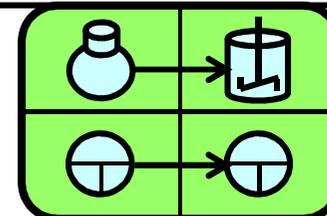


FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



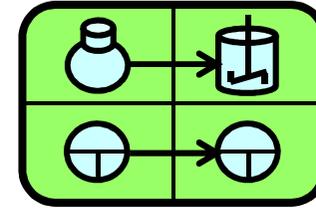
Die folgende Sammlung von PowerPoint®-Charts soll die einschlägigen Fachpublikationen zu den jeweils behandelten Sachthemen weiter verdeutlichen und ergänzen. Sie dient keinerlei kommerziellen Zwecken, sondern als Lernmaterial für Studierende.

In einigen Literaturverzeichnissen sind ausgewählte Quellen zum vertieften Studium des jeweiligen Lernstoffs angegeben.

Die in den Projektbeispielen P1-P3 gezeigten chemisch-technischen Zielkomponenten, Formeln, Termine, Daten, Projektstrukturen und Aktionspläne sind weitgehend praxisnah, aber dennoch rein fiktiv. Sie dienen lediglich der Anschaulichkeit und als Übungsmaterialien.

Die Namen sämtlicher Personen mit Projektfunktionen sind frei erfunden. Übereinstimmungen mit den Namen anderer Personen wären rein zufällig.

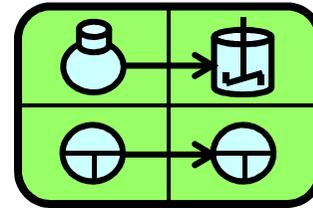
FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Die Lerninhalte

- Innovationen: Kennzeichen, Maßnahmen zur Förderung, Prozessvarianten.
- Drei Beispiele für Innovationsvorhaben (Chemie und Technik):
 1. Hochelastische Klarlackierungen für die Automobil-Serienproduktion.
 2. Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure.
 3. Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Gasspeicherung.
- Projekte, Zielsysteme, Projektmanagement in Forschung und Entwicklung.
- Zweckmäßige Organisation und effektive Strukturplanung von FuE-Projekten.
- **Ablaufplanung, Meilensteine, der Stage-Gate[®]-Prozess, Netzplantechnik.**
- Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten, Trendanalysen.
- Erfolgsrisiken: Identifikation, Einstufung und Behandlung.
- Personalbeschaffung, Personalführung:
Chemiker (m/w/d) – Teamplayer, Impulsgeber und Führungskräfte im Projekt.
- Projektleiter (m/w/d): Aufgaben, Führungsfunktionen und Persönlichkeitsprofil.
- Die systematische Bewertung einzelner Forschungsprojekte.
- FuE-Strategie: Die Planung eines Projektportfolios.

FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie

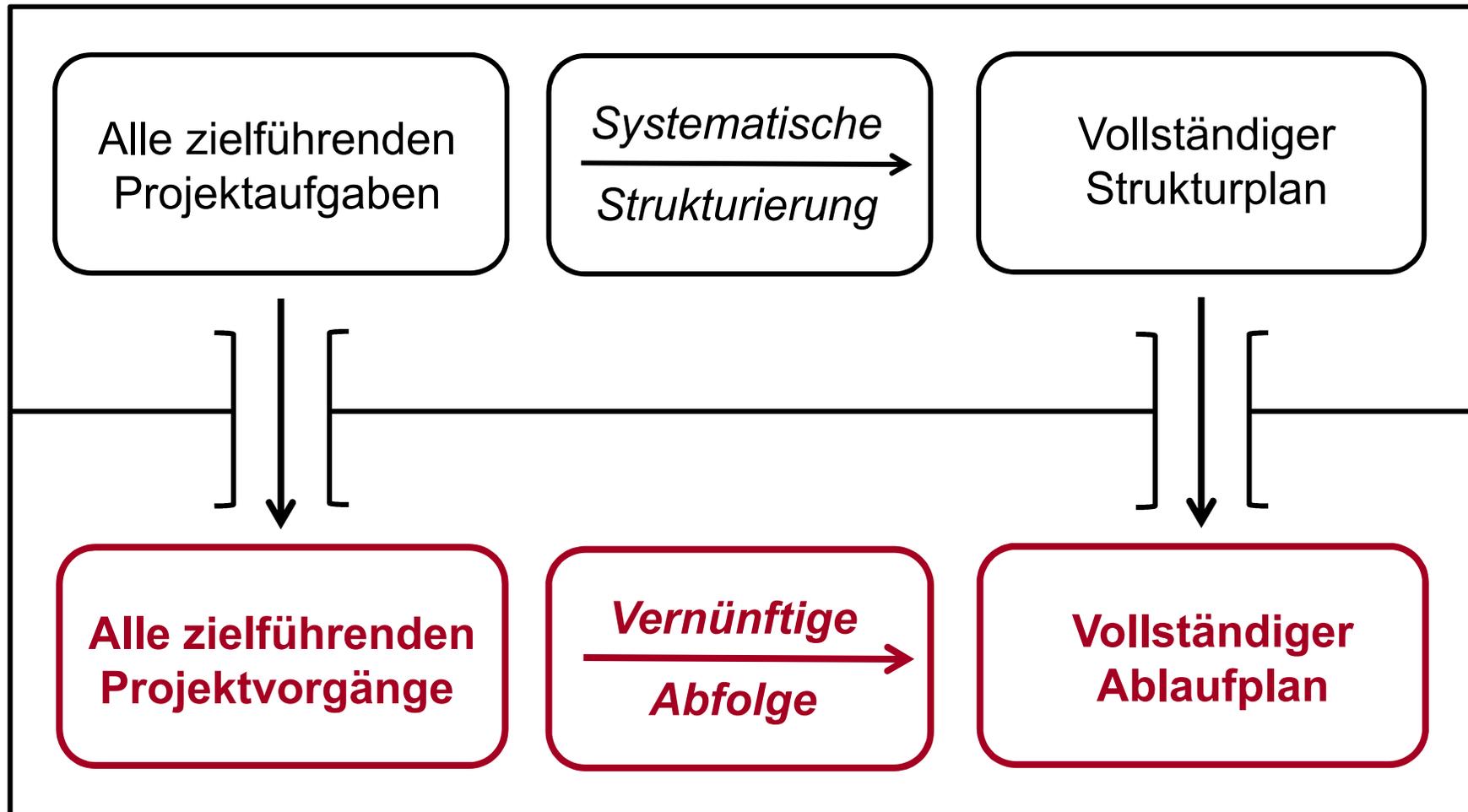


Lerninhalt →

Ablaufplanung.

