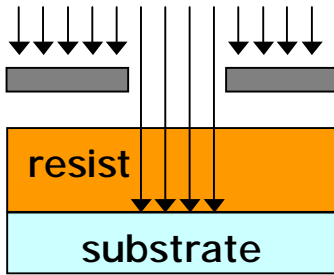


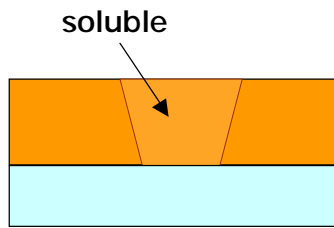
n Generelles zum Prinzip der Umkehrlacke

Detaillierte Prozessierungshinweise sind in den technischen Datenblättern der MicroChemicals® TI und Clariant AZ® Umkehrlacken aufgeführt. Das vorliegende Dokument zielt auf ein grundlegendes Verständnis des Einflusses der Prozessparameter **Belichtungs-dosis, Umkehrbackzeit und -temperatur** und **Entwicklungsdauer**.

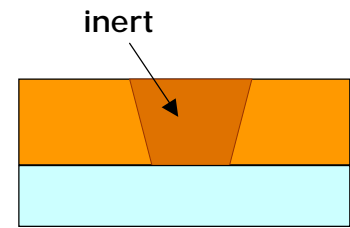
n Prinzipielle Arbeitsweise von Umkehrlacken



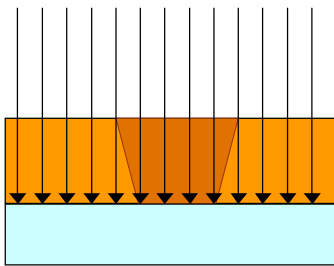
(1) **Belichtung** mit einer invertierten Maske (die belichteten Bereiche bleiben zuletzt stehen) ...



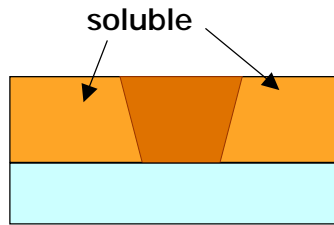
(2) In diesem Stadium ließe sich der Lack wie ein Positivlack weiterprozessieren ...



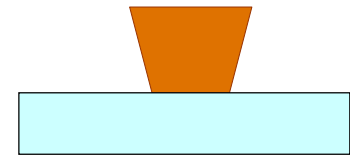
(3) Der **Umkehrbacks**schritt macht die belichteten Bereiche unlöslich im Entwickler ...



(4) Die **Flutbelichtung** (ohne Maske) ...



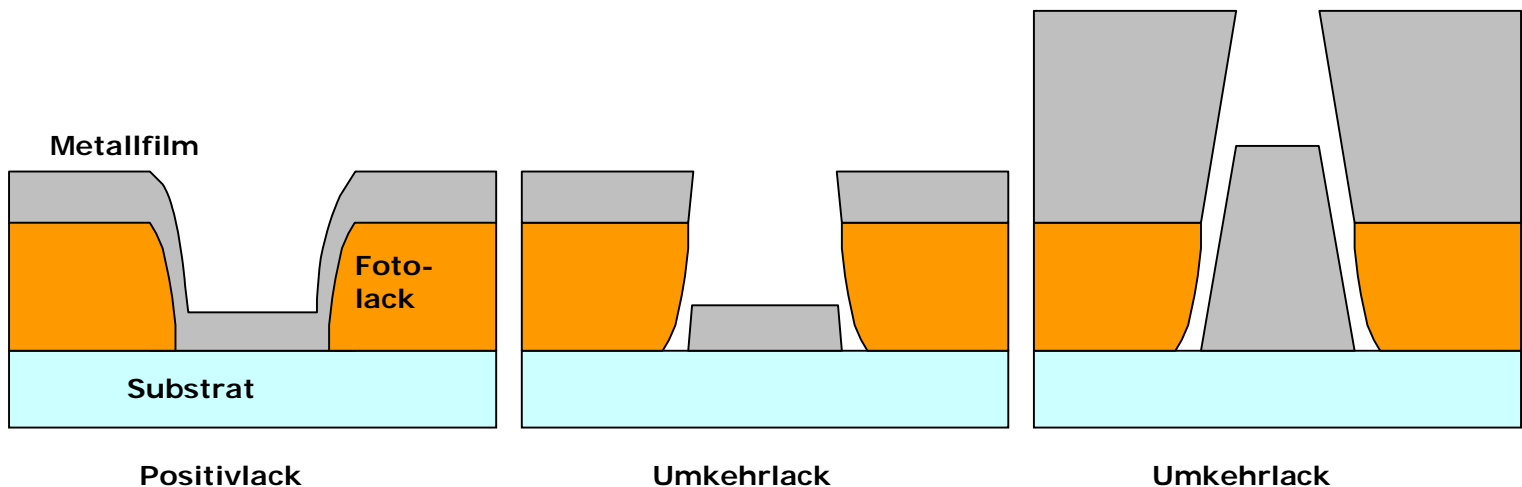
... (5) macht den in Schritt (1) nicht belichteten Lack entwickelbar

