

6.1.2. Dichlorphenol-Reaktivextraktion

Bei der Reaktivextraktion von 2,4-Dichlorphenol (DCP) aus Xylol als disperser Phase in ein wässriges Kontinuum, bestehend aus verdünnter Natronlauge unterschiedlicher Konzentrationen, liegt der Hauptwiderstand gegen den Stofftransport im nichtreaktiven System fast vollständig auf Seiten der kontinuierlichen Phase. Aus diesem Grunde eignet sich das DCP/NaOH-System in hervorragender Weise zur Untersuchung momentan ablaufender Reaktivextraktionsvorgänge. Selbst Enhancement-Faktoren von 100 sind in diesem System noch gut experimentell verifizierbar. Die chemische Momentanreaktion von DCP mit NaOH findet ausschließlich im Kontinuum statt, da NaOH in Xylol nicht löslich ist. Der eigentliche Reaktionsort ist die extrem dünne, den Tropfen umgebende Diffusionsgrenzschicht.

Daß der Transportwiderstand der dispersen Phase im nichtreaktiven System vernachlässigbar ist, bedeutet nicht, daß im reaktiven System (mit NaOH) ähnliche Verhältnisse gelten. Im Gegenteil, im reaktiven System kann der Gesamtwiderstand nur bis auf den verbleibenden Restwiderstand der dispersen Phase abgebaut werden. Der Widerstand der dispersen Phase gewinnt somit bei wachsendem Einfluß der chemischen Reaktion in der kontinuierlichen Phase zunehmend an Bedeutung. Wie noch gezeigt wird, läßt sich experimentell eindeutig belegen, wann der Widerstand der kontinuierlichen Phase durch die chemische Reaktion vollständig abgebaut ist. Ist der Transportwiderstand durch chemische Reaktion im Kontinuum vollständig abgebaut, so ist die Berechnung der entsprechenden Widerstandsgröße der dispersen Phase möglich, die zur Berechnung des maximalen systemspezifischen Stoffübergangs herangezogen werden kann. Hierdurch wiederum kann die minimale Extraktorgröße für den Reaktivextraktionsprozeß festgelegt werden.

In der nachfolgenden Tabelle 6.1.1. sind die experimentellen Randbedingungen für die DCP-Reaktivextraktion zusammengestellt.

| Tropfenvolumen (μl) | Reynolds-Zahl | NaOH-Konzentration (mol/l) | mittlere maximale Impulsrate I_0 (s^{-1}) |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|---|
| 20 | 258 | - | |
| 20 | 258 | 10-4 | 2149 \pm 120; = 5,6% (N=12) |
| 20 | 258 | 10-3 | |
| 20 | 258 | 10-2 | |
| 50 | 397 | - | |
| 50 | 397 | 10-3 | 5386 \pm 261; = 4,8 % (N=10) |
| 50 | 397 | 10-2 | |
| 200 | 660 | 10-3 | 23790 \pm 793; = 3,3 % (N=6) |

Tab.6.1.1.: DCP-Reaktivextraktion; Anfangskonzentration DCP: 0,1 mol/l

N ist die Zahl der Experimente, die hier zur vergleichenden Darstellung kommt. Man erkennt anhand der notierten Prozentzahlen, daß die Reproduzierbarkeit der Tropfenvolumina sehr gut ist. Für alle Reaktivextraktionsuntersuchungen an freischwebenden Einzeltropfen mit und ohne Reaktion wurden jeweils Messungen für verschiedene Tropfengrößen durchgeführt, um den Einfluß der Hydrodynamik von disperser Phase und Kontinuum auf den Gesamtprozeß zu verdeutlichen. Unterschiedliche hydrodynamische Verhältnisse für eine einzige Tropfengröße lassen sich experimentell nicht realisieren, da im Einzelfall immer die Auftriebskräfte des Tropfens mit den Zähigkeitskräften zwischen Tropfen und Umgebung im Gleichgewicht stehen müssen. Somit ist ein gegebenes Tropfenvolumen immer mit einer definierten Reynolds-Zahl verknüpft. Die Bedeutung der Fluidodynamik für die Extraktion aus Einzeltropfen geht auch aus Abb.6.4. hervor.

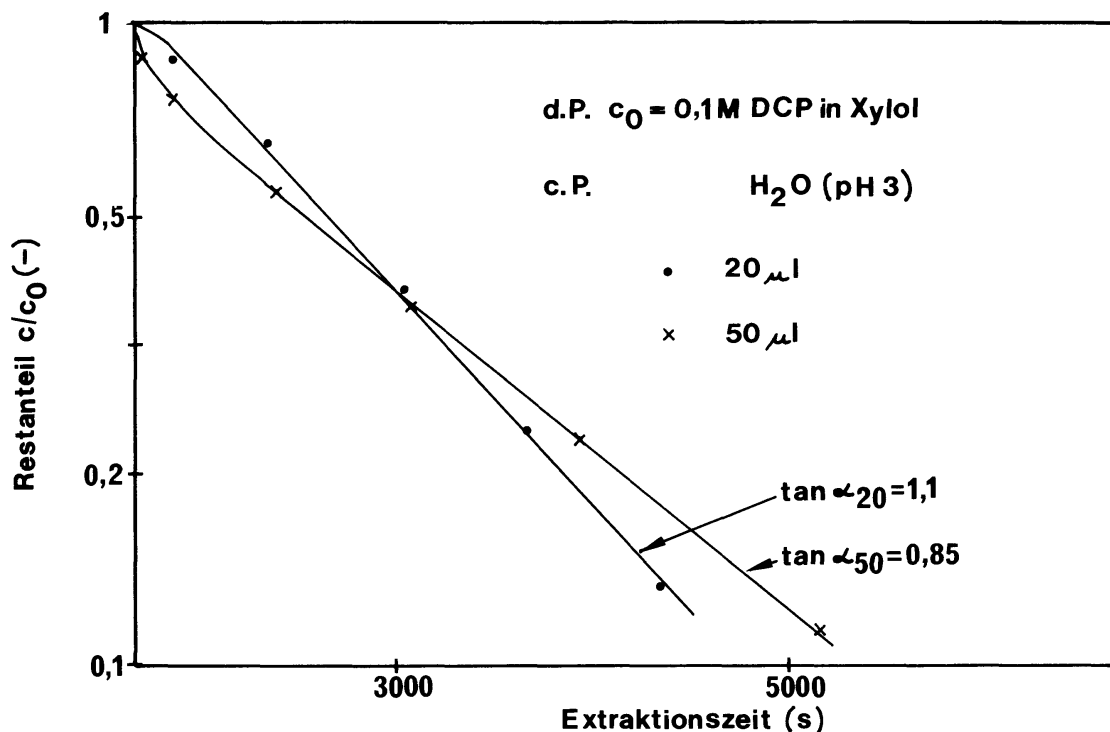


Abb.6.4.: Extraktion von DCP aus Xylol bei verschiedenen Tropfengrößen

Der Restanteil ist als Funktion der Extraktionszeit dargestellt. Das wässrige Kontinuum wurde zur Vermeidung einer Dissoziation des DCP mit Schwefelsäure auf pH 3 eingestellt, um sicher zu gehen, daß der Stoffübergang rein physikalisch erfolgt. Nach einer vergleichsweise kurzen Einlaufperiode wird der Stoffübergang quasi-stationär, erkenntlich am linearen Verlauf der Extraktionskurve bei halblogarithmischer Auftragung. Das Verhältnis der Steigungen $\tan \alpha_{20}/\tan \alpha_{50}$ beträgt 1,29. Wären die Tropfen ideal durchmischt, müßte aufgrund der unterschiedlichen spezifischen Phasengrenzfläche $a = F/V_T$ ein Verhältnis von 1,35 resultieren. Hieraus muß unmittelbar geschlossen werden, daß der größere Tropfen stärker zirkuliert, in ihm der Vermischungseffekt intensiver ist. Die Erscheinung, daß größere Tropfen stärker zirkulieren als kleinere ist seit langem in der Literatur bekannt, bislang jedoch für Einzeltropfen nur photographisch nachgewiesen worden. Die Reynolds-Zahlen für den 20- und 50 μl -Tropfen betragen 258 bzw. 397.