Ablaufplanung von FuE-Projekten

Projektablaufplan: Der Strukturplan dient als Basis!



Ablaufplanung von FuE-Projekten

Projektablaufplan → Kennzeichen, Informationsgehalt .

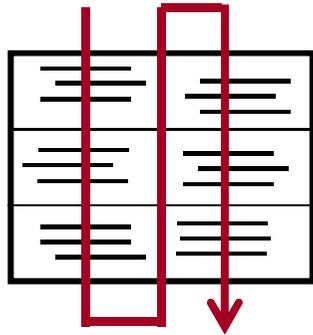
Ablaufplan: Vernünftige zeitliche Verknüpfung *aller* für die Zielerreichung notwendigen Projektvorgänge.

Er enthält aktionsrelevante Informationen über *alle* zu erledigenden Vorgänge, insbesondere zu deren →

- Startterminen.
- Dauern (demzufolge auch Endterminen).
- Zugehörigkeiten zu definieren Projektphasen.
- Abhängigkeiten voneinander.

Ablaufplanung von FuE-Projekten

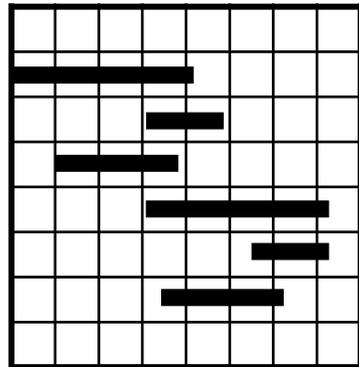
Formen der Zeitplanung in FuE-Projekten:



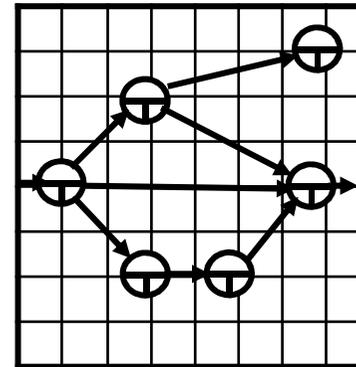
Terminkalender



„Ereigniszeitstrahl“



Gantt-Diagramm



CPM-Netzplan

Ablaufplanung von FuE-Projekten

Projekttablaufplan → Zweck der Vorausplanung:

Weisheit (Prudentia, Sapientia) ist nicht die Kenntnis dessen, was schließlich einmal zu tun ist, sondern das sichere Wissen, **was jetzt, im nächsten Schritt, getan werden muss!**

...die Weisheit offenbart sich in der Fähigkeit, die richtige **Entscheidung** zum passenden Zeitpunkt **über die zielführenden Vorgänge** zu treffen...

Ablaufplanung von FuE-Projekten

Professionalität: → Mentale Faktoren :=)