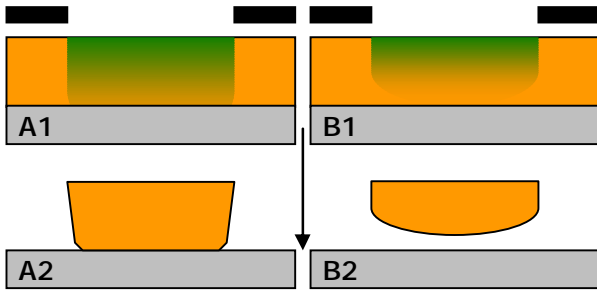


(6) Nach der Entwicklung bleiben die Strukturen stehen, welche in Schritt (1) belichtet wurden.

n Umkehrlacke und Lift-off

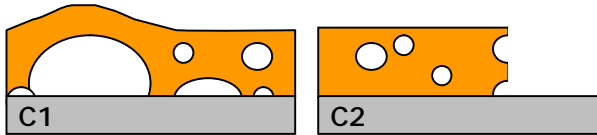
Negative Flanken ermöglichen sauberen Lift-off von Schichten (z.B. aufgedampfte Metalle oder gesputterte Filme) mit Schichtdicken, die im Falle aufgedampfter Metalle sogar über der Schichtdicke des Lackes liegen dürfen:





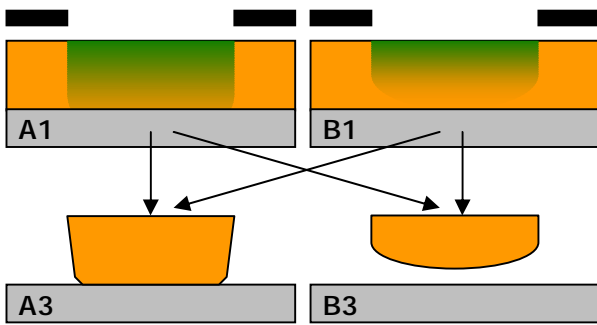
1. Belichtungsdosis

Eine Durchbelichtung mittels hoher 1. Belichtungsdosis (A1) führt nach Umkehrbackschrift, Flutbelichtung und Entwicklung zu steilen Kanten mit schwach ausgeprägtem Unterschnitt (A2), während eine geringe 1. Belichtungsdosis (B1), welche die substratnahen Lackbereiche nicht belichtet, stark unterschnittene Kanten bis hin zur Ablösung schmaler Strukturen im Entwickler erzeugt (B2). Die optimale 1. Belichtungsdosis hängt demnach vom gewünschten Unterschnitt und den lateralen Strukturgrößen ab.

