

Redundante Neuverlegung Riedleitung Süd-Teil (R2S)

Antrag auf Planfeststellung

Teil 2 Technische Planung

2.6. Druckstoßberechnung

Hessenwasser GmbH & Co. KG

Taunusstraße 100 | 64521 Groß-Gerau

Telefon +49 69 25490-0 | Telefax +49 69 25490-1009

www.hessenwasser.de | info@hessenwasser.de

Ingenieurbüro für Strömungstechnik
Dr. - Ing. Jürgen Kraft

Schmiedeberger Str. 33, 01277 Dresden, Tel./Fax 0351/2515783
Funk 01729111295

Druckstoßberechnungen
an der Trinkwasserförderung
WW Allmendfeld

Die Berechnungen erfolgten im Auftrage der
Hessenwasser GmbH & Co. KG
Taunusstraße 100
D-64521 Groß-Gerau/Dornheim

Dresden, den 22.12.2020

Inhaltsübersicht

	Seite
1. Aufgabenstellung	2
2. Lösungsweg	2
3. Ergebnisse der Druckstoßberechnungen	2
3.1 Pumpenstopp aus Lastfall 1	3
3.2 Pumpenstopp aus Lastfall 2	5
3.3 Pumpenstopp aus Lastfall 3	6
3.4 Schließzeit Eschollbrücken aus Lastfall 4	7
4. Zusammenfassung	7

Anlagen:

Bild 1

Bilder 1.1 - 1.6.3

Bilder 2.1 - 2.6.2

Bilder 3.1 - 3.6.2

Bilder 4.1 - 4.5

Eingabedaten der Rohrleitungen

Pumpenkennlinien

1. Aufgabenstellung

An der Trinkwasserförderung vom WW Allmendfeld bis zu den Wasserbehältern Haßloch sind die Druckstoßgefährdungen bei instationären Vorgängen, insbesondere beim unsanften Pumpenstopp durch Stromausfall, zu untersuchen und nötigenfalls Druckstoßdämpfungsmaßnahmen zu dimensionieren. Dabei sind auch die Optionen R2S und R2M mit jeweils parallel verlegten Leitungen St 1000 sowie die Förderung des WW Eschollbrücken und des WW Dornheim zu prüfen.

Folgende Unterlagen wurden benutzt:

- Anfrage vom 28.07.2020 (Hessenwasser)
- Auftrag vom 04.12.2020 (Hessenwasser)
- Unterlagen wie im Bericht vom 28.08.2018
- angepasstes Fließmodell vom 12.11.2020 (Hessenwasser)
- Längsschnitt der Option R2S (21.09.2020, Dahlem Ber. Ing.)
- Längsschnitt WW Eschollbrücken bis Einbindung (21.09.2020, Dahlem Ber. Ing.)
- Bauwerksverzeichnis (22.09.2020, Hessenwasser)
- Kennlinien der Pumpe LS 800-600-667C (Grundfos)
- Massenträgheitsmoment der Pumpe I = 25,2 kgm² (Grundfos)
- Massenträgheitsmoment der Kupplung I = 0,87 kgm² (Grundfos)
- Massenträgheitsmoment des Motors I = 38,6 kgm² (Grundfos)
- Kennlinien der Pumpe ETN 200-150-315 (KSB)
- Massenträgheitsmoment der Pumpe I = 0,2417 kgm² (KSB)
- Massenträgheitsmoment der Kupplung I = 0,045 kgm² (KSB)
- Massenträgheitsmoment des Motors I = 1,7 kgm² (KSB)
- Kennlinien der Pumpe HS 350-250-498 (Grundfos)
- Massenträgheitsmoment der Pumpe I = 4,96 kgm² (Grundfos)
- Massenträgheitsmoment der Kupplung I = 0,074 kgm² (Grundfos)
- Massenträgheitsmoment des Motors I = 3,9 kgm² (Grundfos)
- Kennlinien der Pumpe Omega 200-320 A (KSB)
- Massenträgheitsmoment der Pumpe I = 0,575 kgm² (KSB)
- Massenträgheitsmoment der Kupplung I = 0,02 kgm² (KSB)
- Massenträgheitsmoment des Motors I = 1,4 kgm² (KSB)

2. Lösungsweg

Die in den Leitungen beim An- und unsanften Abfahren der Pumpen auftretenden Druckschwingungen wurden auf einem Computer simuliert. Das Computerprogramm integriert die für Stoßwellenvorgänge in Leitungen geltenden partiellen Differentialgleichungen nach der Charakteristikenmethode. Es gestattet die Schwingungs- und Stoßvorgänge in den Rohrleitungen dynamisch auf dem Bildschirm zu verfolgen.

Während des Rechnerlaufs werden Zustandswerte, wie Druck, Durchsatz, Behälterfüllstand und Pumpenleistung in einer Datei protokolliert und können anschließend als Funktionen über der Zeit dargestellt werden.

Bild 1 zeigt das zugrunde gelegte Modell für die dynamischen Untersuchungen.

3. Ergebnisse der Druckstoßberechnungen

Die Darstellung der Ergebnisse kann entweder als Plot der hydraulischen Linie zu bestimmten Zeitpunkten erfolgen, womit die Verhältnisse entlang des gesamten Leitungsstranges erfaßt werden, oder als Zustandswerte, wie Druck oder Durchsatz an ausgewählten

Stellen über der Zeit.

Zu den Plots der hydraulischen Linie noch folgende Erläuterungen: Auf der Abszisse ist jeweils die Leitungslänge vom entferntesten Wasserbehälter im WW Allmendfeld über die Pumpe bis zu den Wasserbehältern Haßloch entlang der Hauptleitung RS und RM oder der Option R2S und R2M dargestellt. Die Ordinate enthält die Druckhöhe in mWS. Bezugspunkt für 0 mWS sind 60 mNHN. Der Darstellungsbereich geht bis 150 mWS. Um einen schnellen Überblick über die Zulässigkeit der Druckschwingungen zu erhalten, ist am unteren Rand der Darstellung der Höhenverlauf (Topographie) der Leitungsführung eingetragen und oben, um die Druckbelastbarkeit PN 10 verschoben, eine obere Begrenzung.

Der örtliche manometrische Druck in der Leitung ergibt sich immer aus der Differenz zwischen der Lage der hydraulischen Linie und der zugehörigen Topographie.

Wird also durch die hydraulische Linie während der Schwingungen die untere Begrenzung angeschnitten, so bedeutet das Unterdruck im betroffenen Leitungsabschnitt, möglicherweise sogar Verdampfung. Wird die obere Begrenzung überschritten, so bedeutet das unzulässigen Überdruck an dieser Stelle der Leitung.

Die grafische Füllung der kritischen Bereiche ist so programmiert, daß sie beim Eindringen der hydraulischen Linie gelöscht wird. Damit hat man auch nach dem Abklingen der Schwingungen noch eine auswertbare Darstellung der maximalen Grenzwertüberschreitungen. Am oberen Rand in der Mitte der Darstellung läuft eine Zeitzählung für den Vorgang in Sekunden, die mit 0 beim Start der Pumpen beginnt. In dem über der besprochenen Darstellung befindlichen länglichen, schmalen Kasten wird gegebenenfalls der aktuelle Wassergehalt angeschlossener Druckstoßdämpfungsbehälter prozentual angezeigt. Man könnte sich diesen Kasten nach links hochgeklappt als Füllstandsanzeige vorstellen.

Um über den momentanen Zeitpunkt hinaus die gesamte Schwingungsbreite der hydraulischen Linie über einen Vorgang zu erfassen, auch wenn die Grenzwerte nicht überschritten werden, wurde folgendes Verfahren benutzt: Kurz vor dem Zeitpunkt der zu untersuchenden Aktionen, im vorliegenden Falle dem unsanften Pumpenstopp, wurde die hydraulische Linie beiderseits durch eine etwas gröbere Punktierung eingeschlossen, die sie dann durch ihre nachfolgenden Bewegungen löscht. So wird eine Einhüllende der extremalen Auslenkungen der hydraulischen Linie über den gesamten Vorgang geformt. Die hydraulische Linie selbst ist in den gezeigten Darstellungen zu hinreichend langen Zeitspannen nach den Aktionen meist schon mehr oder weniger zur Ruhe gekommen.

3.1 Pumpenstopp aus Lastfall 1

Der Auftraggeber wünscht die Überprüfung verschiedener Lastfälle bezüglich der Förderung der drei Wasserwerke Allmendfeld, Eschollbrücken und Dornheim. Für jeden Lastfall wurde jeweils mit der maximalen Durchsatzmenge der Wasserwerke gerechnet. Im WW Dornheim wurde die Grundfos-Pumpe für die Berechnung verwendet.

Die BEV aus dem Bauwerksverzeichnis wurden berücksichtigt. Die in dem Längsschnitt als Lüftung angegebenen Stellen sollten ebenfalls mit BEV ausgerüstet werden.

Lastfall 1 umfasst die Förderung aller drei Wasserwerke und ihren zeitgleichen Pumpenstopp.

Bild 1.1 zeigt die stationäre FU-geregelte Förderung der drei Wasserwerke kurz vor dem Pumpenstopp, der bei $t = 800$ s stattfindet. Es fließen $6785 \text{ m}^3/\text{h}$ zu den WB Haßloch. Davon fördert das WW Allmendfeld $4500 \text{ m}^3/\text{h}$, das WW Eschollbrücken $1285 \text{ m}^3/\text{h}$ und das WW Dornheim $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ in die Leitung. Die gewünschten $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ des WW Eschollbrücken wären mit 3 Pumpen nur zu schaffen, wenn diese mit erheblicher Überdrehzahl fahren. Zum Zeitpunkt $t = 800$ s wurde der gleichzeitige unsanfte Pumpenstopp durch Stromausfall simuliert.

Bild 1.2 zeigt die durch den gleichzeitigen unsanften Pumpenstopp ausgelösten Druckabsenkungswellen. Sie schneiden im weiteren Verlauf in die Topographie ein und führen zu Unterdruck.

Bild 1.3.w.1 zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp auf der Hauptleitung.

Es tritt Unterdruck bis maximal $8,6 \text{ mWS}$ auf. Diese Begrenzung wird durch die Be- und Entlüftungsventile auf der Leitung und durch die Nachsaugleitungen erreicht. Eine Vergrößerung der Nachsaugleitungen in ihrer Dimension würde keine merkliche Verbesserung der Unterdrucksituation bringen.

Gemäß der Ausarbeitung W 235 (Darmstadt, 27. Sept. 1963) sollte die Leitung so gestaltet sein, daß sie einen Unterdruck bis 8 mWS aushält. Daher sollte ein zusätzliches BEV an der Station 7930 m ausgehend vom Ausgang des WW Allmendfeld installiert werden.

Bild 1.3.w.2 zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp mit dem zusätzlichen BEV in der Hauptleitung.

Es tritt Unterdruck bis maximal $3,9 \text{ mWS}$ auf. Das ist zulässig.

Bild 1.3.o zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp auf der Trasse R2S und R2M.

Es tritt Unterdruck bis maximal $7,2 \text{ mWS}$ auf. Das ist für die Leitung zulässig

Bild 1.4.1 zeigt den FU-geregelten Durchsatz der Pumpe im WW Allmendfeld.

Bild 1.4.2 zeigt den Durchsatz der Nachsaugleitung vom Behälter 1. Durch die symmetrische Anordnung ist der Durchsatz der Nachsaugleitung vom Behälter 2 gleich groß.

Bild 1.4.3 zeigt den Durchsatz der drei Pumpen im WW Eschollbrücken zusammen genommen.

Bild 1.4.4 zeigt den FU-geregelten Durchsatz der Pumpe im WW Dornheim.

Bild 1.5.1 zeigt den Druckverlauf nach der Pumpe des WW Allmendfeld auf einer Höhe von $88,06 \text{ mNHN}$.

Bild 1.5.2 zeigt den Druckverlauf nach den Pumpen des WW Eschollbrücken auf einer Höhe von $92,00 \text{ mNHN}$.

Bild 1.5.3 zeigt den Druckverlauf nach der Pumpe des WW Dornheim auf einer Höhe von $84,22 \text{ mNHN}$.

Bild 1.6.1 zeigt die Leistungsaufnahme der Pumpe im WW Allmendfeld.

Bild 1.6.2 zeigt die Leistungsaufnahme einer Pumpe im WW Eschollbrücken im Parallelbetrieb.

Bild 1.6.3 zeigt die Leistungsaufnahme der Pumpe im WW Dornheim.

Im Falle, dass das WW Dornheim die gesamten 1000 m³/h entweder in die Leitung der RM oder der R2M fördert, treten ebenfalls keine unzulässigen Unterdrücke auf.

3.2 Pumpenstopp aus Lastfall 2

Der Lastfall 2 umfasst die gemeinsame Förderung der Wasserwerke Allmendfeld und Eschollbrücken. Das WW Dornheim fördert nicht.

Bild 2.1 zeigt die stationäre FU-geregelte Förderung der zwei Wasserwerke kurz vor dem Pumpenstopp, der bei $t = 800$ s stattfindet. Es fließen 5821 m³/h zu den WB Haßloch. Davon fördert das WW Allmendfeld 4500 m³/h und das WW Eschollbrücken 1321 m³/h in die Leitung. Die gewünschten 1500 m³/h des Eschollbrücken wären mit 3 Pumpen nur zu schaffen, wenn diese mit erheblicher Überdrehzahl fahren.

Zum Zeitpunkt $t = 800$ s wurde der gleichzeitige unsanfte Pumpenstopp durch Stromausfall simuliert.

Bild 2.2 zeigt die durch den gleichzeitigen unsanften Pumpenstopp ausgelöste Druckabsenkungswelle am WW Allmendfeld. Sie schneidet im weiteren Verlauf in die Topographie ein und führt zu Unterdruck. Die Druckabsenkungswelle des WW Eschollbrücken zeigt sich in der Hauptleitung erst im späteren Verlauf.

Bild 2.3.w zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp auf der Hauptleitung.

Es tritt Unterdruck bis maximal 3,1 mWS auf. Das ist zulässig.

Bild 2.3.o zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp auf der Trasse R2S und R2M.

Es tritt Unterdruck bis maximal 7,2 mWS auf. Das ist für die Leitung ebenfalls zulässig.

Bild 2.4.1 zeigt den FU-geregelten Durchsatz der Pumpe im WW Allmendfeld.

Bild 2.4.2 zeigt den Durchsatz der Nachsaugleitung vom Behälter 1. Durch die symmetrische Anordnung ist der Durchsatz der Nachsaugleitung vom Behälter 2 gleich groß.

Bild 2.4.3 zeigt den Durchsatz der drei Pumpen im WW Eschollbrücken zusammen genommen.

Bild 2.5.1 zeigt den Druckverlauf nach der Pumpe des WW Allmendfeld auf einer Höhe von 88,06 mNHN.

Bild 2.5.2 zeigt den Druckverlauf nach den Pumpen des WW Eschollbrücken auf einer Höhe von 92,00 mNHN.

Bild 2.6.1 zeigt die Leistungsaufnahme der Pumpe im WW Allmendfeld.

Bild 2.6.2 zeigt die Leistungsaufnahme einer Pumpe im WW Eschollbrücken im Parallelbetrieb.

3.3 Pumpenstopp aus Lastfall 3

Der Lastfall 3 umfasst die gemeinsame Förderung der Wasserwerke Allmendfeld und Dornheim. Das WW Eschollbrücken fördert nicht.

Bild 3.1 zeigt die stationäre FU-geregelte Förderung der zwei Wasserwerke kurz vor dem Pumpenstopp, der bei $t = 800$ s stattfindet. Es fließen $5500 \text{ m}^3/\text{h}$ zu den WB Haßloch. Davon fördert das WW Allmendfeld $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ und das WW Dornheim $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ in die Leitung.

Zum Zeitpunkt $t = 800$ s wurde der gleichzeitige unsanfte Pumpenstopp durch Stromausfall simuliert.

Bild 3.2 zeigt die durch den gleichzeitigen unsanften Pumpenstopp ausgelösten Druckabsenkungswellen. Sie schneiden im weiteren Verlauf in die Topographie ein und führen zu Unterdruck.

Bild 3.3.w zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp auf der Hauptleitung.

Es tritt Unterdruck bis maximal $5,0 \text{ mWS}$ auf. Das ist zulässig.

Bild 3.3.o zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie nach dem Pumpenstopp auf der Trasse R2S und R2M.

Es tritt Unterdruck bis maximal $4,1 \text{ mWS}$ auf. Das ist für die Leitung zulässig.

Bild 3.4.1 zeigt den FU-geregelten Durchsatz der Pumpe im WW Allmendfeld.

Bild 3.4.2 zeigt den Durchsatz der Nachsaugleitung vom Behälter 1. Durch die symmetrische Anordnung ist der Durchsatz der Nachsaugleitung vom Behälter 2 gleich groß.

Bild 3.4.3 zeigt den FU-geregelten Durchsatz der Pumpe im WW Dornheim.

Bild 3.5.1 zeigt den Druckverlauf nach der Pumpe des WW Allmendfeld auf einer Höhe von $88,06 \text{ mNHN}$.

Bild 3.5.2 zeigt den Druckverlauf nach der Pumpe des WW Dornheim auf einer Höhe von $84,22 \text{ mNHN}$.

Bild 3.6.1 zeigt die Leistungsaufnahme der Pumpe im WW Allmendfeld.

Bild 3.6.2 zeigt die Leistungsaufnahme der Pumpe im WW Dornheim.

3.4 Schließzeit Eschollbrücken aus Lastfall 4

Der Lastfall 4 umfasst die gemeinsame Förderung der Wasserwerke Allmendfeld und Dornheim bei gleichzeitigem Notbetrieb des WW Eschollbrücken. Hierbei entnimmt das WW Eschollbrücken 2625 m³/h aus dem System.

Da im Lastfall 4 die Druckhöhen der WW Allmendfeld und Dornheim gegenüber denen aus den Lastfällen 1 bis 3 geringer sind, fallen auch die Druckstoßreaktionen im vorliegenden Lastfall schwächer aus und es bedarf daher keiner weiteren Maßnahmen.

Vielmehr ist hier das Schließen des Schiebers am WW Eschollbrücken zu betrachten, während die beiden anderen Wasserwerke weiter fördern. Denn eine zu schnelle Schließzeit kann zu erheblichen Druckstoßproblemen führen.

Voruntersuchungen haben gezeigt, dass für die Schließzeit des Schiebers aus der Vollöffnung mindestens 180 Sekunden einzuhalten sind.

Bild 4.1 zeigt die stationäre FU-geregelte Förderung der Wasserwerke Allmendfeld und Dornheim und die gleichzeitige Entnahme durch das WW Eschollbrücken kurz vor dessen Beginn des Schließvorgangs, der bei $t = 800$ s stattfindet.

Das WW Allmendfeld fördert 4500 m³/h und das WW Dornheim 1000 m³/h in die Leitung. WW Eschollbrücken entnimmt 2625 m³/h.

Bild 4.2 zeigt die höchste Lage der hydraulischen Linie zum Ende des Schließvorganges mit 180 Sekunden.

Bild 4.3 zeigt anhand der gelöschten Punktierung die maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie beim Schieberschließen im WW Eschollbrücken mit 180 s. Es tritt auch kein Unterdruck in der Leitung auf.

Bild 4.4 zeigt die Entnahme des WW Eschollbrücken.

Bild 4.5 zeigt den Druckverlauf am WW Eschollbrücken auf einer Höhe von 92,00 mNHN.

4. Zusammenfassung

Die Druckstoßberechnungen an der Trinkwasserförderung vom WW Allmendfeld bis zu den Wasserbehältern Haßloch unter Berücksichtigung der Leitungen R2S und R2M und der Wasserwerke Eschollbrücken und Dornheim haben zu folgenden Ergebnissen geführt:

Im Lastfall 1, also der gleichzeitigen Förderung aller drei Wasserwerke, wird an der Station 7930 m, ausgehend vom Ausgang des WW Allmendfeld, ein zusätzliches BEV benötigt. Andernfalls überschreitet der Unterdruck beim Pumpenstopp den maximal zulässigen Wert von 8 mWS für die Leitungen.

Mit dem zusätzlichen BEV reduziert sich der Unterdruck in der Hauptleitung auf maximal 3,9 mWS.

Auf der Trasse R2S und R2M beträgt der maximale Unterdruck 7,2 mWS.

Das WW Eschollbrücken erreicht mit der aktuellen Drehzahl von 1644 min^{-1} und drei Pumpen nicht die gewünschten $1500 \text{ m}^3/\text{h}$. Der Durchsatz beträgt nur $1285 \text{ m}^3/\text{h}$.

Im Lastfall 2 treten bei einem gleichzeitigen Pumpenstopp der WW Allmendfeld ($Q = 4500 \text{ m}^3/\text{h}$) und Eschollbrücken ($Q = 1321 \text{ m}^3/\text{h}$) in der Hauptleitung Unterdrücke bis maximal $3,1 \text{ mWS}$ und in der Trasse R2S und R2M bis maximal $7,2 \text{ mWS}$ auf.

Im Lastfall 3 treten bei einem gleichzeitigen Pumpenstopp der WW Allmendfeld ($Q = 4500 \text{ m}^3/\text{h}$) und Dornheim ($Q = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$) in der Hauptleitung Unterdrücke bis maximal 5 mWS und in der Trasse R2S und R2M maximal $4,1 \text{ mWS}$ auf.

Die Druckstoßreaktionen fallen im Lastfall 4 (Notbetrieb mit Entnahme WW Eschollbrücken) aufgrund der geringeren Druckhöhen an den WW Allmendfeld und Dornheim deutlich kleiner aus, als in den Lastfällen 1 bis 3. Daher bedarf es hier keiner zusätzlichen Maßnahmen.

Der Schließvorgang des Schiebers am WW Eschollbrücken sollte aus dem Notbetrieb mit einer Stellzeit von mindestens 180 s für den gesamten Fahrweg von 100 Prozent auf 0 erfolgen. Dann gibt es keine Probleme mit Über- oder Unterdruck.

Dr.-Ing. Jürgen Kraft

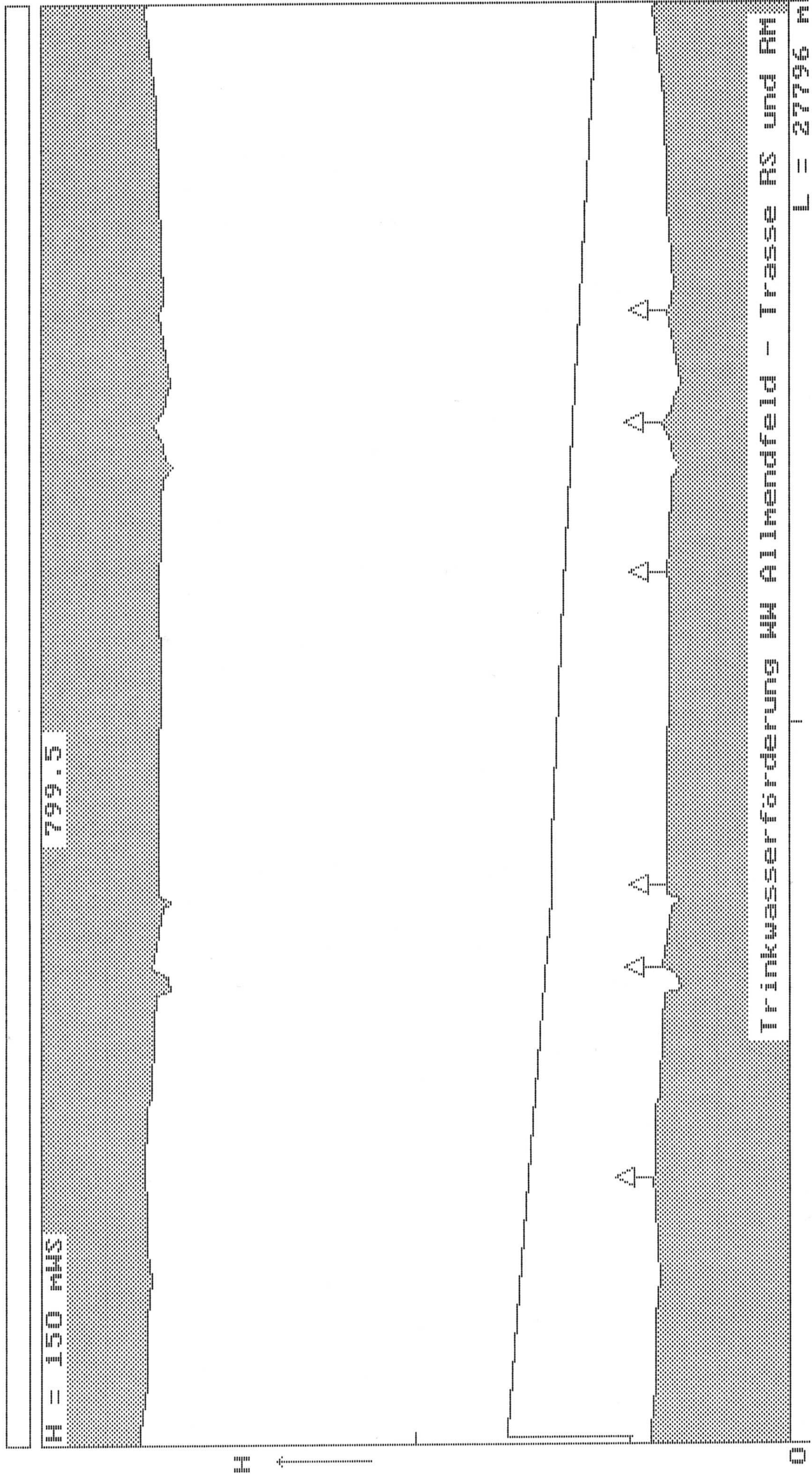


Bild 1.1: Stationäre Förderung mit allen drei Wasserwerken. Es fließen 4500 m³/h von WH Allmendfeld, 1285 m³/h von WH Escholzbüchen und 1000 m³/h von WH Dornheim.

