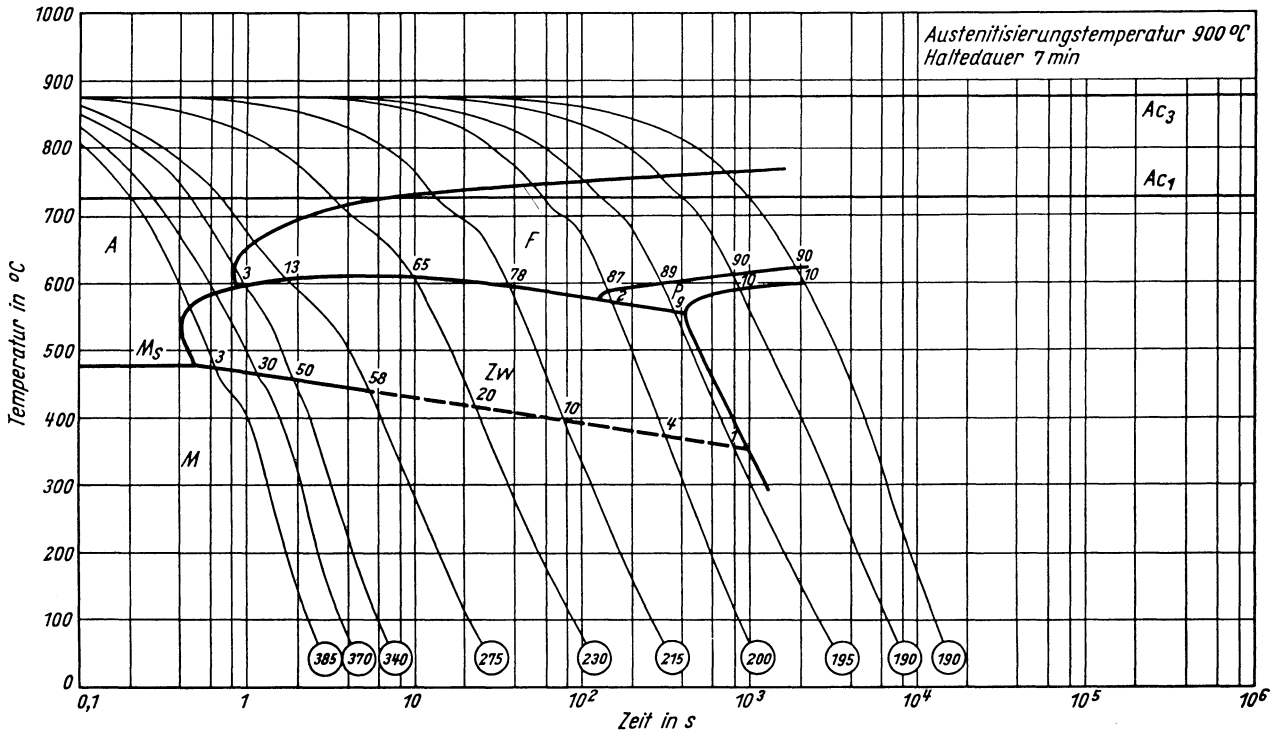
} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min

Kritische Kühlzeiten von Ac₃ bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 7 min, 1050 °C 7 min und 1300 °C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern:

	900 °C	1050 °C	1300 °C	
K _m	0,45 s	0,45 s	3,8 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	1,45 s	1,9 s	7,8 s	(Kühlzeit für 50% Martensit)
K _f	1,2 s	2,0 s	900 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	500 s	2000 s	n. b.	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

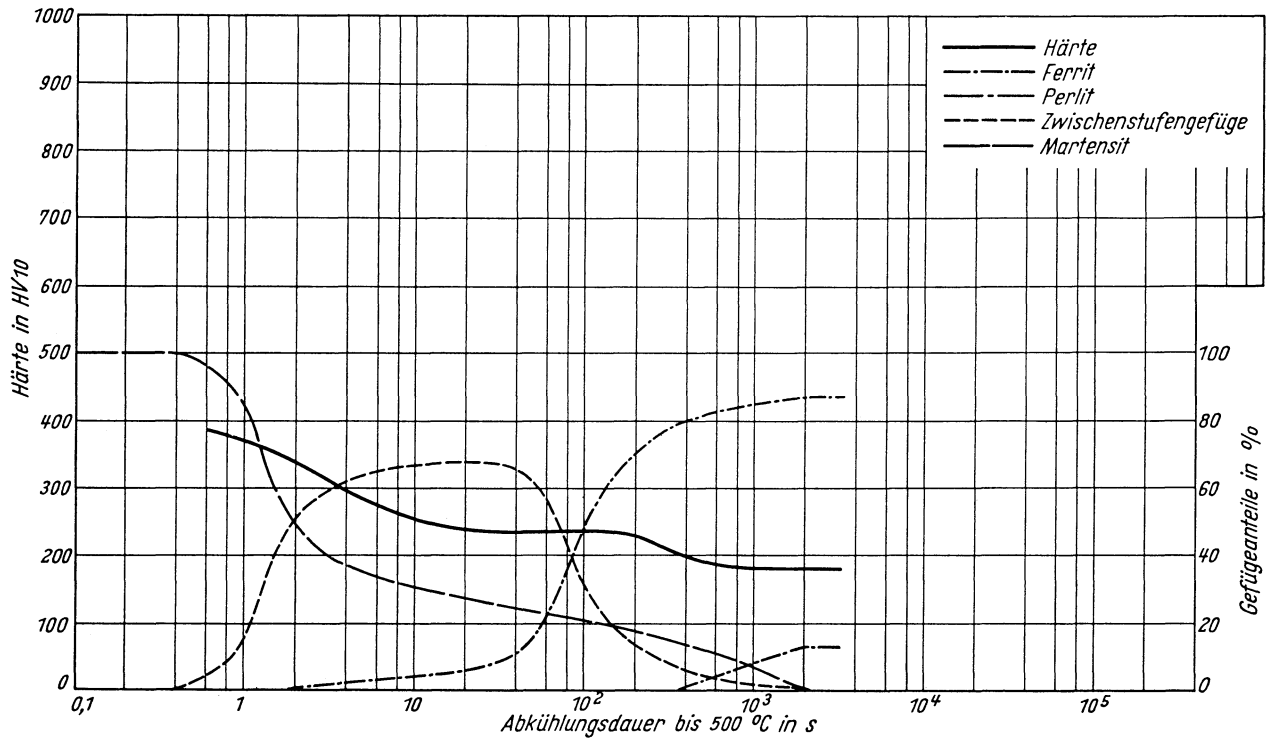
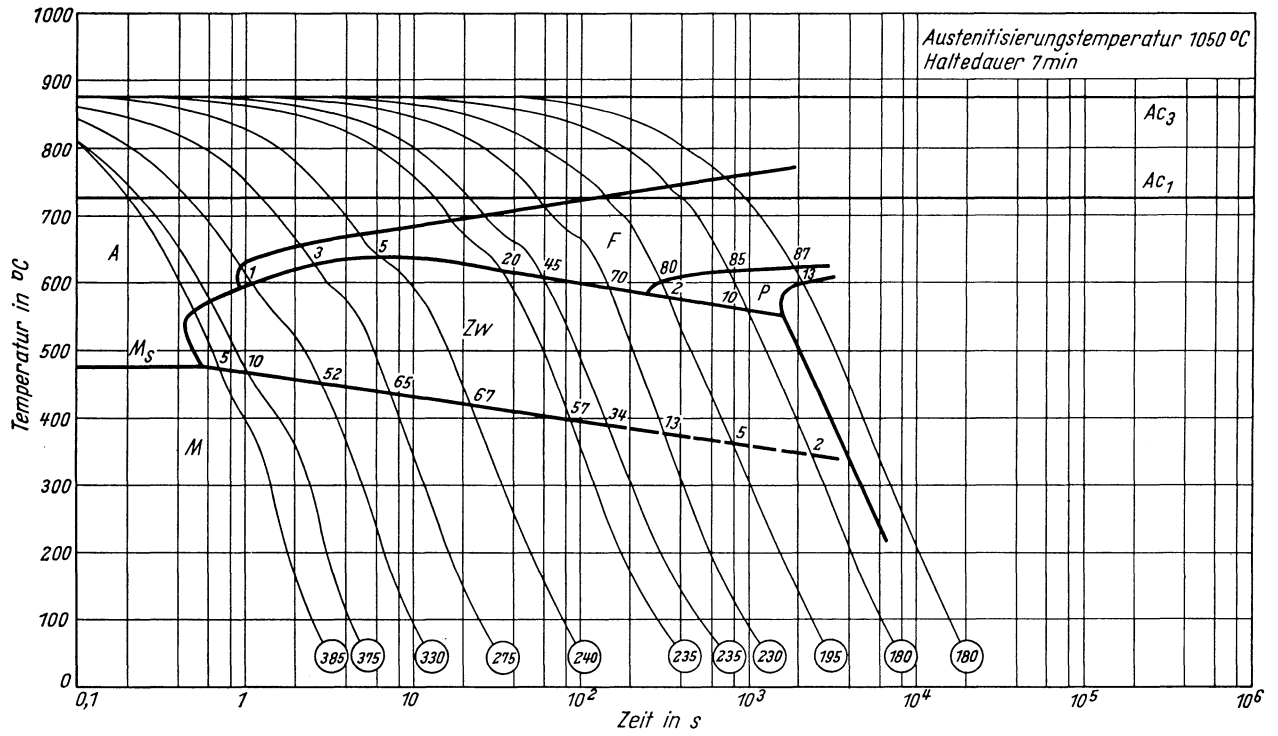
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Ti	-	-	-
	0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,021	0,67	0,62	0,18	-	-	-



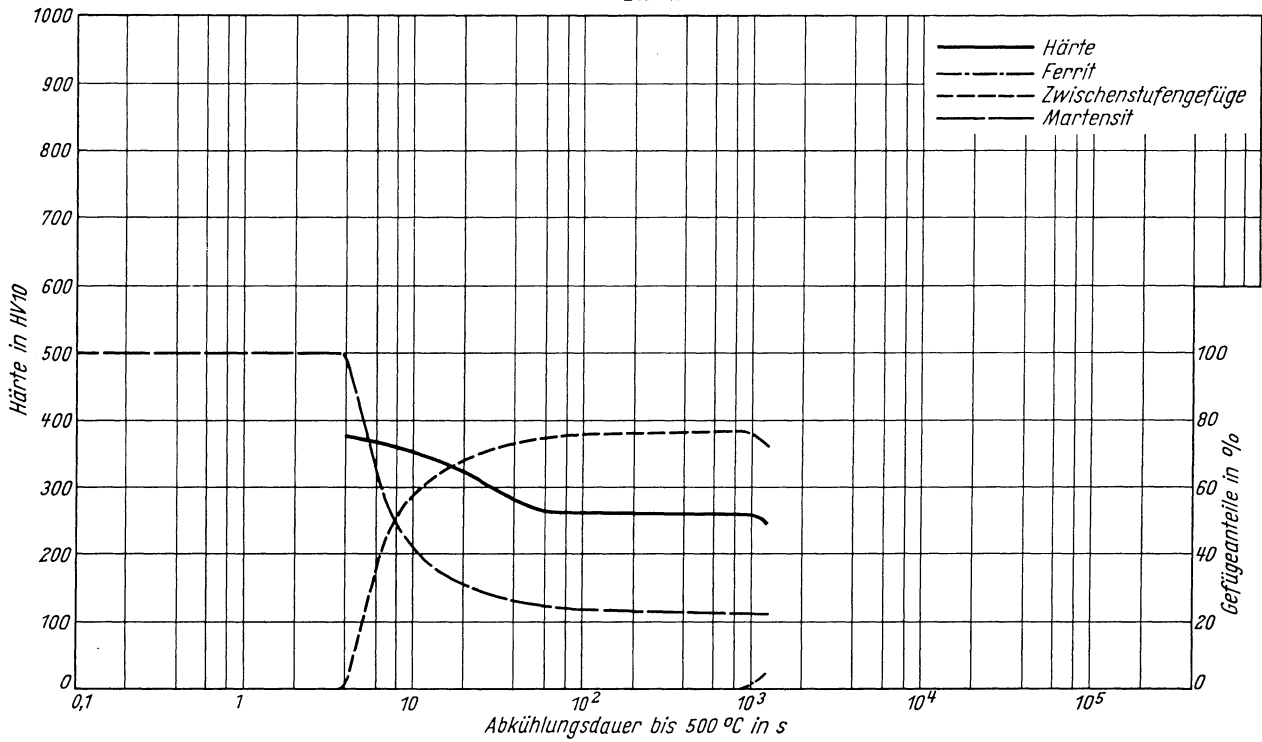
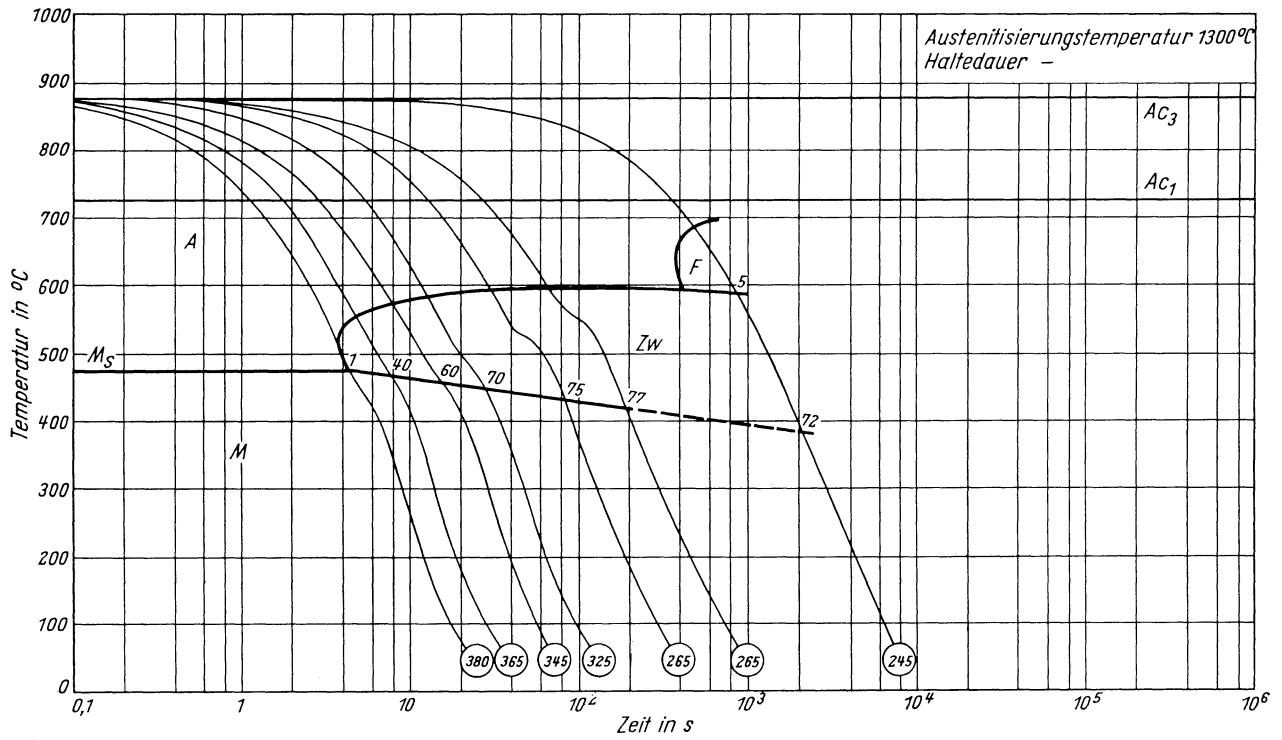
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Ti	-	-	-
		0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,021	0,67	0,62	0,18	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Ti	-	-	-
		0,12	0,40	1,28	0,015	0,016	0,021	0,67	0,62	0,18	-	-