Fach-/Methodenwissen

Soziale Kompetenz

Emotionale Intelligenz



***Vernünftige* Planung zwecks Effektivität und Effizienz**

Projekt-Erfahrung

**„Weisheit“ und „handwerklich-methodische“
Sicherheit für eine wirksame Projektablaufplanung!**

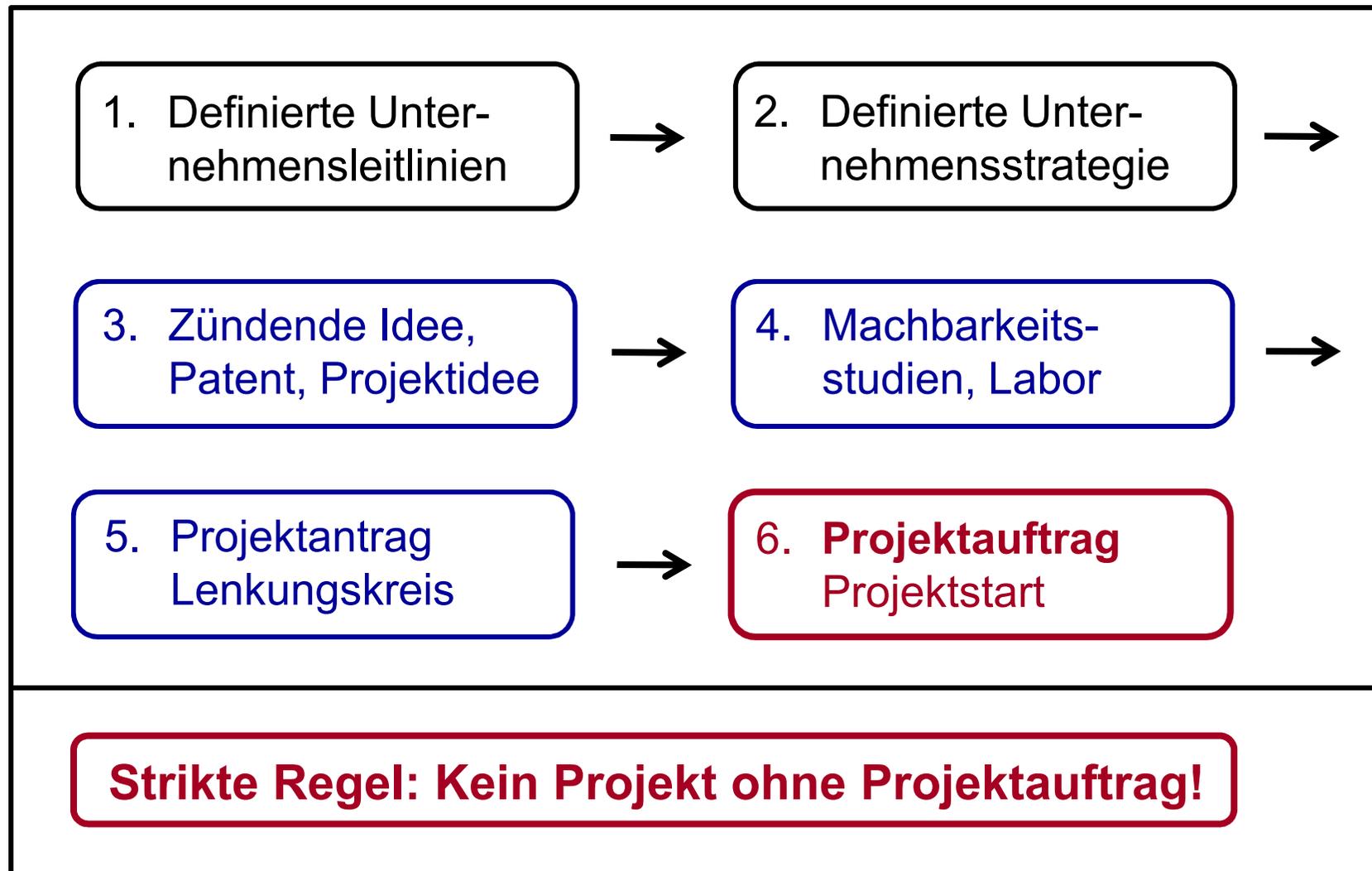
Ablaufplanung von FuE-Projekten

Die verschiedenen Phasen in einem FuE-Projekt:

	Projektphase	Aktionen
■	Konzipierung	Identifizierung der Chancenfelder; Erste Laborstudien zur Machbarkeit; Ideenbewertungen; Patentanmeldungen; Abgleich mit der Strategie der GBU; Entwurf eines Geschäftsszenarios.
■	Planung	Konkretes Zielsystem; Strukturen; Abläufe; Erforderliche Ressourcen; Kostenplan.
■	Start	"Kick-Off"; Aufnahme der FuE-Arbeiten; Systematische Laborexperimente; Erste Testreihen.
■	Scale-up	Versuche im Technikum; Standardisierung; QM.
■	Markteinführung	Technisches Marketing; Erstproduktionen; Belieferung kompetenter Pilotkunden.
■	Ende	Produktionsbeschluss; "Debriefing".

Ablaufplanung von FuE-Projekten

Voraussetzungen für einen Projektauftrag:



Ablaufplanung von FuE-Projekten

Beispiel

Projektauftrag, Unternehmensleitlinien.

**Unternehmensleitlinien, Auszug:
„Strategische Leitplanken“ der BASF SE**

(Quelle: Onlinebericht 2010)

**Wir verdienen eine Prämie
auf unsere Kapitalkosten.**

**Wir helfen unseren Kunden
noch erfolgreicher zu sein.**

**Wir bilden das beste Team
der Industrie.**

**Wir wirtschaften nachhaltig
für eine lebenswerte Zukunft.**

Ablaufplanung von FuE-Projekten

Beispiel

Projektauftrag, Unternehmensleitlinien.

Unternehmensstrategie, Auszug: „Prinzipien als strategische Basis für unseren Erfolg im Markt“

(Quelle: BASF-Onlinebericht 2017)

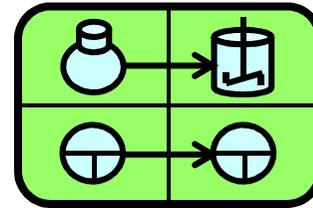
**Wir schaffen Wert als
ein Unternehmen.**

**Wir setzen auf Innovationen,
um unsere Kunden
erfolgreicher zu machen.**

Wir bilden das beste Team.

**Wir treiben nachhaltige
Lösungen voran.**

FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie

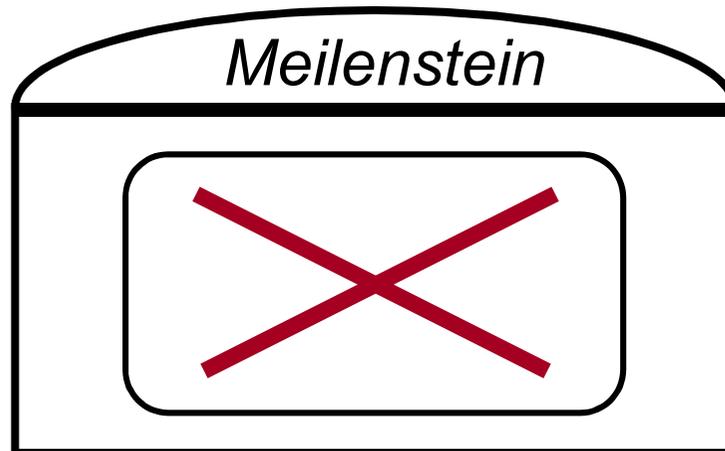


Lerninhalt →

Meilensteine.

Ablaufplanung: Meilensteine

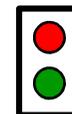
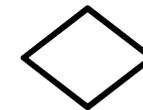
Kernelemente in jeder Projektablaufplanung!



Überprüfbares (Etappen)Ziel mit definiertem Zeitpunkt, demnach ein geplantes Ereignis. Dieses ist gekoppelt an **Entscheidungen**.