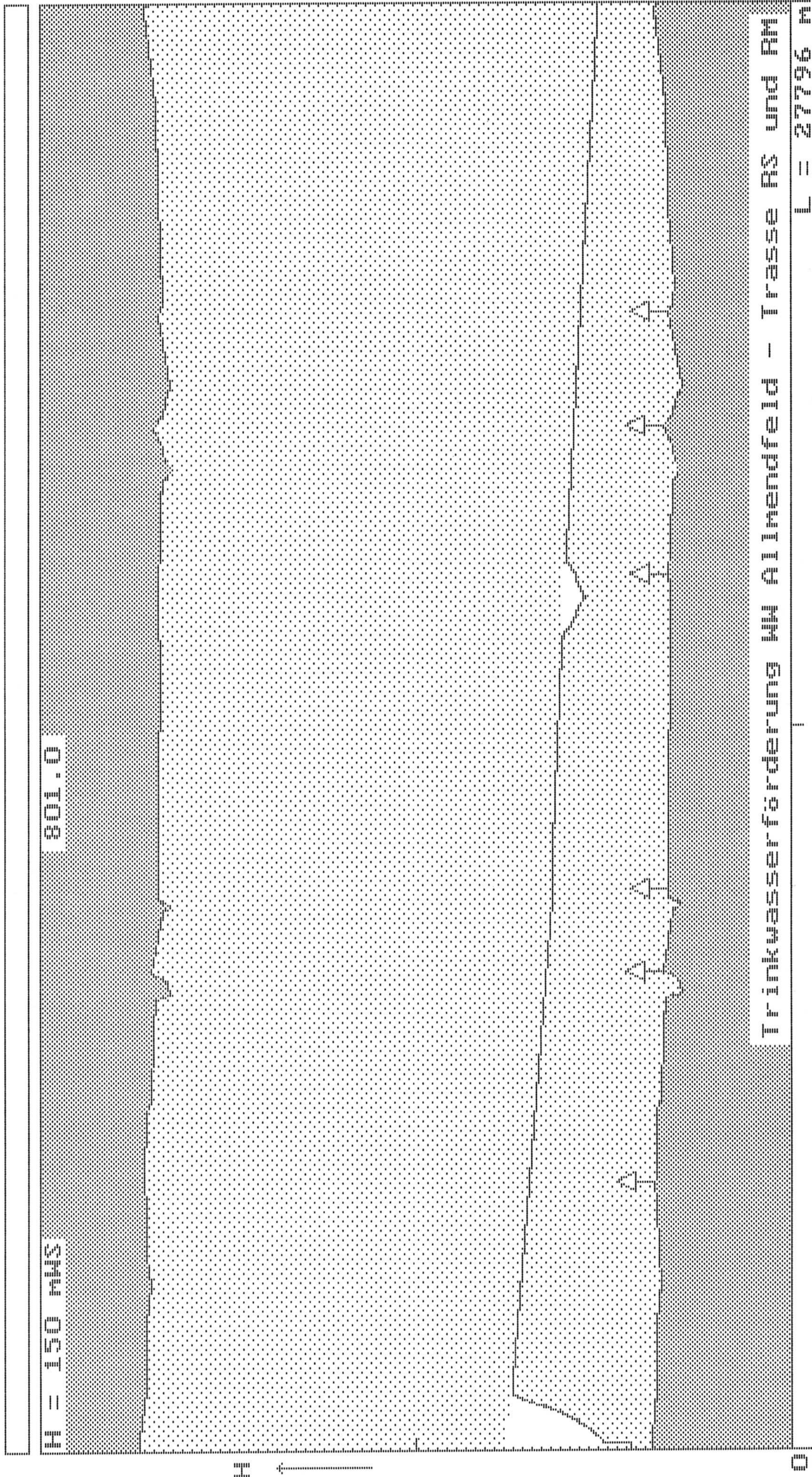


Bild 1.2: Durch den gleichzeitigen unsanften Pumpentopp ausgelöste Druck-
absenkungswellen

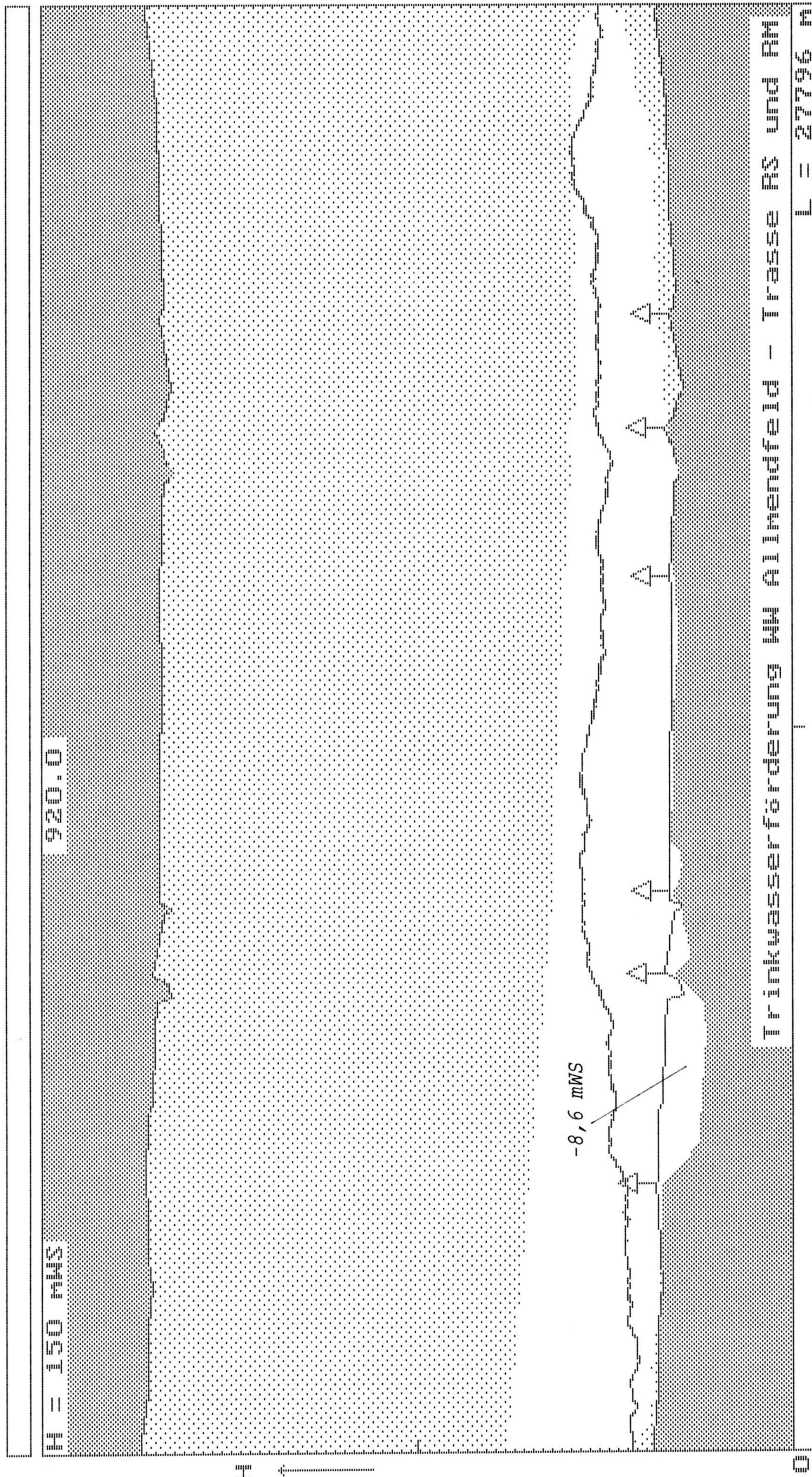


Bild 1.3.w.1: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie in der Hauptleitung nach dem gleichzeitigen Pumpenstopp

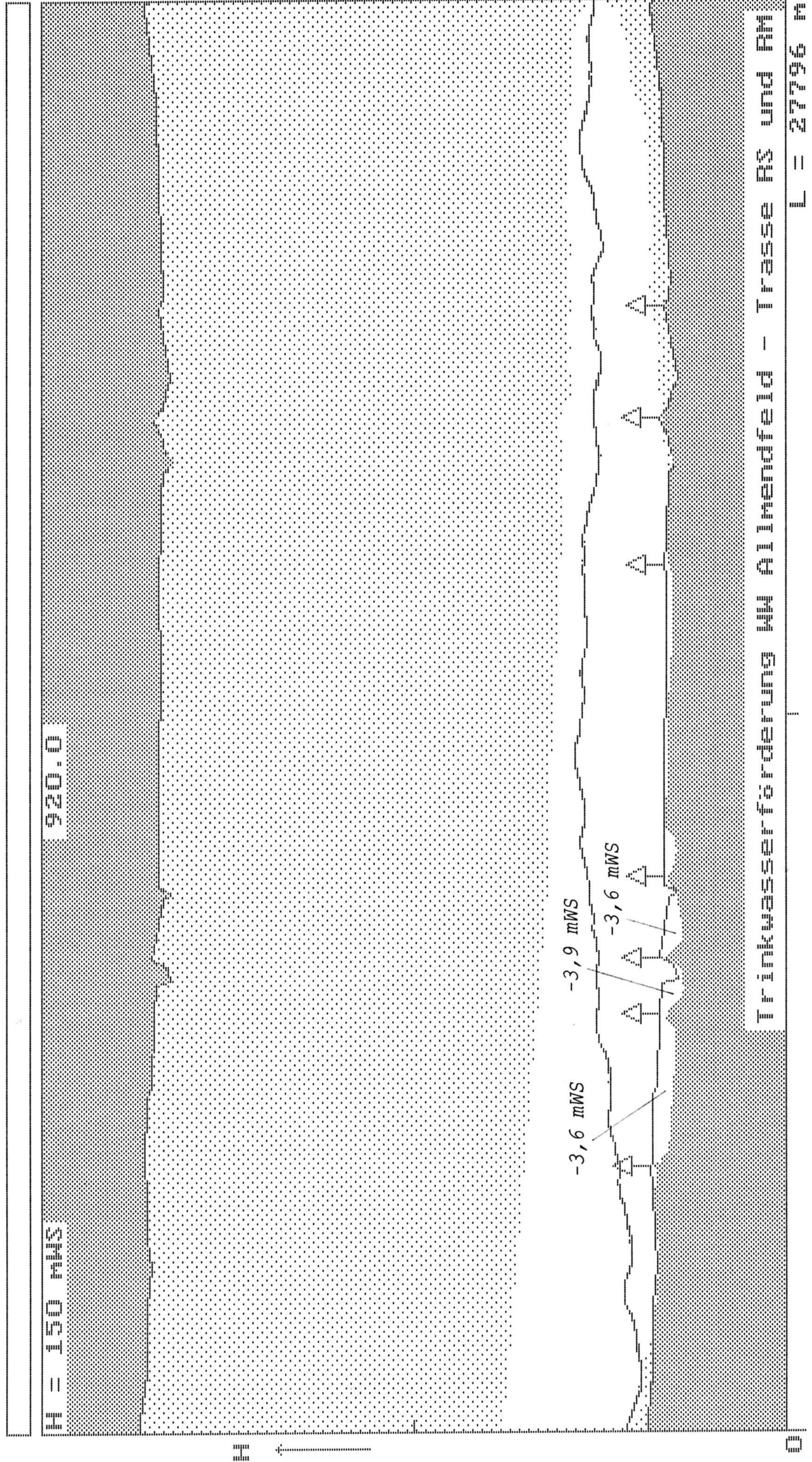


Bild 1.3.w.2: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie in der Hauptleitung nach dem gleichzeitigen Pumpenstopp mit zusätzlicher BEU

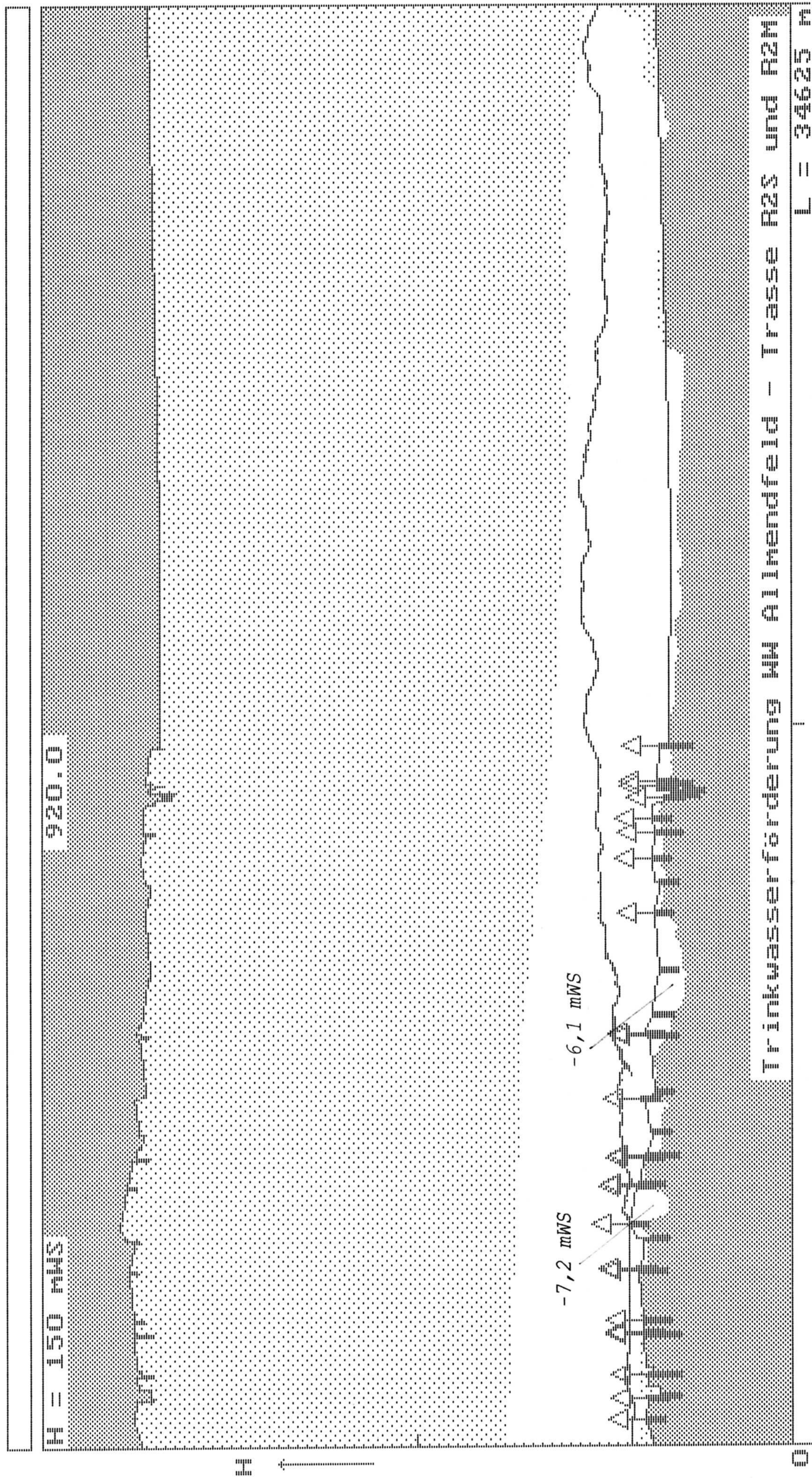


Bild 1.3.0: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie auf der Trasse R23 und R24 nach den gezeichneten Pumpenstopp