Wasservergütet schweißbarer Feinkornbaustahl

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	N	Zr
mindestens		0,50	0,70			0,60	0,20		0,06
höchstens	0,20	0,90	1,1	0,035	0,035	1,00	0,60	0,007	0,12

Angaben über die den Umwandelungsschaubildern zugrunde liegenden Schmelzen

Chemische Zusammensetzung in %

	C	Si	Mn	P	S	Al	As	Cr	Cu	Mo	N	Ni	O	Sn	V	Zr
Schm. 1	0,17	0,54	0,84	0,019	0,011	0,031	0,019	0,89	0,07	0,40	0,008	0,05	0,005	0,008	0,01	0,09
Schm. 2	0,17	0,66	0,90	0,018	0,013	0,027	n. b.	0,85	n. b.	0,34	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.

Austenitkorngröße (ASTM) für Schmelze 1 nach 950 °C 5 min: 7,8
nach 1300 °C : 1

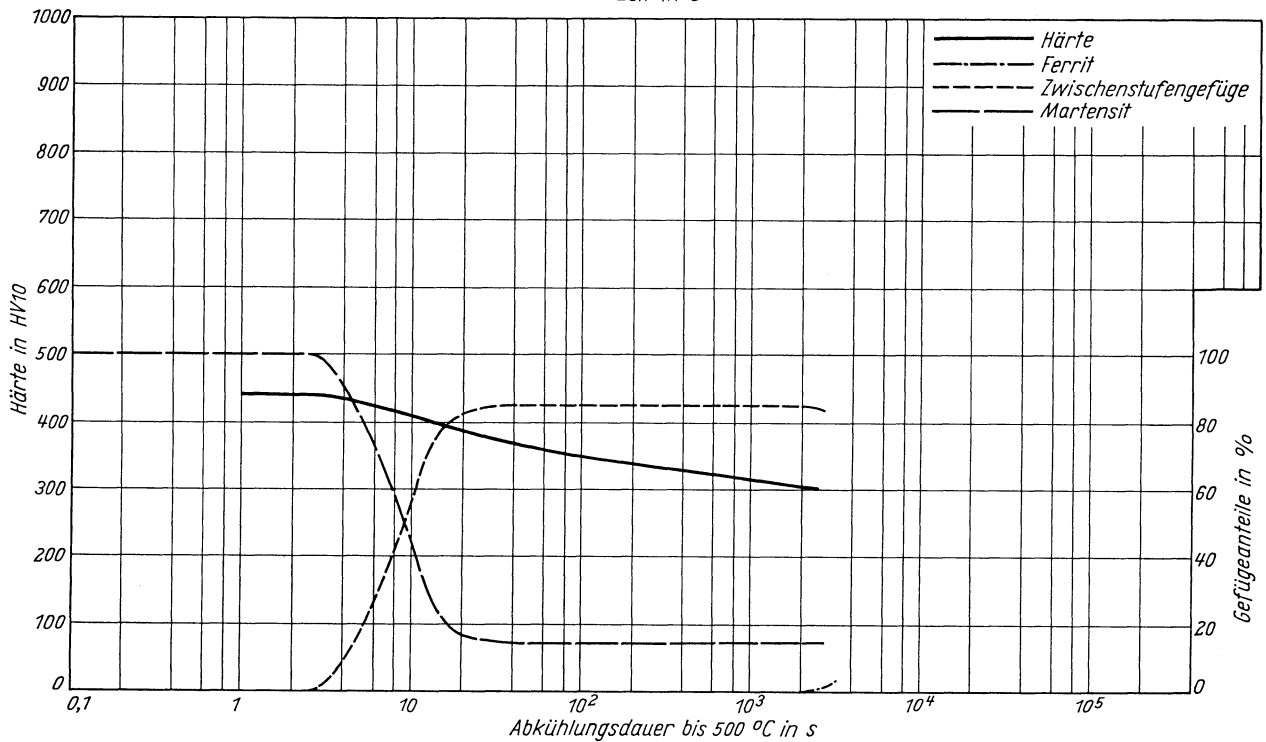
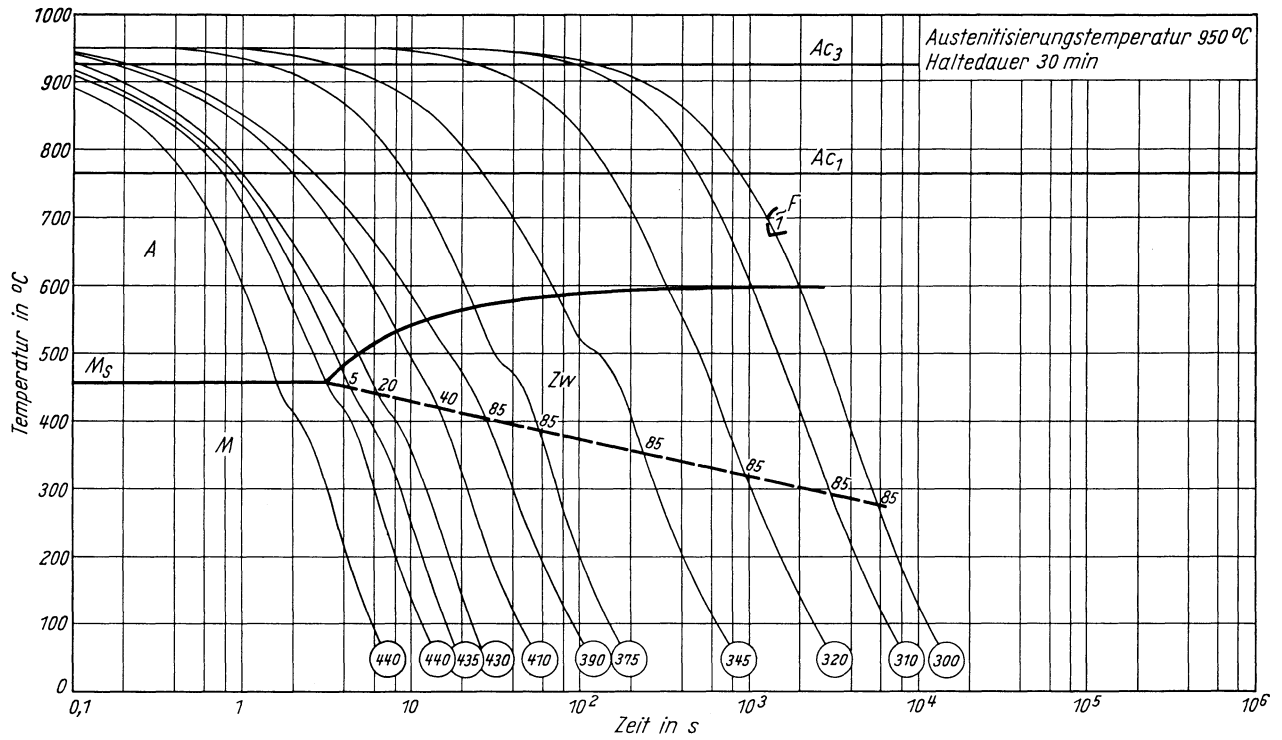
	Schm. 1	Schm. 2	
Ac ₃ -Temperatur	925 °C	900 °C	} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
Ac ₁ -Temperatur	765 °C	765 °C	
M _s -Temperatur	455 °C	425 °C	

Kritische Kühlzeiten von Ac₃ bzw. 950 °C bis 500 °C nach Austenitisierung von 950 °C 5 min bzw. 1300 °C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern (kontinuierlich):

	Schm. 1		Schm. 2		
	950 °C	1300 °C	950 °C	1300 °C	
K _m	2,8 s	2,8 s	3,8 s	4,5 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	9,2 s	4,5 s	18 s	14 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	2300 s	n. b.	2300 s	n. b.	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	—	n. b.	8500 s	n. b.	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

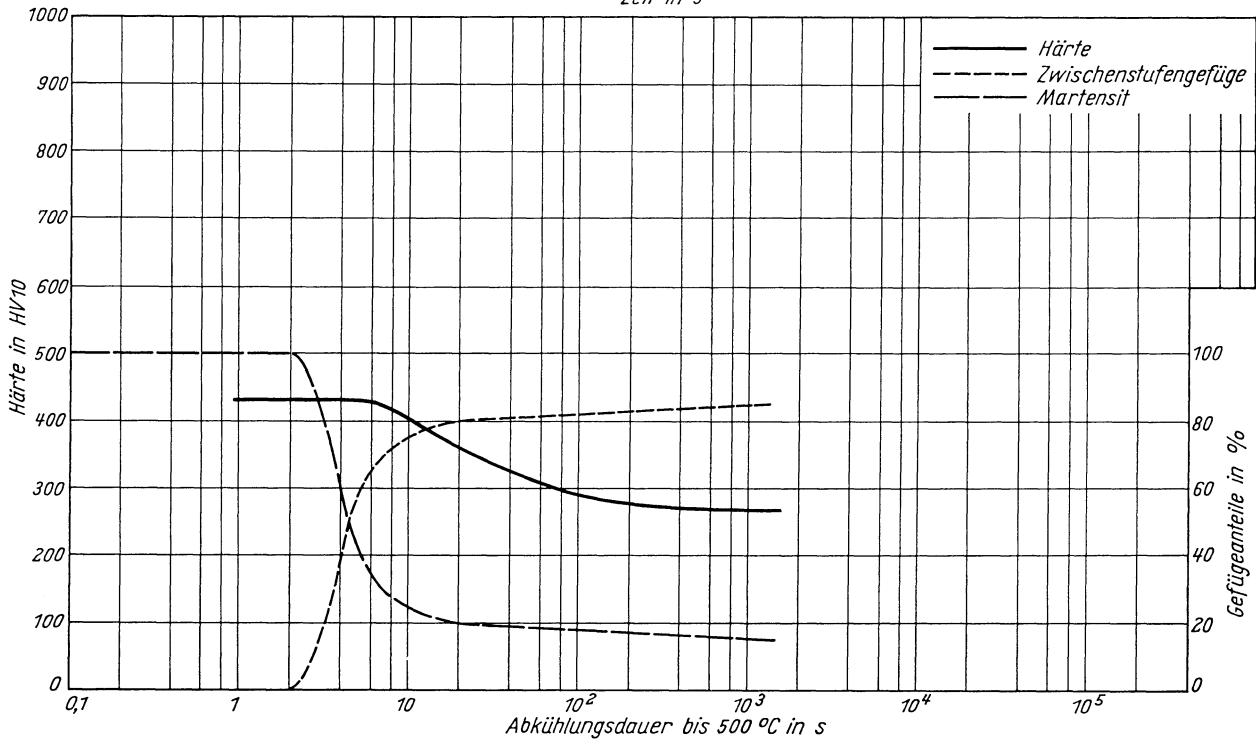
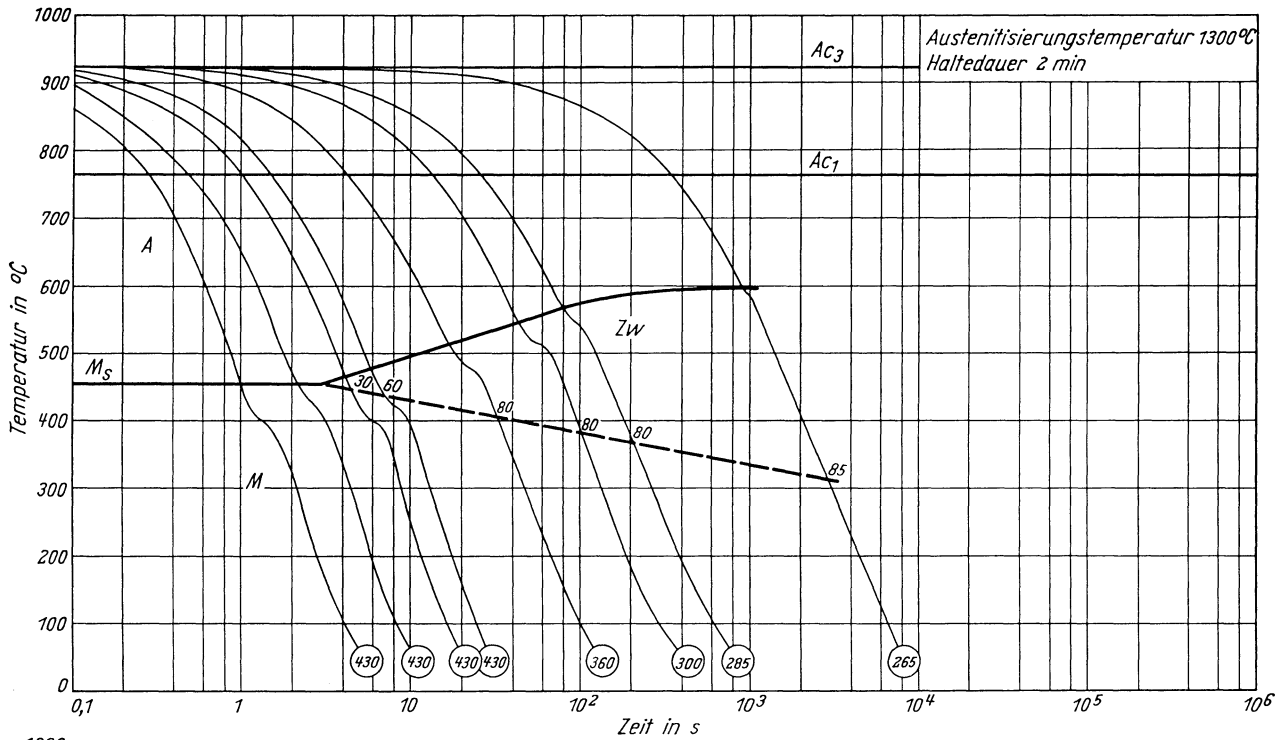
*Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)*