Aus den Extraktions-Zeit-Kurven in Abb.6.4. läßt sich der Stoffdurchgangskoeffizient als Funktion der Extraktionszeit für beide Tropfengrößen berechnen. Diese Zusammenhänge sind in Abb.6.5. dargestellt. Hier ergibt sich erwartungsgemäß für den kleineren Tropfen ein etwas höherer Stoffdurchgangskoeffizient k_t . Der Wert wurde unter Zuhilfenahme der angeströmten Halbkugeloberfläche berechnet, ist somit doppelt so groß wie der aus der automatischen Auswertung direkt erhaltene Wert. Dies gilt für alle in Abschnitt 6.1 angegebenen Stoffdurchgangskoeffizienten k_t .

Stellt man der rein physikalischen Extraktion entsprechende Reaktivextraktionsprozesse gegenüber, so fällt zunächst bei Vergleich von Abb.6.4. mit Abb.6.6. auf, daß der Stofftransport erheblich schneller erfolgt. Weiterhin ist die Reaktivextraktion von DCP mit verschiedenen NaOH-Konzentrationen im Kontinuum (verschiedene pH) im Bereich von etwa pH 10 bis pH 12 extrem stark pH-abhängig. Unterhalb pH 8-9 geht der reaktionsgekoppelte Transport im Hinblick auf die Extraktionsgeschwindigkeit in den rein physikalischen Prozeß über, oberhalb von pH 12 dagegen ist der Widerstand der kontinuierlichen Phase offenbar vollständig abgebaut, erkenntlich am linearen Verlauf der Extraktionskurve in der halblogarithmischen Auftragung (50 μl Tropfen, pH 12).

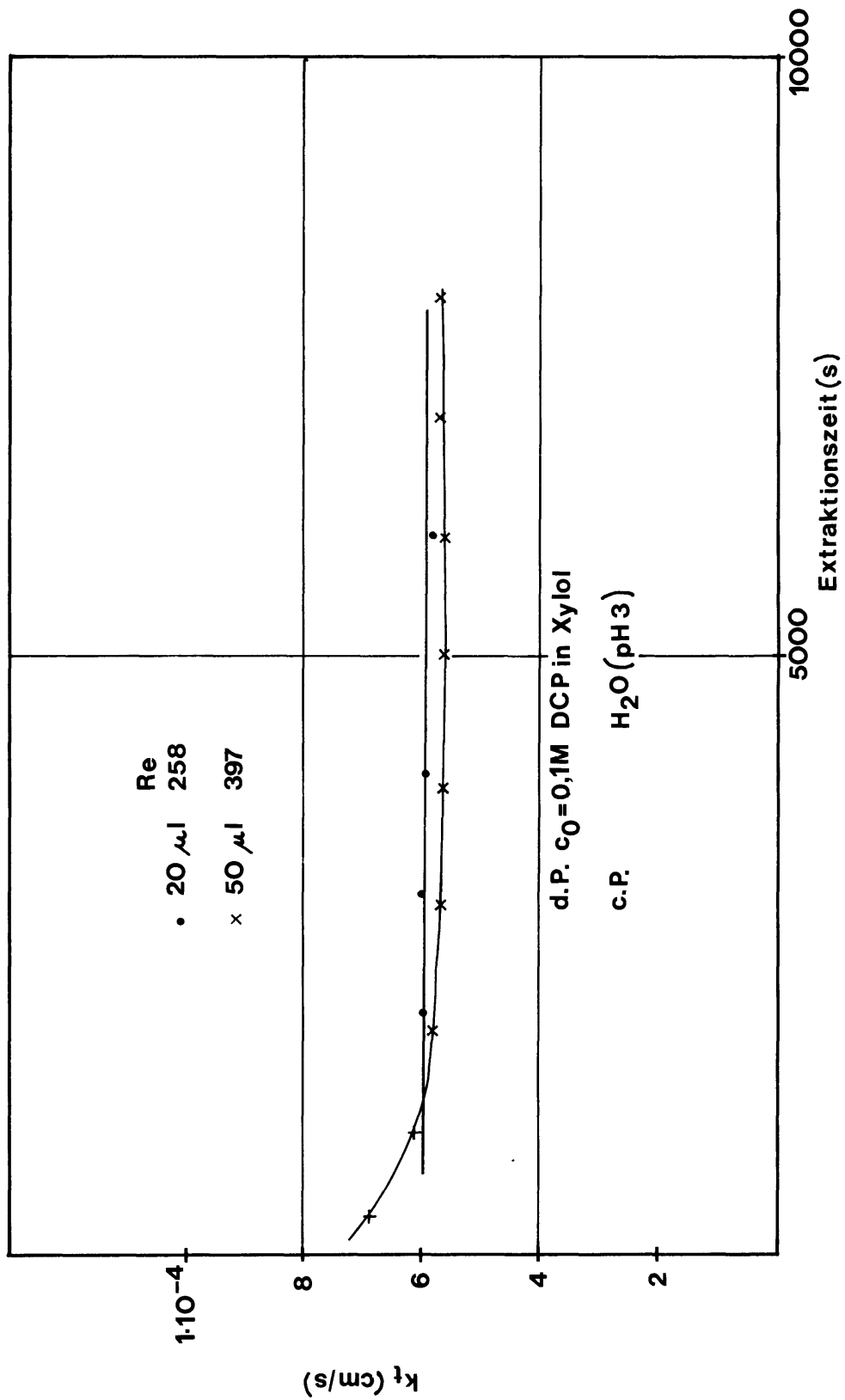
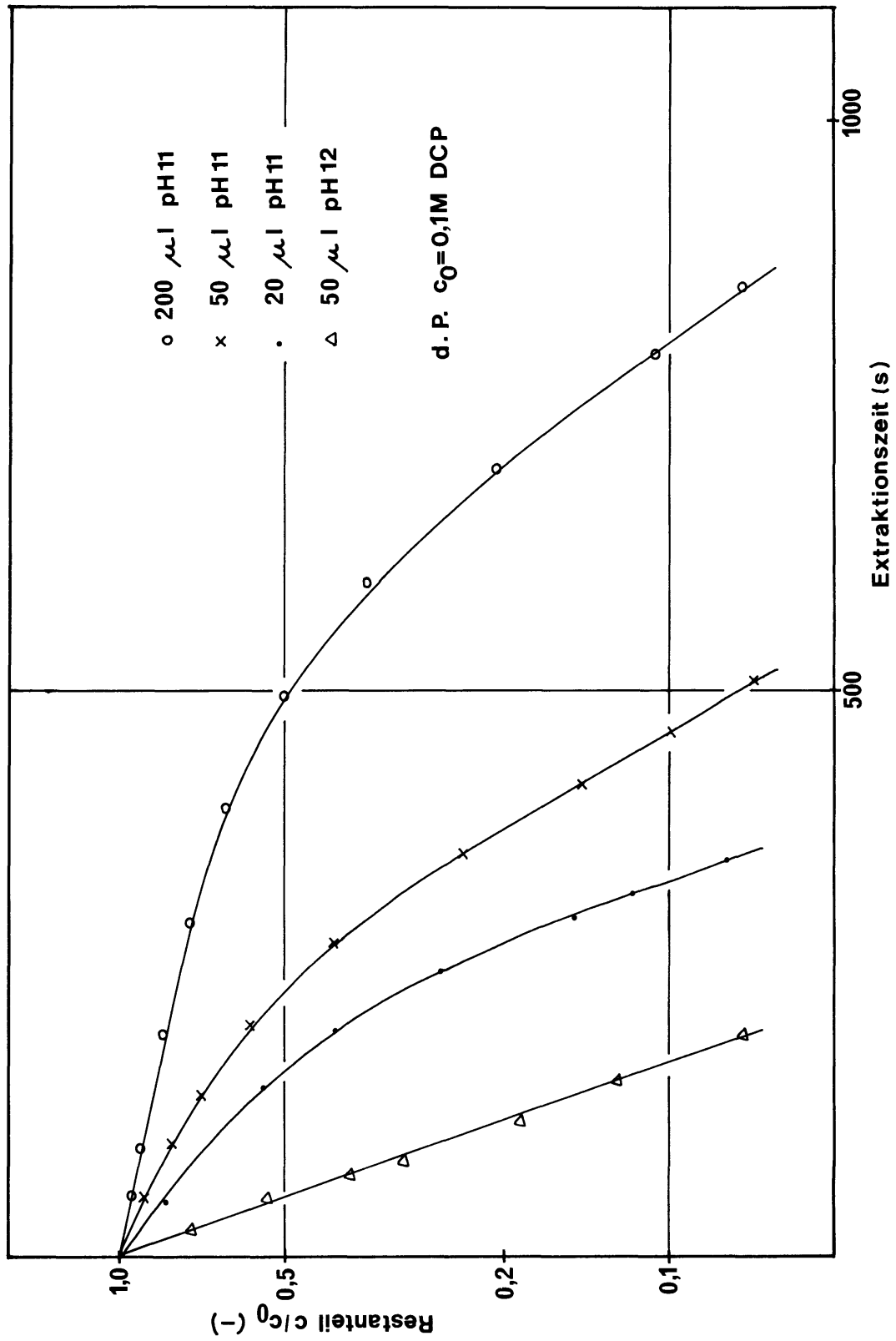