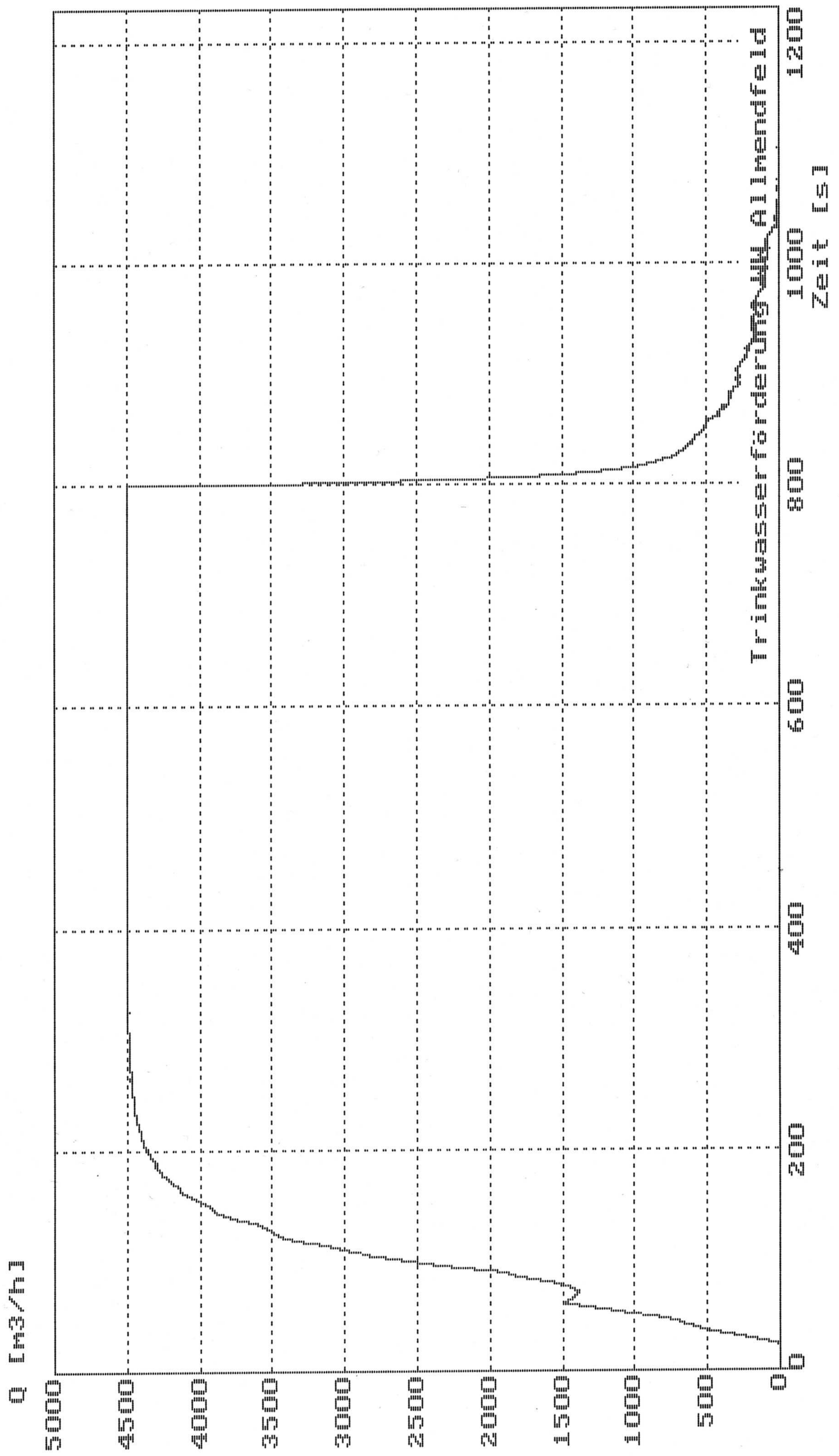


Bild 1.4.1: Durchsatz der Pumpe in WW Almindfeld

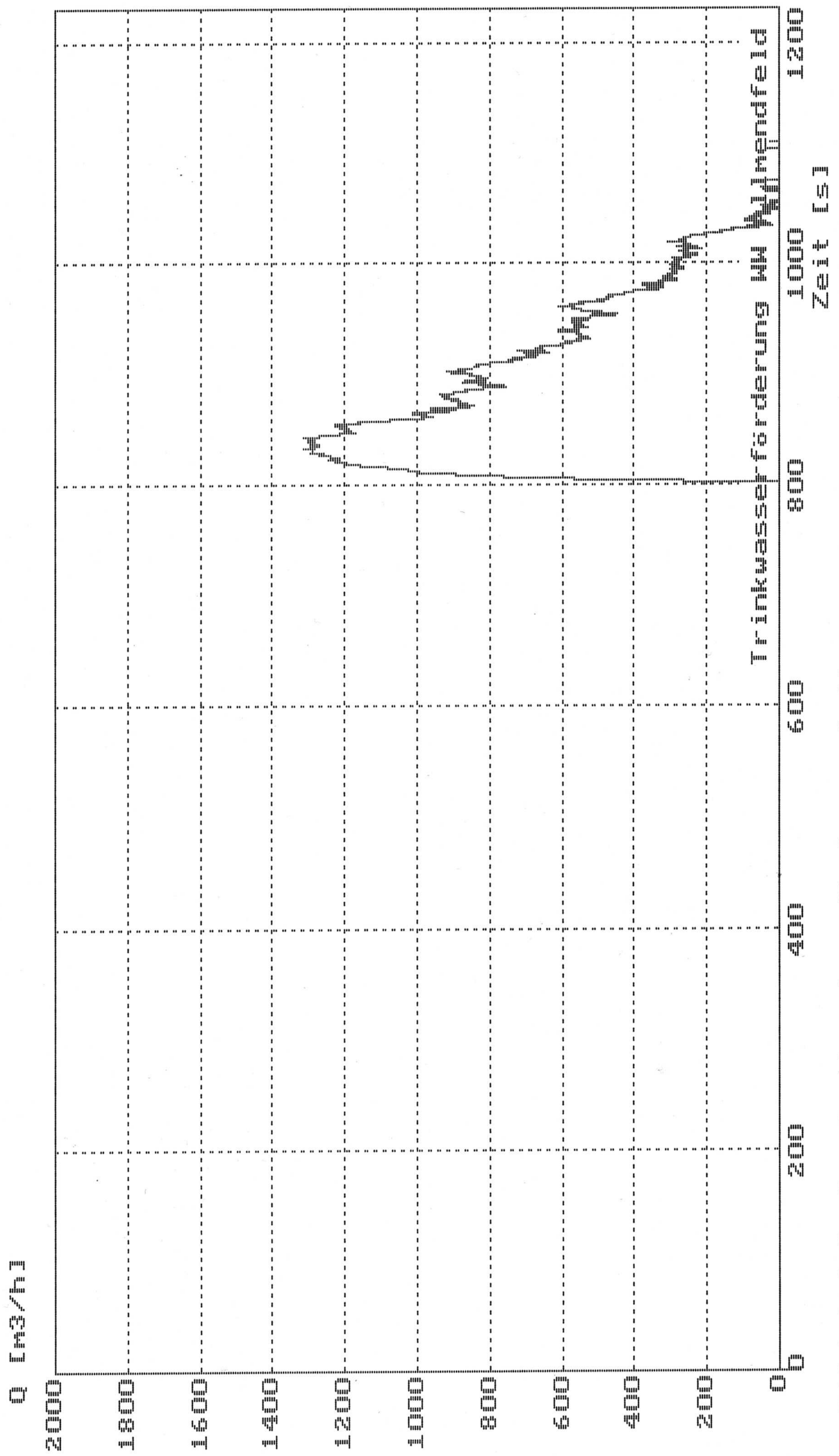


Bild 1.4.2: Durchsatz einer Hochdruckleitung

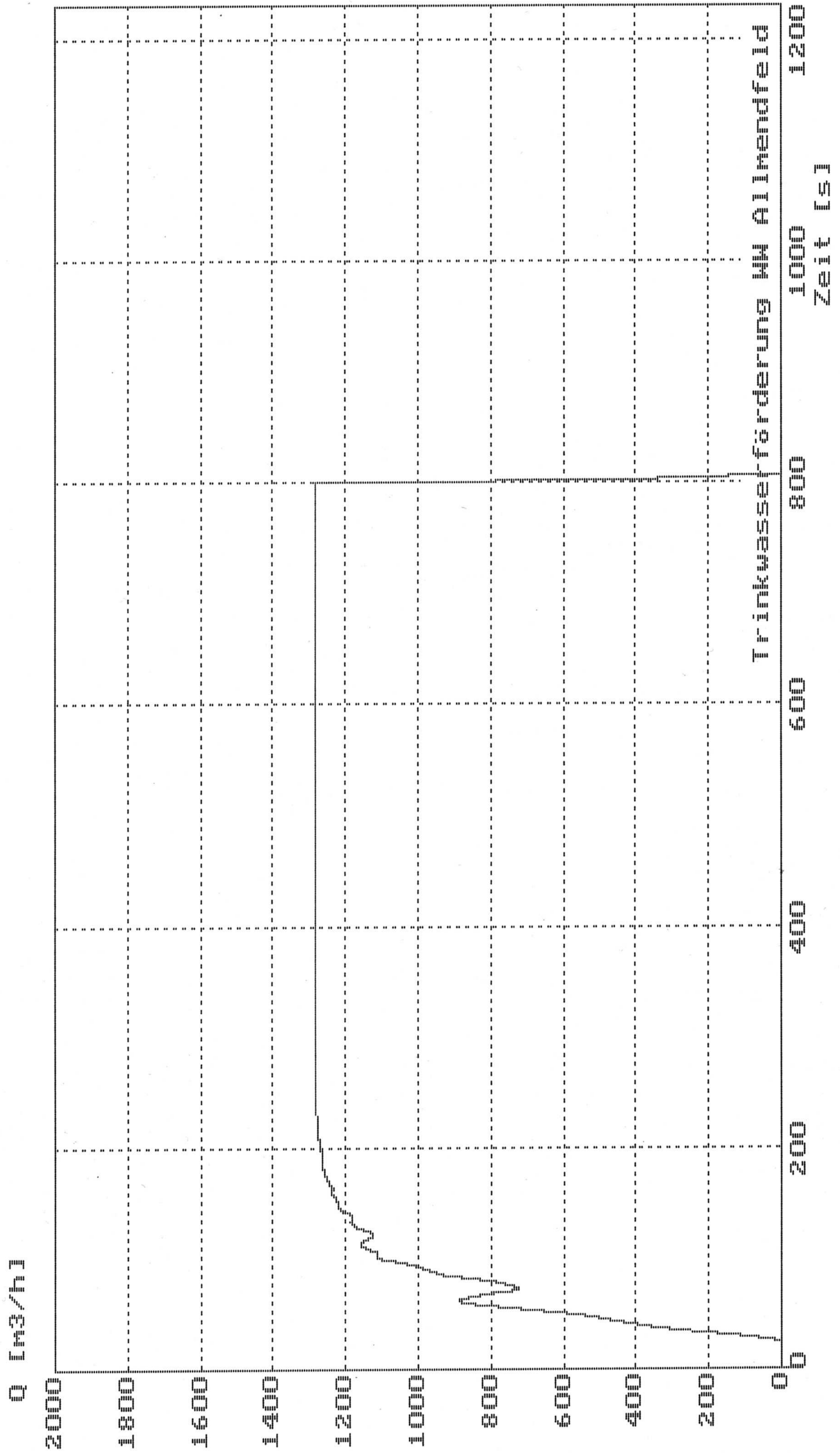


Bild 1.4.3: Durchsatz der drei Pumpen in WH Escholbrücken zusammen genommen

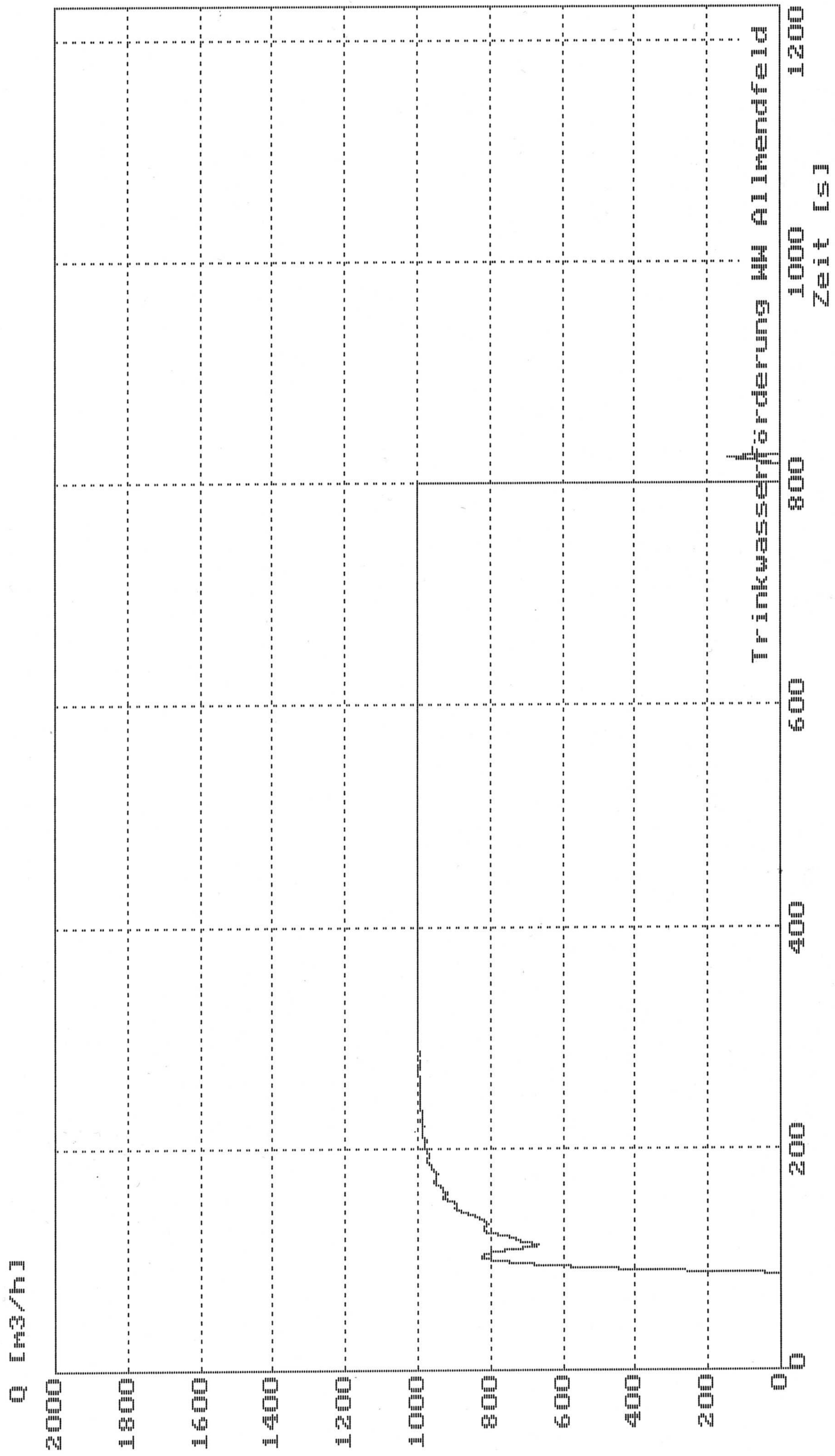


Bild 1.4.4: Durchsatz der Pumpe in WW Dornheim

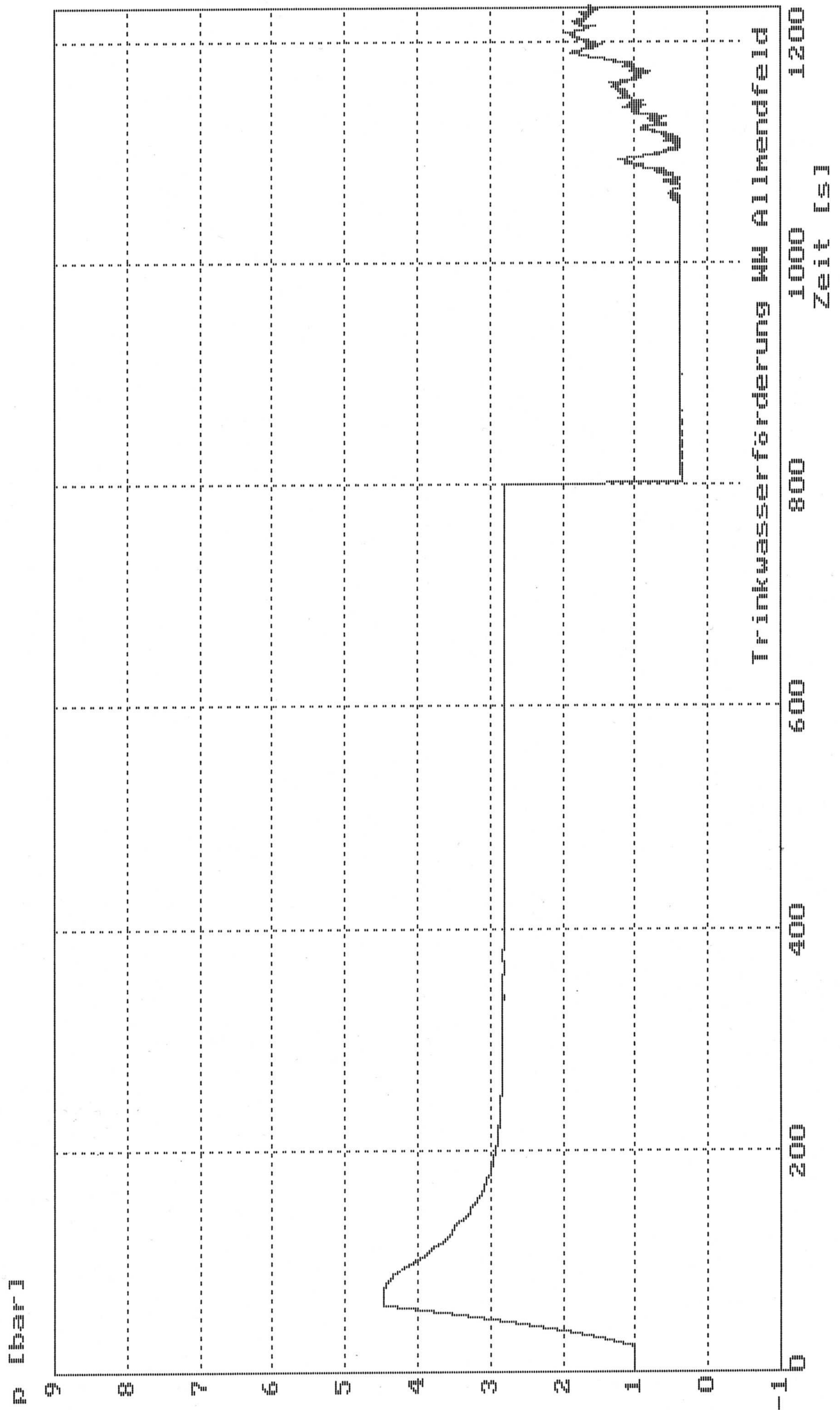


Bild 1.5.1: Druckverlauf nach der Pumpe des WW Allmendfeld auf 00,06 m³/h

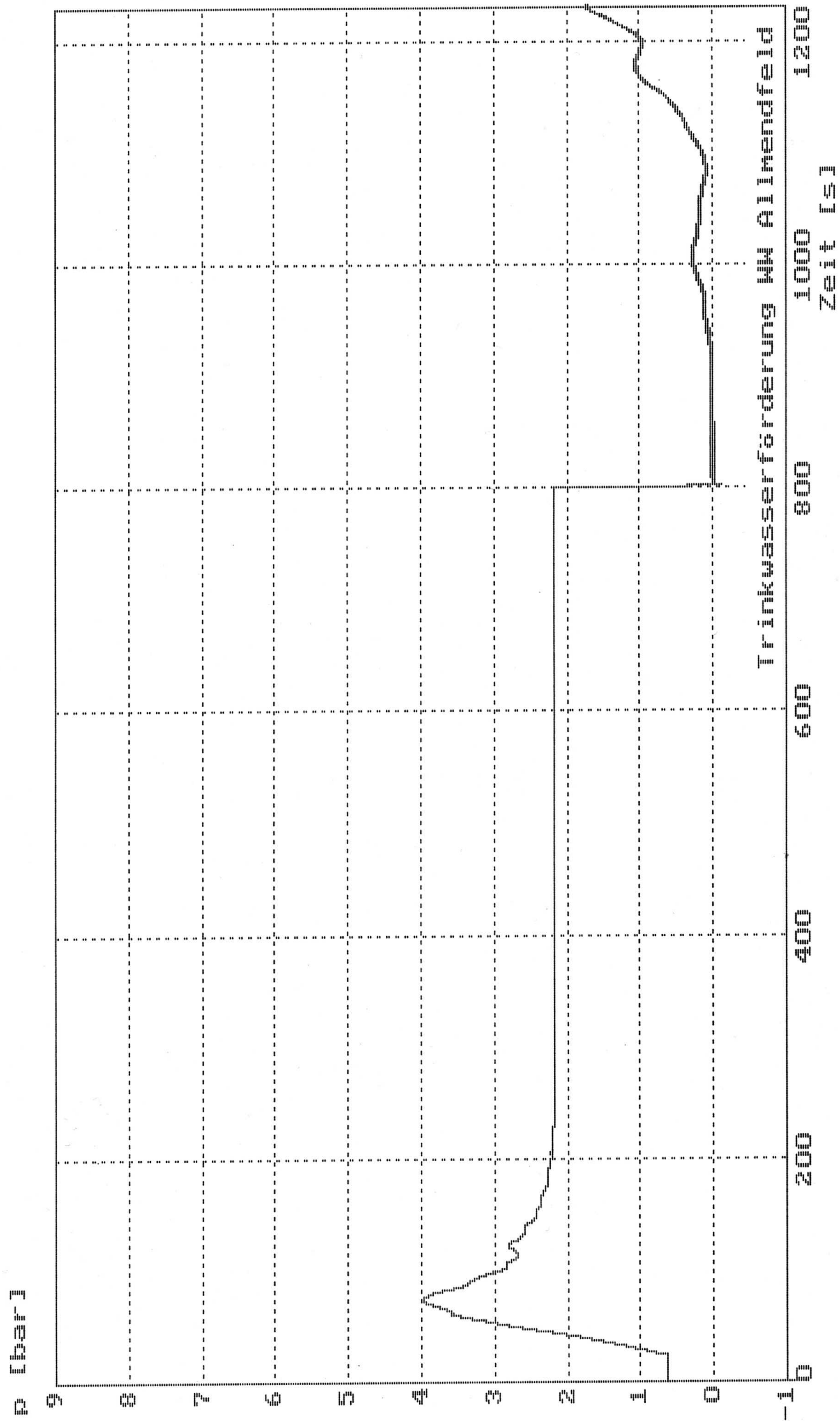


Bild 1.5.2: Druckverlauf nach dem Pumpen des HH Escholtbrücken auf 92,00 mHH

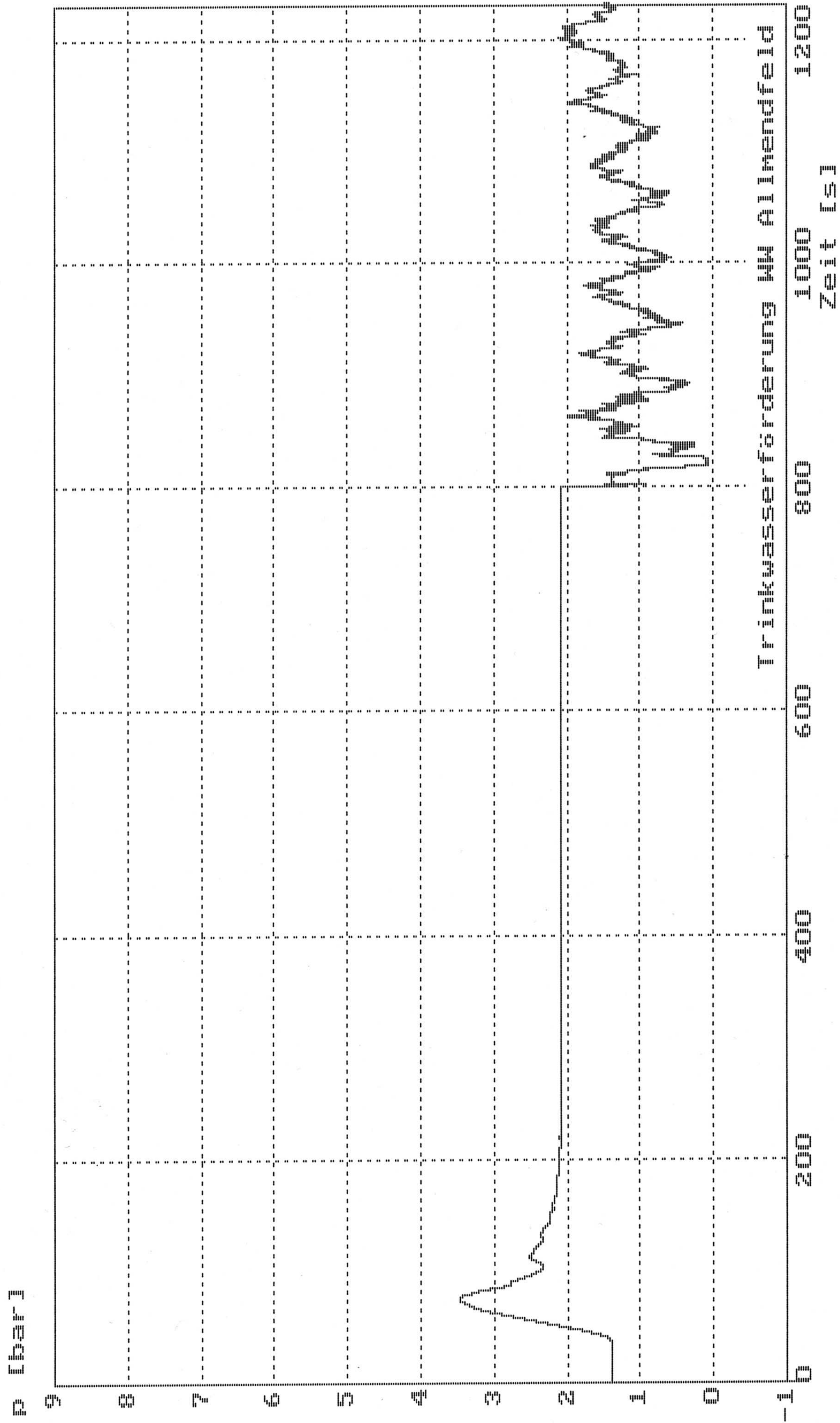


Bild 1.5.3: Druckverlauf nach der Pumpe des WW Dornheim auf 04.22 kWhh

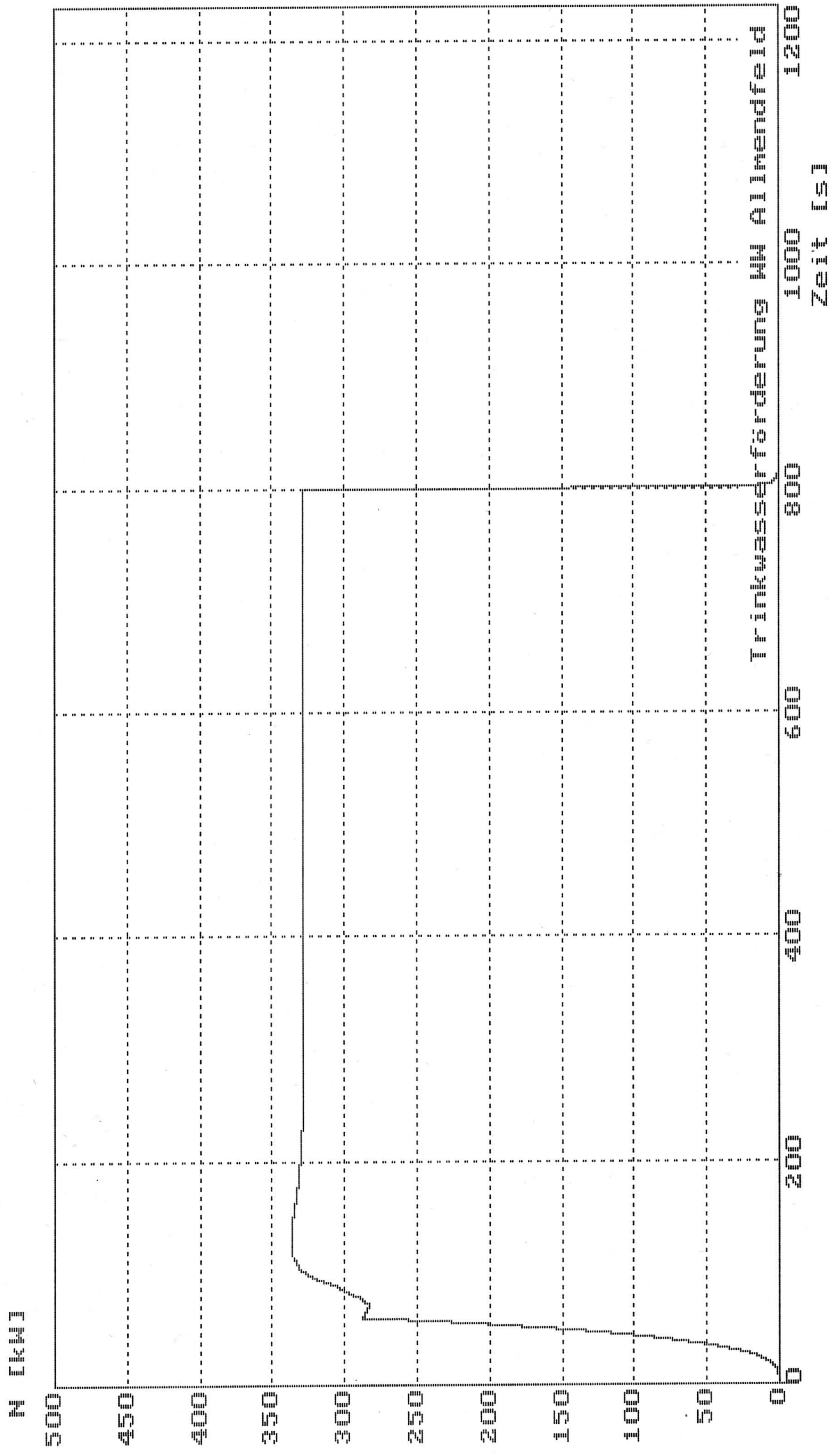


Bild 1.6.1: Leistungsaufnahme der Pumpe in HH Allmendfeld

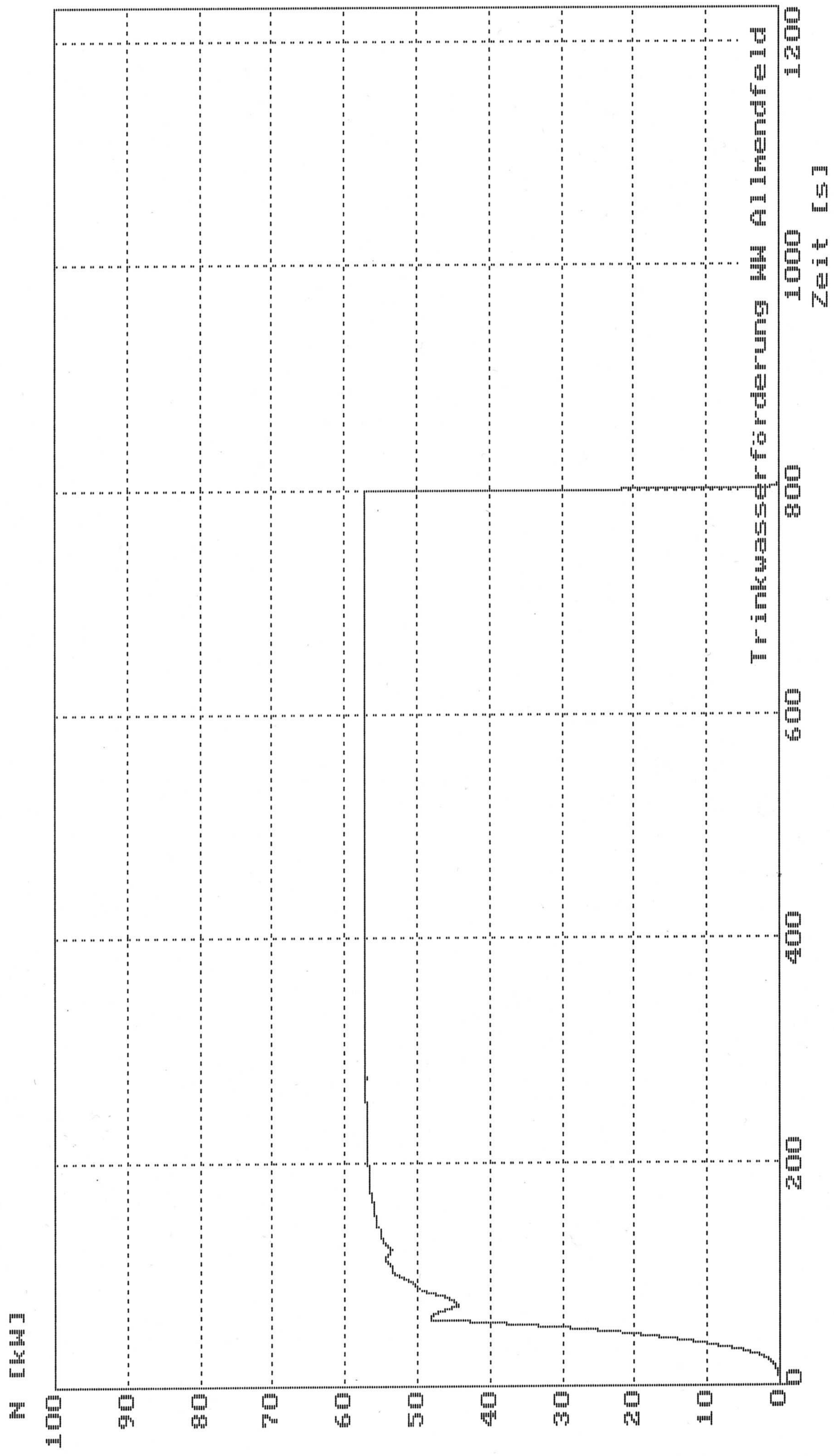