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	As	Cr	Cu	Mo	Ni	N ₂	O ₂	Sn	V	Zr
		0,17	0,54	0,84	0,019	0,011	0,031	0,019	0,89	0,07	0,40	0,05	0,008	0,005	0,008	0,01



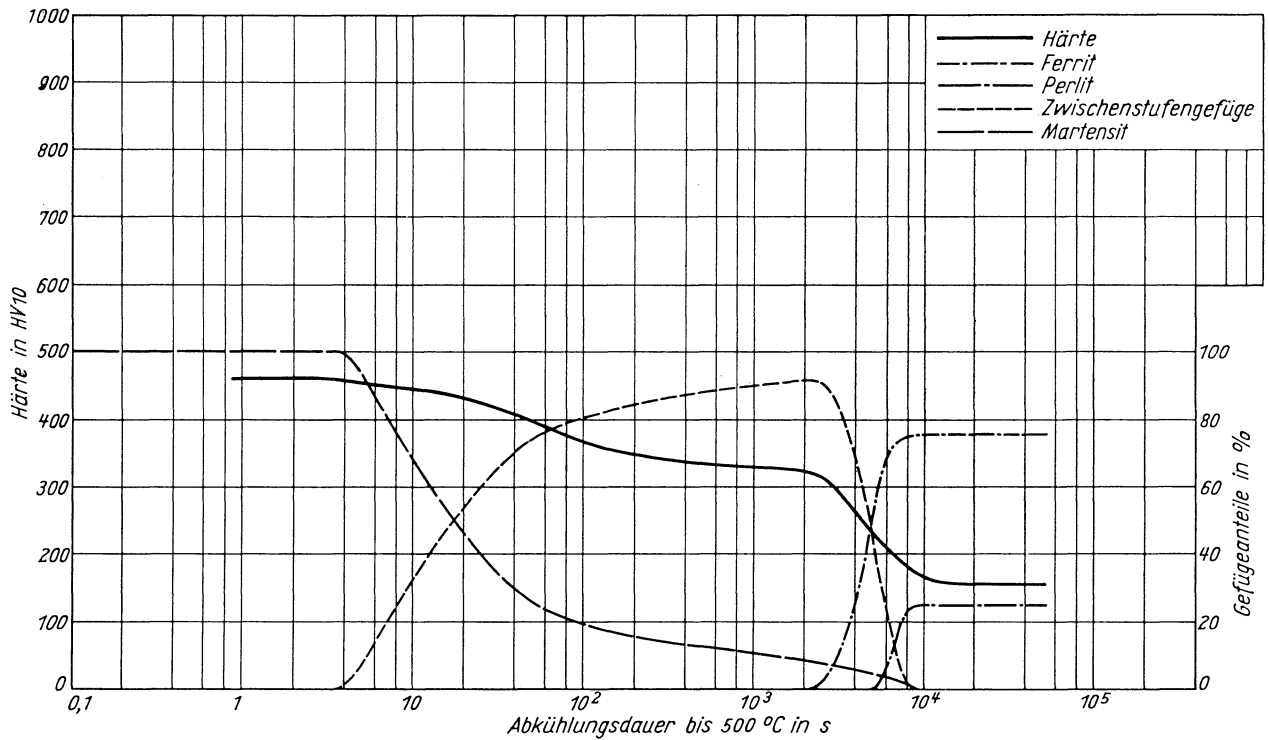
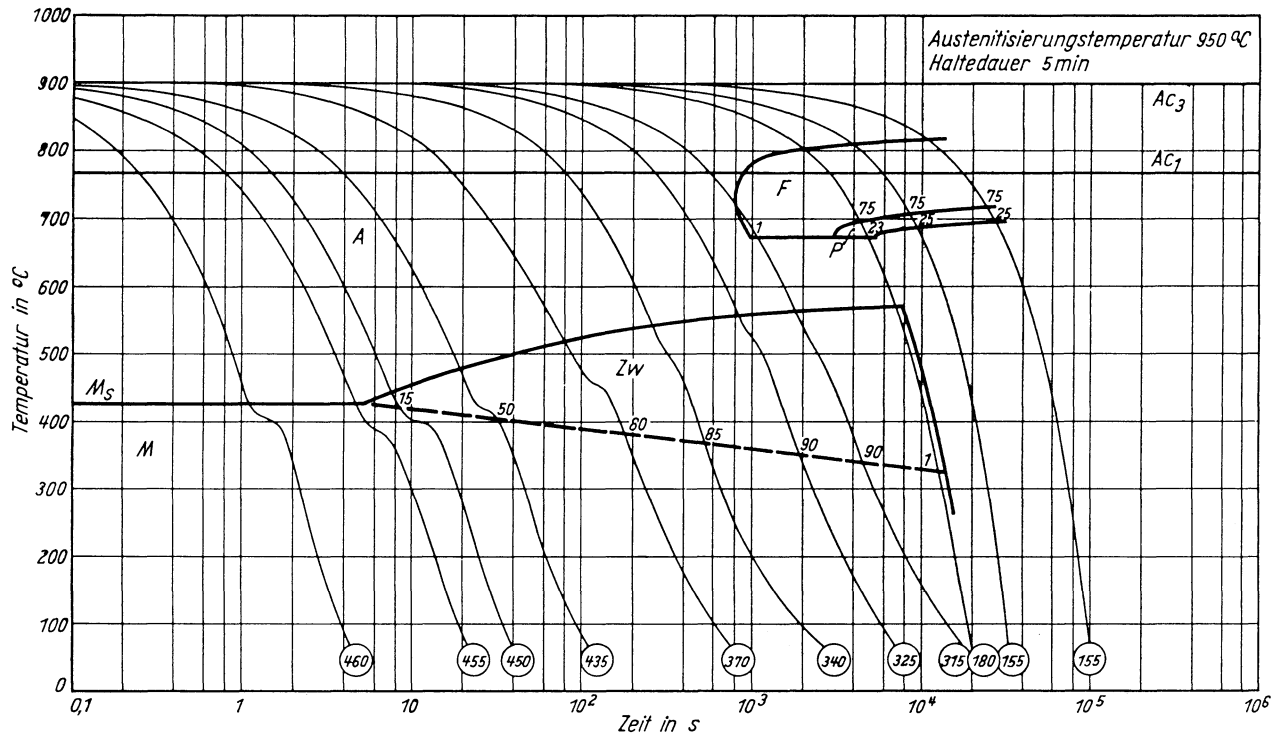
*Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)*

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	As	Cr	Cu	Mo	Ni	N ₂	O ₂	Sn	V	Zr
	0,17	0,54	0,84	0,019	0,011	0,031	0,019	0,89	0,07	0,40	0,05	0,008	0,005	0,008	0,01	0,09



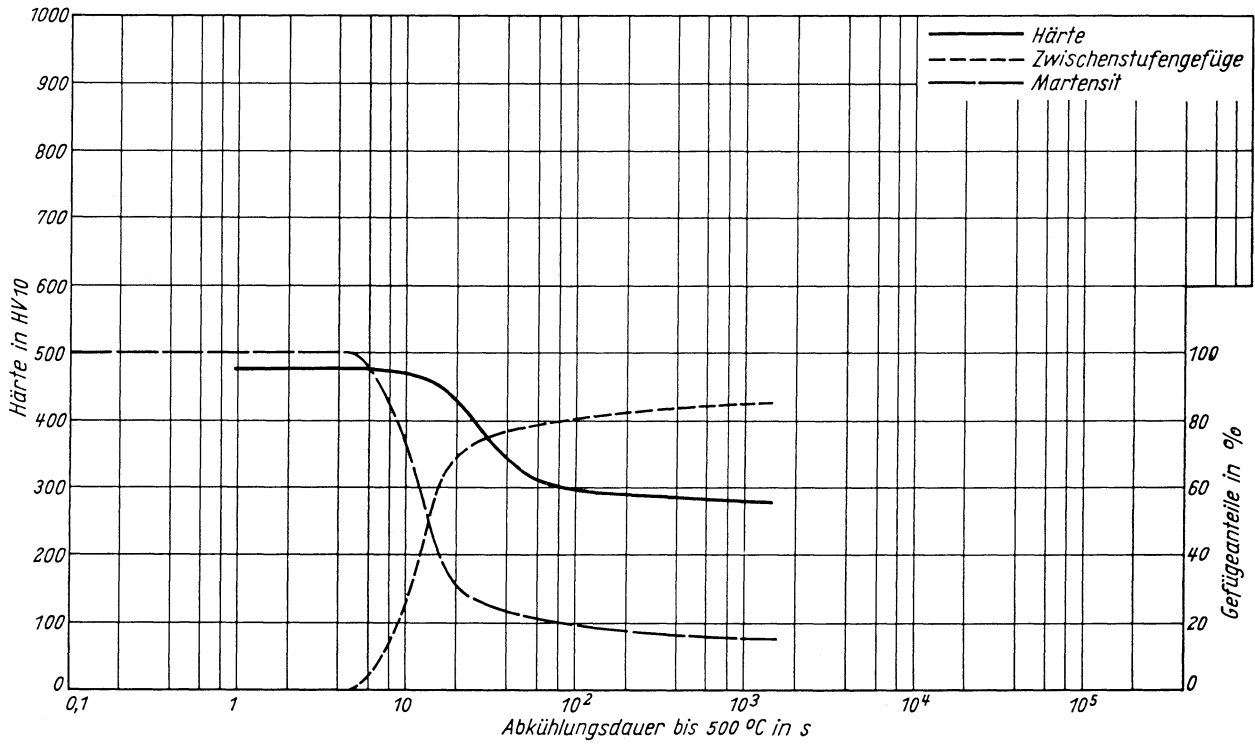
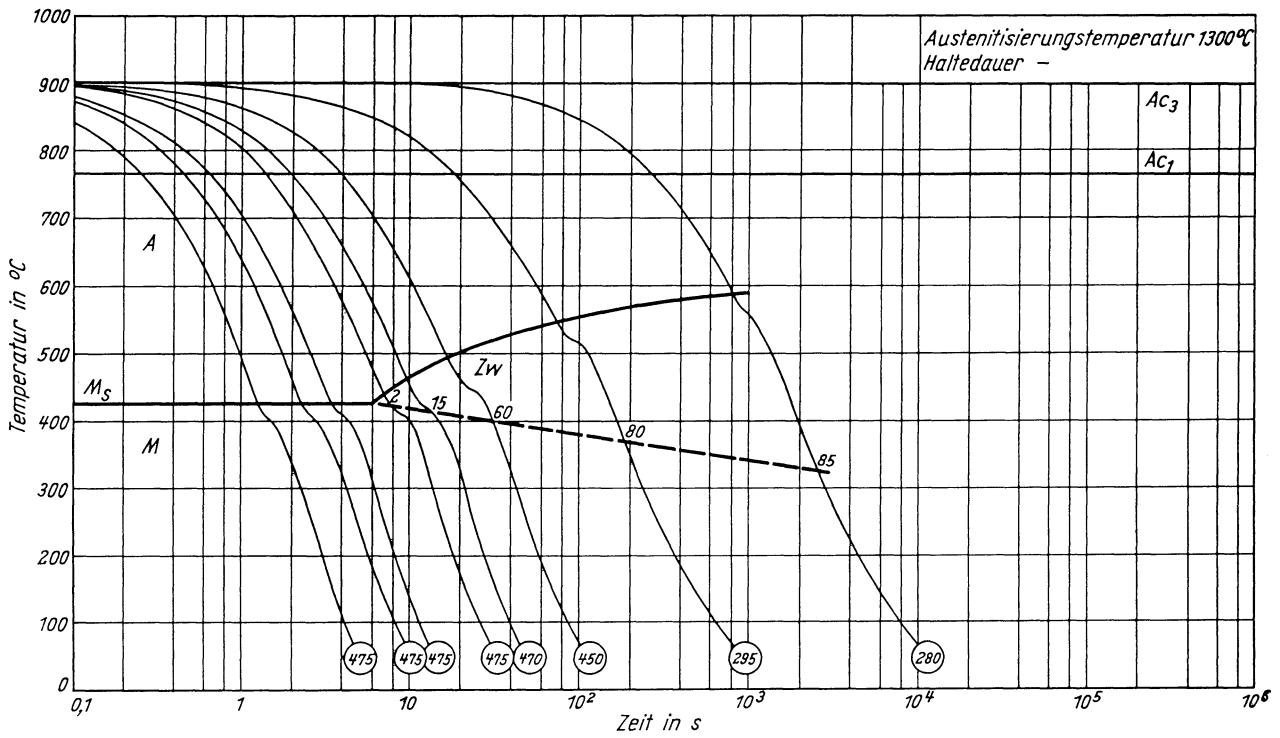
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	N	Ni	V	Zr
	0,17	0,66	0,90	0,018	0,013	0,027	0,85	0,34	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.



*Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)*

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	N	Ni	V	Zr
	0,17	0,66	0,90	0,018	0,013	0,027	0,85	0,34	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.



Wasservergütet schweißbarer Feinkornbaustahl

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	B	Cr	Cu	Mo	N	Ni	V
mindestens		0,15	0,60			0,002	0,40	0,15	0,40		0,70	0,03
höchstens	0,20	0,35	1,0	0,035	0,035	0,006	0,65	0,50	0,60	0,015	1,0	0,08

Angaben über die den Umwandelungschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	B	Cr	Cu	Mo	Ni	V
0,18	0,29	0,86	0,018	0,012	0,003	0,57	0,29	0,48	0,87	0,05

Lieferzustand: gewalzt auf 14 mm Blechdicke

Ac₃-Temperatur: 865 °C
 Ac₁-Temperatur: 725 °C
 M_s-Temperatur: 415 °C

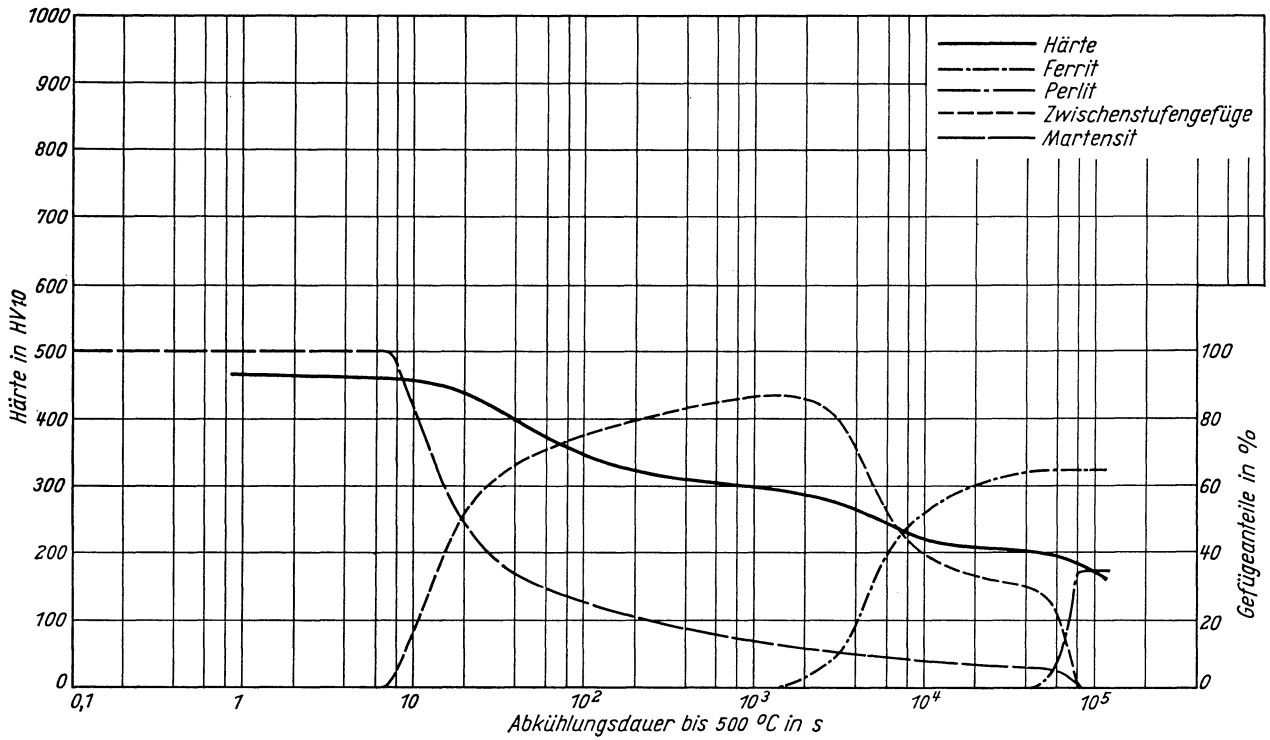
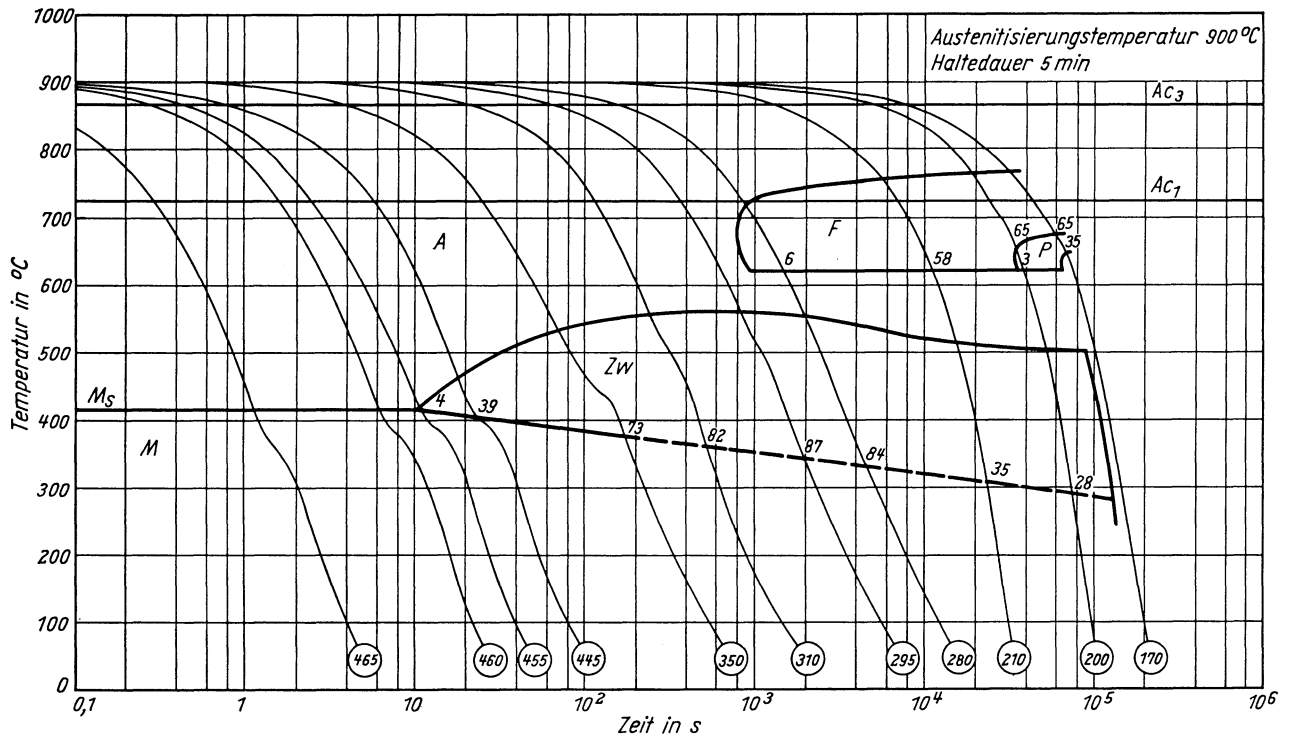
} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min

Kritische Kühlzeiten von 900 bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 5 min bzw. 1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

	900 °C	1300 °C	
K _m	7,3 s	7,3 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K ₅₀	19 s	22 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K _f	1600 s	n. b.	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K _p	82000 s	n. b.	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

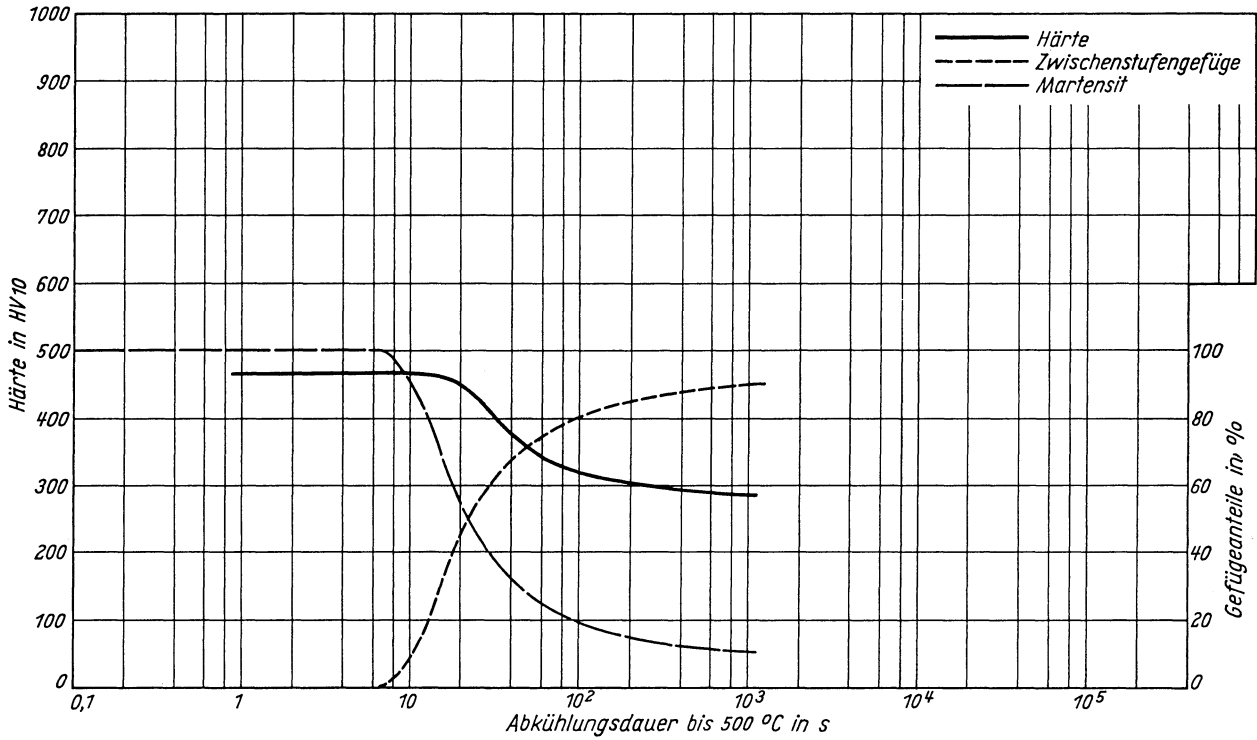
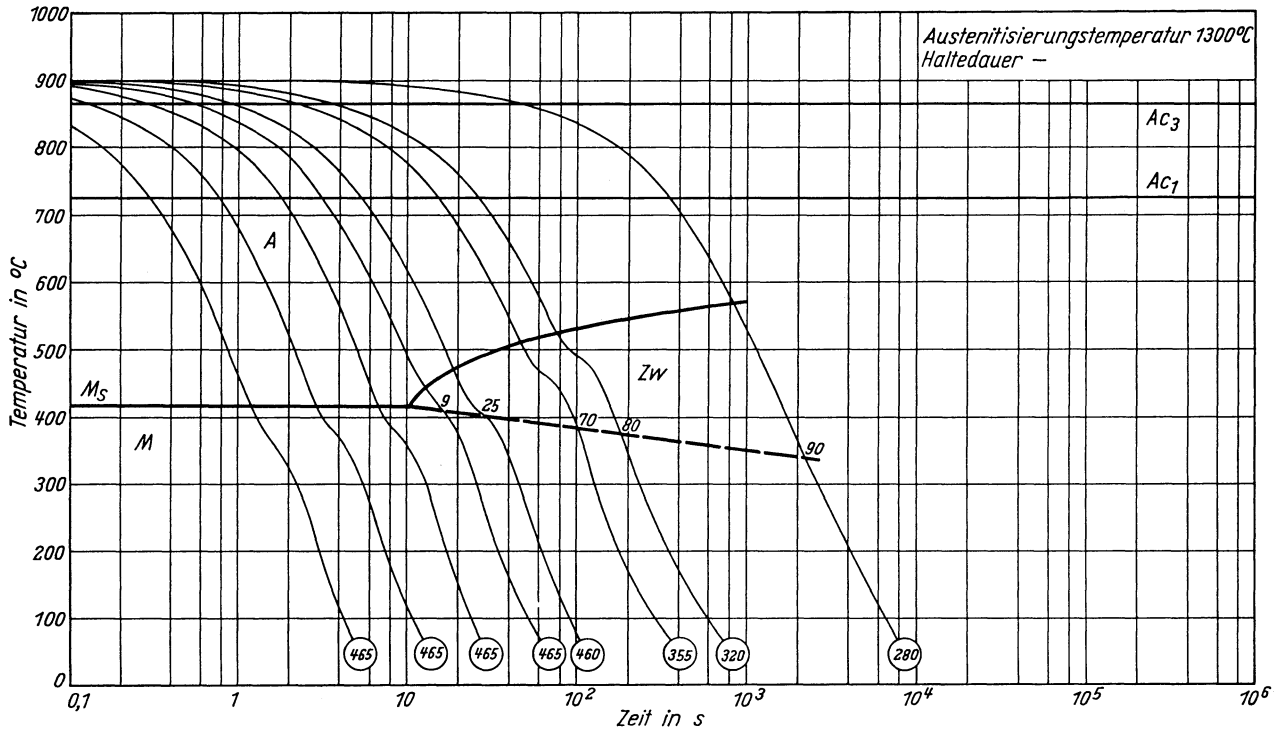
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	B	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,18	0,29	0,86	0,018	0,012	0,003	0,57	0,29	0,48	0,87	0,05	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	B	Cr	Cu	Mo	Ni	V	-
	0,18	0,29	0,86	0,018	0,012	0,003	0,57	0,29	0,48	0,87	0,05	-



Gruppe Kb IX nach DIN 1913

Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze nach Umschmelzen der Elektroden entsprechend DIN 1913 II

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	N	Ni	Ti
0,06	0,54	1,04	0,013	0,010	0,025	0,04	0,04	0,006	0,02	0,03

A_{c3} -Temperatur: 925 °C }
 A_{c1} -Temperatur: 730 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 M_s -Temperatur: n.b.