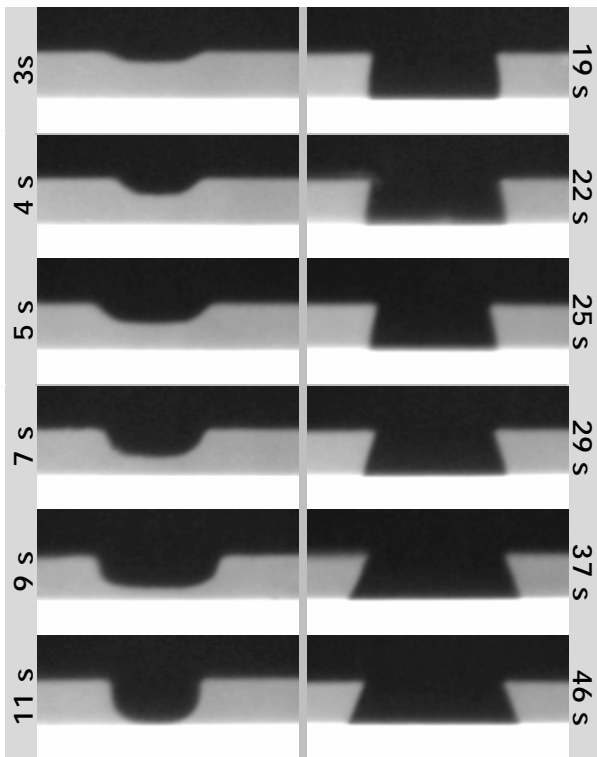


Umkehrbackschrift

Vor dem Umkehrbackschrift muss der belichtete Lack durch eine vom Lack und von der Lackdicke abhängigen Wartezeit den bei der Belichtung gebildeten Stickstoff (N₂) ausgasen, um Blasenbildung (unregelmäßige entwickelte Strukturen (C2)) bis hin zum Aufschäumen (C1) durch thermisch mobilisiertem N₂ zu vermeiden. Dieser sammelt bevorzugt an Stellen schlechter Lackhaftung, die über i) eine optimale Substratvorbehandlung (z.B. TI PRIME) und ii) einen ausreichenden Softbake optimiert werden sollte.



Je größer die Werte für Umkehrbacktemperatur und -zeit, desto geringer die für den Umkehrschritt notwendige Lichtdosis. Sowohl hohe (A1) als auch schwache (B1) 1. Belichtungsdosen erzielen bei geringen (A1→B3), mittleren (A1→A3, B1→B3) und hohen (B1→A3) Werten für Umkehrbacktemperatur und -zeit unterschiedlich stark ausgeprägte Unterschnitte.



Entwicklung

Unterschnittene Kanten bilden sich erst relativ spät während der Entwicklung, wenn die Struktur bereits durchentwickelt ist (Abb. links). Es empfiehlt sich ein ca. 30%-iges Überentwickeln.

n Häufig auftretende Prozessprobleme

Falsch/nicht kalibrierte Belichter bzw. fehlerhafte Umrechnung auf die in den technischen Datenblättern der Fotolacke vorgegebene i-line (365 nm) Belichtungsstärke/-dosis führen über zu geringe 1. Belichtungsdosen zur Ablösung kleiner Strukturen im Entwickler (B2) und 'löchrige' Lackschichten nach dem Entwickeln.

Zu geringe Umkehrbacktemperaturen bzw. -zeiten (z.B. durch dicke Glassubstrate, ungenaue Temperaturbestimmung und -rampe im Ofen) führen über eine unvollständige Umkehrreaktion zur Ablösung kleiner Strukturen im Entwickler (B3) und 'löchrige' Strukturen nach dem Entwickeln.

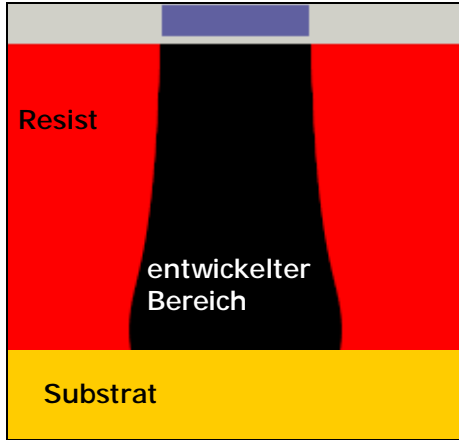
Zu kurze Entwicklungszeiten verhindern die Ausbildung eines Unterschnitts v.a. bei kleinen Strukturen.

Ein Hardbake nach dem Entwickeln oder Prozesstemperaturen (z.B. Metallisierung) oberhalb des Erweichungspunktes des Lackes (je nach Lacktyp 100°C .. 130°C) lässt den erzielten Unterschnitt verfließen und erschwert Lift-off.

Detaillierte Angaben zu den einzelnen Prozessschritten finden sich in unserem Dokument 'Reproduzierbare Litho-Prozesse', welches wir Ihnen gerne auf Anfrage zukommen lassen!

n Modellierungen: Prozessparameter und Lackprofil

Maske (1. Belichtung)