Abb.6.5.: Instationäre Stoffdurchgangskoeffizienten (ohne Reaktion)

Abb.6.6.: Verlauf des Restanteils bei der Einzeltropfen-Reaktivextraktion von Dichlorphenol



Bei pH 11 im Kontinuum tritt offenbar im Verlaufe der Reaktivextraktion mit wachsendem Extraktionsgrad eine zunehmende Reaktionsbeschleunigung auf, sehr deutlich erkennbar an den gekrümmten Extraktionskurven, deren Steigung mit wachsendem Extraktionsgrad größer wird.

Diese Zusammenhänge werden noch deutlicher anhand von Abb.6.7., die wiederum die entsprechenden Stoffdurchgangskoeffizienten als Funktion der Extraktionszeit enthält. Die Stoffdurchgangskoeffizienten bei pH 11 im Kontinuum wachsen mit der Zeit bzw. mit dem Extraktionsgrad exponentiell an um dann schließlich in ein Plateau überzugehen.

Im Endbereich von k_t als Funktion der Zeit ist der Stoffübergangswiderstand im Kontinuum vollständig abgebaut und k_t entspricht k_d . (Symbole s. Abschnitt 3). Anhand der in Abb.6.7. dargestellten Ergebnisse ist es zum erstenmal gelungen zu zeigen, wie im Verlaufe eines Reaktivextraktionsprozesses der Widerstand in einer Phase vollständig abgebaut wird. Dies ist direkt anhand der Kurvenverläufe ersichtlich. Diese Zusammenhänge sind bei analogen Reaktivextraktionsprozessen zu beachten, da sie im Hinblick auf den Extraktor auslegungstechnische Konsequenzen nachsichziehen: Der Reaktor bei einer Reaktivextraktion kann wesentlich kleiner sein als der entsprechende Extraktor der analogen nicht-reaktionsgekoppelten Extraktion. Es zeigt sich insbesondere, daß kleinere Tropfen schneller den Plateauwert von k_t erreichen, als große Tropfen.

Entscheidend für die Reaktionsbeschleunigung der bimolekularen Momentanreaktion von DCP mit NaOH sind die augenblicklichen Konzentrationen von NaOH im Kontinuum und DCP an der dispersseitigen Phasengrenze bzw. in grober Näherung dem DCP-Restanteil im Tropfen. Da die Extraktion aus kleinen Tropfen schneller erfolgt und somit der Restanteil als Funktion der Zeit bei kleineren Tropfen schneller abnimmt steigen auch die Stoffdurchgangskoeffizienten mit abnehmender Tropfengröße schneller an. Dies ist ein wichtiger Gesichtspunkt bei der Extraktorauslegung.

Der 50 μ l-Tropfen in pH 12 läuft sogar vor Erreichen eines stationären Wertes von k_t durch ein leichtes Maximum. Eine Erklärung hierfür könnte sein, daß der Transportwiderstand in der kontinuierlichen Phase durch die Reaktion abgebaut wird, bevor noch eine Verarmung an Übergangskomponente im Tropfeninneren in der Nähe der Phasengrenzfläche auftreten kann. Die Triebkraft für die Stoffübertragung ist somit besonders hoch. Mit zunehmender Zeit dagegen werden die mittleren Diffusionswege im Tropfen länger, so daß der Stoffdurchgangskoeffizient wiederum abnimmt.

Bei allen experimentellen Untersuchungen zur Einzeltropfen-Reaktivextraktion zeigte sich, daß bei hohen Extraktionsgraden bzw. langen Extraktionszeiten der Stoff durchgangskoeffizient einen konstanten Wert annimmt, so daß in Anlehnung an die Zweifilmtheorie mit effektiven (konstanten) Diffusionswegen gerechnet werden darf.

Abb.6.8. zeigt die entsprechenden Molenstromdichten für 20-, 50- und 200 μ l-Tropfen in pH 11 bzw. pH 12. Auffällig ist, daß alle Molenstromdichten, außer im Falle des 20 μ l-Tropfens, ein Maximum durchlaufen. Es übersteigt in diesem Fall der Zugewinn im Stoffdurchgangskoeffizienten k_t den Abbau der mittleren Konzentration im Tropfen durch die Extraktion. Die Lage des Maximums verschiebt sich mit zunehmender Tropfengröße in Richtung auf längere Zeiten und mit zunehmendem pH in Richtung auf kürzere Extraktionszeiten. Die Lage und Ausbildung der Maxima ist damit auch eine Folge der unterschiedlichen Fluidynamik verschiedener Tropfengrößen.

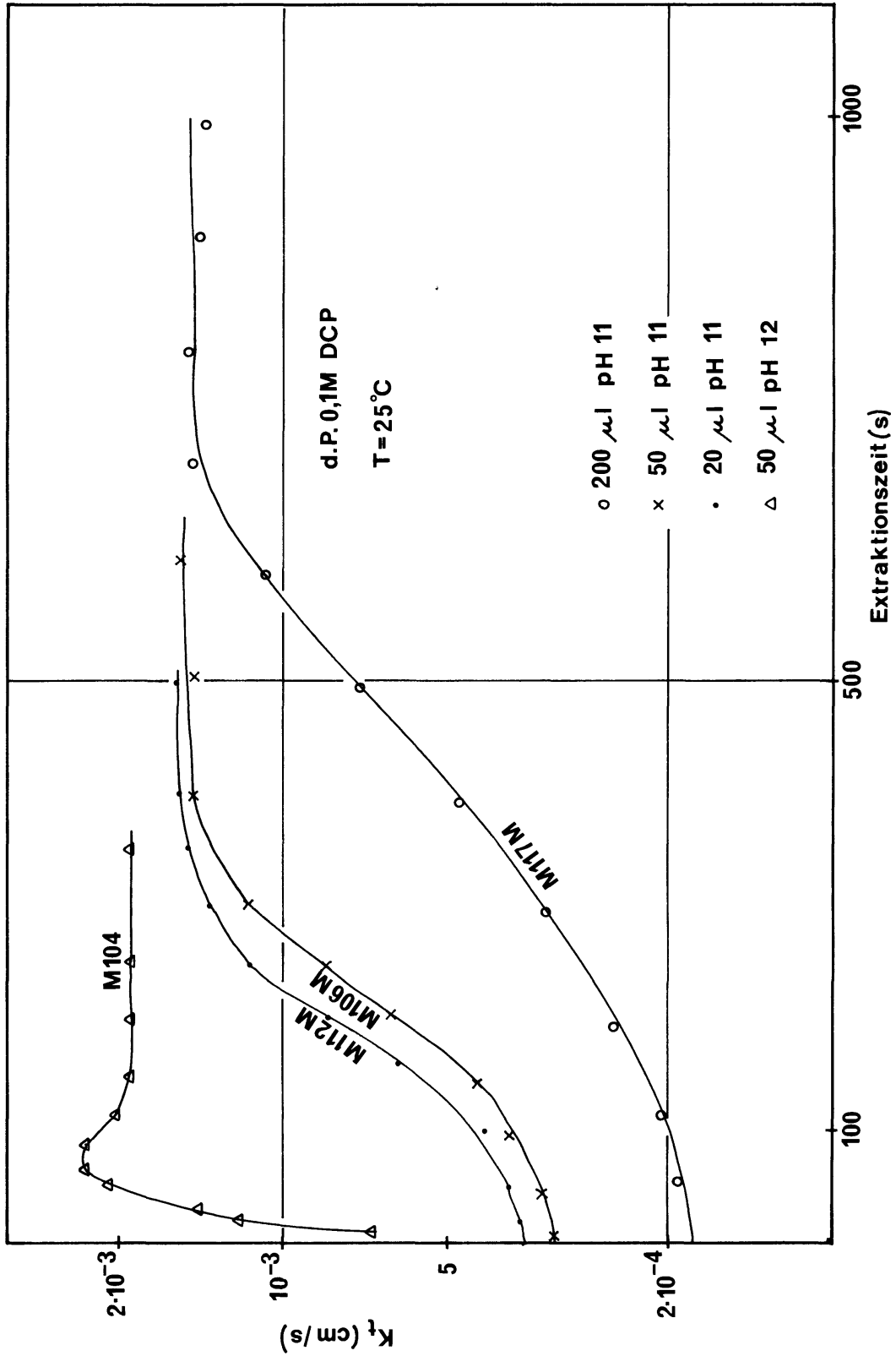


Abb.6.7.: Einzeltropfenreaktivextraktion von Dichlorphenol;
instationäre Stoffdurchgangskoeffizienten