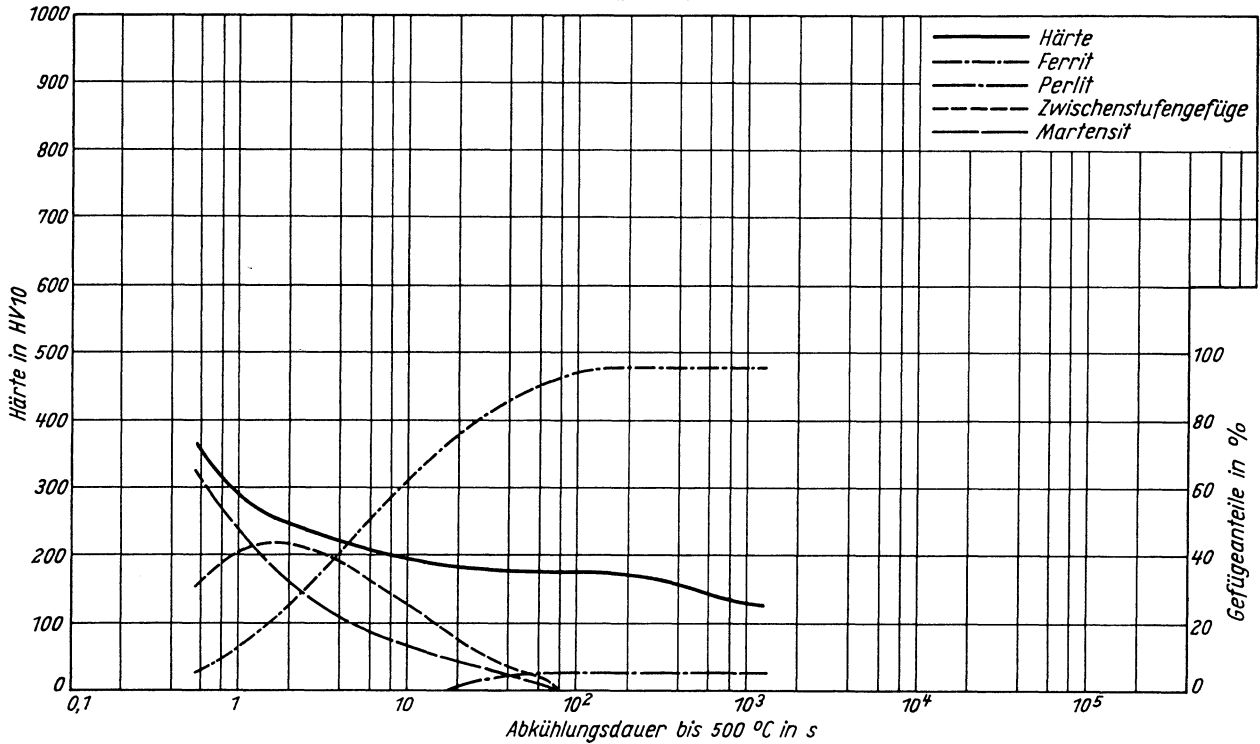
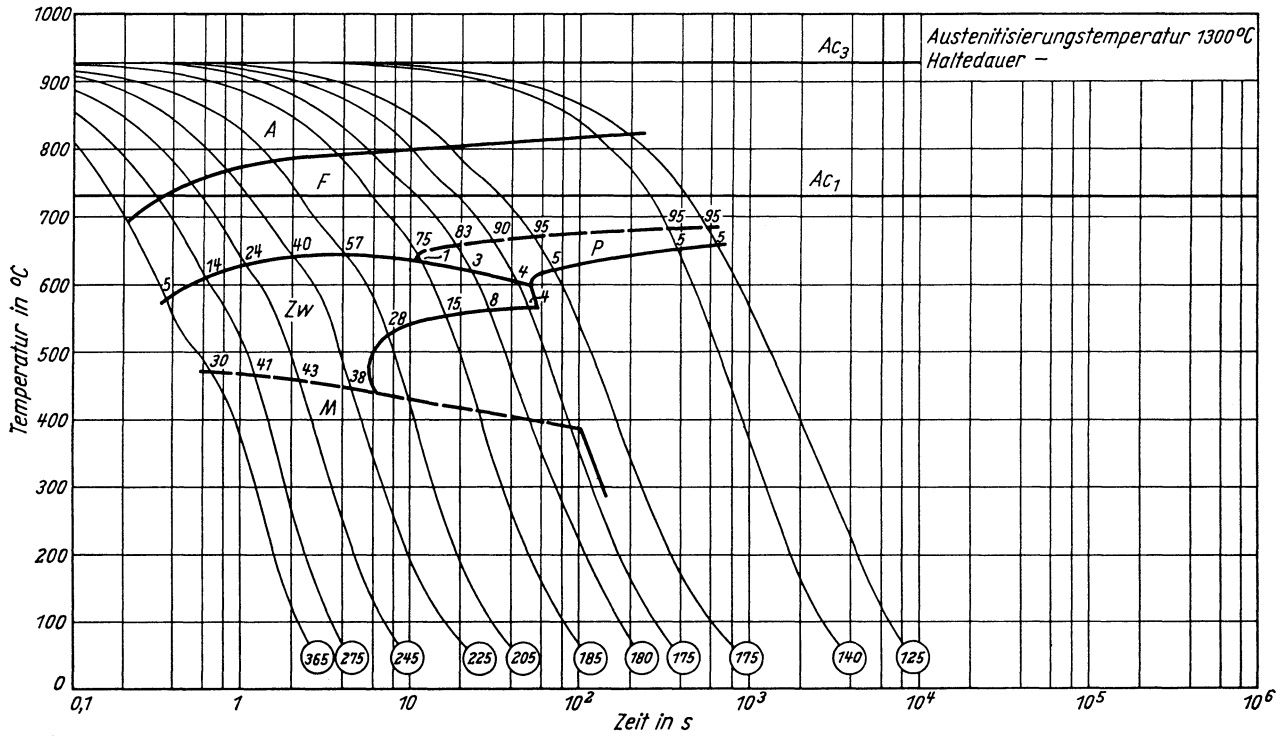
Kritische Kühlzeiten von A_{c3} bis 500 °C nach Austenitisierung von 1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

$K_{50} = 0,9$ s (Kühlzeit für 50 % Martensit)

$K_p = 75$ s (kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
 (kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Ni	N ₂	Ti	—
	0,06	0,54	1,04	0,013	0,010	0,025	0,04	0,04	0,02	0,006	0,03	—



Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze nach Umschmelzen der kalkbasisch umhüllten Elektroden entsprechend DIN 1913 II

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
0,045	0,27	1,65	0,014	0,010	0,56	0,35	1,78

Ac₃-Temperatur: 830 °C }
Ac₁-Temperatur: 695 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
M_s-Temperatur: n. b.

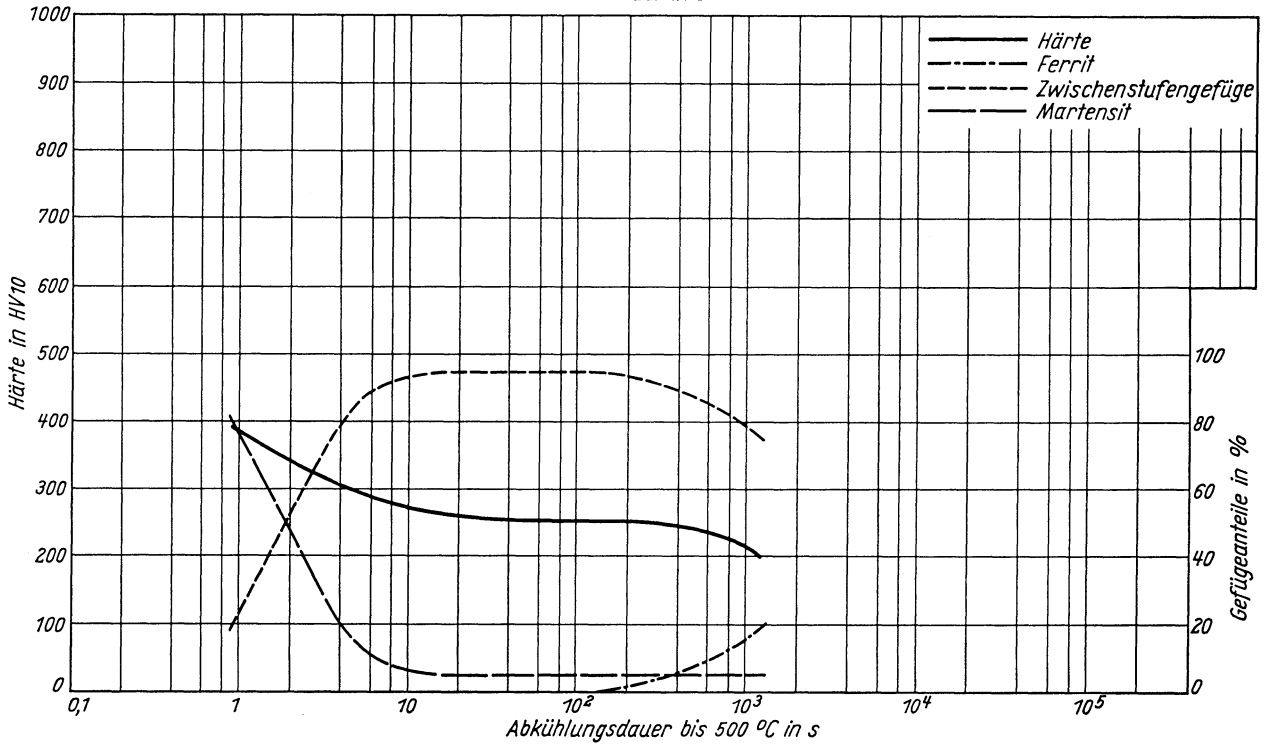
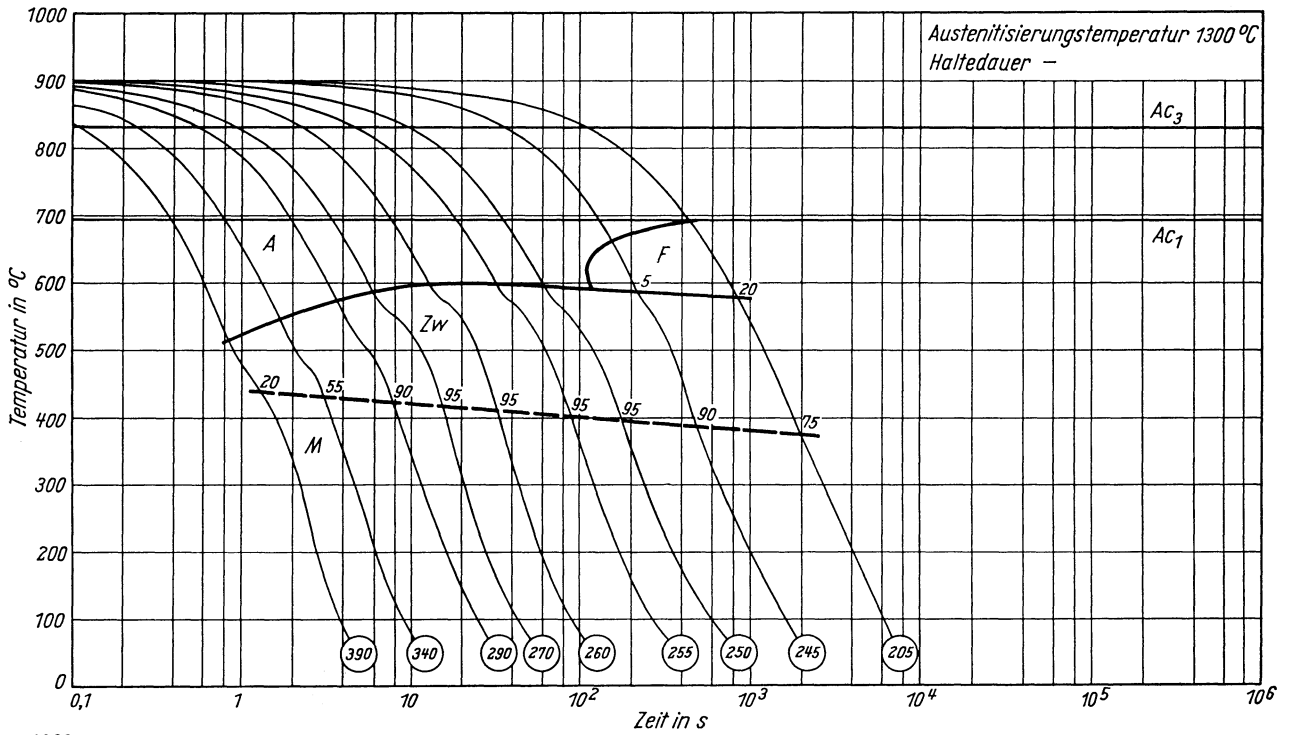
Kritische Kühlzeiten von 900 bis 500 °C nach Austenitisierung von 1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