Bild 1.6.2: Leistungsaufnahme einer Pumpe in WW Escholbrücken

Trinkwasserförderung WW Altmendorf

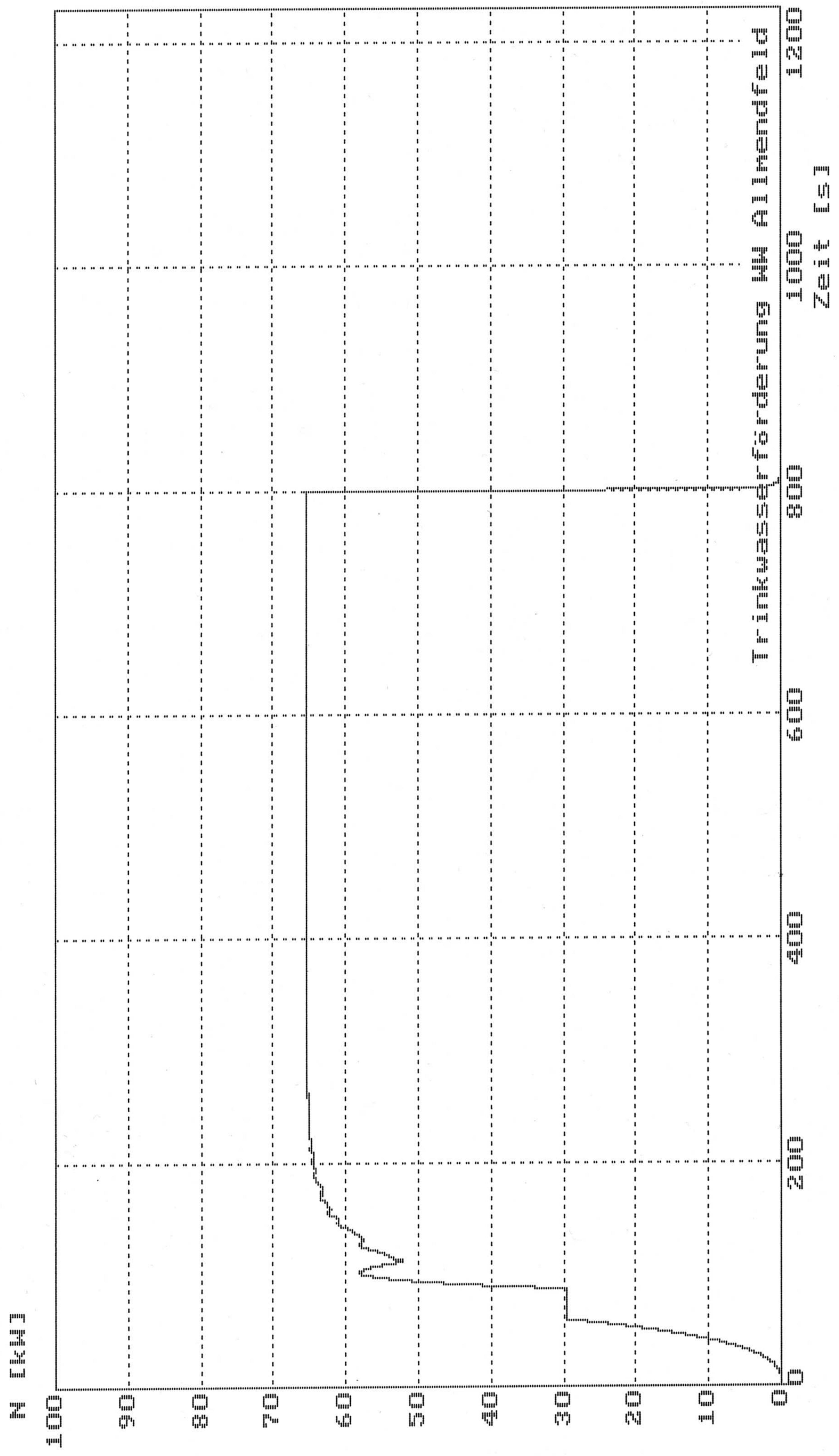


Bild 1.6.3: Leistungsaufnahme der Pumpe in MW Dornheim

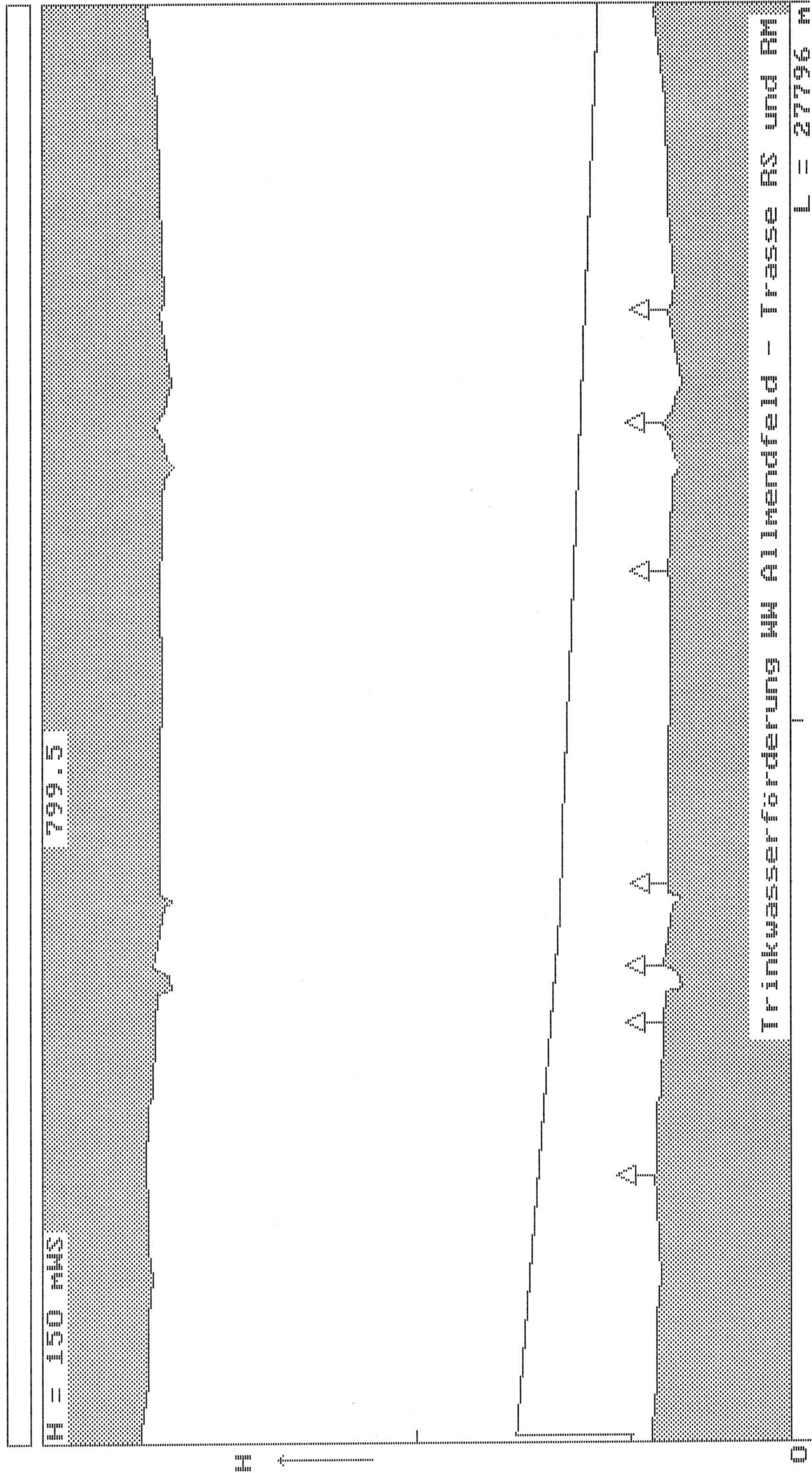


Bild 2.1: Stationäre Förderung mit zwei Wasserwerken. Es fließen 4500 m³/h vom WW Allmendfeld und 1321 m³/h vom WW Escholbrücken.

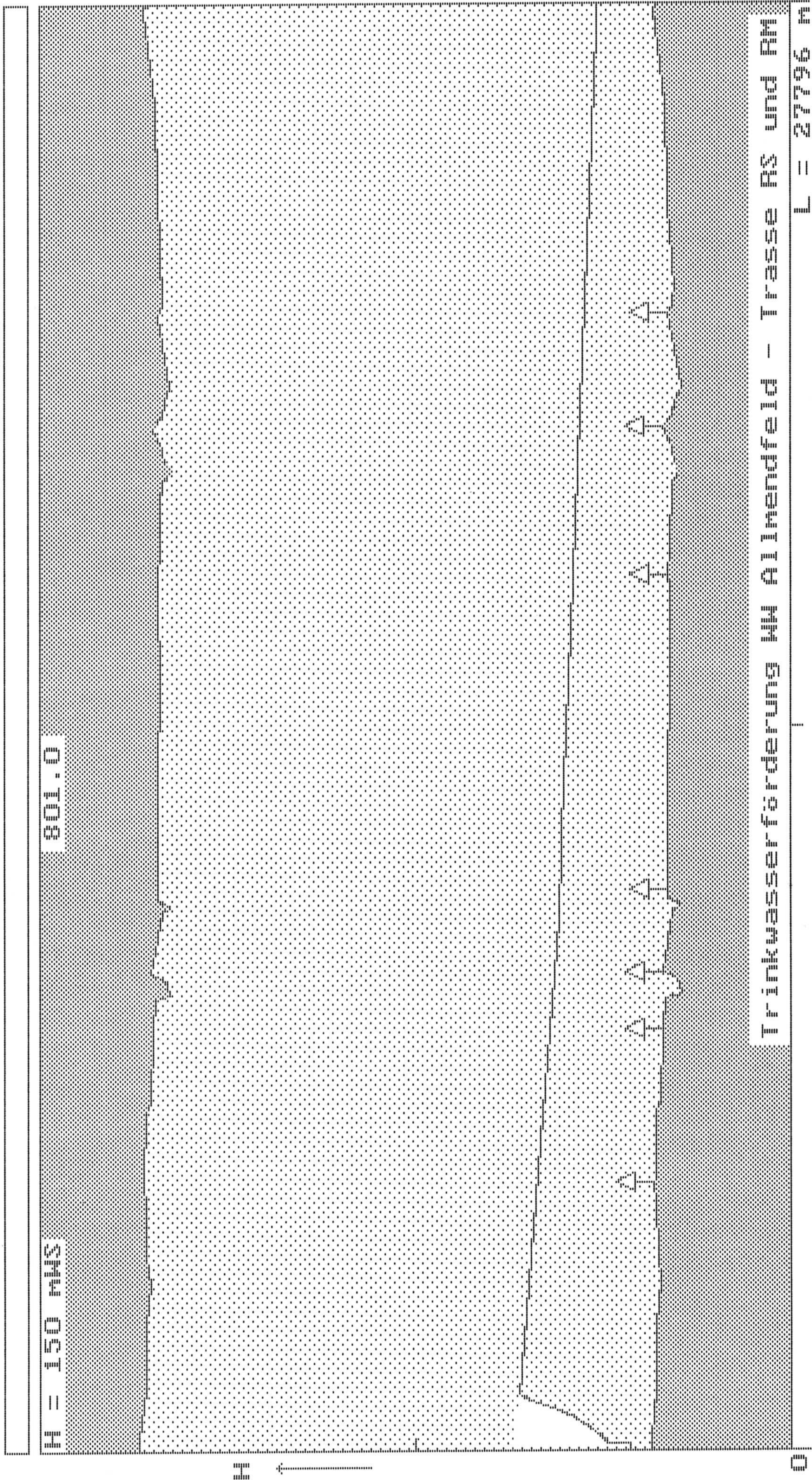


Bild 2.2: Durch den gleichzeitigen unarten Pumpentopp ausgelöste Druck-
 absenkungswelle an NH Alpendfeld

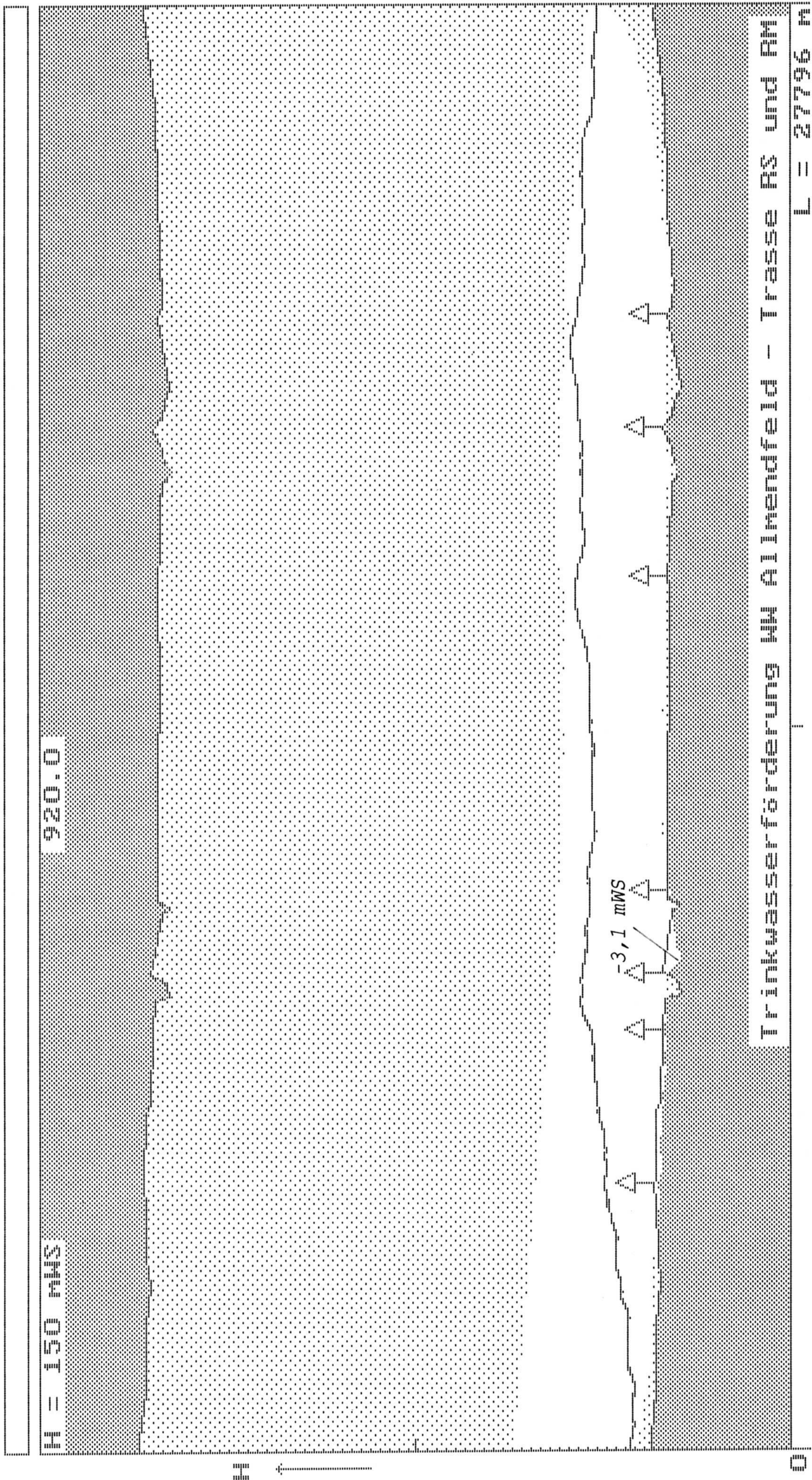


Bild 2.3.w: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie in der Hauptleitung nach dem gleichzeitigen Pumpenstopp

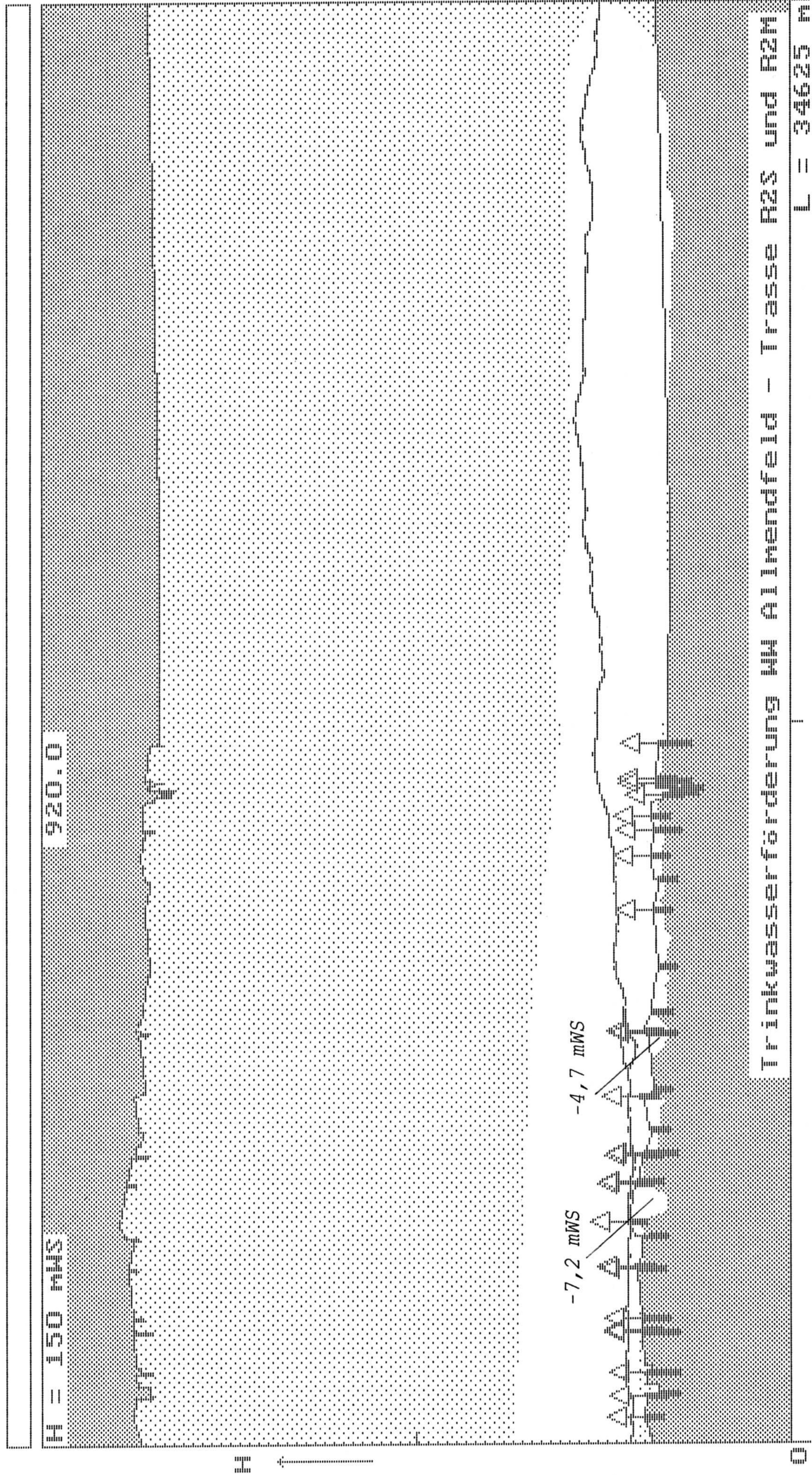


Bild 2.3.0: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie auf der Trasse P2S und P2M nach dem gleichzeitigen Pumpenstopp