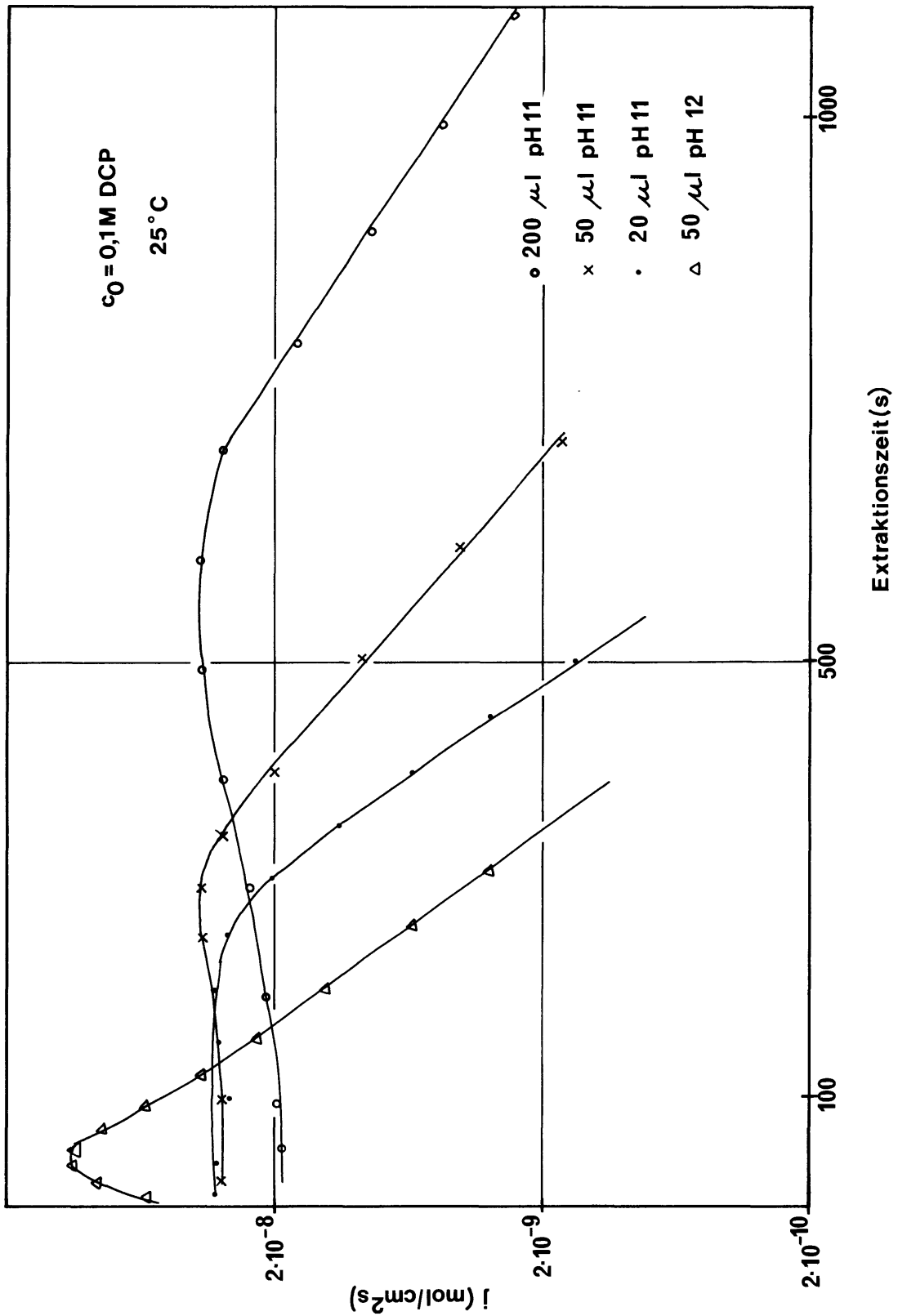


Abb.6.8.: Einzeltropfenreaktivextraktion von Dichlorphenol; Molenstromdichten

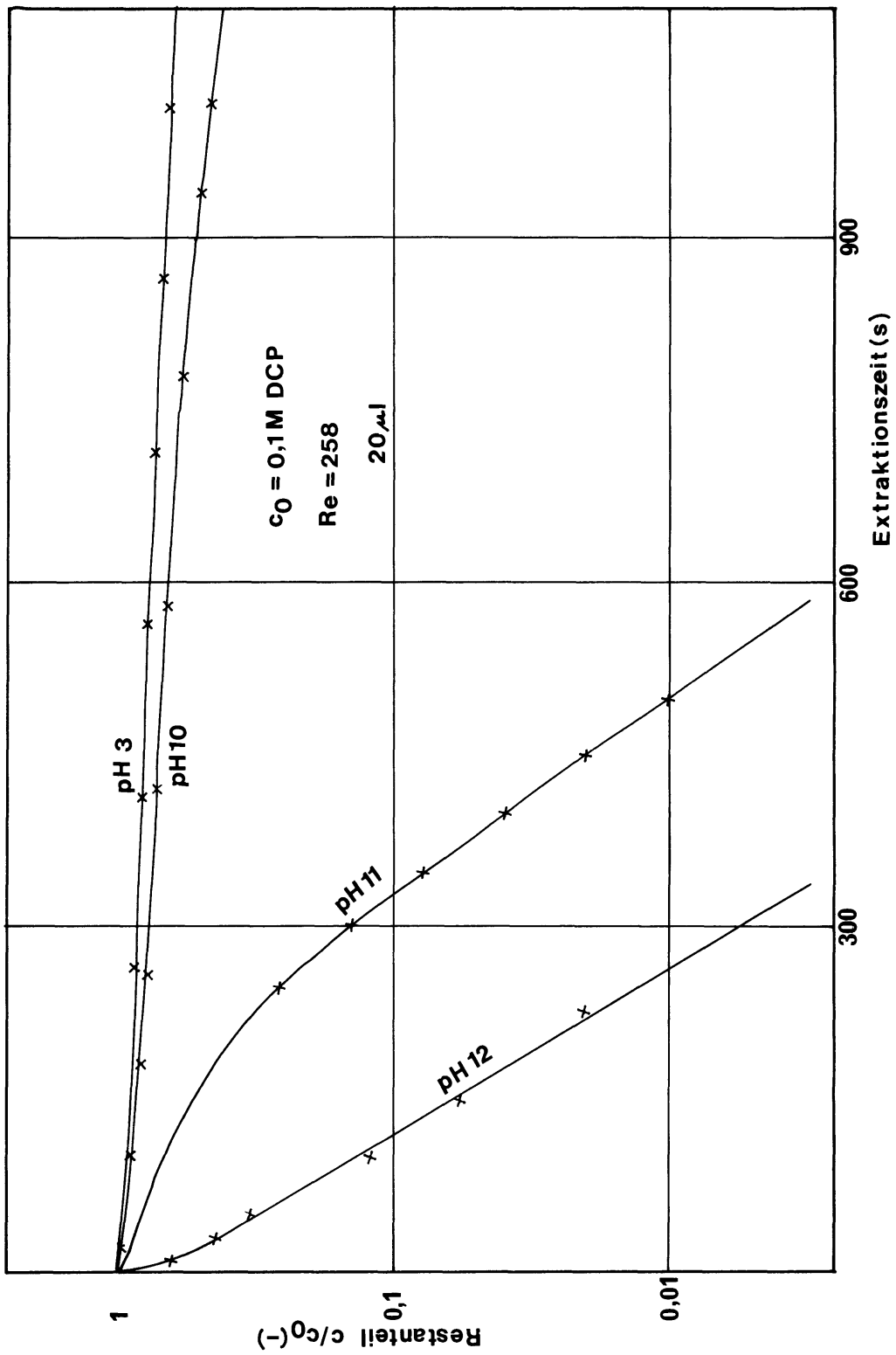


Abb.6.9.: Restanteilverlauf bei der Einzeltropfenreakivextraktion von Dichlorphenol