K₅₀ = 1,9 s (Kühlzeit für 50 % Martensit)

K_f = 180 s (Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	-	-	-	-
	0,045	0,27	1,65	0,014	0,010	0,56	0,35	1,78	-	-	-	-



Gruppe E 6-60 nach DIN 8555

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Cr	Mo
mindestens	0,2	5	
höchstens	2,0	18	2

Härtebereich: über 57 bis 62 HRC

Angaben über die den Umwandelungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze nach Umschmelzen der Elektroden entsprechend DIN 1913 II

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Cr
0,35	3,27	0,97	0,013	0,006	8,95

Ac _{cm} -Temperatur: 1085 °C	} gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
Ac _{1e} -Temperatur: 1010 °C	
Ac _{1b} -Temperatur: 915 °C	
M _s -Temperatur: 190 °C	

Kritische Kühlzeiten von 1050 bis 500 °C nach Austenitisierung von 1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

K_m = 325 s (längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)K_r = 325 s (Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)

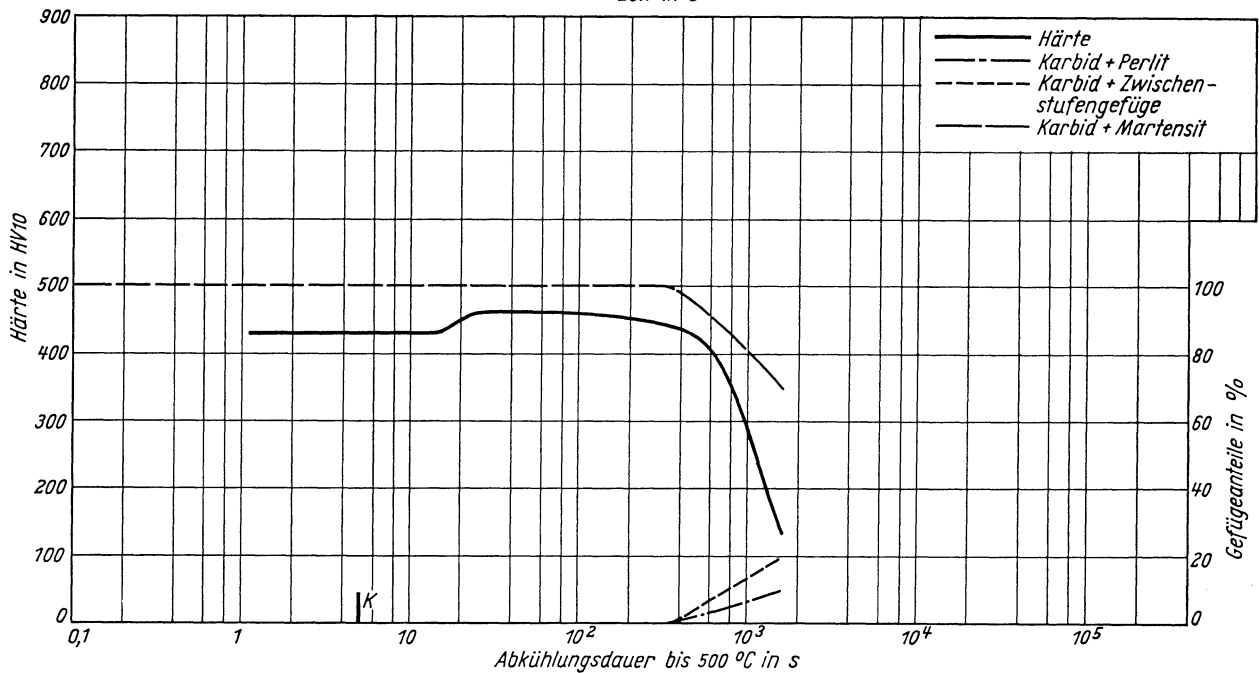
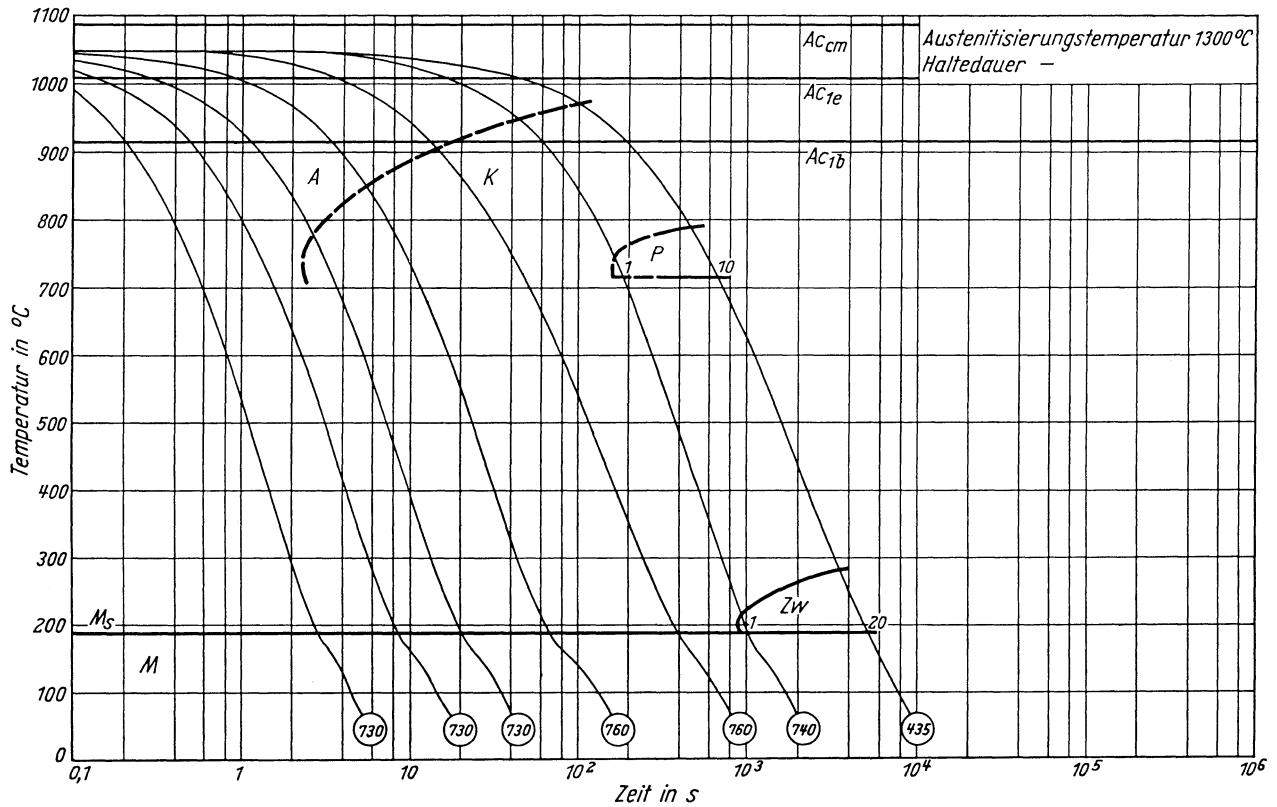
Schweißzusatzwerkstoff für verschleißfeste Auftragschweißung

II-352 E

Gruppe E 6-60 (DIN 8555)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Cr	-	-	-	-	-
	0,35	3,27	0,97	0,013	0,006	8,95	-	-	-	-	-



nach Lieferbedingungen der Deutschen Bundesbahn TL 918254 Bl. 2

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S
mindestens	0,45	0,10	0,80		
höchstens	0,63	0,50	1,30	0,05	0,05

Angaben über die den Umwandelungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	Sn
0,55	0,29	0,90	0,014	0,020	0,014	0,09	0,10	0,01	0,07	0,015

Ac₃-Temperatur: 770°C
 Ac₁-Temperatur: 730°C
 M_s-Temperatur: 290°C

} gemessen beim Erwärmen mit 3°C/min

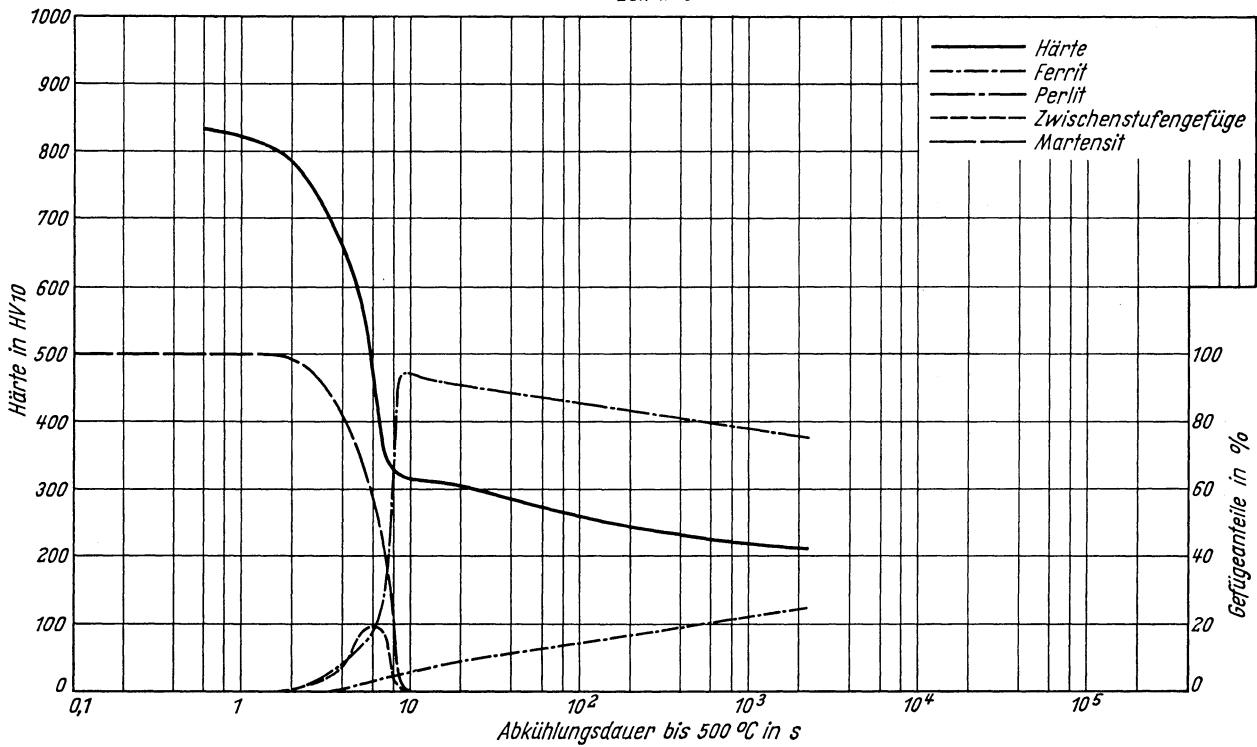
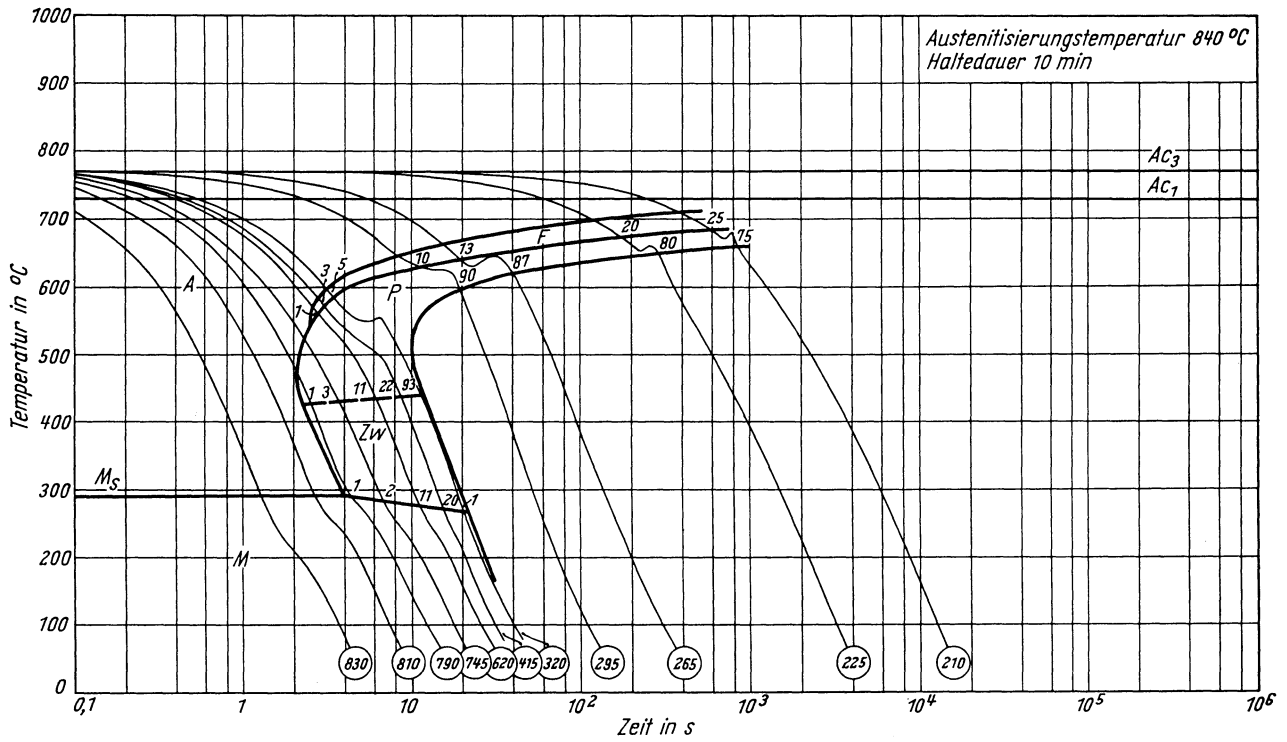
Kritische Kühlzeiten bis 500°C nach Austenitisierung von 840°C 10 min, 900°C 10 min und 1300°C, entnommen aus den ZTU-Schaubildern (kontinuierlich):