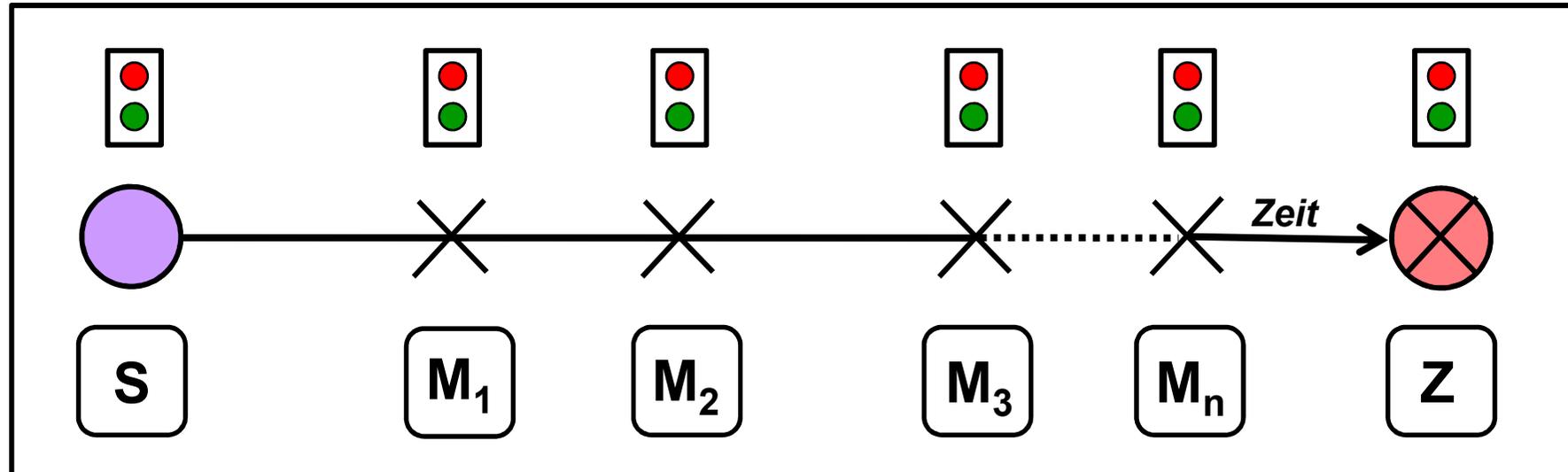


Entscheidungen!



Ablaufplanung: Meilensteine

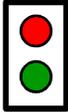
Kernelemente in jeder Projektablaufplanung!



S → Projektstart

Z → Zielsystem

M_n → Meilenstein n

 : Entscheidungen

Ablaufplanung: Meilensteine

Definierte Etappenziele im Projektablauf:

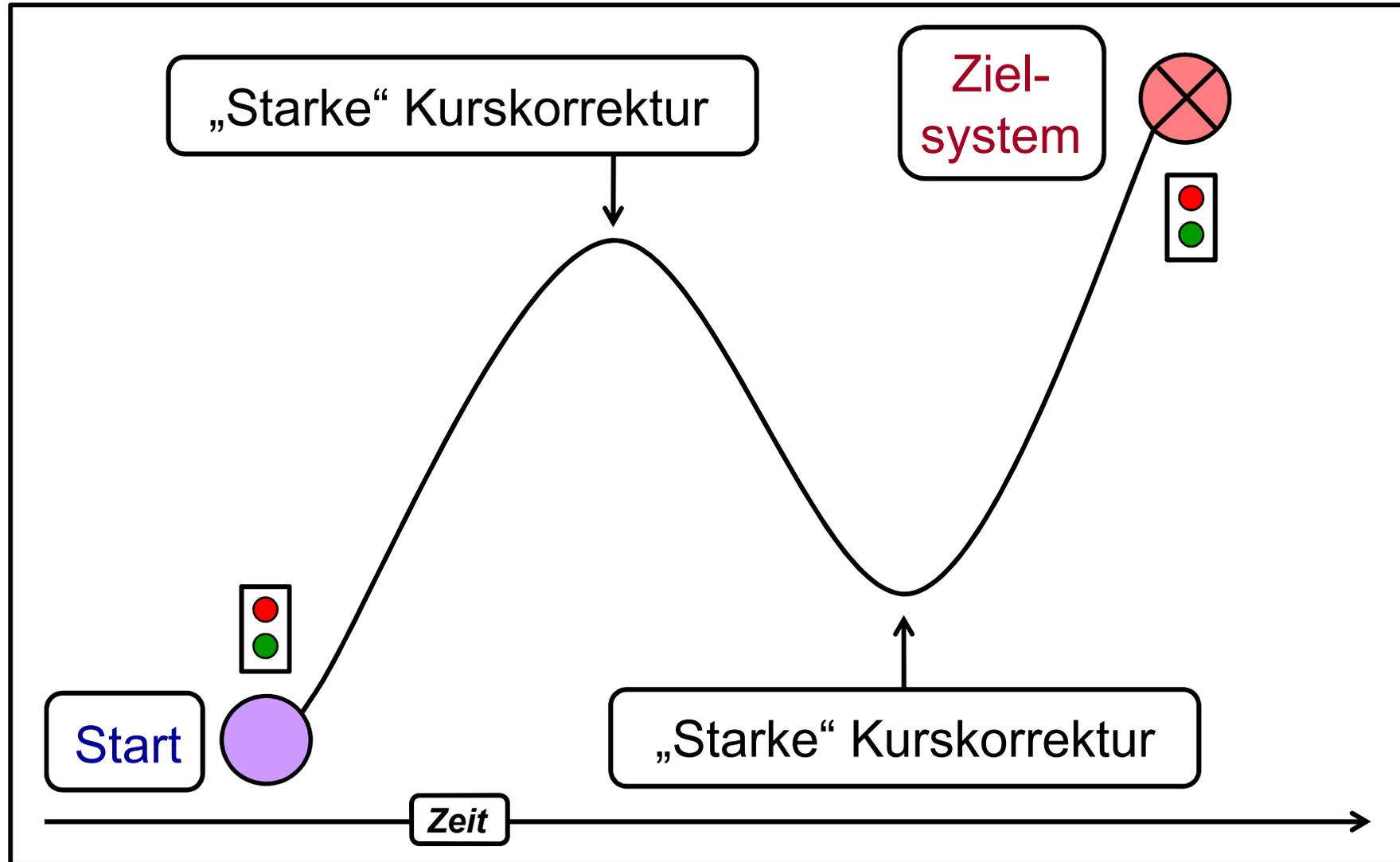
- Überprüfbares Etappenziel mit „Ereignischarakter“.
- Inhaltlich und terminlich definiert, Zwischenergebnis.
- Erzwingt die Beurteilung aller bisherigen Projektergebnisse.
- **Entscheidungen zum Projektfortgang sind zu treffen!**