Vergleicht man dagegen identische Tropfengrößen bei unterschiedlichem pH der kontinuierlichen Phase, liegt in jedem Fall die gleiche Fluidodynamik vor. Im Falle von 20 µl-Xyloltropfen beträgt die Reynolds-Zahl 258. Abb.6.9. zeigt den Restanteil-Verlauf als Funktion der Extraktionszeit für die pH-Werte 3, 10, 11 und 12. Die Reaktivextraktion bei pH 10 unterscheidet sich zunächst von der nichtreaktionsgekoppelten Extraktion nur unwesentlich, wird aber zu längeren Zeiten hin immer deutlicher. Bei höheren pH-Werten bewirkt die chemische Reaktion wiederum eine ganz erhebliche Steigerung der Extraktionsgeschwindigkeit. So beträgt nach 500 s der Restanteil im Tropfen für pH 3 80 %, für pH 10 71 % und für pH 11 nur noch 1 %. Der Restanteil für pH 12 im Kontinuum ist nach 500 s meßtechnisch nicht mehr von 0 unterscheidbar.

Besonders deutlich wird in dieser Abbildung wiederum die extraktionsgradabhängige Reaktionsbeschleunigung für den Kurvenverlauf bei pH 11, erkenntlich an der wachsenden Steigung der Meßkurve.

Aus den in Abb.6.9. dargestellten Extraktionskurven wurden wiederum die Stoffdurchgangskoeffizienten abgeleitet; siehe Abb.6.10. Bei pH 3 ergibt sich ein konstanter Wert für k_t von $6 \cdot 10^{-5}$ cm/s. Bei pH 10 durchläuft die disperse Phase offenbar zunächst erst eine instationäre Anlaufphase bis etwa 250 s, da die geringe Reaktandenkonzentration im Kontinuum (10^{-4} mol/l NaOH) nur zu einem langsamen Aufbau von Konzentrationsgradienten innerhalb des Tropfens führt.

Derartige instationäre Anlaufphasen wurden auch für die Phenolextraktion mit und ohne Reaktionskopplung gefunden. Sie treten offenbar immer dann auf, wenn zu Beginn eines Extraktionsprozesses die mittleren, d.h. effektiven Diffusionswege sowohl im Tropfen als auch in der Diffusionsgrenzschicht (entsprechend dem Modell von Toor-Marchello) noch keinen konstanten Wert erreicht haben. Nach Durchlaufen des Minimums steigt der Stoffdurchgangskoeffizient bei pH 10 bei hohen Extraktionsgraden dann allerdings sehr schnell an.

Anhand der für pH 11 gültigen Kurve könnte man den Eindruck gewinnen, daß der Stoffdurchgangskoeffizient von einem kleinen Wert bei kurzen Extraktionszeiten in das bereits diskutierte Plateau mit einem höheren Wert ($2 \cdot 10^{-3}$ cm/s) bei langen Extraktionszeiten übergeht. Bis 100 s hat jedoch noch kein allzu starker Triebkraftabbau stattgefunden, denn der Restanteil im Tropfen beträgt immerhin noch etwa 70 %, der Beschleunigungszuwachs ist im Anfangsbereich entsprechend gering. Bei pH 12 im Kontinuum überlagert sich wiederum die instationäre Anlaufphase und der sehr schnell erfolgende Transportwiderstandsabbau in der kontinuierlichen Phase. Dies hat zur Folge, daß der Stoffdurchgangskoeffizient direkt aus seinem instationären Anfangsbereich in den Plateauverlauf der Reaktivextraktion für lange Zeiten übergeht. Der verbleibende Widerstand der dispersen Phase beträgt $2 \cdot 10^{-3}$ cm/s für den 20 µl-Tropfen bei $Re = 258$.

In Abb.6.11. sind wiederum die analogen Molstromdichteverläufe als Funktion der Reaktionszeit bei verschiedenen pH-Werten im Kontinuum dargestellt. Aufgrund der kurzen Diffusionswege im 20 µl-Tropfen treten hier keine Maxima auf, wie das bei größeren Tropfen von 50 und 200 µl offensichtlich der Fall ist (vgl. Abb.6.8.). Interessant ist wiederum der Kurvenverlauf bei pH 11, wo der Triebkraftverlust durch Konzentrationsabbau durch einen wachsenden Stoffdurchgangskoeffizienten kompensiert wird und die Molstromdichte somit über lange Zeit konstant ist.

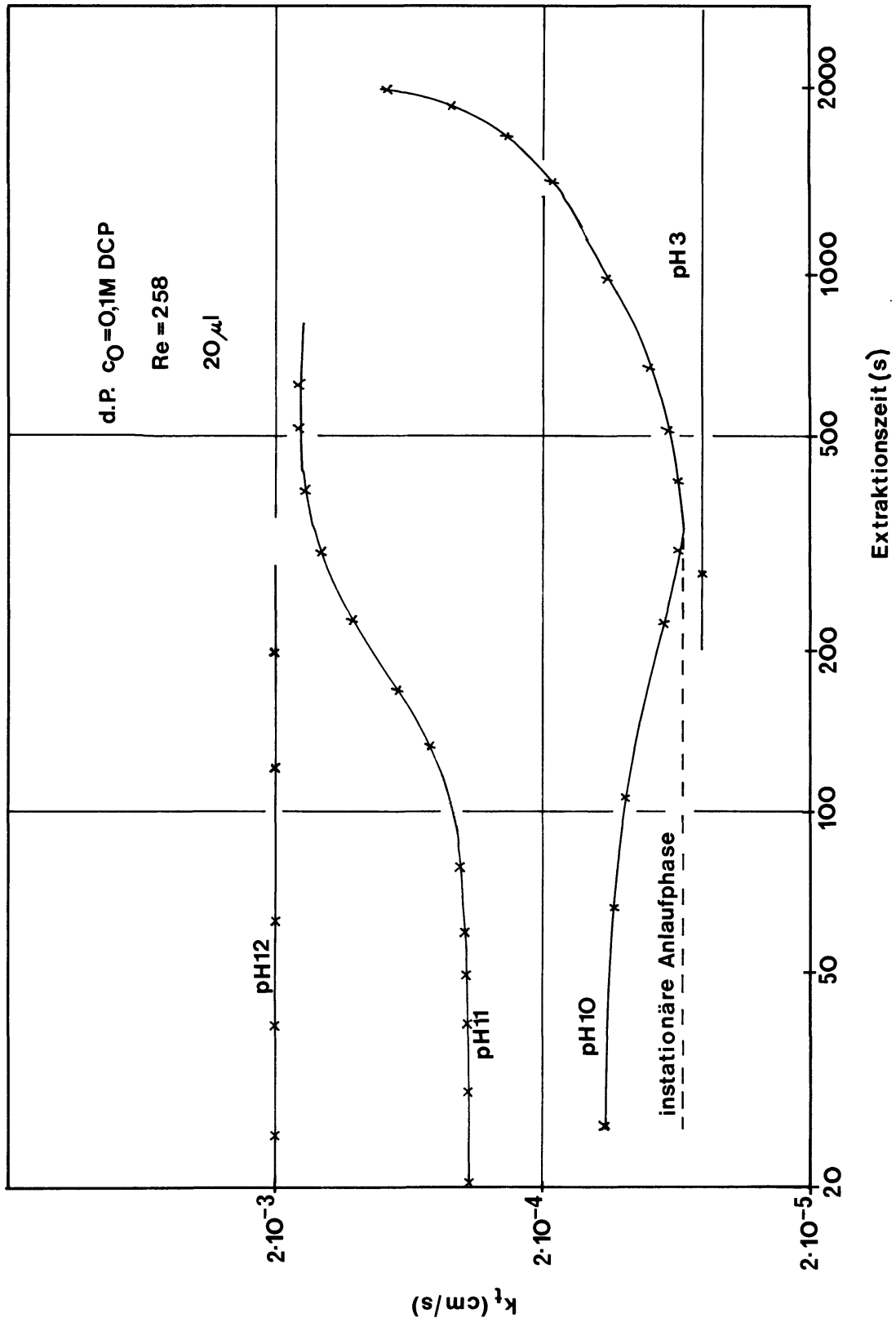


Abb.6.10.: Einzeltropfenreakivextraktion von Dichlorphenol;
Stoffdurchgangskoeffizienten