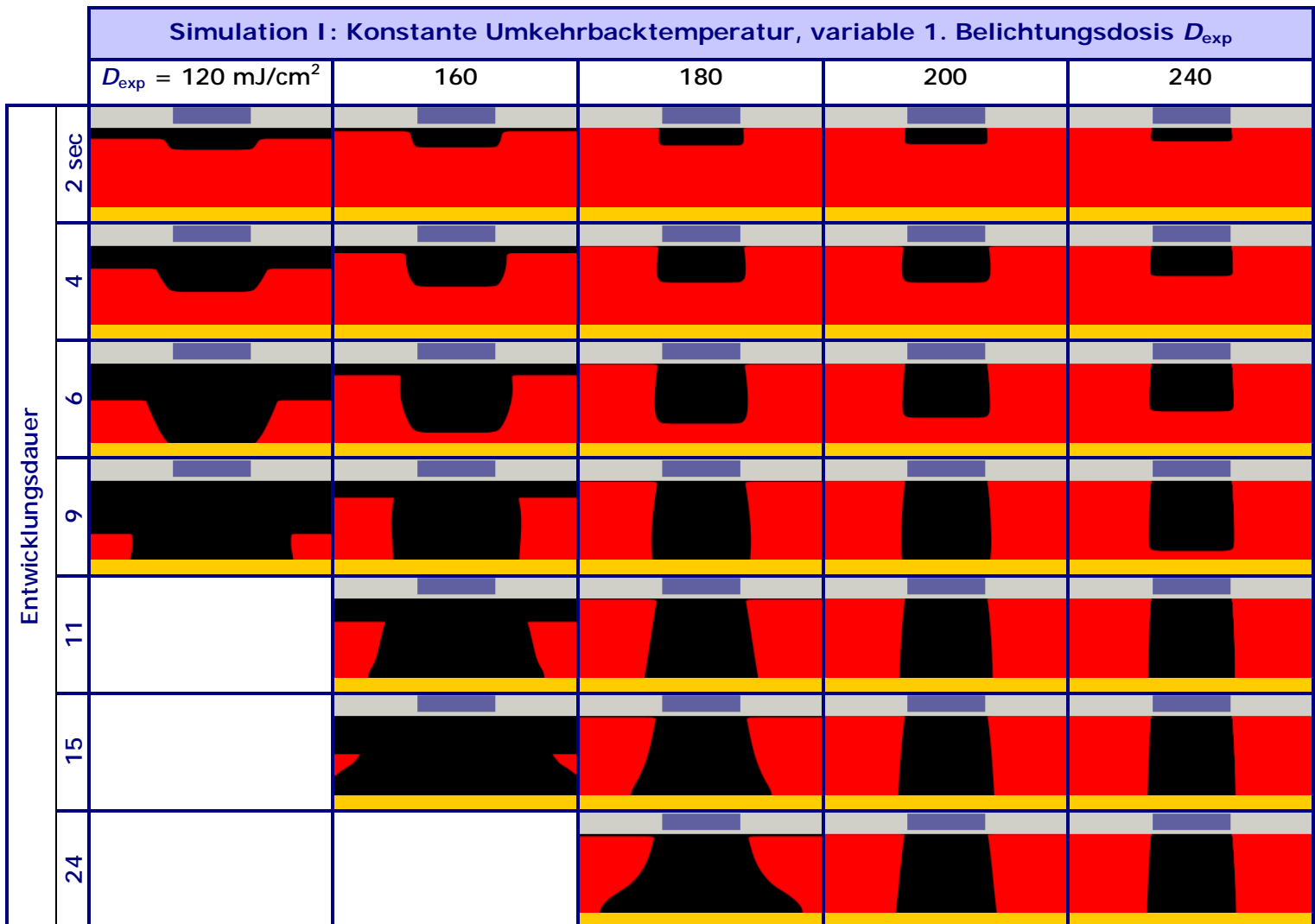
Die folgenden Parameterstudien sind numerische Modellierungen. Der Zusammenhang zwischen den Parametern und den resultierenden Lackprofilen orientiert sich nahe an den physikalischen und chemischen Eigenschaften der AZ und TI Umkehrlacke, entspricht jedoch nicht explizit einem speziellen Lack.

Somit sind diese Ergebnisse qualitativ zu werten und sollen nur einen prinzipiellen Zusammenhang zwischen den Prozessgrößen *Lackdicke*, *1. Belichtungsdosis*, *Umkehrbacktemperatur* und *-zeit* und der *Entwicklungsdauer* und dem resultierenden *Lackprofil* erkennen lassen. Auf dieser Grundlage lässt sich anhand von Querbruchaufnahmen realisierter Strukturen die Optimierung des gewünschten Lackprofils über die variablen Prozessparameter effizienter gestalten und Änderungen im Equipment bzw. Substrat schnell implementieren.

Simulation I: Eine ca. 3 μm dicke Lackschicht mit verschiedenen 1. Belichtungsdosen D_{exp} in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Zu kleine D_{exp} erhöhen den 'Dunkelabtrag' unzumutbar, zu große verringern den Unterschnitt. Mittlere D_{exp} erfordern eine ca. 30%ige 'Überentwicklung' für einen optimalen Unterschnitt.

Simulation II: Wie I, aber für eine ca. 8 μm dicke Lackschicht.