	840°C	900°C	1300°C
K _m	1,6 s	1,6 s	10 s
K ₅₀	6,5 s	6,8 s	20 s
K _f	1,6 s	1,6 s	10 s
K _p	9,0 s	10 s	30 s

(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
 (Kühlzeit für 50% Martensit)
 (Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
 (kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

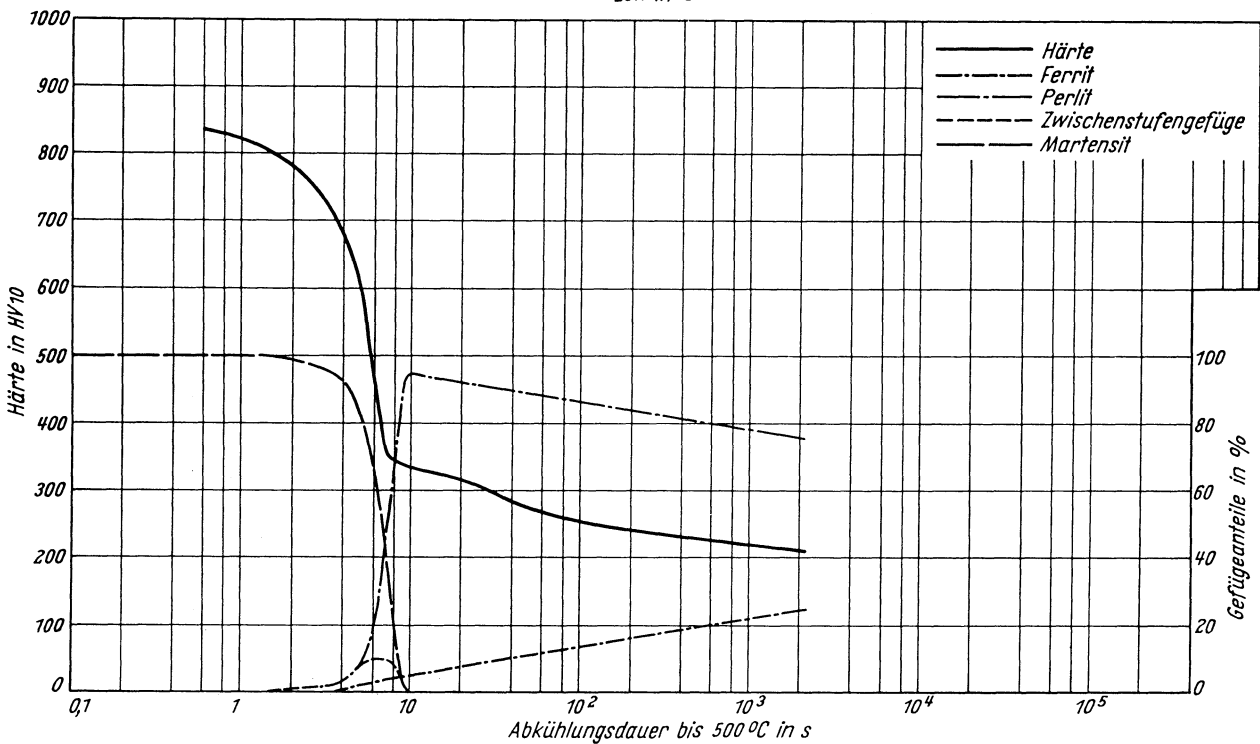
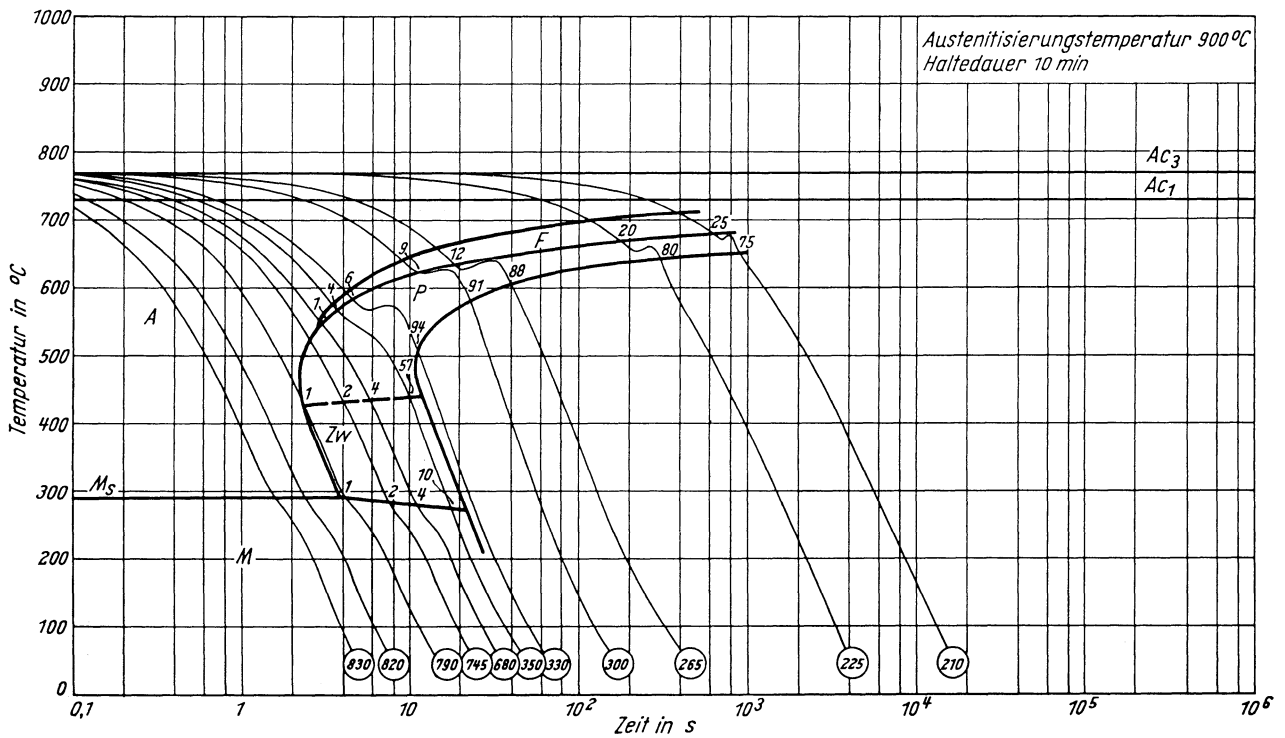
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	Sn	-
	0,55	0,29	0,90	0,014	0,020	0,014	0,09	0,10	0,01	0,07	0,015	-



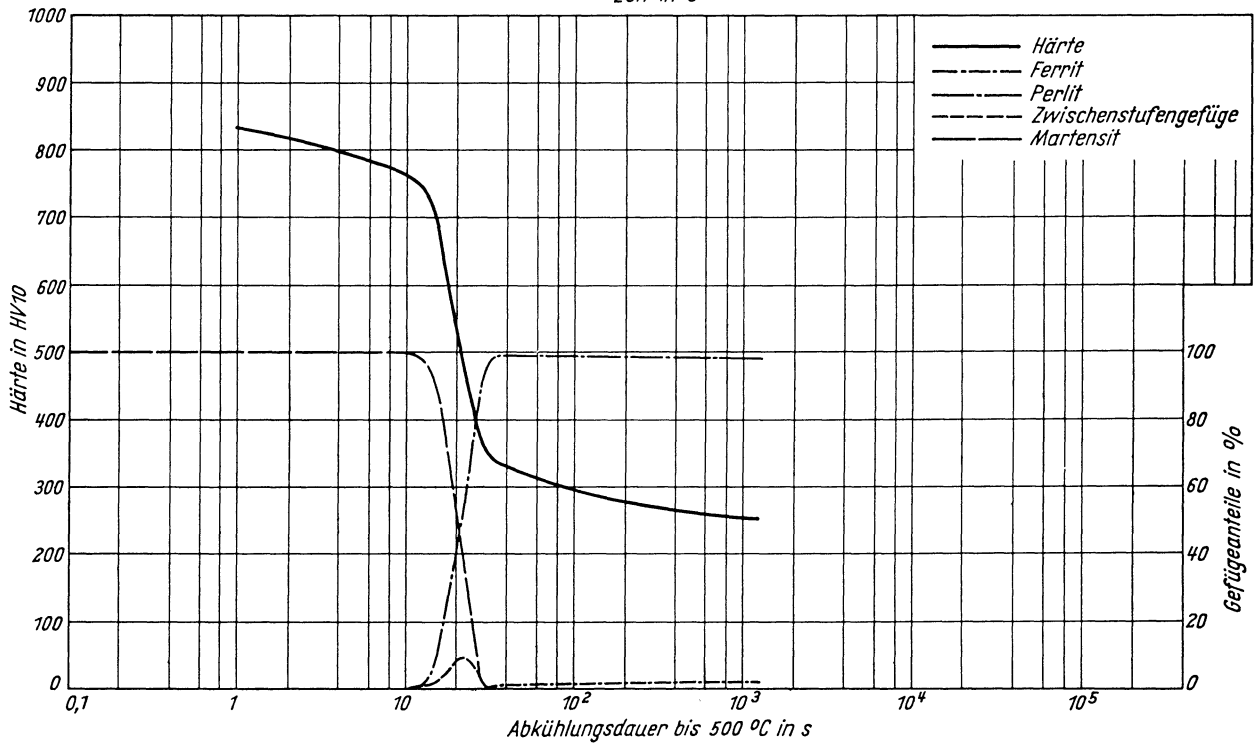
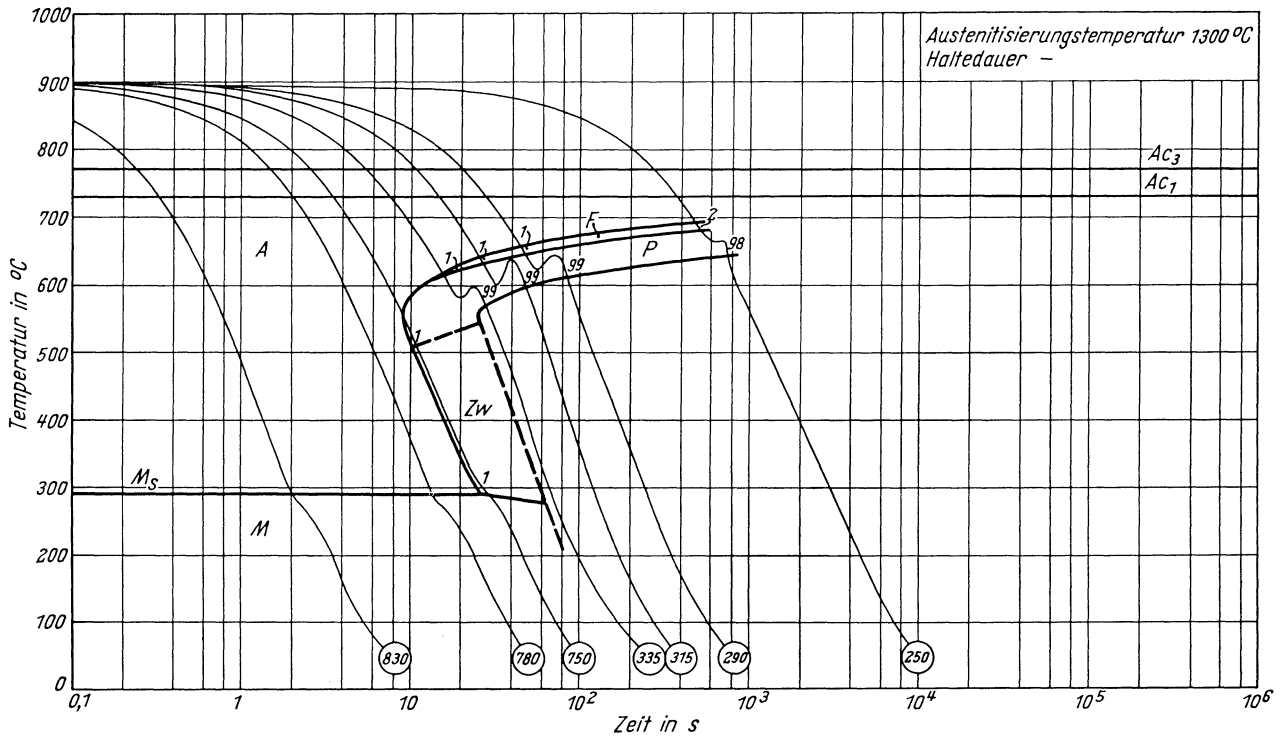
Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	Sn	-
	0,55	0,29	0,90	0,014	0,020	0,014	0,09	0,10	0,01	0,07	0,015	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	Sn	-
	0,55	0,29	0,90	0,014	0,020	0,014	0,09	0,10	0,01	0,07	0,015	-



nach der Norm des internationalen Eisenbahnverbandes UIC 860 V, B

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S
mindestens	0,50		1,30		
höchstens	0,65	0,50	1,70	0,05	0,05

Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni
0,56	0,28	1,47	0,031	0,027	0,004	0,18	0,09	< 0,01	0,07