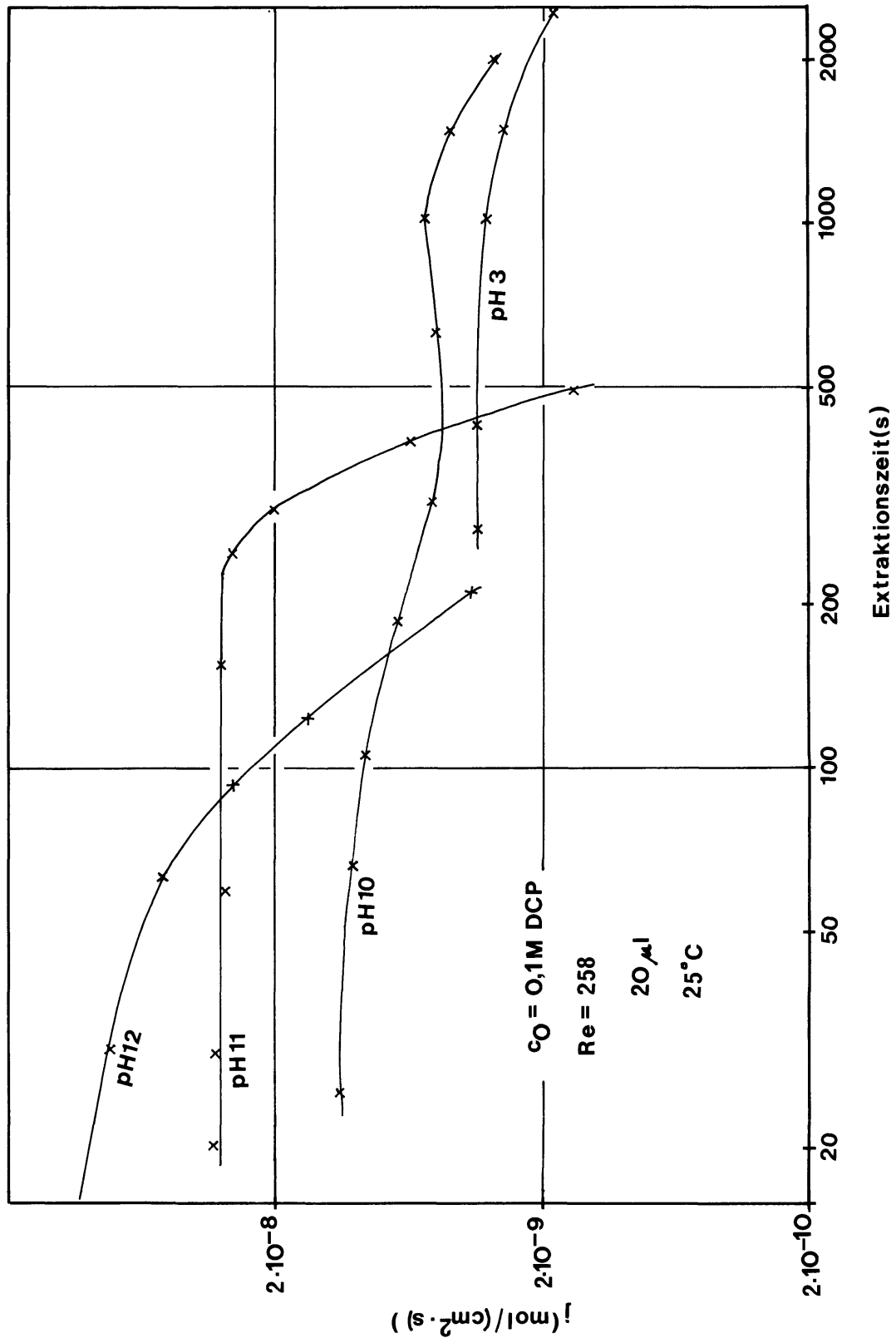


Abb.6.11.: Einzeltropfenreaktivextraktion von Dichlorphenol;
 Molenstromdichten

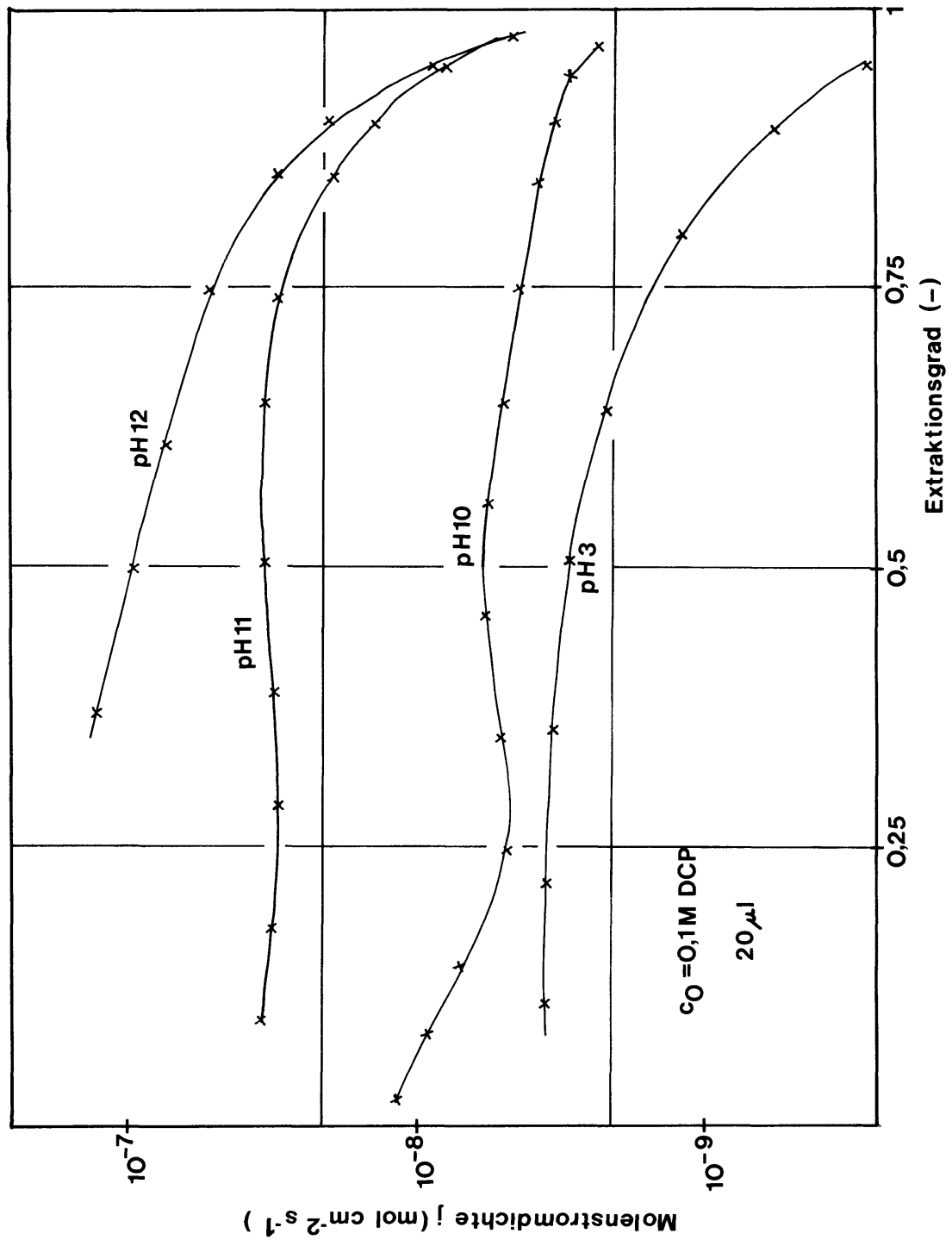


Abb.6.12.: Einzeltropfenreakivextraktion von Dichlorphenol;
Molenstromdichte als Funktion des Extraktionsgrades

Abb. 6.12. gibt die an 20 µl Xyloltropfen gemessene Molstromdichte für verschiedene pH-Werte des Kontinuums als Funktion des Extraktionsgrades wieder. Die größten Molstromdichten werden naturgemäß auch hier wieder wegen des vollständigen Transportwiderstandsabbaus in der kontinuierlichen Phase bei pH 12 erreicht. Bei sehr hohen Extraktionsgraden (> 98%) laufen die Kurven für pH 10,11 und 12 zusammen. Damit werden die Molstromdichten unabhängig von der Reaktandenkonzentration im Kontinuum. Folglich wird bei sehr hohen Extraktionsgraden der Transportwiderstand im Kontinuum schon bei pH 10 abgebaut.