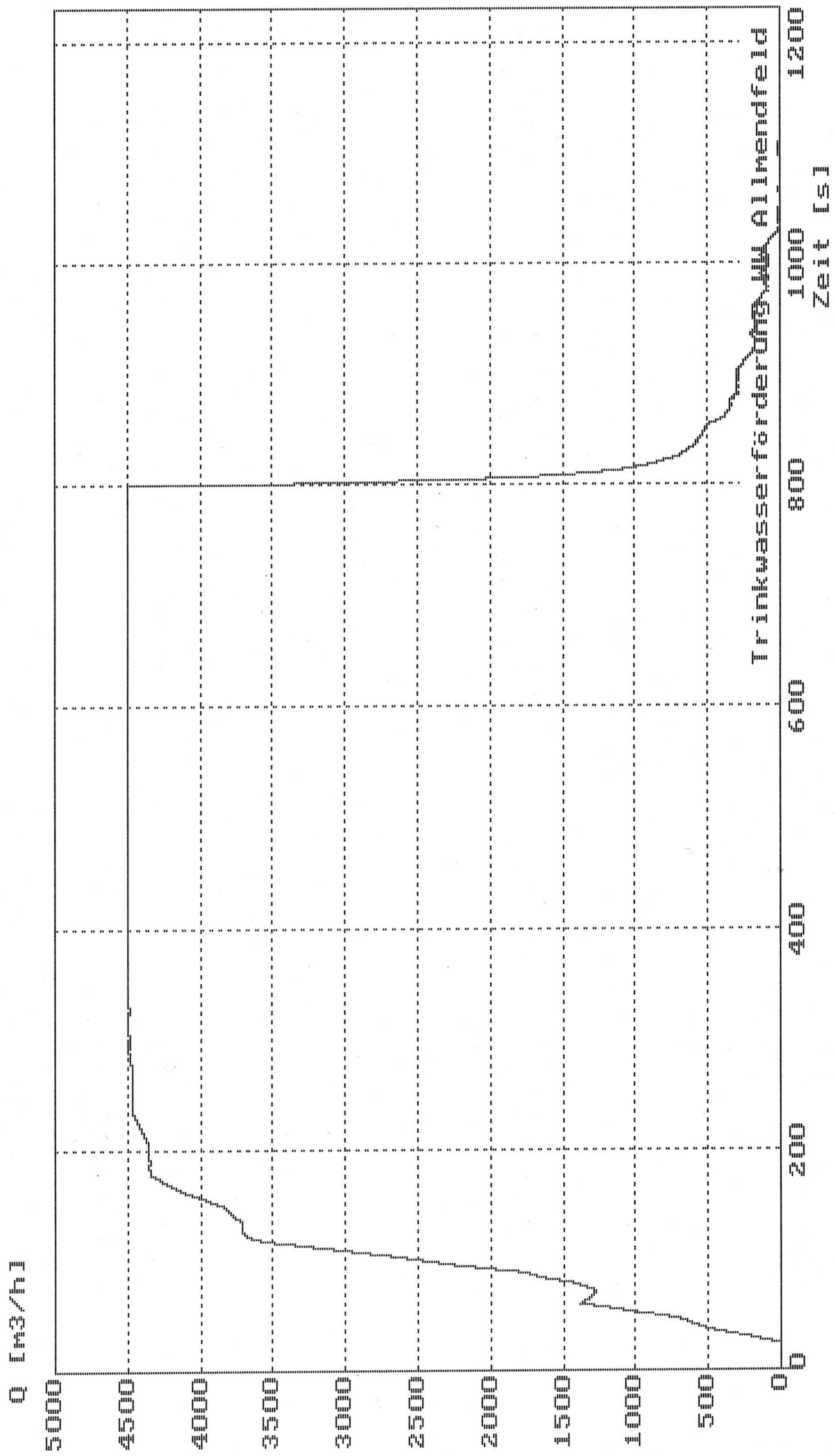


Bild 2.4.1: Durchsatz der Pumpe im HH Alpendfeld

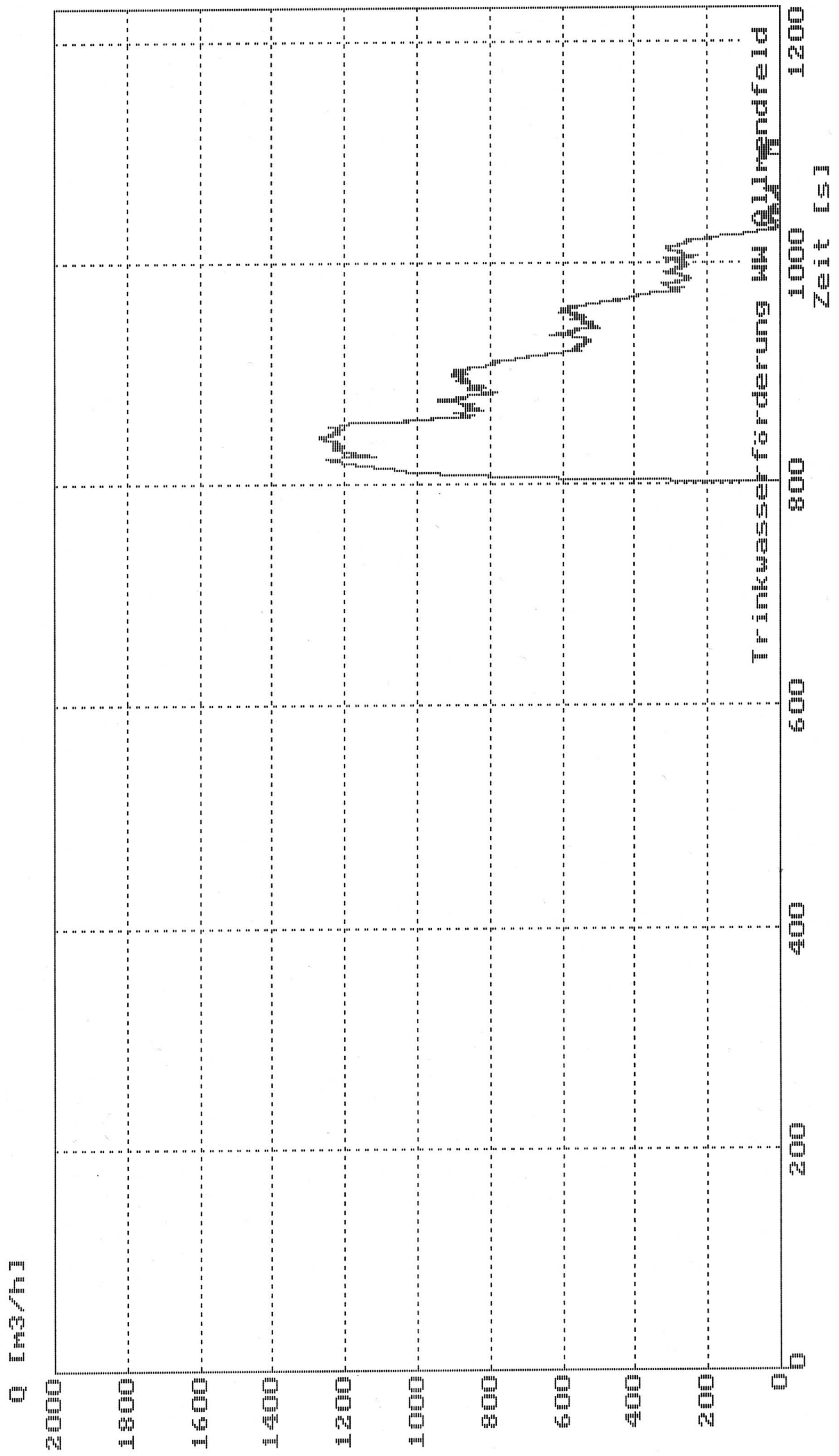


Bild 2.4.2: Durchschnitt einer Nachsaugleistung

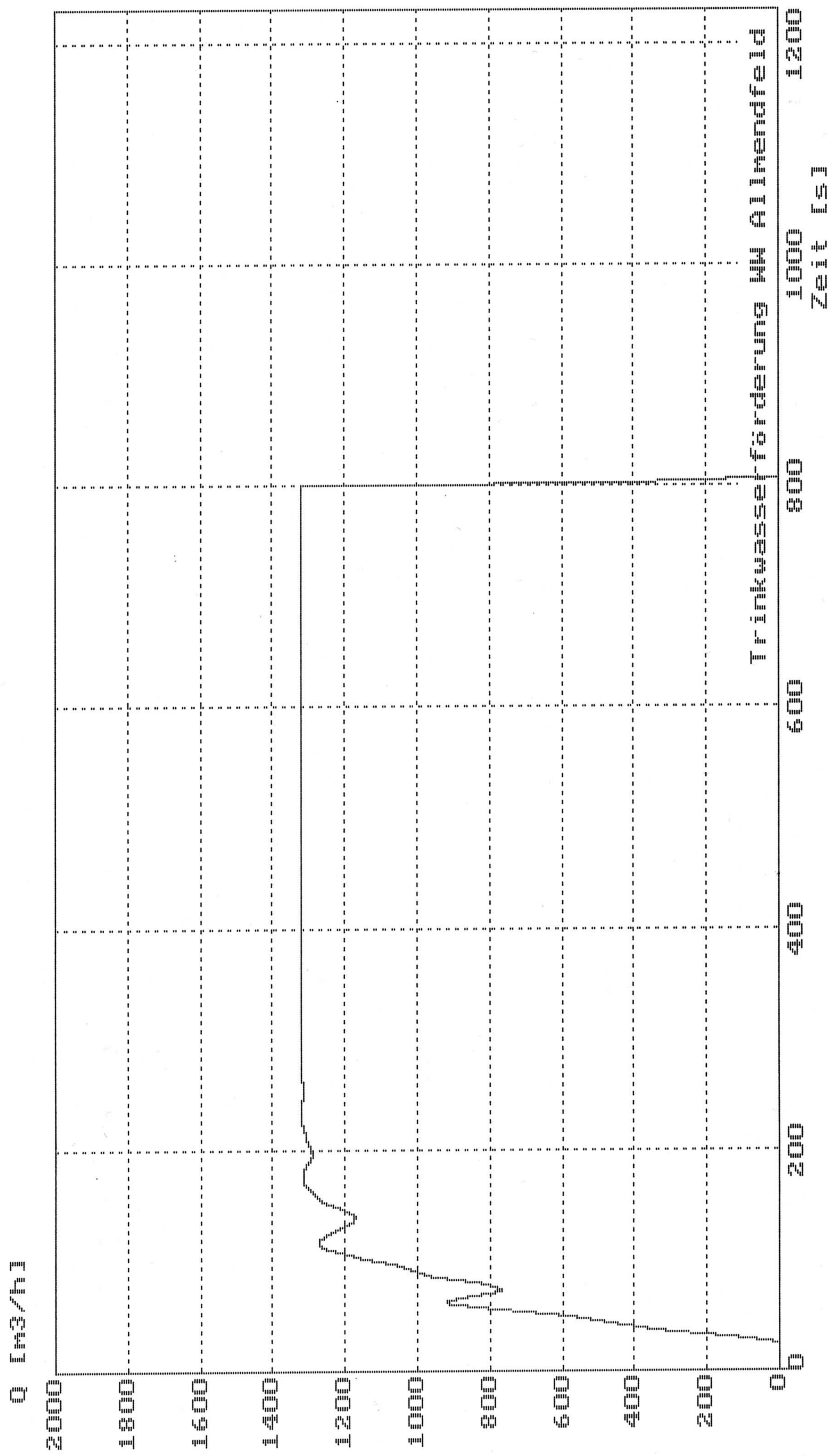


Bild 2.4.3: Durchsatz der drei Pumpen in MW Escholbrücken zusammen genommen

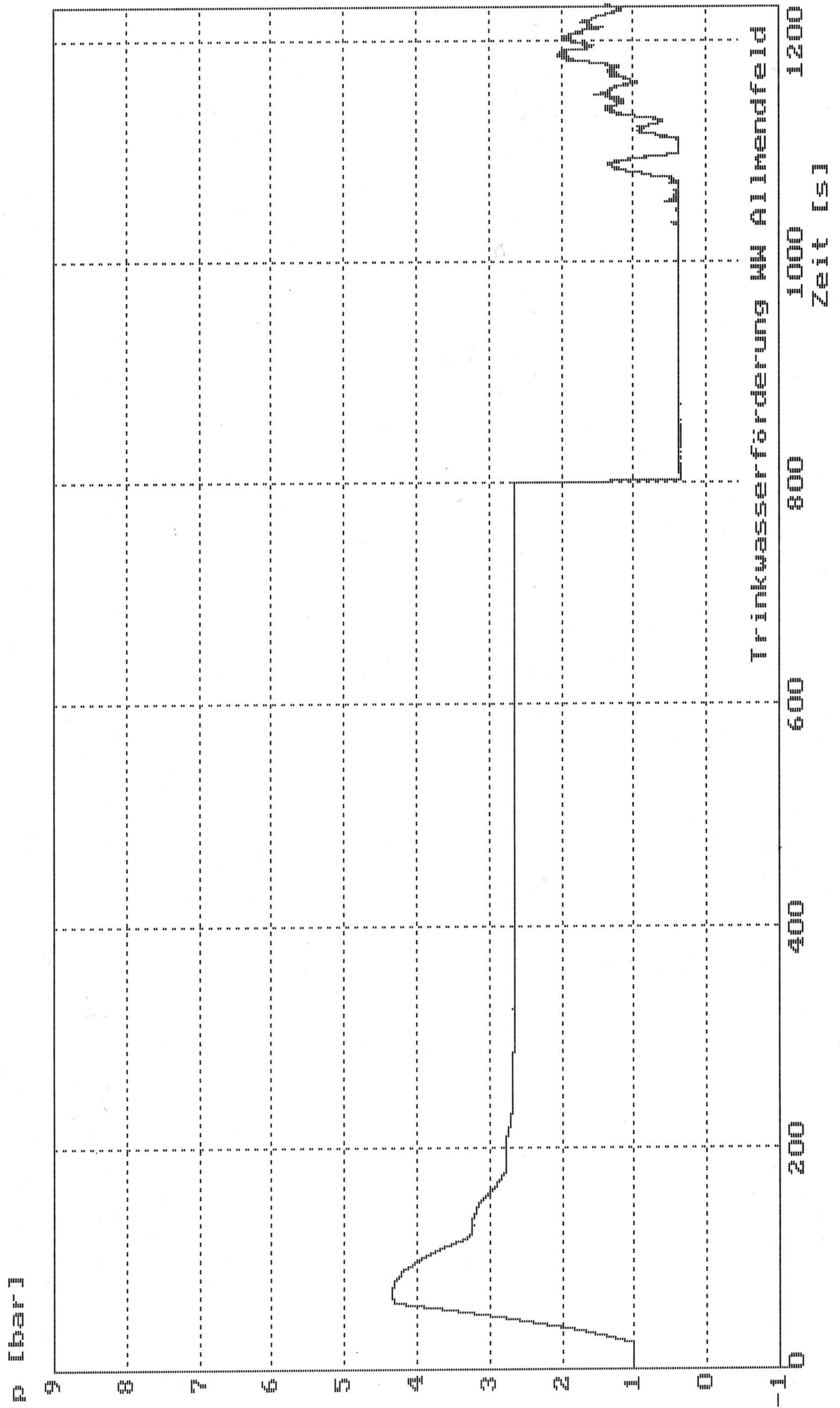


Bild 2.5.1: Druckverlauf nach der Pumpe des WW Allmendfeld auf 88,06 mHH

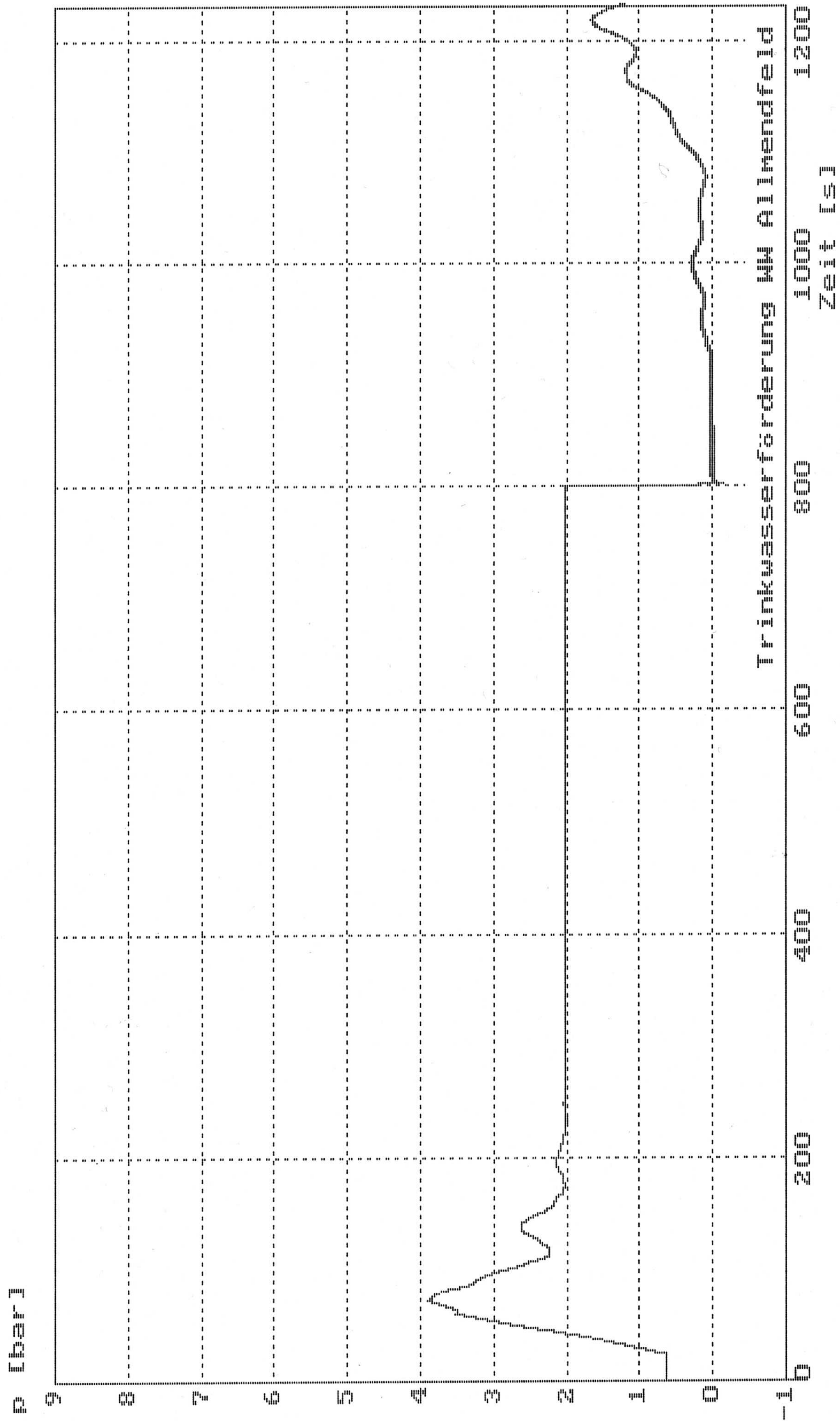


Bild 2.5.2: Druckverlauf nach den Pumpen des WW Escholtbrücken auf 92,00 mNN

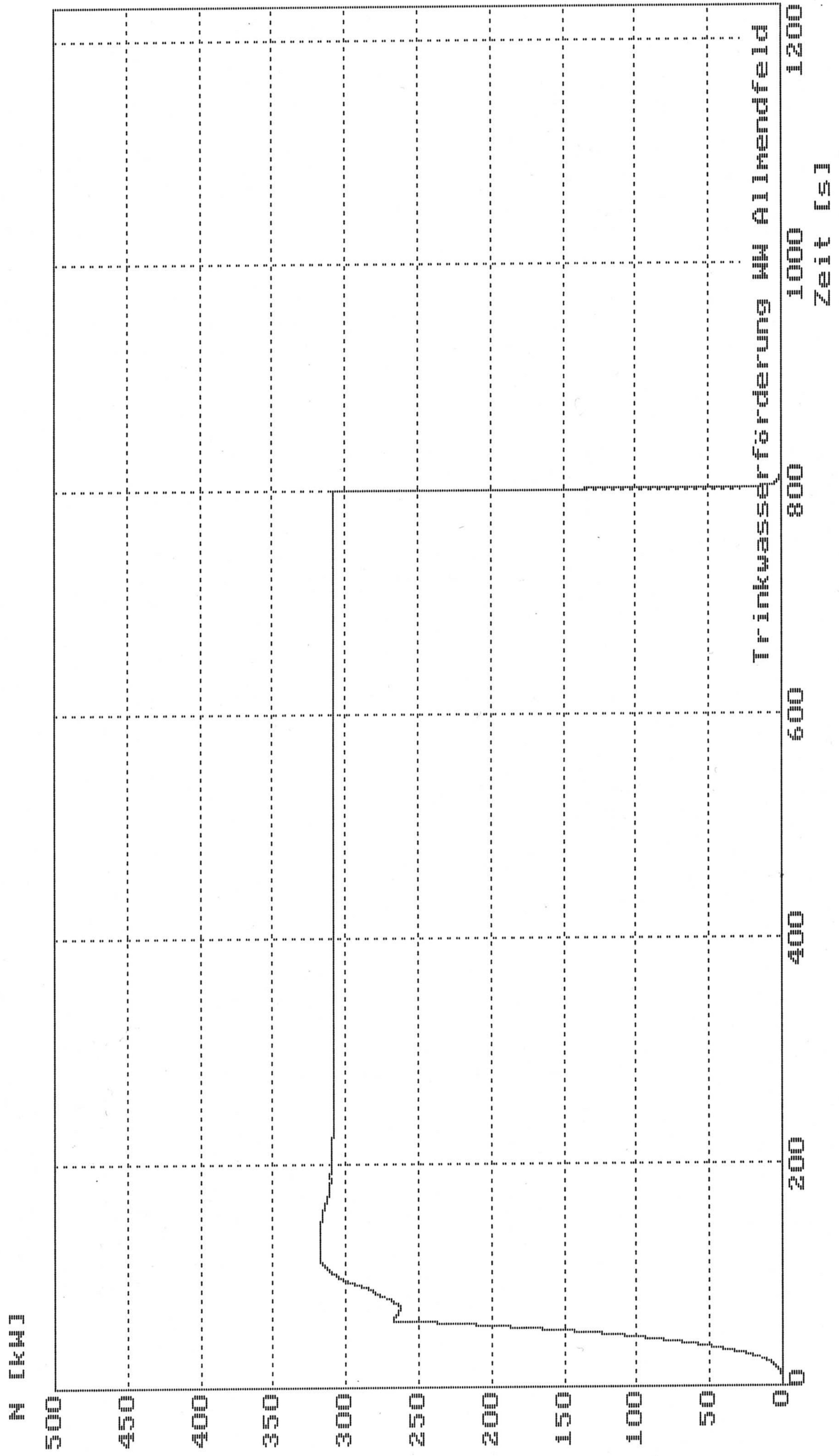


Bild 2.6.1: Leistungsaufnahme der Pumpe in WW Almenfeld

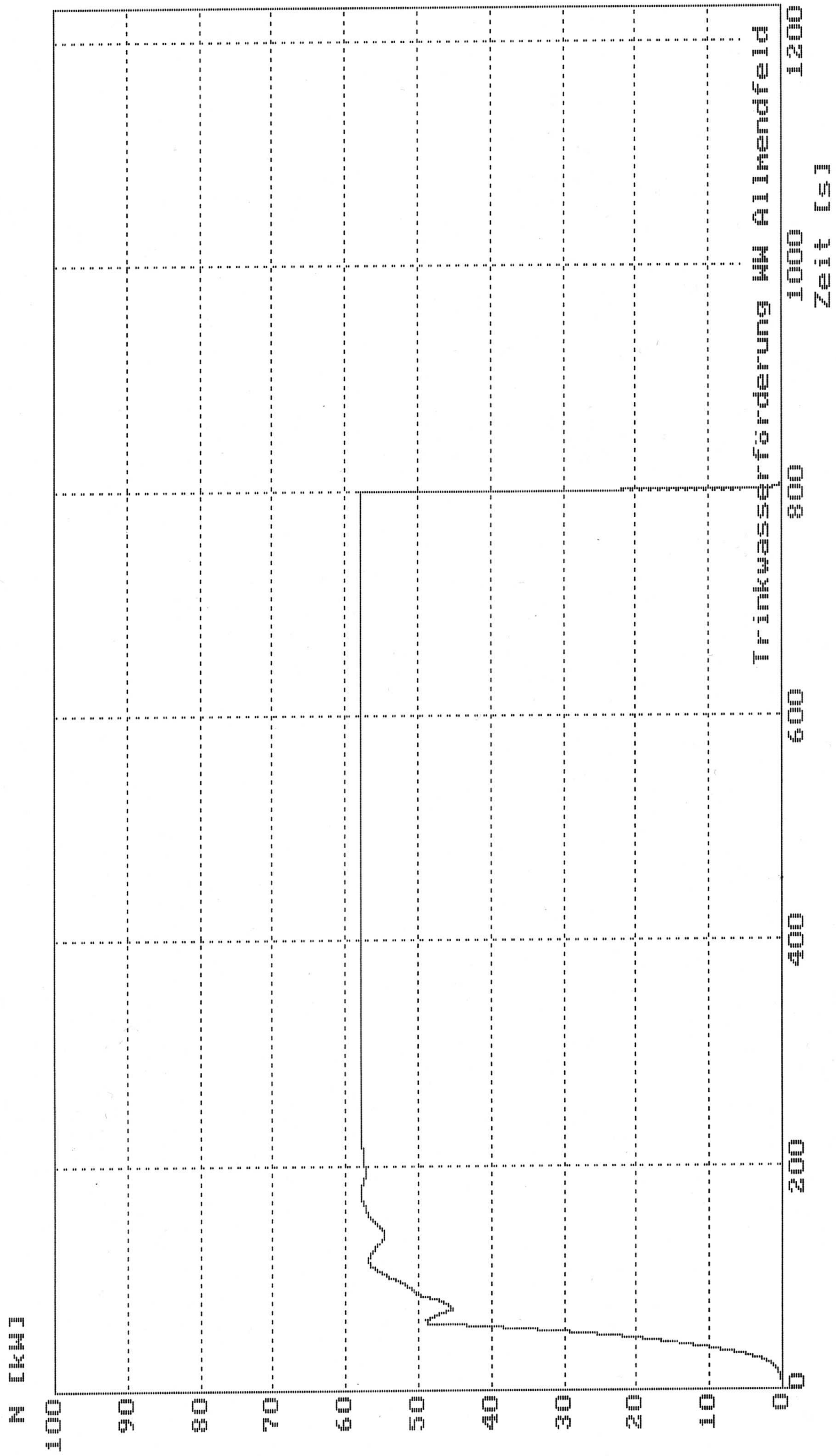


Bild 2.6.2: Leistungsaufnahme einer Pumpe in WW Escholtbrücken

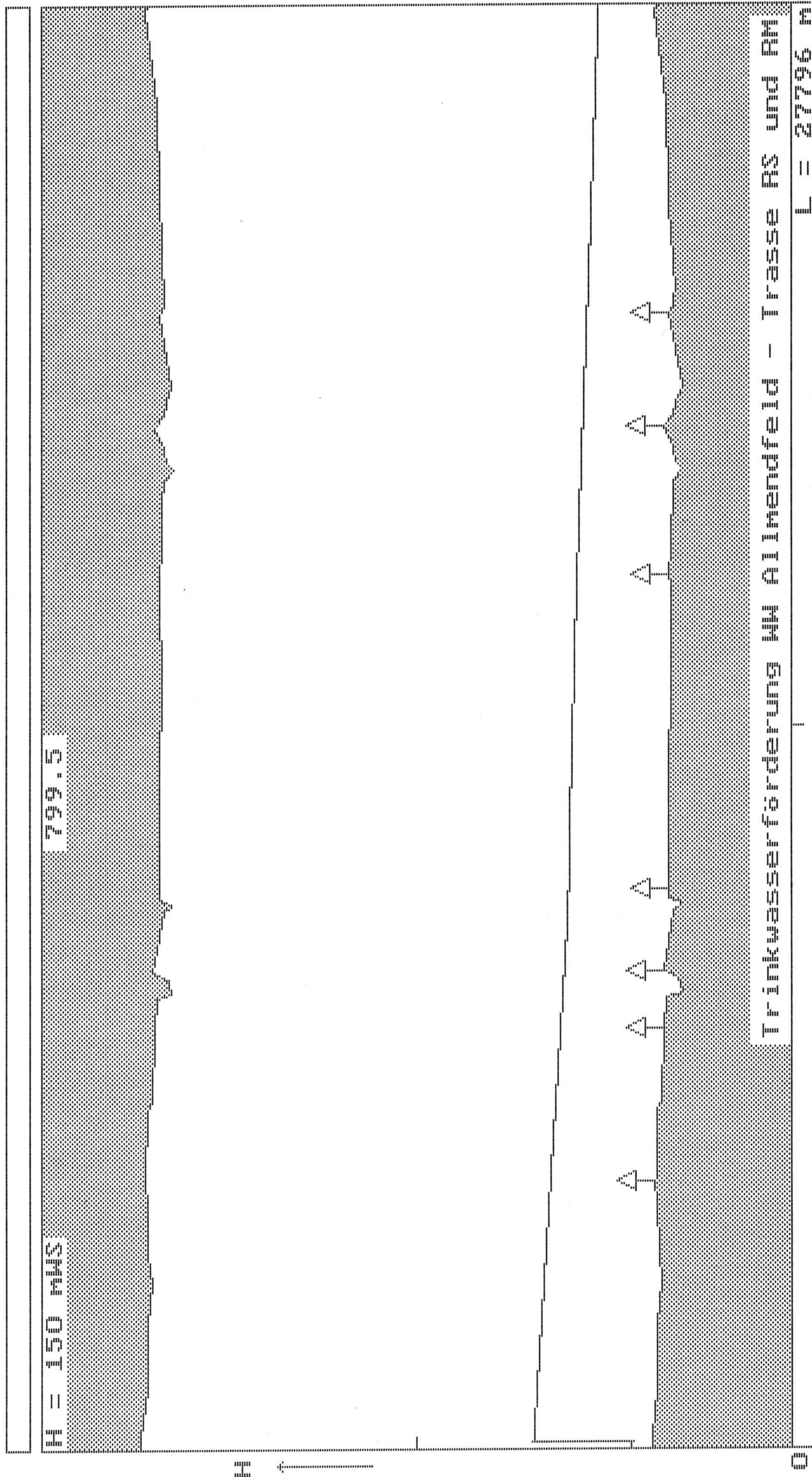


Bild 3.1: Stationäre Förderung mit zwei Wasserverkeren. Es fließen 4500 m³/h von NH Allmendfeld und 1000 m³/h von NH Dornheim.

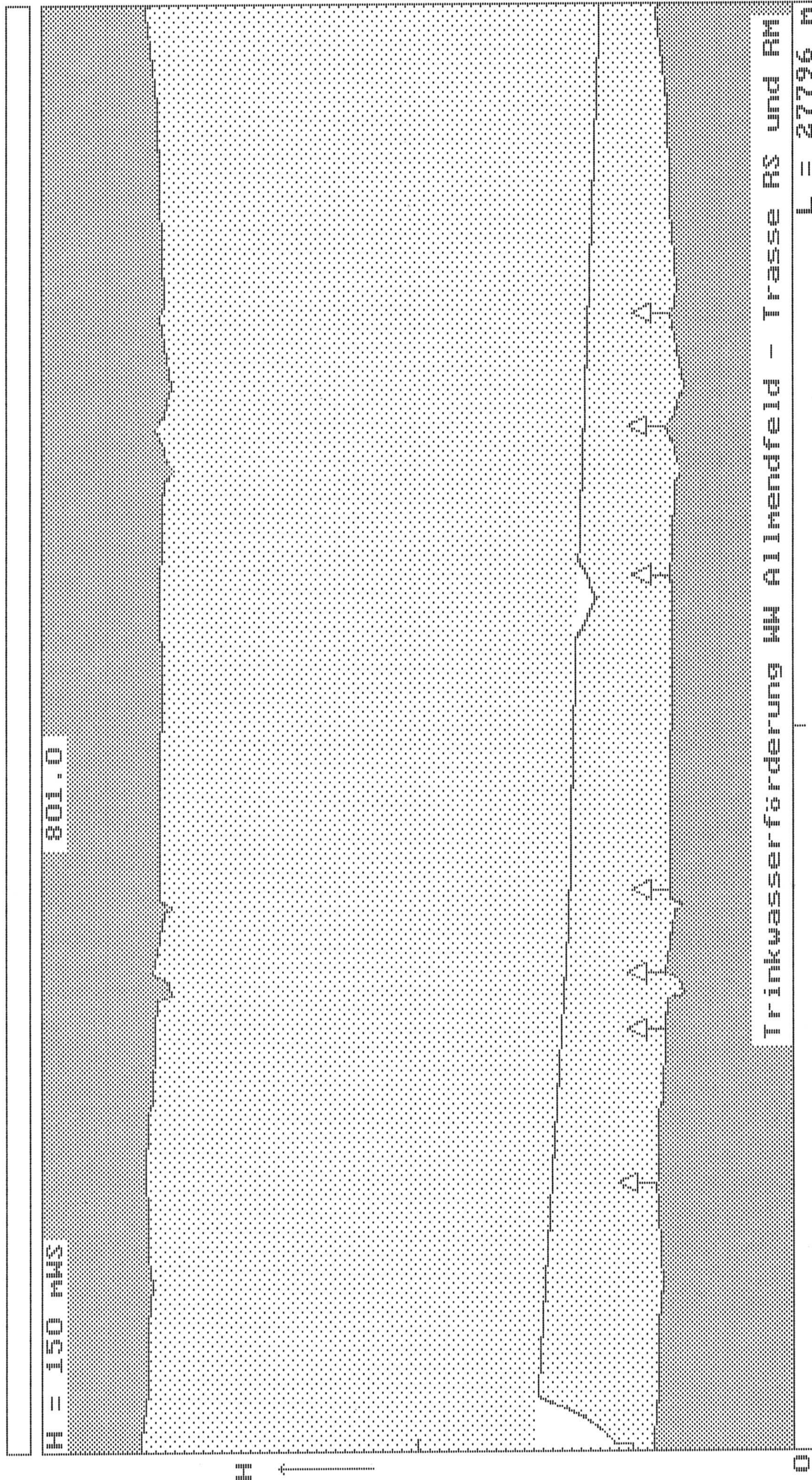


Bild 3.2: Durch den gleichzeitigen unsanften Pumpenstopp ausgelöste Druck-
 absenkungswellen