Simulation III: Je höher bei konstanter 1. Belichtungsdosis die Umkehrbacktemperatur T_{IR} , umso weiter in die schwach belichteten Bereiche reicht der umgedrehte Lackbereich, der nach dem Entwickeln stehen bleibt. Zu geringe Werte für T_{IR} erhöhen den Dunkelabtrag.



Simulation II: Konstante Umkehrbacktemperatur, variable 1. Belichtungsdosis D_{exp}

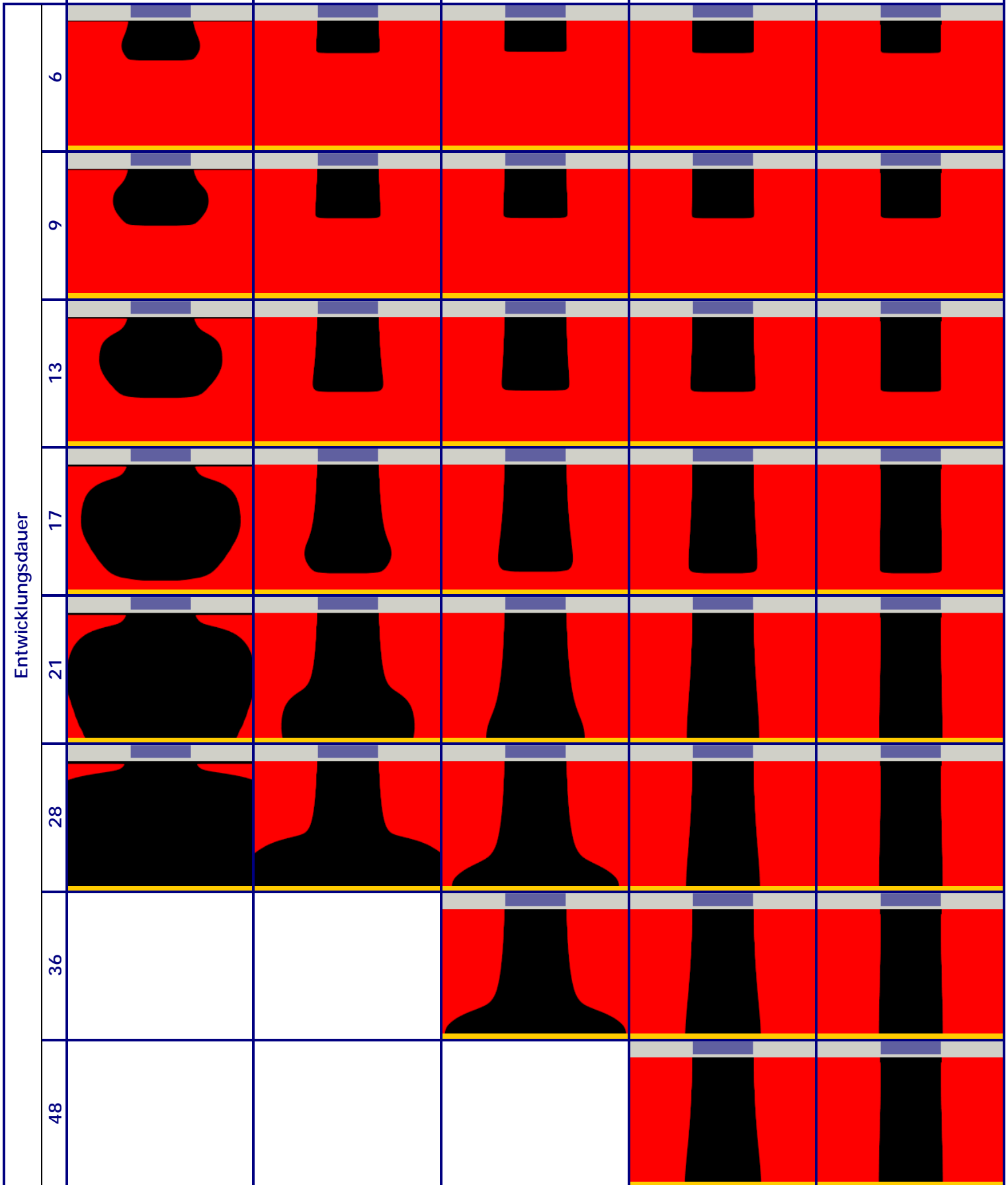
$D_{exp} = 180 \text{ mJ/cm}^2$

230

260

360

540



Entwicklungsdauer

6

9

13

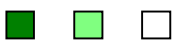
17

21

28

36

48



Simulation III: Konstante 1. Belichtungsdosis, variable Umkehrbacktemperatur T_{IR}

$T_{IR} = 115^{\circ}\text{C}$

120°C

125°C

130°C

135°C