In diesem Zusammenhang besonders wichtig ist das Produkt aus der NaOH-Konzentration im Kontinuum mit dem Verteilungsgleichgewicht H , dividiert durch die momentan noch vorhandene Restkonzentration von DCP im Tropfen. Dieser Quotient ist ein Maß für das Verhältnis der NaOH-Konzentration im Kontinuum zur DCP-Konzentration an der Phasengrenze auf der Seite des Kontinuums. Ist dieses Verhältnis sehr groß, folgt in jedem Fall ein vollständiger Transportwiderstandabbau im Kontinuum (vgl.hierzu Abschn.3.2.2.3. und Abb.3.2.9.). Bei vollständigem Abbau des Widerstandes der kontinuierlichen Phase lassen sich gemäß Zweifilmtheorie nach Gl.(5.4.) die Stoffübergangskoeffizienten k_d und k_c berechnen. Hierzu ist die Kenntnis des Verteilungskoeffizienten H als Funktion der Konzentration erforderlich. Er kann einer entsprechenden Darstellung in Abschn.11.1. entnommen werden. H ist für den Konzentrationsbereich zwischen 0,1 und 1 mmol/l DCP in H₂O (pH 3) annähernd konstant und beträgt im Mittel 106. Mit diesem Wert für H läßt sich k_d für die Tropfengrößen 20, 50 und 200 µl durch Einsetzen in Gl.(5.4.) ($k_c \Rightarrow \infty$) auswerten.

Die gefundenen Daten sind in Tab.6.13 zusammengefaßt.

| V_T (µl) | k_d (cm/s) | k_c (cm/s) | k_t (cm/s) (ohne Reaktion) |
|------------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
| 20 | $2 \cdot 10^{-3}$ | $6,6 \cdot 10^{-3}$ | $6 \cdot 10^{-5}$ |
| 50 | $1,92 \cdot 10^{-3}$ | $6,2 \cdot 10^{-3}$ | $5,7 \cdot 10^{-5}$ |
| 200 | $1,5 \cdot 10^{-3}$ | $6,2 \cdot 10^{-3}$ | $5,6 \cdot 10^{-5}$ |

Tab.6.13: Stoffübergangs- und durchgangskoeffizienten für verschiedene DCP/Xylol-Tropfen

Ist k_d erst einmal bekannt, so läßt sich ebenfalls k_c aus den gemessenen Stoffdurchgangskoeffizienten k_t für den nichtreaktiven Transport berechnen. Diese Daten sind ebenfalls mit in Tabelle 6.13. aufgenommen.

Durch die Kenntnis der experimentell zugänglichen Stoffdurchgangskoeffizienten als Funktion der Zeit unter Reaktivextraktionsbedingungen sowie der nach Gl.(5.4.) berechneten Werte für k_c wird nun auch der Enhancement-Faktor als Funktion der Extraktionszeit berechenbar. Er ist für die verschiedenen Tropfengrößen unter den jeweiligen pH-Bedingungen im Kontinuum in Abb.6.14. dargestellt.

Die größten meßbaren Werte ergeben sich für 50 µl-Tropfen bei pH 12. Hier werden Werte für k_c über 0,5 cm/s gefunden. Vergleicht man den Verlauf des Enhancement-Faktors für 20 und 50 µl-Tropfen bei pH 11, so ergeben sich im Falle des 50 µl-Tropfens anfänglich größere Werte. Die Ursache hierfür muß darin gesehen werden, daß aufgrund der längeren Diffusionswege in größeren Tropfen die Konzentration der Übergangskomponenten in Richtung auf die Tropfenoberfläche stärker abfällt als bei kleineren Tropfen. Hierdurch wird die Überschußkonzentration des im Kontinuum befindlichen Reaktanden vergrößert, was nach Abschnitt 3.2.3. zu größeren Enhancement-Faktoren führen muß. Bei längeren Extraktionszeiten ($t > 100$ s) überwiegt hingegen der Enhancementfaktor des 20 µl-Tropfens.

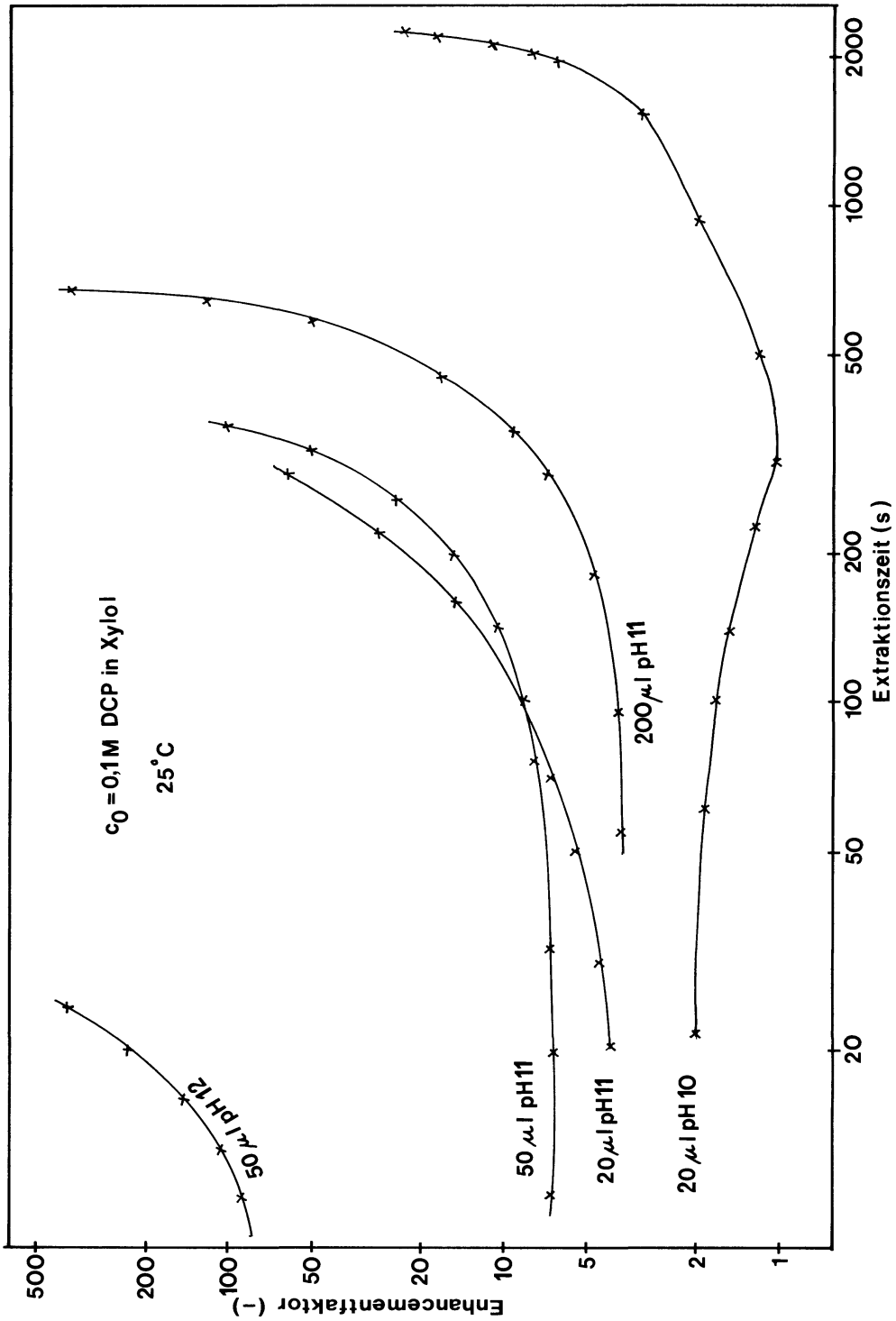


Abb.6.14.: Einzeltropfenreaktivextraktion von Dichlorphenol;
Enhancementfaktoren

Dies steht nicht im Widerspruch zum eben Gesagten, sondern ist eine Folge der Tatsache, daß der 20 µl-Tropfen schneller extrahiert wird, die mittlere Konzentration der Übergangskomponenten somit schneller abgebaut wird als bei einem größeren Tropfen wegen der höheren spezifischen Phasengrenzfläche.