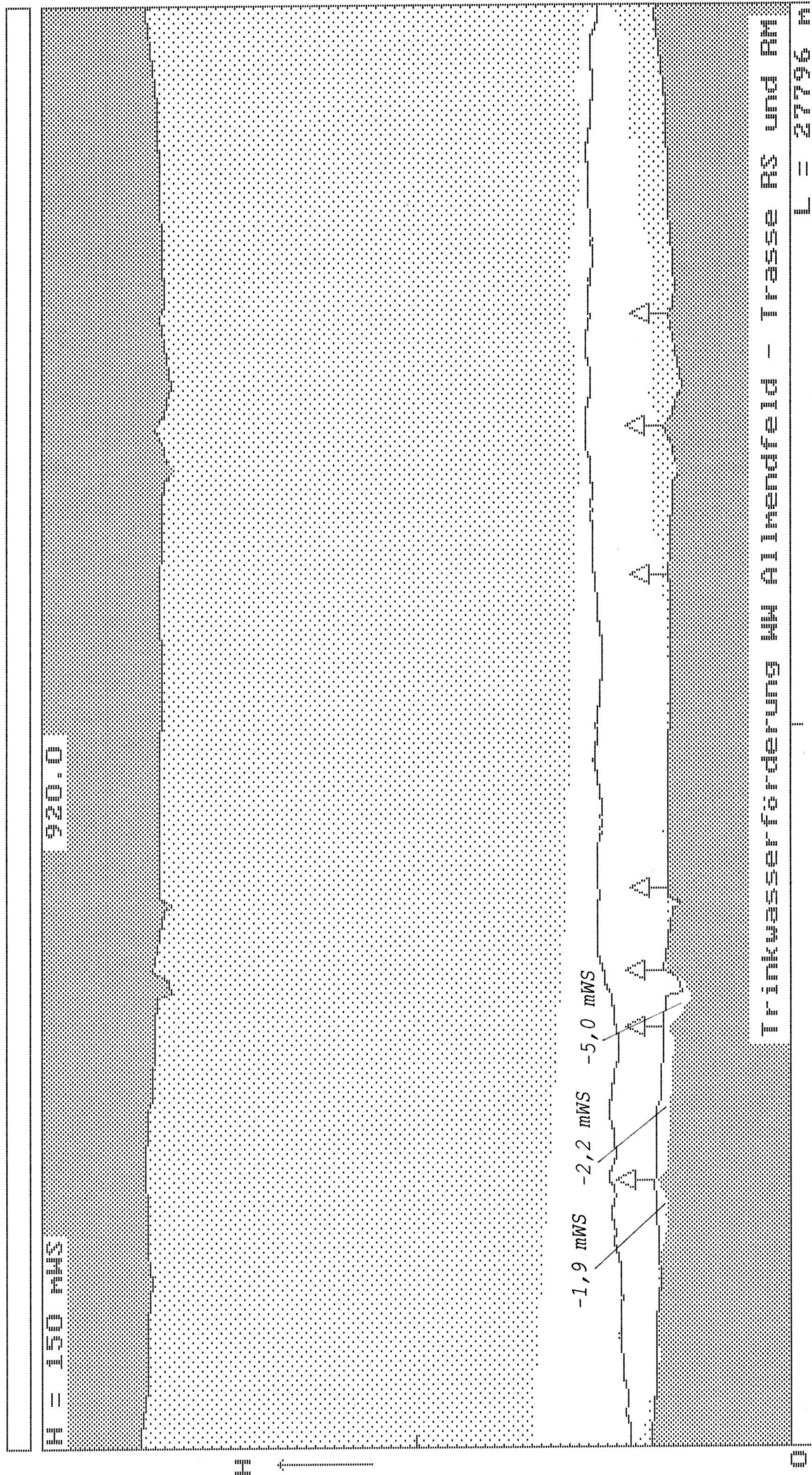


Bild 3.3.w: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie in der Hauptleitung nach dem gleichzeitigen Pumpenstopp

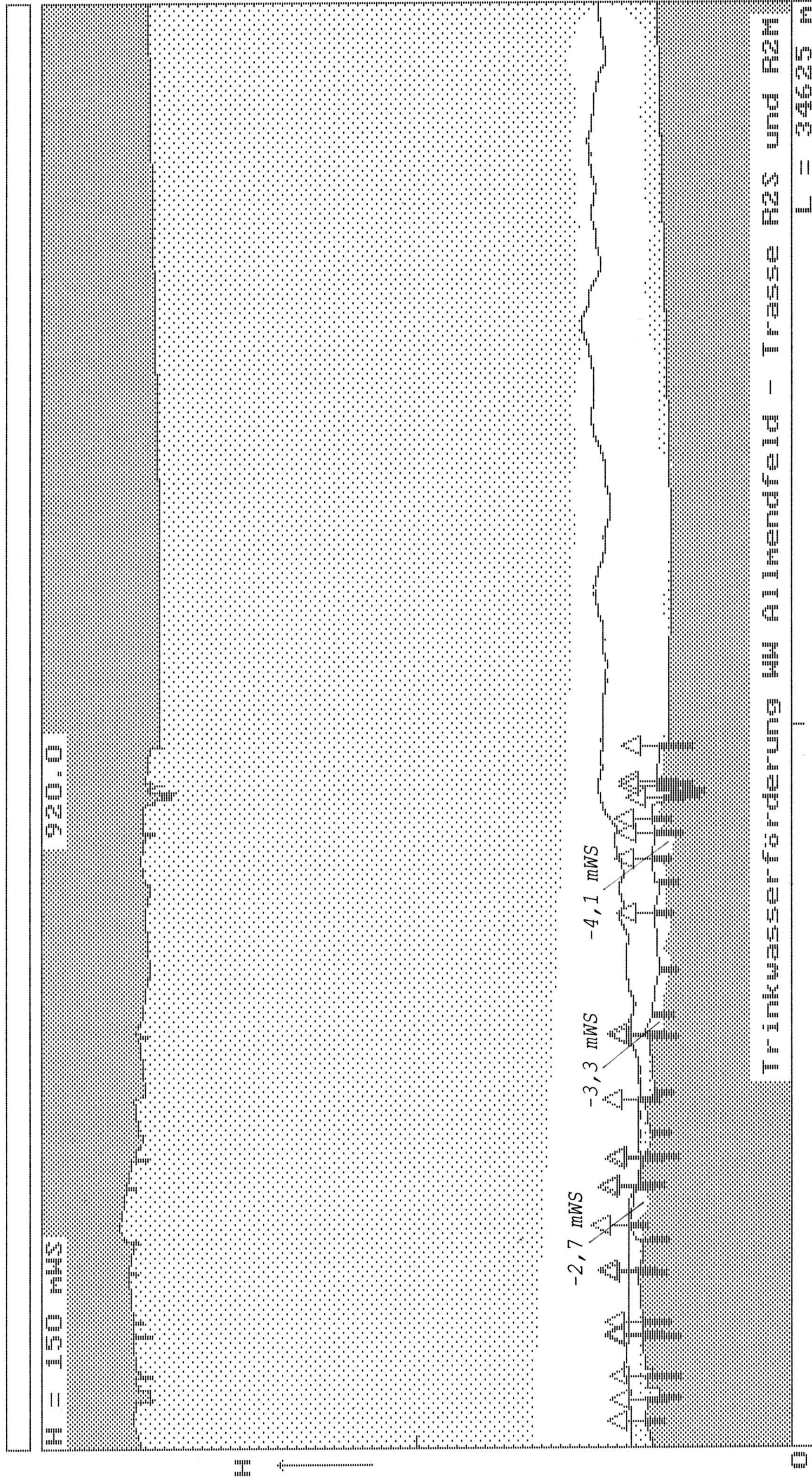


Bild 3.3.0: Maximale Schwingungsbreite der hydraulischen Linie auf der Trasse R2S und R2M nach dem gleichzeitigen Pumpenstopp

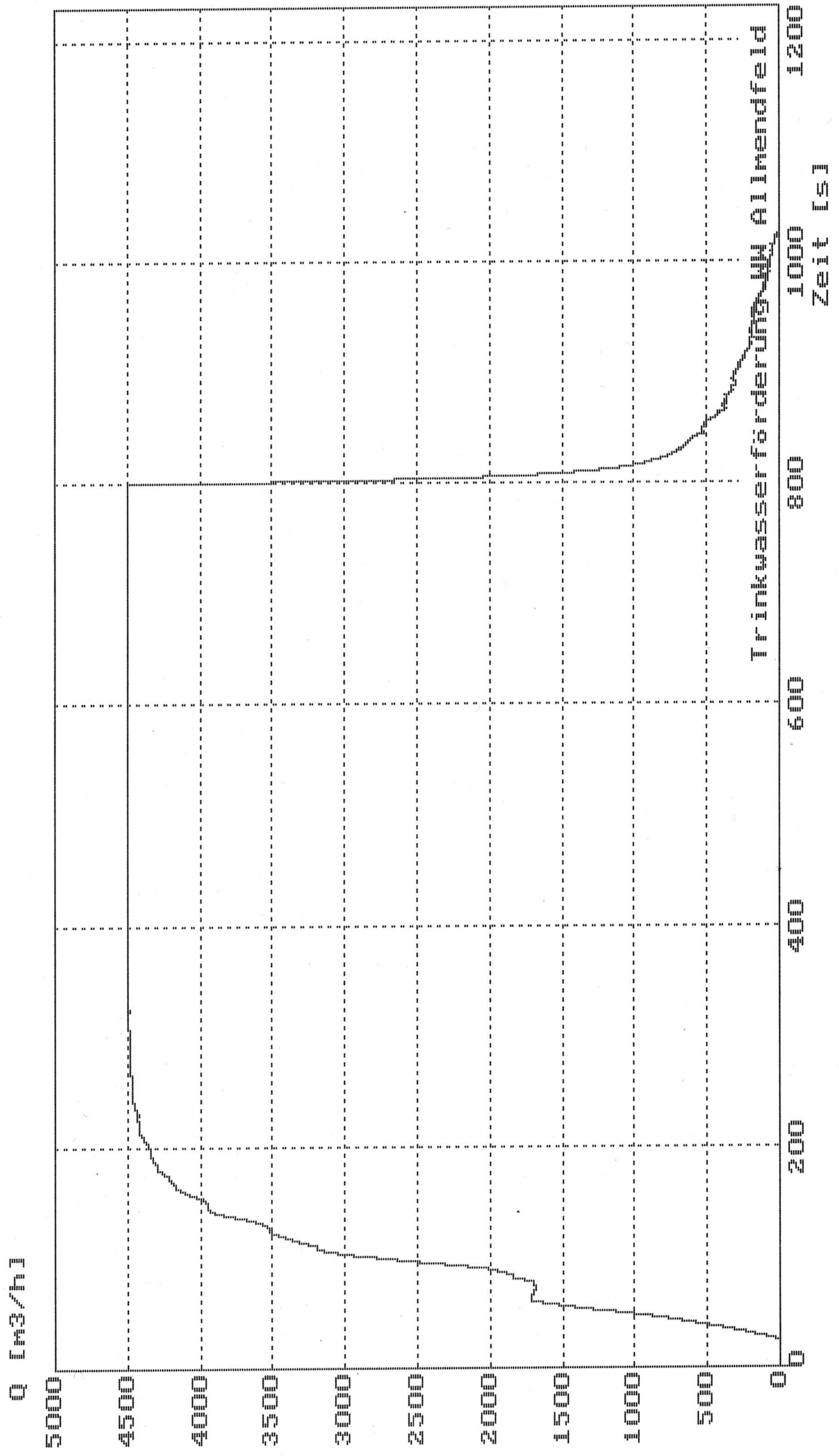


Bild 3.4.1: Durchsatz der Pumpe im WW Allmendfeld

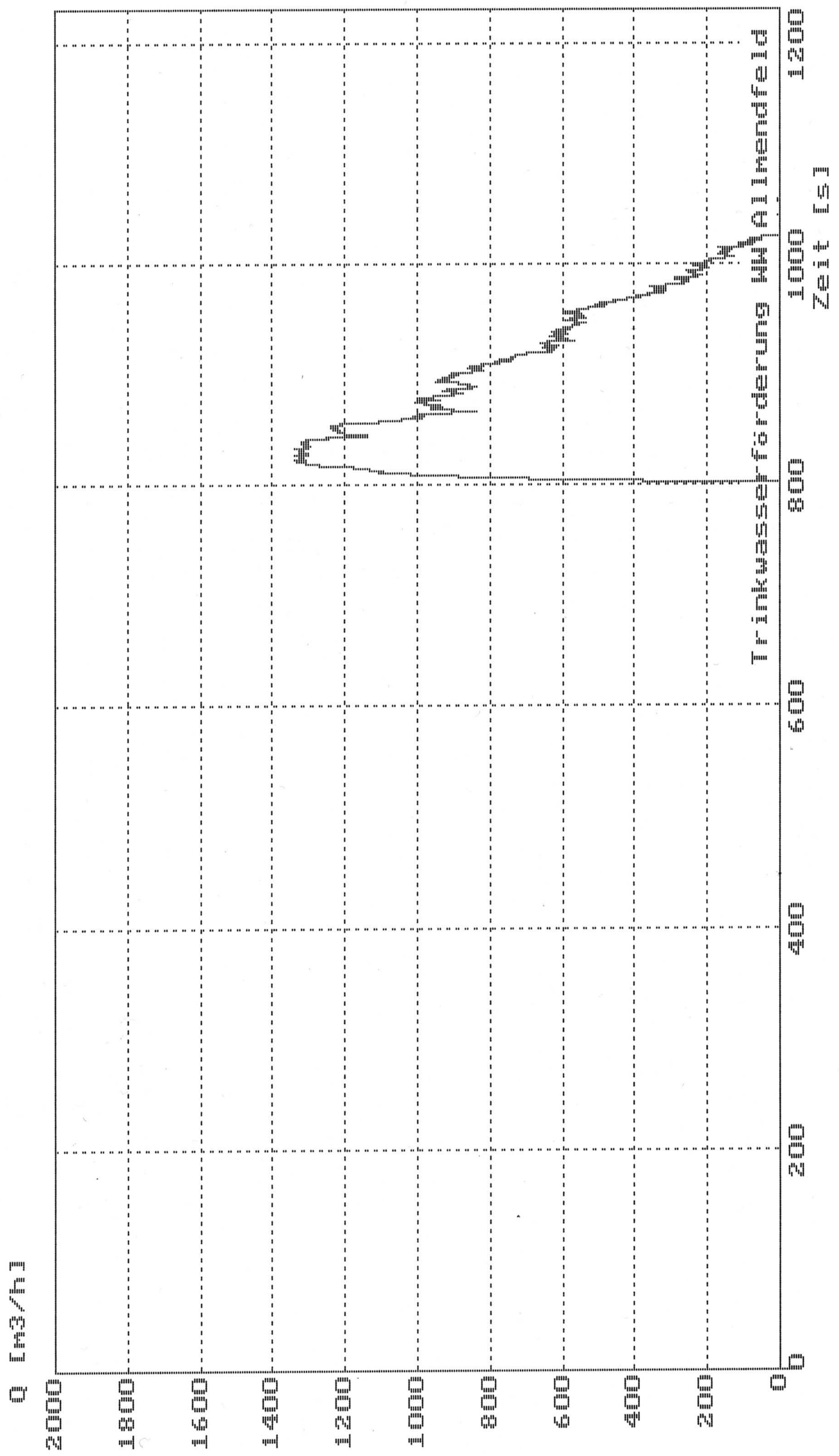


Bild 3.4.2: Durchschnittlicher Nachschubzeit

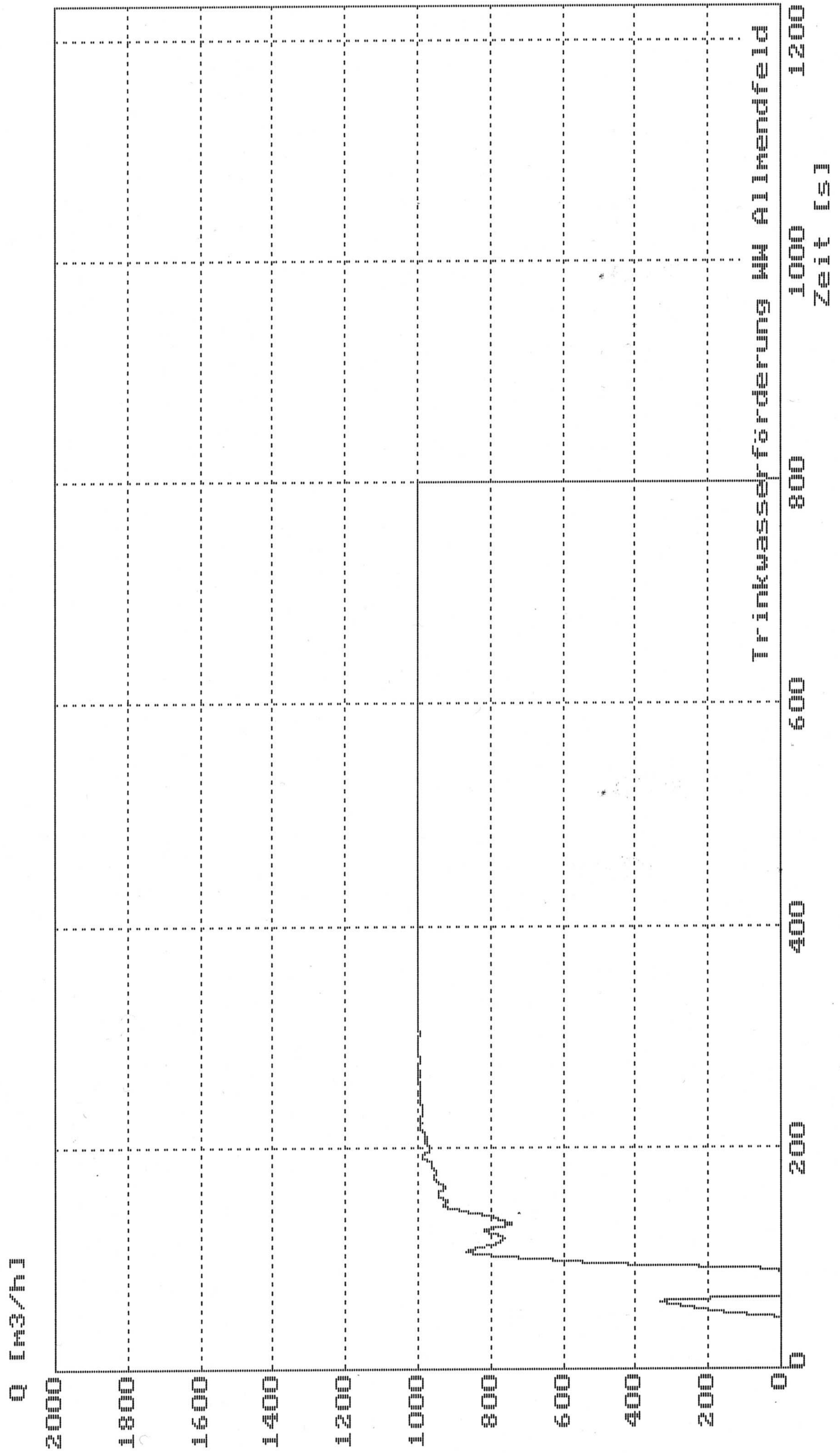
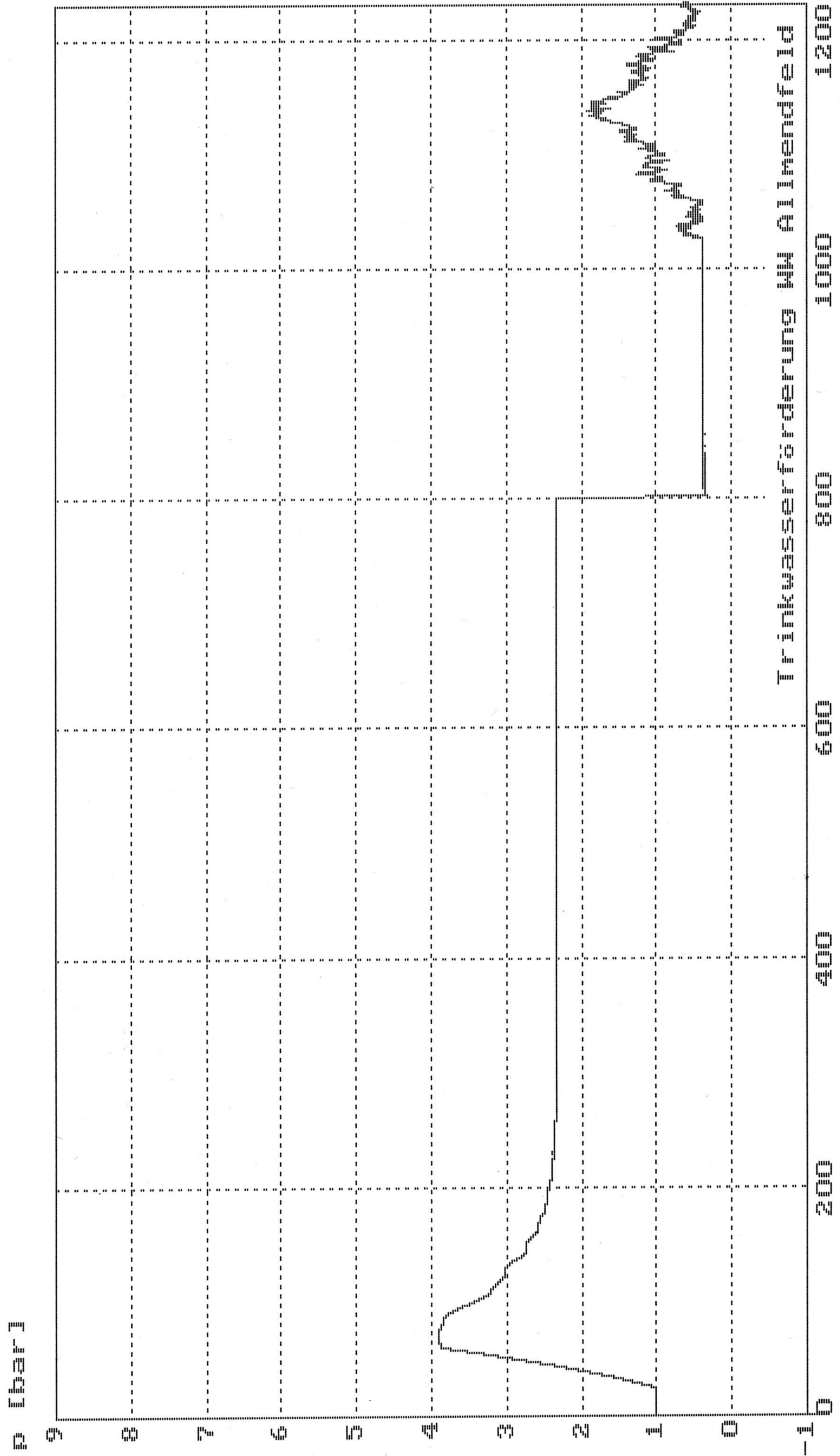