- Plangemäße Weiterführung des Projekts?
- Projektverzögerung, Realisierung von Nachbesserungen?
- Beschleunigte Weiterführung des Projekts, Extraaufwand?
- Realisierung der nächsten geplanten Aktionen?
- **Gegebenenfalls: Änderungen im Zielsystem?**
- **Gegebenenfalls: Projektstopp?**

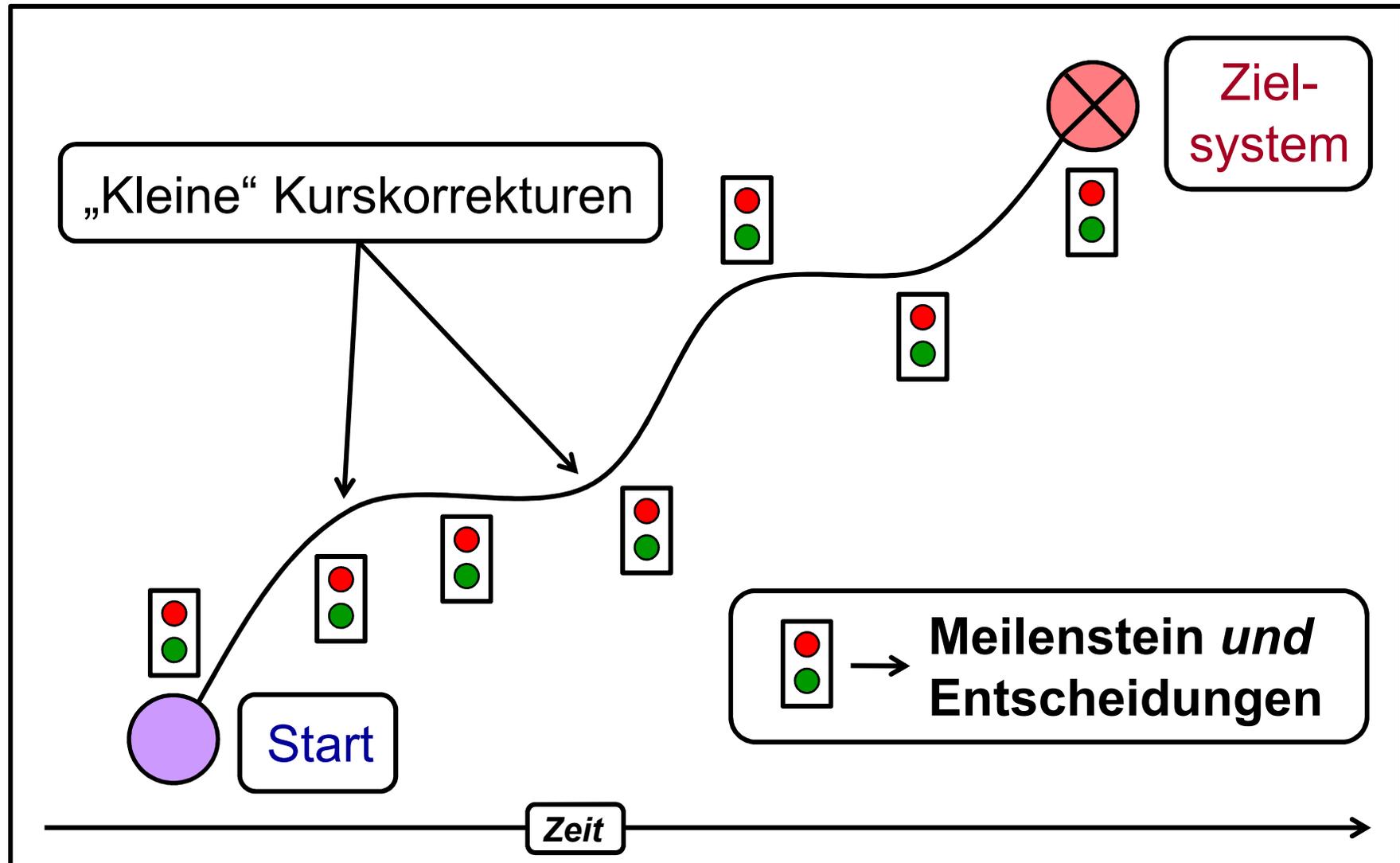
Ablaufplanung: Meilensteine

Verlauf eines FuE-Projektes ohne Etappenziele:



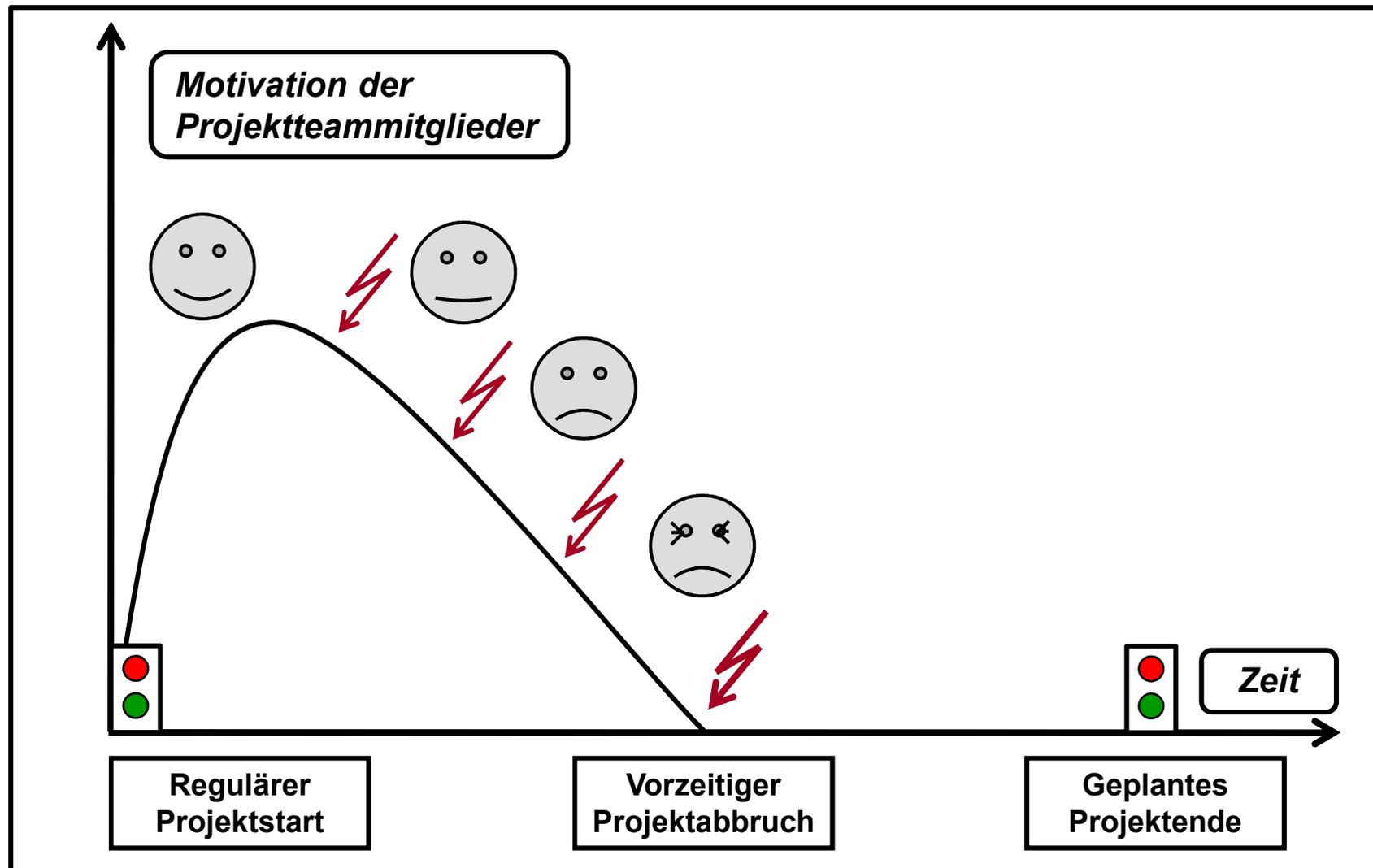
Ablaufplanung: Meilensteine

Verlauf eines FuE-Projektes mit mehreren Meilensteinen:



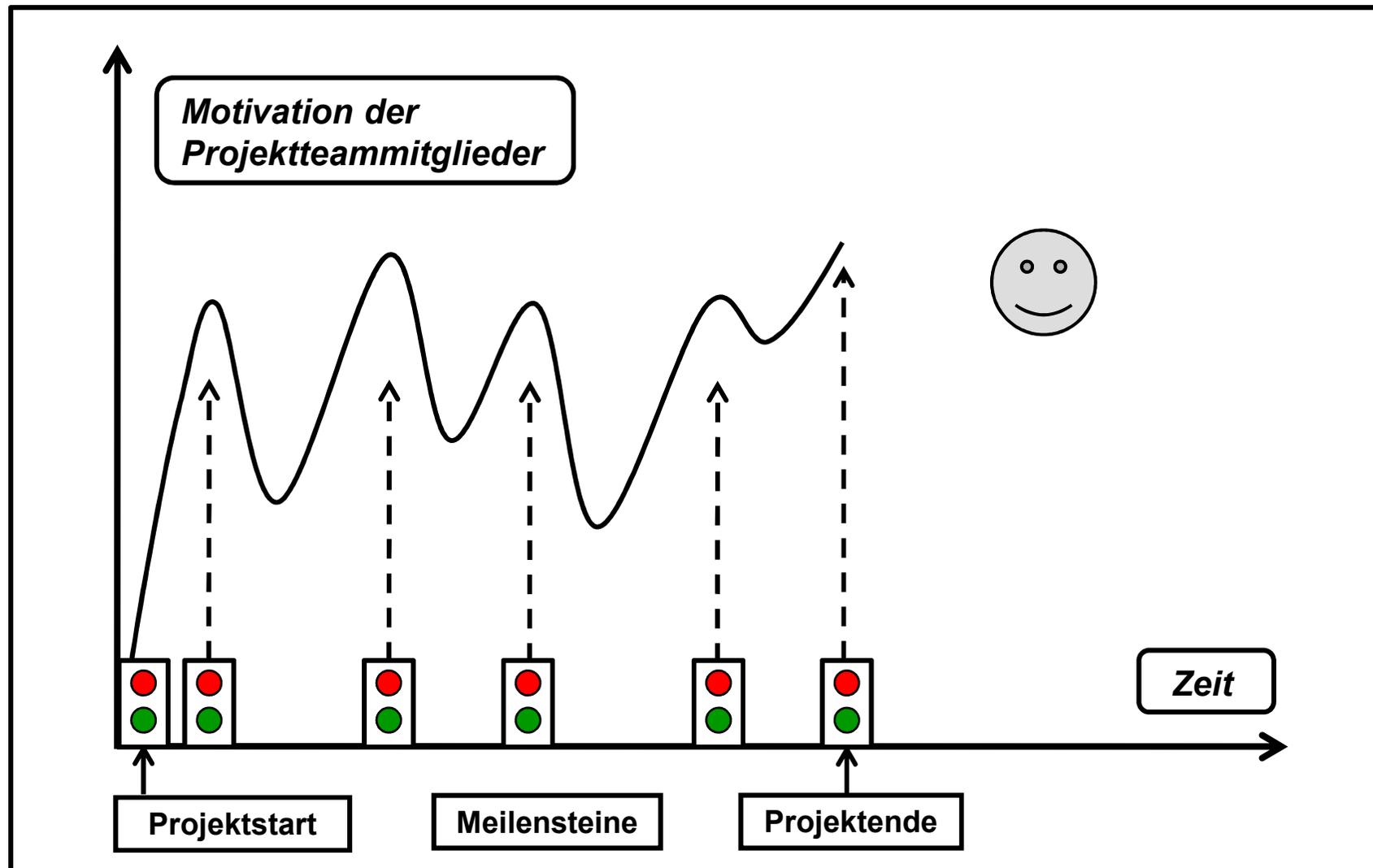
Ablaufplanung: Meilensteine

Meilensteine als „Motivatoren“ im FuE-Projekt:



Ablaufplanung: Meilensteine

Meilensteine als „Motivatoren“ im FuE-Projekt:



Beispiel P2

Meilensteinplanung (Ab Start der Laborphase)

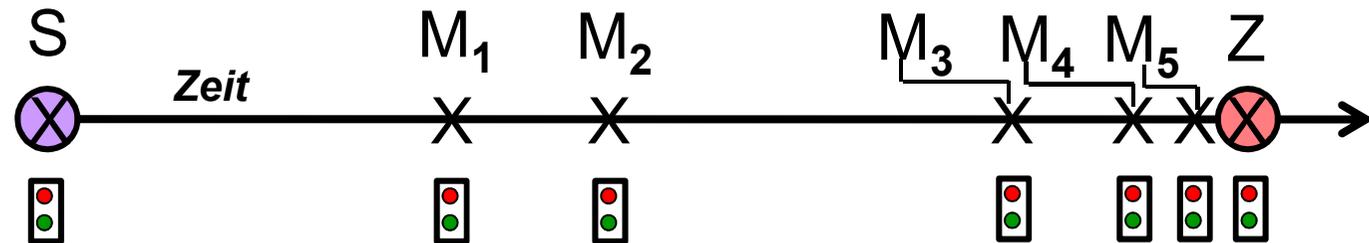
Projekt

**„Nitrilase-katalysierte Synthese einer
chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.**



Ablaufplanung, Meilensteine (Ab Start der Laborphase)

Projekt „Nitrilase-katalysierte Carbonsäure-Synthese“.



Jahr	2019	2020	2021	2022	2023

S : **Start der Laborarbeiten** 01.10.2019

M₁ : Abgeschlossenes Vektordesign für das aktivste Nitrilase-Gen 31.12.2020

M₂ : Optimierte Parameter für die Reaktion im Labor-Bioreaktor 30.06.2021

M₃ : Abgeschlossenes Scale-up mit einer stabilen Mikroben-Kultur 30.09.2022

M₄ : Reproduzierbarer Erstlauf im 6000l-Bioreaktor, Produktion 28.02.2023

M₅ : Erfolgreiche Markteinführung bei mindestens drei Kunden 31.05.2023

Z : Valider Produktionsbeschluss; Zielsystem ✓ ; **Projektende** 31.07.2023

Beispiel P3

Meilensteinplanung (Ab Start der Laborphase)

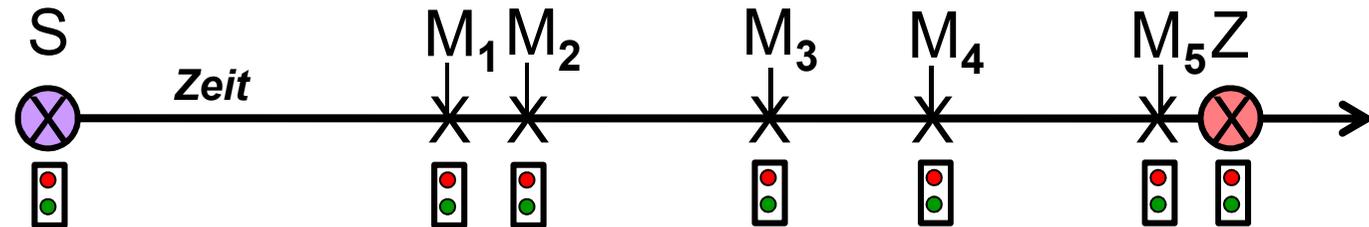
Teilprojekt

**„Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptions-
speicherung von Wasserstoff“.**



Ablaufplanung, Meilensteine (Ab Start der Laborphase)

Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien...“



Jahr	2019	2020	2021	2022	2023

S : **Start der Laborarbeiten** 01.10.2019

M₁ : Abgeschlossene Laborsynthesen neuer TM- und PM-MOFs 31.12.2020

M₂ : Vollständige Messungen der spezifischen H₂-Adsorptionen 31.03.2021

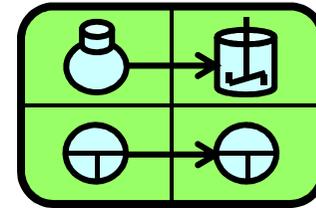
M₃ : Abgeschlossenes Scale-up des bestgeeignetsten MOFs 31.12.2021

M₄ : Reproduzierbarer Produktionslauf im 2t-Maßstab 30.06.2022

M₅ : Erfolgreiche Markteinführung bei mindestens drei Kunden 31.03.2023

Z : Valider Produktionsbeschluss; Zielsystem ✓ ; **Projektende** 30.06.2023

FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Lerninhalt →

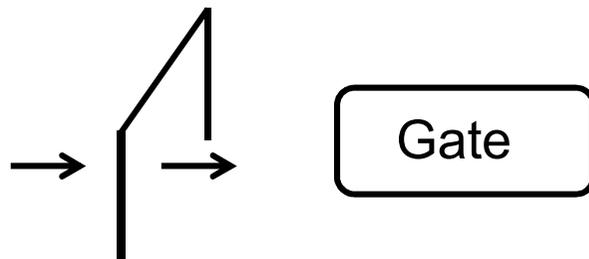
Der Stage-Gate[®]-Prozess.