Geringere Konzentrationen im Tropfen im Vergleich zur Reaktandenkonzentration im Kontinuum führen aber wiederum zu höheren Enhancement-Faktoren. Beim 200 µl-Tropfen ist die spezifische Phasengrenzfläche noch geringer, so daß der Enhancement-Faktor hier noch langsamer anwächst. Andererseits sind aber auch die Anfangswerte für kleine Extraktionszeiten geringer als im Falle des 50 µl-Tropfens. Offenbar fällt die Konzentration in Richtung Phasengrenzfläche verglichen mit der mittleren Konzentration beim 200 µl-Tropfen aufgrund der stärkeren Mischungsbewegung durch interne Zirkulation (vgl.Kap.3.1.) nicht so stark ab. Beim 20 µl-Tropfen mit pH 10 im Kontinuum ist zunächst die Übergangskomponente selbst im Überschuß vorhanden. Die anfänglich kleinen Enhancement-Faktoren sind zurückzuführen auf die instationäre Anlaufphase während der die Konzentrationsgradienten in ihre quasistationären Werte übergehen. Nachdem dies geschehen ist und eine Reaktionsbeschleunigung sogar für einen gewissen Zeitraum nicht nachweisbar ist, beginnt sich die Reaktionskopplung auswirken, da inzwischen auch der Extraktionsgrad sehr hoch und die verbliebene mittlere Restkonzentration im Tropfen sehr niedrig geworden ist.

In der letzten Darstellung zur DCP-Einzeltropfen-Reaktivextraktion sind noch einmal die Enhancement-Faktoren aufgetragen, jedoch diesmal in Abhängigkeit des Quotienten $c_{\text{NaOH}} \cdot H / c_{\text{DCP}}$. Wie bereits kurz angeschnitten, sind dieses Konzentrationsverhältnis und die Fluidodynamik die beiden entscheidenden Größen, die den Wert des Enhancement-Faktors bestimmen; s. hierzu Abb. 6.15. Auch hier wiederum kann man den aus experimentellem Datenmaterial nach der quasistationären Zweifilmtheorie berechneten Kurven entnehmen, daß innerhalb der Tropfen in Richtung auf die Phasengrenze starke Konzentrationsgradienten auftreten müssen. So sollte beispielsweise bei einem Konzentrationsverhältnis von 1 der Enhancement-Faktor 2 sein (unter der Annahme, daß die Diffusionskoeffizienten von NaOH und DCP im Kontinuum gleich groß sind). Er beträgt jedoch tatsächlich 5,9. Dies Resultat ist dahingehend interpretierbar, daß die DCP-Konzentration an der Phasengrenze im Kontinuum nur noch etwa 20 % der NaOH-Konzentration von 10^{-4} mol/l bei pH 10 beträgt oder die Diffusionskoeffizienten der Reaktionskomponenten entsprechend unterschiedlich sind (Abb.9.4.).

Bei größeren Tropfen und höheren Konzentrationsverhältnissen fällt dieser Konzentrationsabfall der Übergangskomponenten im Tropfen zur Phasengrenzfläche hin noch deutlicher aus. So sollte der Enhancement-Faktor im Falle des 200 µl-Tropfens und pH 11 bei einem Konzentrationsverhältnis von 4 den Wert 5 besitzen; er beträgt aber tatsächlich 229.

Zusammenfassend gesehen lassen die aus experimentellem Datenmaterial gewonnenen Enhancement-Faktoren den Schluß zu, daß zumindest im Fall bimolekular irreversibler Momentanreaktionen ein so kompliziertes Wechselspiel zwischen Fluidodynamik und Reaktion stattfindet, daß zwar eine Interpretation der gefundenen Daten möglich ist, jedoch eine annähernd exakte Vorhersage konkreter Werte für Enhancement-Faktoren bei vorgegebener Tropfengröße und Konzentrationsverhältnis spekulativ erscheint.

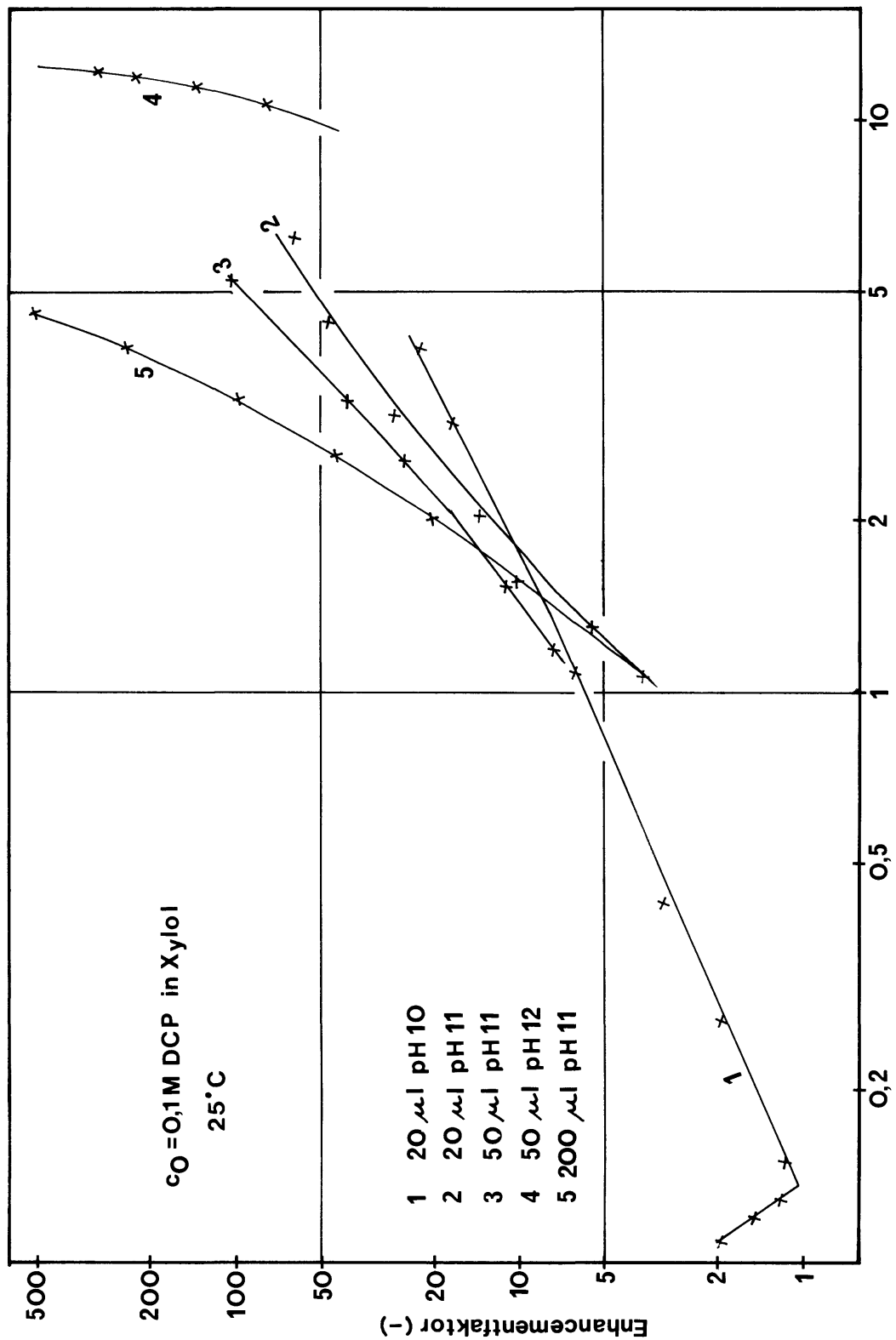


Abb.6.15.: Einzeltropfenreaktivextraktion von Dichlorphenol; Enhancementfaktor als Funktion des charakteristischen Konzentrationsverhältnisses