Bild 3.4.3: Durchsatz der Pumpe in HH Dornheim



Trinkwasserförderung MH Alpendfeld

Zeit [s] 0 200 400 600 800 1000 1200

Bild 3.5.1: Druckverlauf nach der Pumpe des MH Alpendfeld auf 88,06 mMH

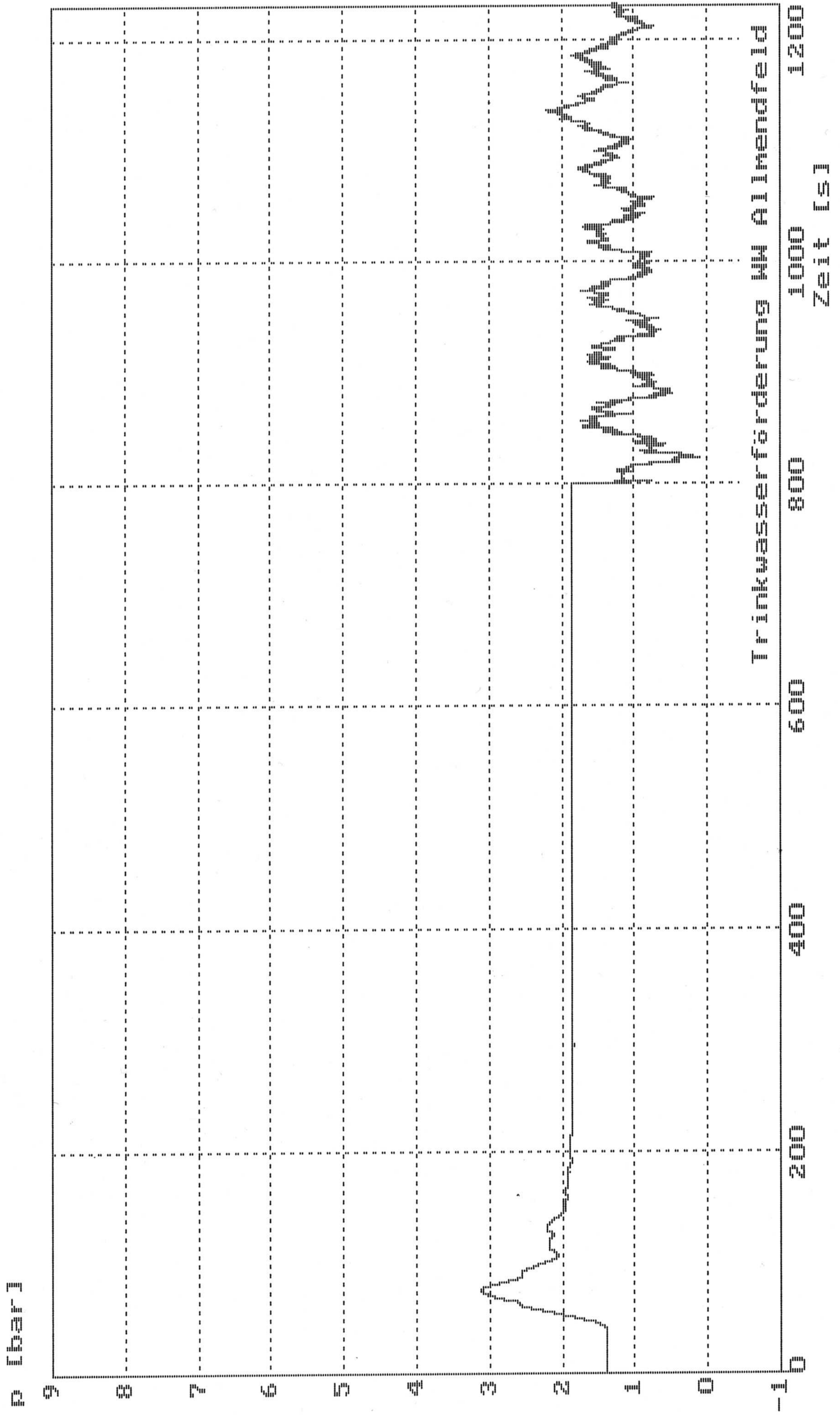


Bild 3.5.2: Druckverlauf nach der Pumpe des WW Dornheim auf 84,22 mHH

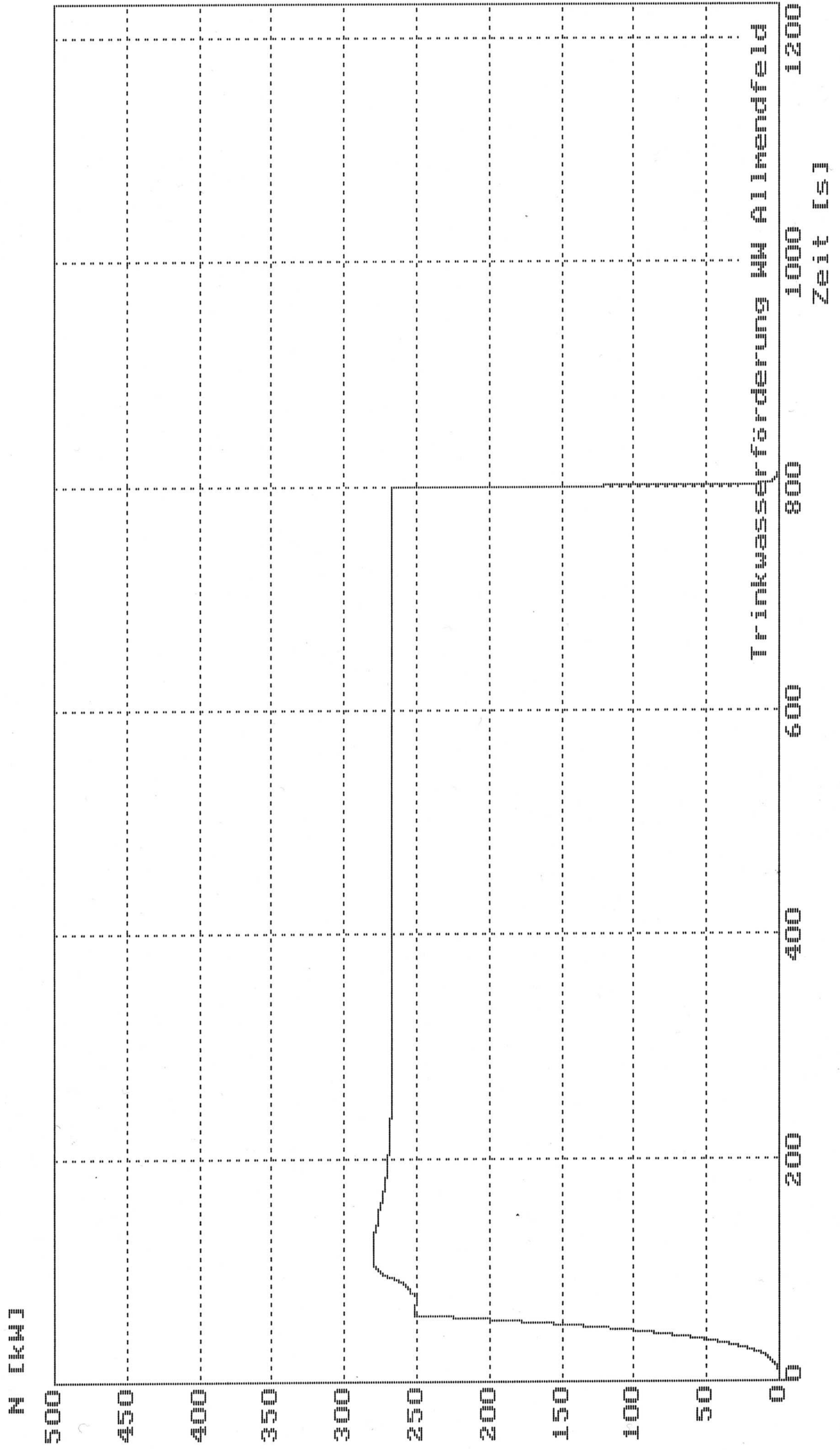


Bild 3.6.1: Leistungsaufnahme der Pumpe in HH Almenfeld

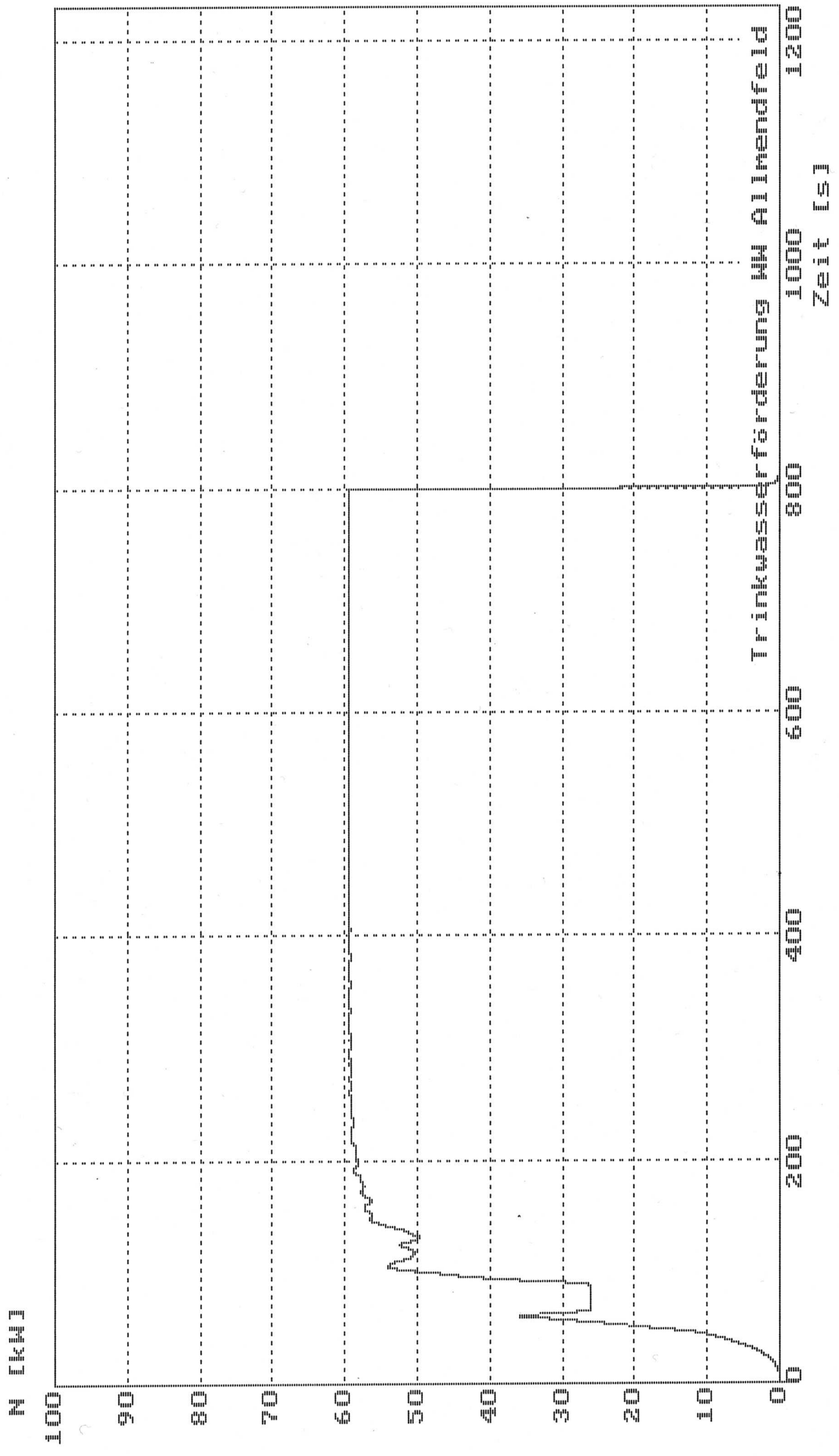


Bild 3.6.2: Leistungsaufnahme der Pumpe in WH Dornheim

Trinkwasserförderung WH Almenfeld

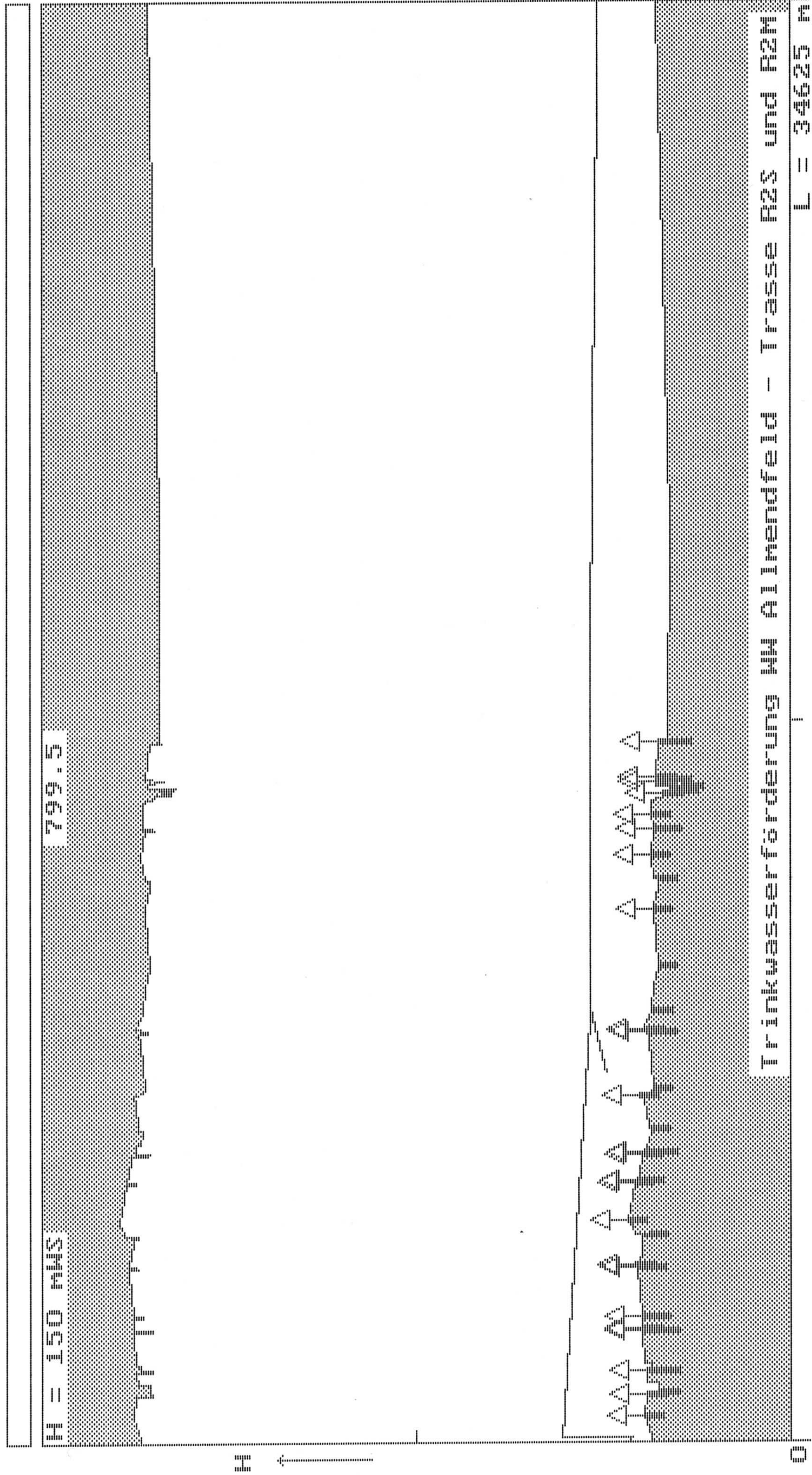


Bild 4.1: Stationäre Förderung mit zwei Wasserverken und Norbetrieb. Es fliesen 4500 m³/h von WH Allmendfeld und 1000 m³/h von WH Dornheim. WH Escholbrücken entnimmt 2625 m³/h.

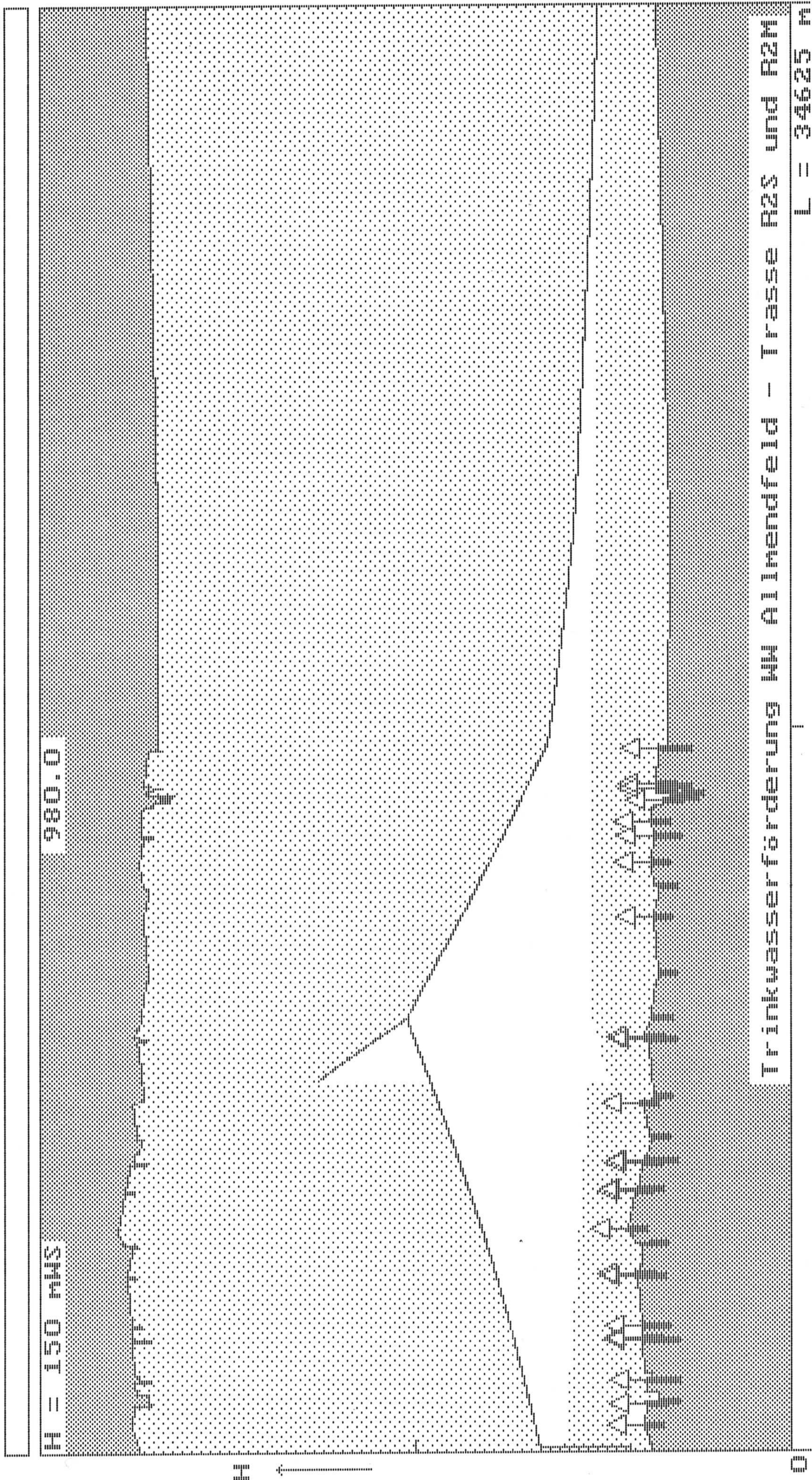


Bild 4.2: Höchste Lage der hydraulischen Linie zum Ende des Schließvorganges am WW Escholbrücken

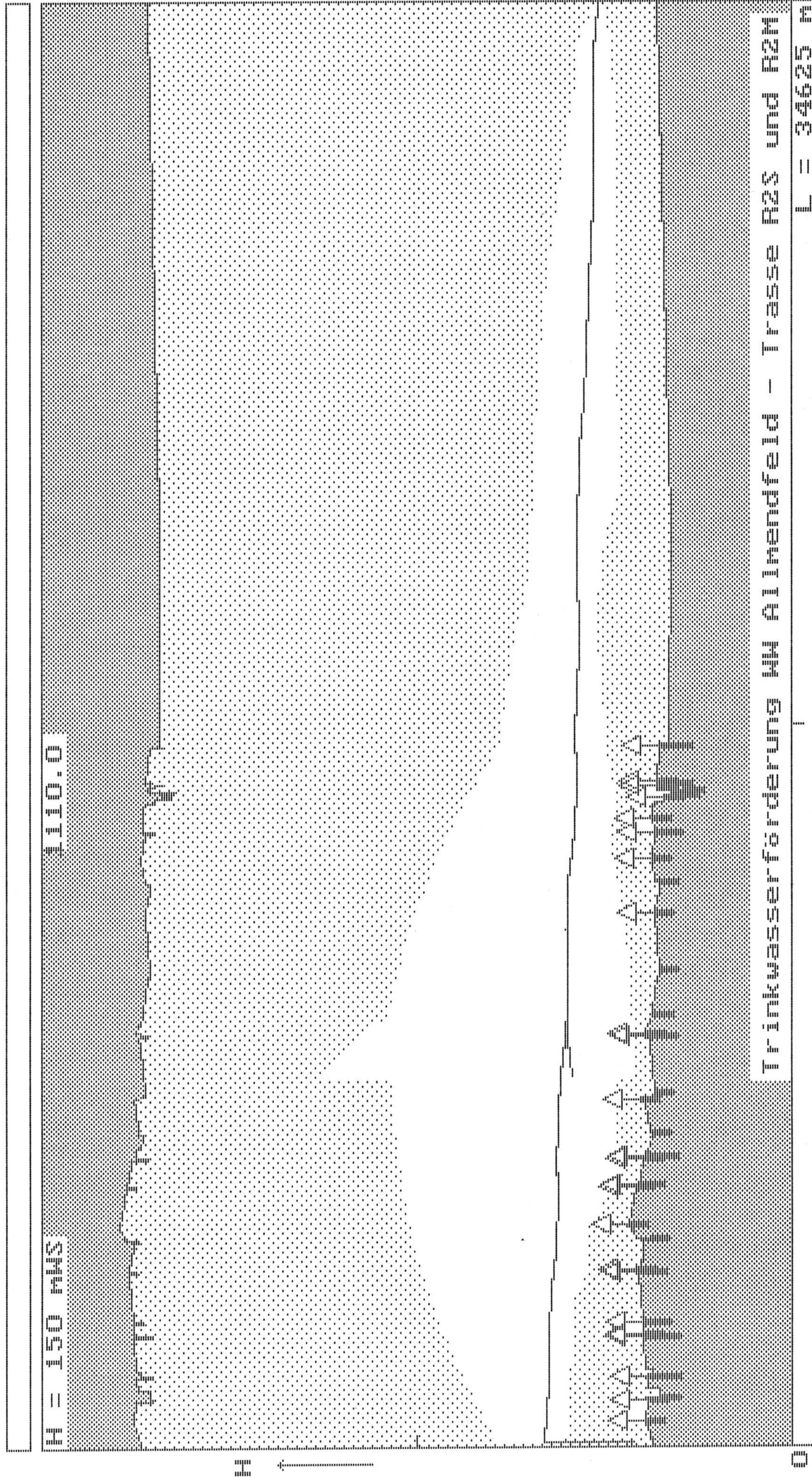


Bild 4.3: Maximale Schwingweite der hydraulischen Linie beim Schieber-
 schließen am Escholdbrücken

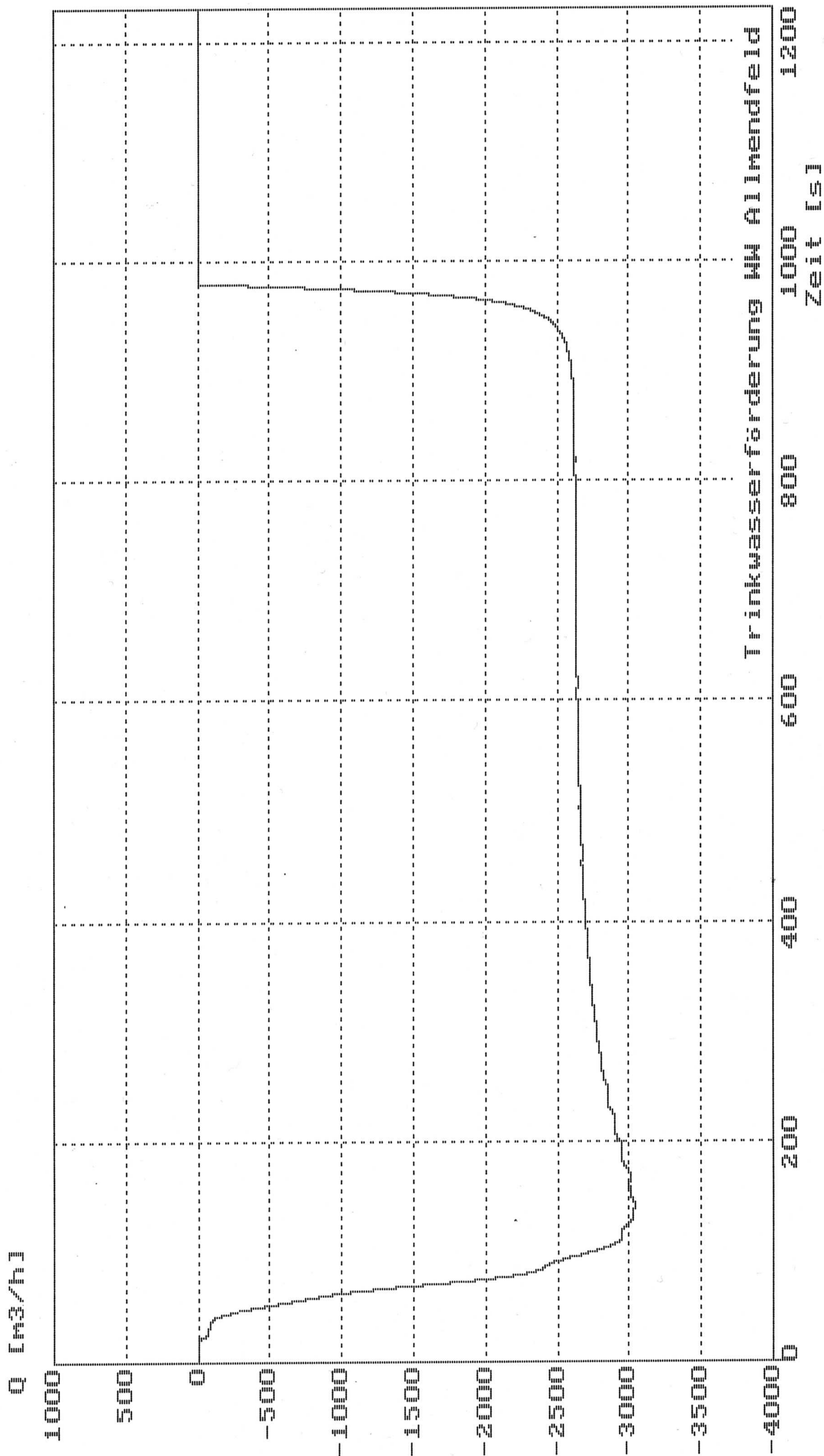
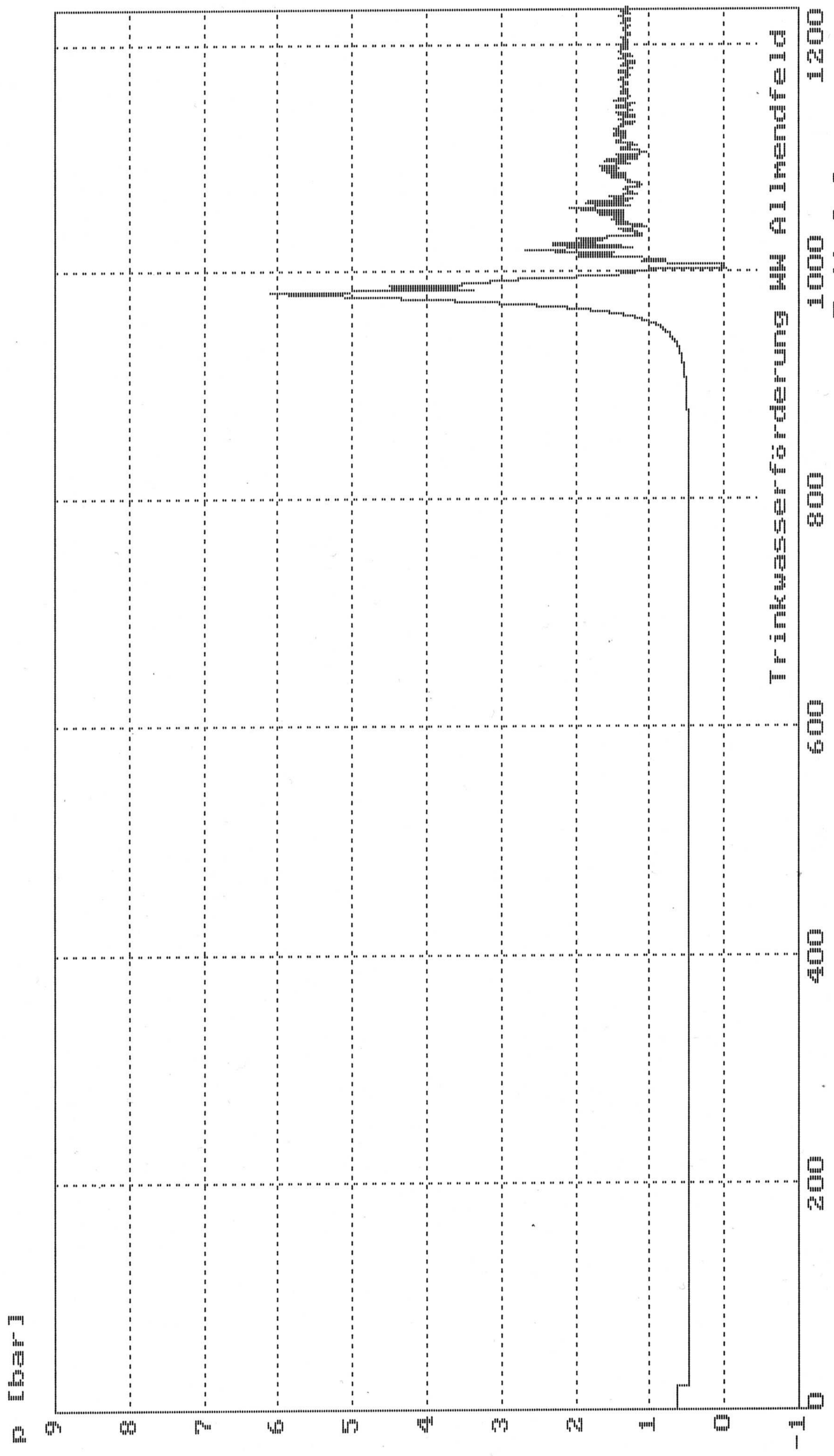