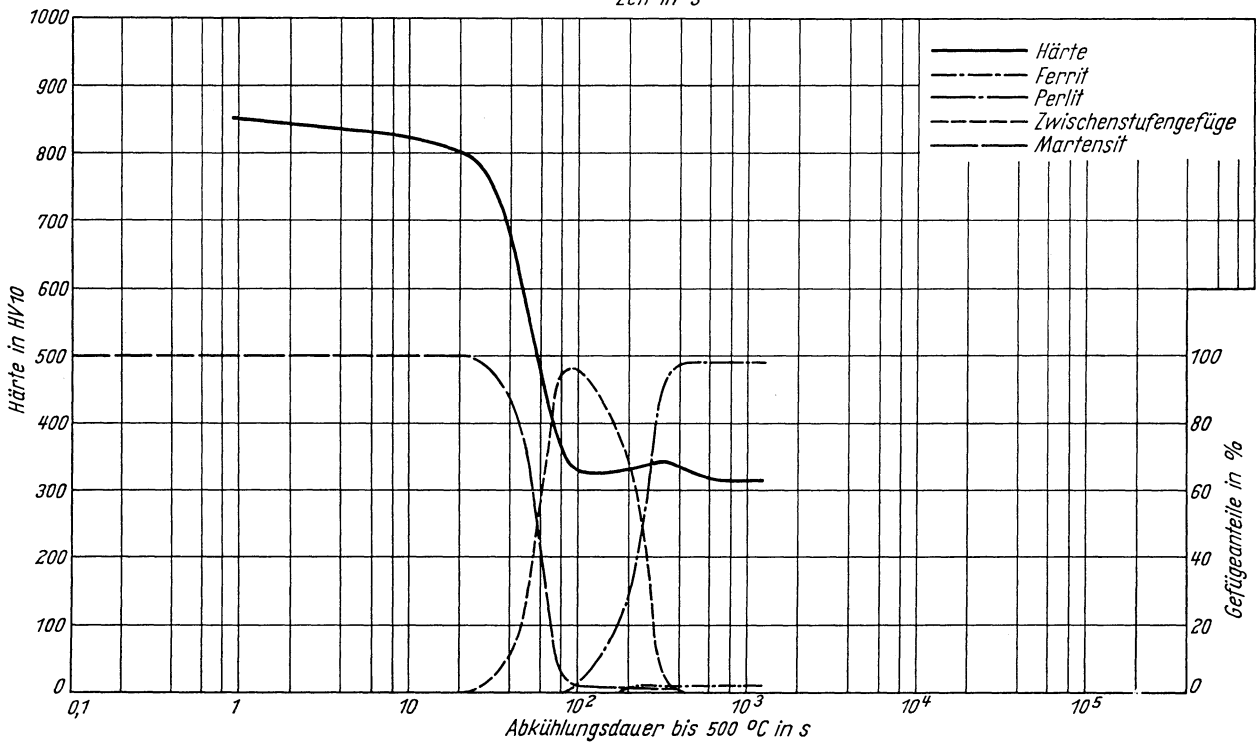
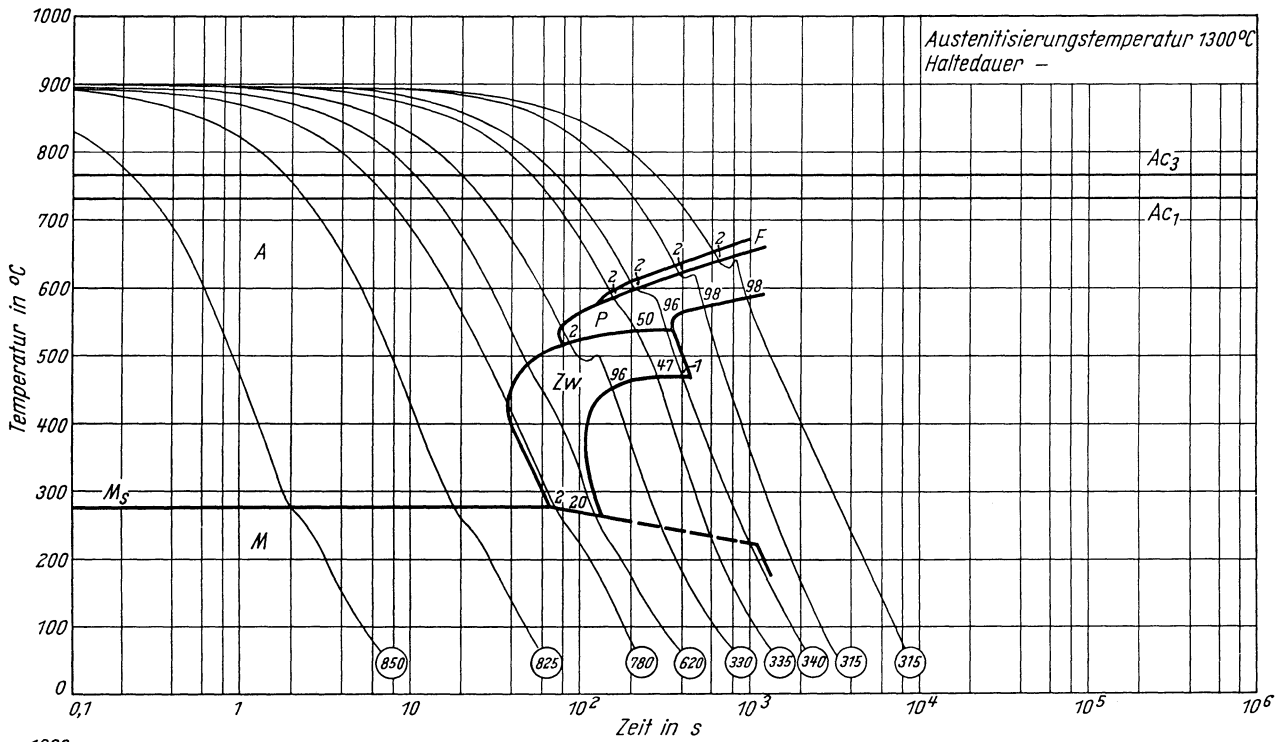
A_{c3} -Temperatur: 765 °C }
 A_{c1} -Temperatur: 730 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 M_s -Temperatur: 325 °C

Kritische Kühlzeiten von 900 bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 10 min bzw .1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

	900 °C	1300 °C	
K_m	18 s	25 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K_{50}	70 s	55 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K_f	90 s	90 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K_p	320 s	400 s	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,56	0,28	1,47	0,031	0,027	0,004	0,18	0,09	< 0,01	0,07	-	-



nach der Norm des Internationalen Eisenbahnverbandes UIC 860 V, B

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S
mindestens	0,45		1,70		
höchstens	0,60	0,30	2,10	0,03	0,03

Angaben über die den Umwandlungsschaubildern zugrunde liegende Schmelze

Chemische Zusammensetzung in %

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni
0,59	0,31	2,04	0,022	0,020	0,018	0,14	0,10	< 0,01	0,08

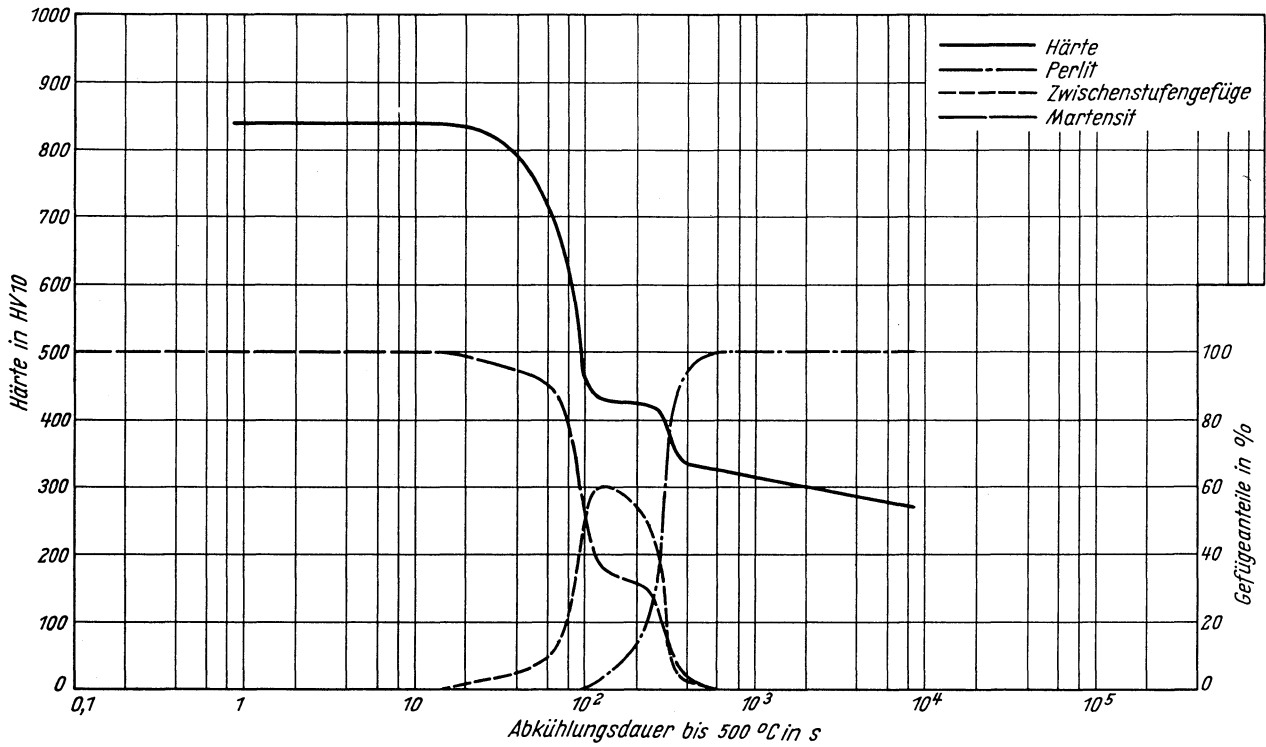
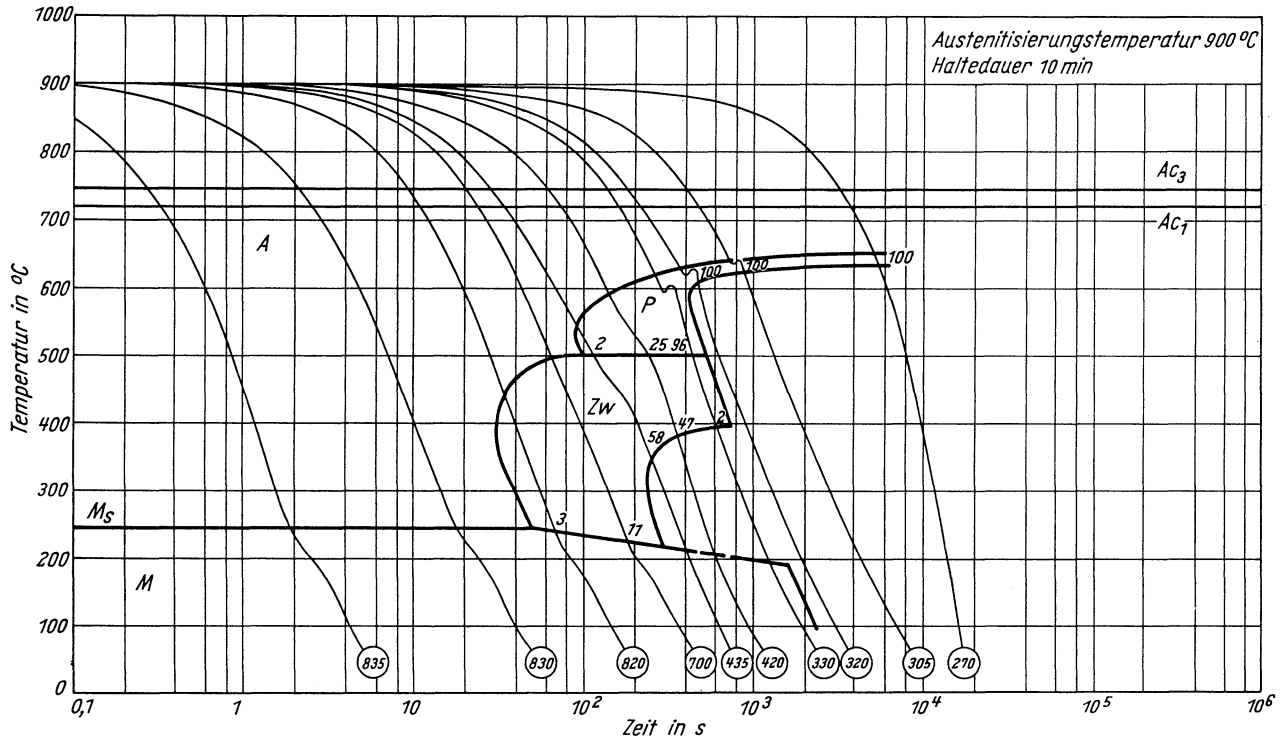
A_{c3} -Temperatur: 745 °C } gemessen beim Erwärmen mit 3 °C/min
 A_{c1} -Temperatur: 720 °C }
 M_s -Temperatur: 245 °C

Kritische Kühlzeiten von 900 bis 500 °C nach Austenitisierung von 900 °C 10 min bzw. 1300 °C, entnommen aus dem ZTU-Schaubild (kontinuierlich):

	900 °C	1300 °C	
K_m	16 s	80 s	(längste Kühlzeit für vollständige Martensitbildung, entspricht oberer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)
K_{50}	100 s	330 s	(Kühlzeit für 50 % Martensit)
K_f	100 s	450 s	(Kühlzeit bei Beginn der Ferrit- bzw. Perlitbildung)
K_p	550 s	1500 s	(kürzeste Kühlzeit für vollständige Umwandlung in der Perlitstufe, entspricht unterer kritischer Abkühlungsgeschwindigkeit)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,59	0,31	2,04	0,022	0,020	0,018	0,14	0,10	<0,01	0,08	-	-



Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(kontinuierlich)

Chemische Zusammensetzung in %	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	Ni	-	-
	0,59	0,31	2,04	0,022	0,020	0,018	0,14	0,10	<0,01	0,08	-	-