Bild 4.4: Entnahme des WW Escholbrücken in Nothetrieb

Bild 4.5: Druckverlauf vor der Schließung des Jagerschusses von Jägerstandort C.4 mit 00'26 in der Schussrichtung auf 92.00 mWdh

Zeit ts1



```
PROCEDURE EINFEST;           {Enthält die Eingabewerte für die Leitungen}
                             {WW Allmendfeld}
                             {Stand: 14.12.2020}
```

```
BEGIN
```

```
    {Anzahl der Leitungen}      S:=19;
```

```
    {Leitung 1}
    L[1]:=8;
    D[1]:=0.9960;
    kb[1]:=0.0001;
    Ze[1]:=1.0;
    a[1]:=337; {1041;}
```

```
    {Leitung 2}
    L[2]:=8;
    D[2]:=0.9960;
    kb[2]:=0.0001;
    Ze[2]:=1.0;
    a[2]:=337; {1041;}
```

```
    {Leitung 3}
    L[3]:=15;
    D[3]:=0.9960;
    kb[3]:=0.0001;
    Ze[3]:=1.0;
    a[3]:=337; {1041;}
```

```
    {Leitung 4}
    L[4]:=10;
    D[4]:=0.6950;
    kb[4]:=0.0001;
    Ze[4]:=0.0;
    a[4]:=1074;
```

```
    {Leitung 5}
    L[5]:=10195;
    D[5]:=1.0000;
    kb[5]:=0.00092;
    Ze[5]:=0.0;
    a[5]:=994;
```

```
    {Leitung 6}
    L[6]:=1515;
    D[6]:=1.2700;
    kb[6]:=0.00092;
    Ze[6]:=0.0;
    a[6]:=1053;
```

```
    {Leitung 7}
    L[7]:=4530;
    D[7]:=1.2700;
    kb[7]:=0.00092;
    Ze[7]:=0.0;
    a[7]:=1053;
```

```
    {Leitung 8}
    L[8]:=11415;
    D[8]:=1.3000;
    kb[8]:=0.00092;
    Ze[8]:=0.0;
    a[8]:=966;
```

```
    {Leitung 9}
    L[9]:=10222;
    D[9]:=0.9898;
    kb[9]:=0.0001;
    Ze[9]:=0.0;
    a[9]:=978;
```

```
    {Leitung 10}
    L[10]:=116;
    D[10]:=0.9898;
    kb[10]:=0.0001;
    Ze[10]:=1.0;
    a[10]:=978;
```

```
    {Leitung 11}
    L[11]:=9;
    D[11]:=0.6950;
    kb[11]:=0.0001;
    Ze[11]:=3.0;
    a[11]:=337; {1074;}
```

```
    {Leitung 12}
    L[12]:=9;
    D[12]:=0.6950;
    kb[12]:=0.0001;
    Ze[12]:=3.0;
    a[12]:=337; {1074;}
```

```
    {Leitung 13}
    L[13]:=6567;
    D[13]:=0.9898;
    kb[13]:=0.0001;
    Ze[13]:=0.0;
    a[13]:=978;
```

```
    {Leitung 14}
    L[14]:=5005;
    D[14]:=0.9898;
    kb[14]:=0.0001;
    Ze[14]:=0.0;
    a[14]:=978;
```

```
{Leitung 15}  
L[15]:=12690;  
D[15]:=0.9898;  
kb[15]:=0.0001;  
Ze[15]:=0.0;  
a[15]:=978;
```

```
{Leitung 16}  
L[16]:=1463;  
D[16]:=0.7770;  
kb[16]:=0.0001;  
Ze[16]:=0.0;  
a[16]:=1117;
```

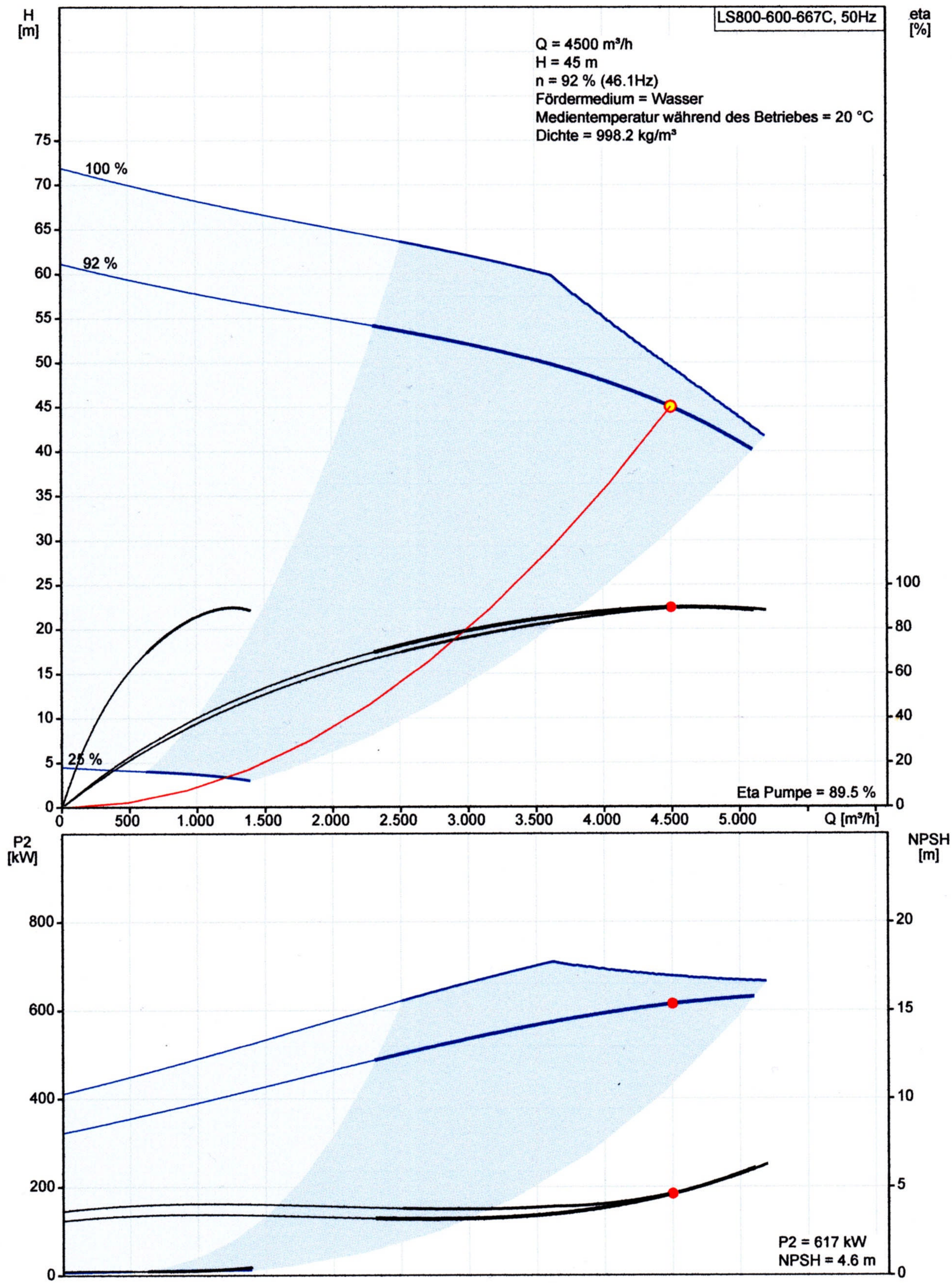
```
{Leitung 17}  
L[17]:=10;  
D[17]:=0.8066;  
kb[17]:=0.0001;  
Ze[17]:=0.0;  
a[17]:=969;
```

```
{Leitung 18}  
L[18]:=240;  
D[18]:=0.8000;  
kb[18]:=0.0001;  
Ze[18]:=0.0;  
a[18]:=1085;
```

```
{Leitung 19}  
L[19]:=140;  
D[19]:=0.8066;  
kb[19]:=0.0001;  
Ze[19]:=0.0;  
a[19]:=969;
```

```
END; {PROCEDURE EINFEST}
```

LS800-600-667C



Hydraulische Kennlinie

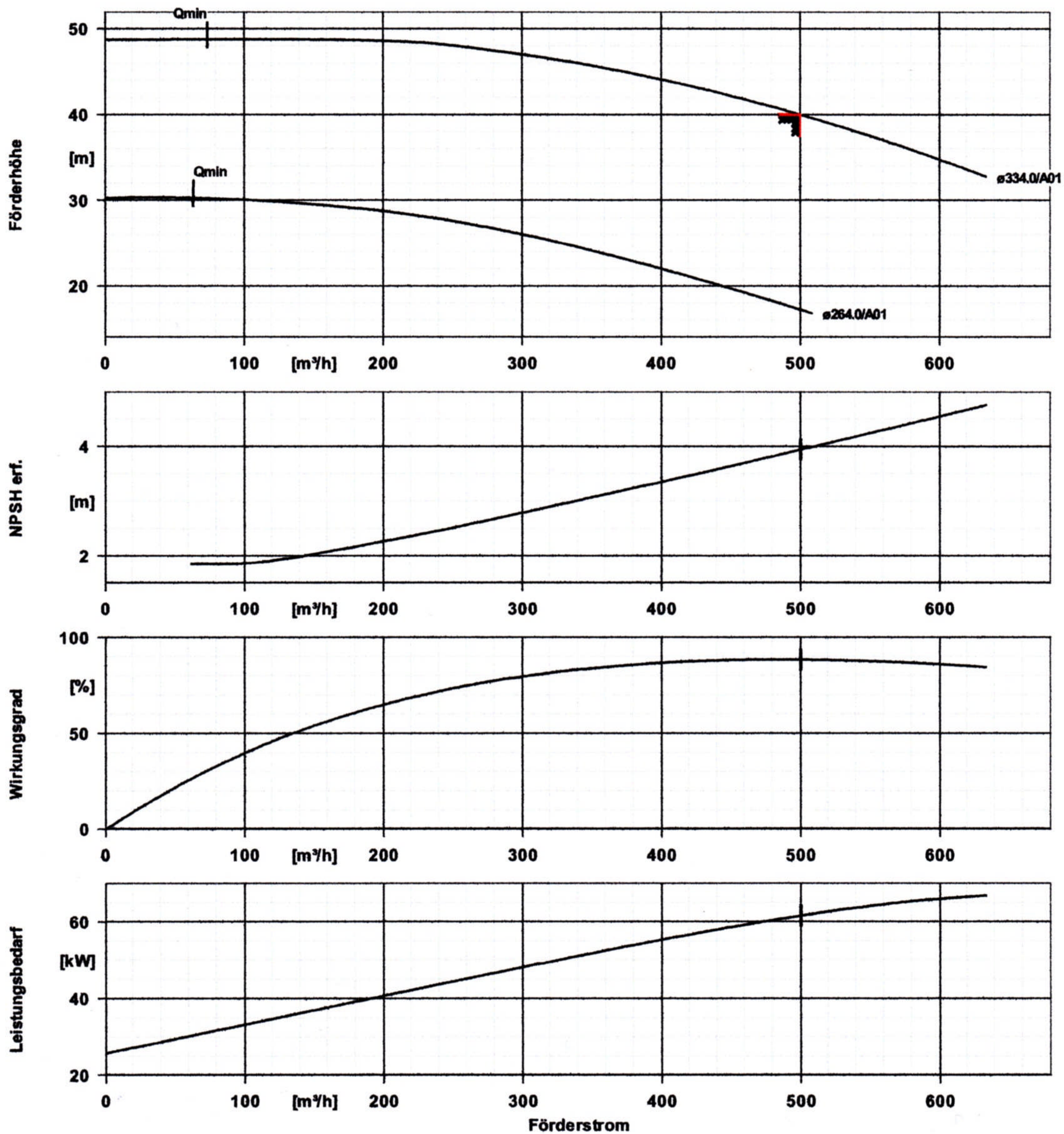


Kunden-Pos.-Nr.:
 von Datum: 01.09.2017
 Beleg Nr.: Blitzangebot
 Menge: 1

Nummer: ES 5323798
 Positionsnr.:400
 Datum: 01.09.2017
 Seite: 3 / 6

ETN 200-150-315 GBXAA11GD507504B
 Niederdruckkreiselpumpe Etanorm

Versions-Nr.: 1



Kurvendaten

Drehzahl 1644 1/min
 Mediumdichte 998 kg/m^3
 Viskosität 1,00 mm^2/s
 Förderstrom 500,00 m^3/h
 Angefragter Förderstrom 500,00 m^3/h
 Förderhöhe 40,00 m
 Angefragte Förderhöhe 40,00 m

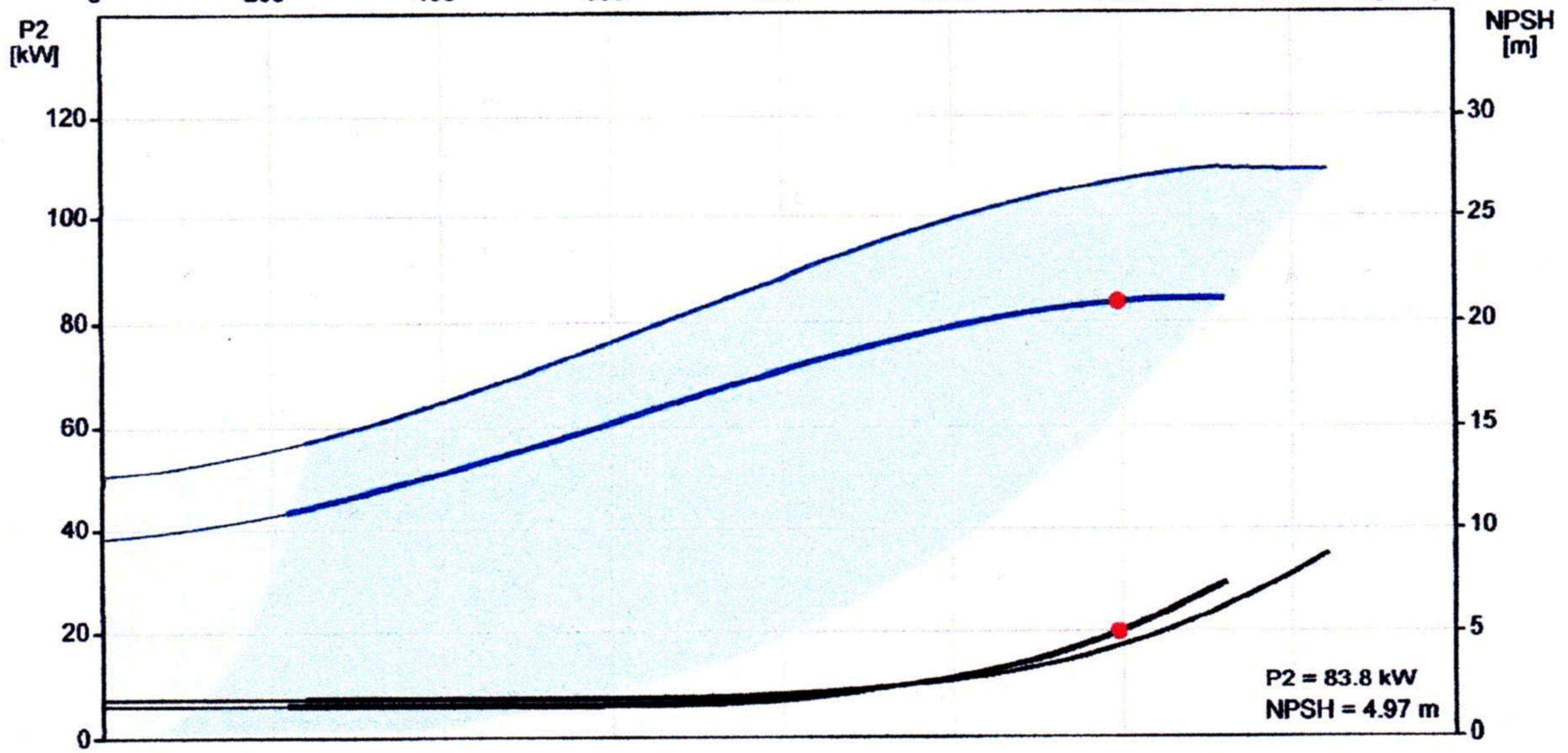
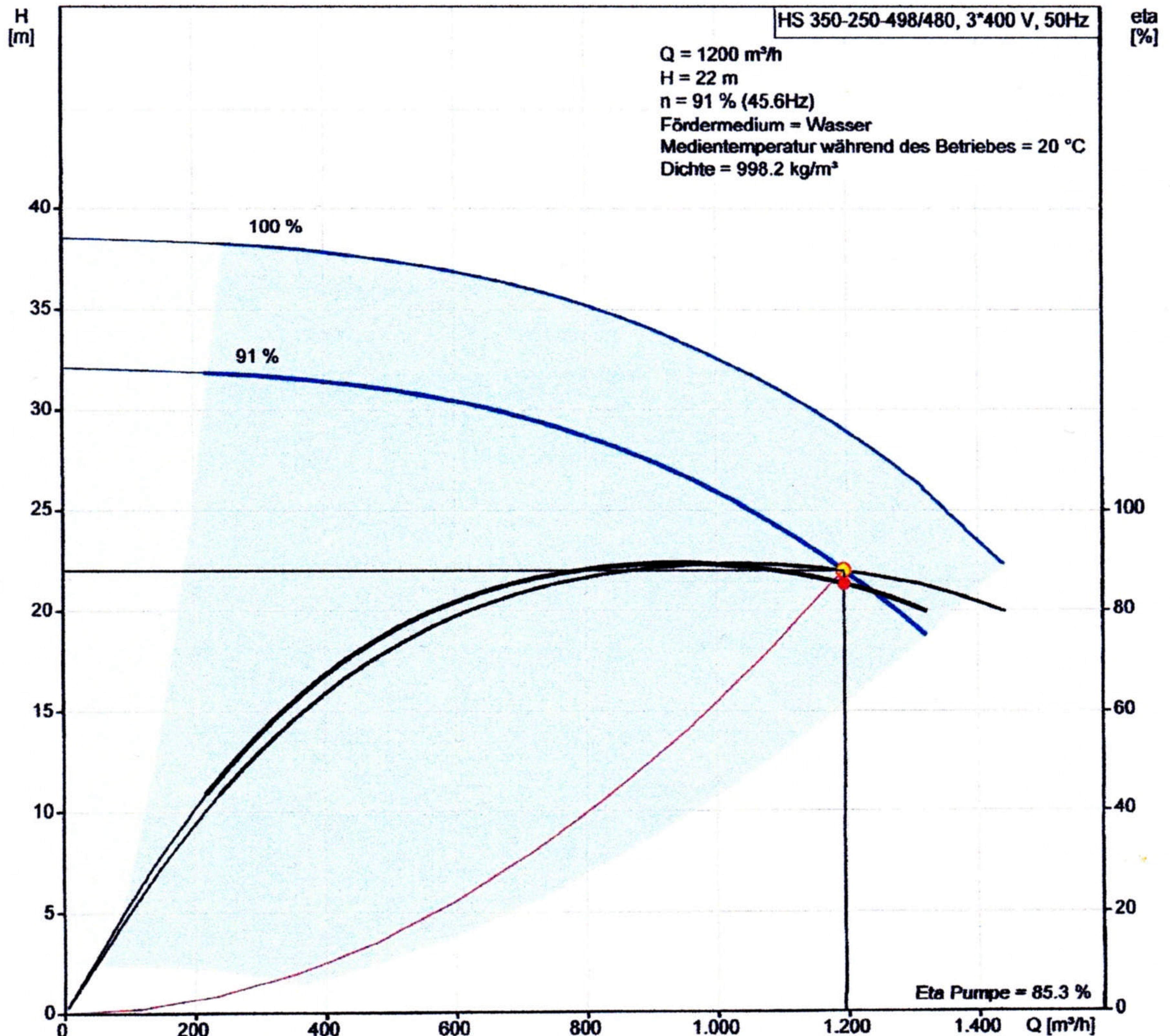
Wirkungsgrad 88,3 %
 MEI (Index $\geq 0,60$
 Mindestwirkungsgrad)
 Leistungsbedarf 61,58 kW
 NPSH erforderlich 3,94 m
 Kurvennummer K1311.464/57
 Effektiver Laufraddurchmesser 334,0 mm



Name des Unternehmens:
Angelegt von:
Telefon:

Datum: 26.07.2017

auf Anfr. HS 350-250-498 50 Hz



Hydraulische Kennlinie

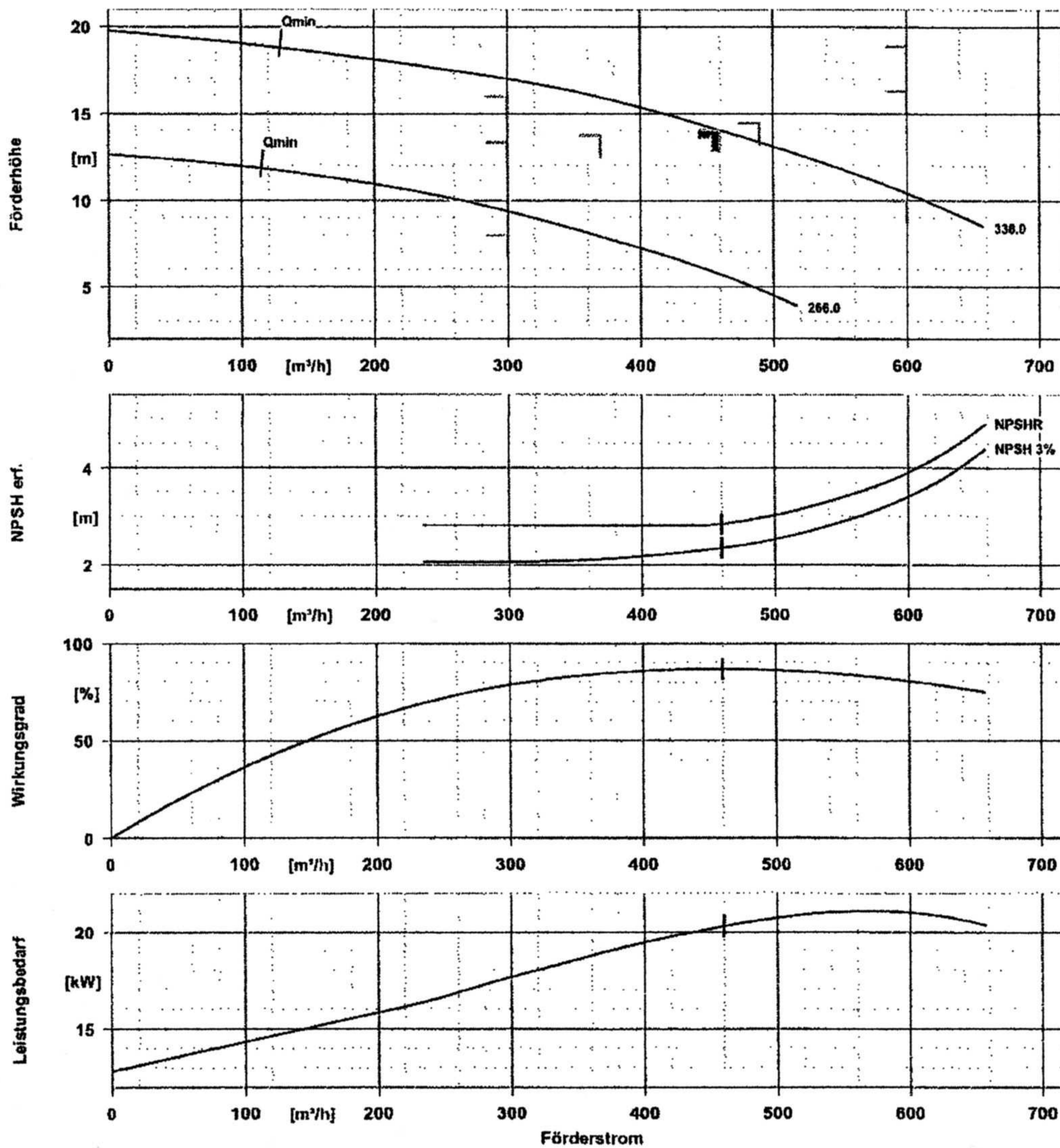


Kunden-Pos.-Nr.: 00010
 Bestell-Datum: 10.08.2010
 Bestellnummer: 4500031384 - WW Dornheim
 Menge: 1

Nummer: 9971781791
 Positionnr.: 100
 Datum: 12.08.2010
 Seite: 7 / 11

Omega 200-320 A GB G F

Versions-Nr.: 4



Kurvendaten

Drehzahl	983 1/min	Wirkungsgrad	86,7 %
Mediumdichte	998 kg/m ³	Leistungsbedarf	20,31 kW
Viskosität	1,00 mm ² /s	NPSH erforderlich	2,85 m
Fördermenge	460,00 m ³ /h	NPSH 3%	2,35 m
Angefragte Fördermenge	490,00 m ³ /h	Kurvennummer	K42790
Förderhöhe	14,06 m	Effektiver	338,0 mm
Angefragte Förderhöhe	14,47 m	Laufreddurchmesser	
		Abnahmenorm	ISO 9906 Klasse 1