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Für den Projektablauf von strategischer Bedeutung!

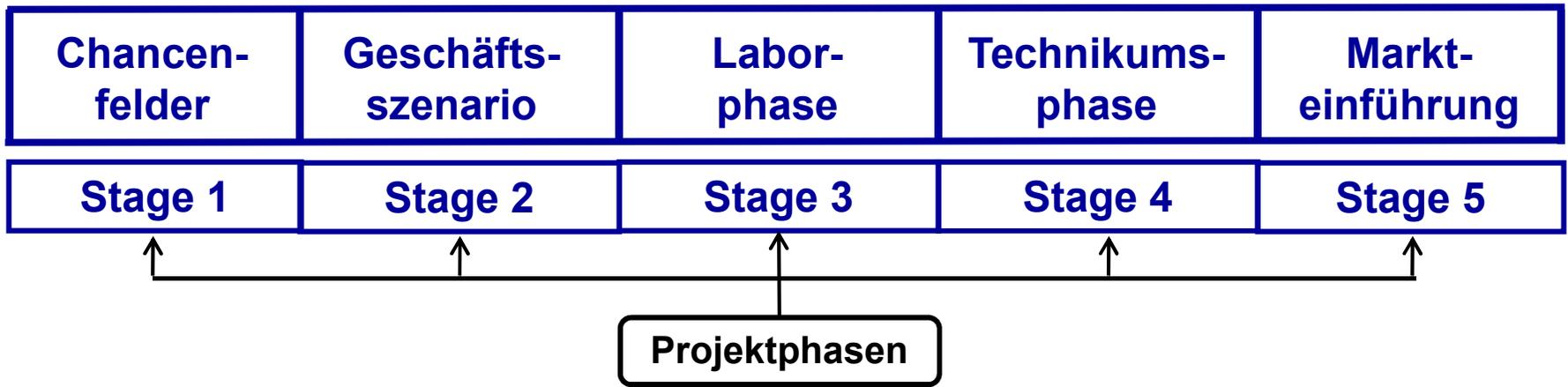
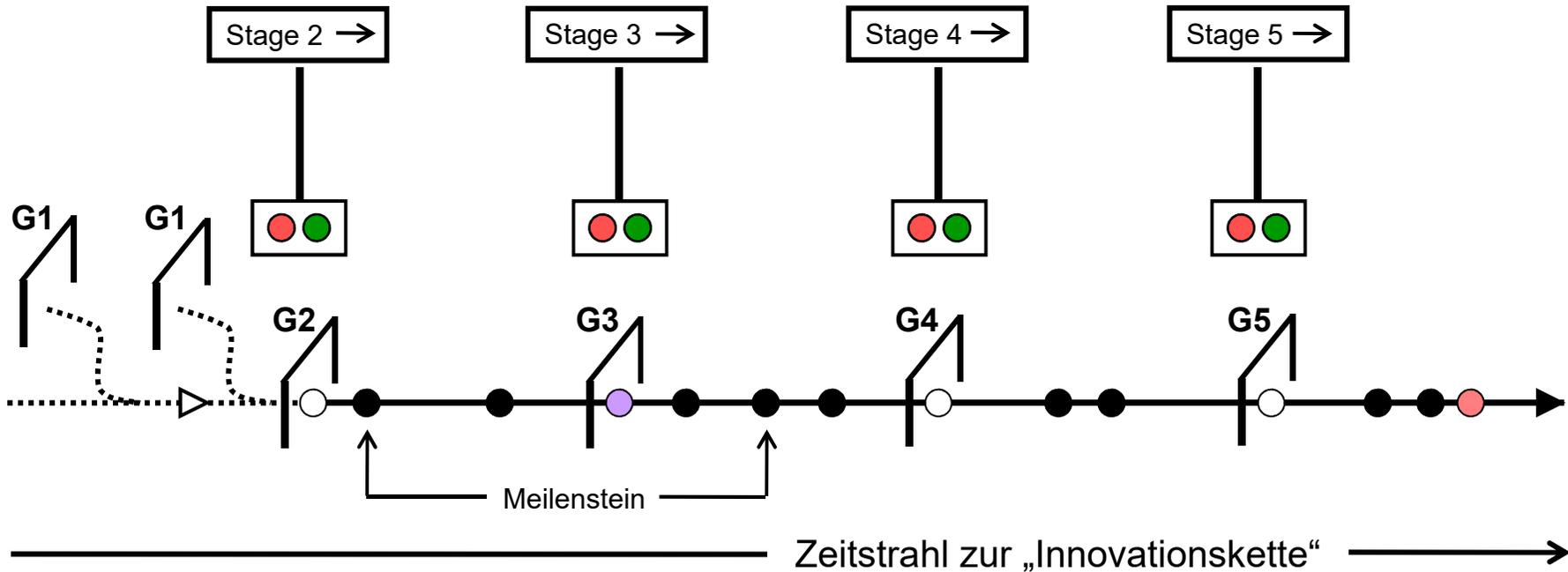
Stage-Gates® als eindeutig definierte Etappenziele mit umfassenden Rendite-Checks nach R. G. Cooper/ E. Kleinschmidt (Stage: Etappe)

- Künftige Aufwendungen bis zum Projektabschluss (€).
- Einschätzung des allgemeinen technischen Fortschritts.
- Wahrscheinlichkeit des technischen Erfolgs (%).
- Künftig zu erwartende Einnahmen/Einsparungen (€).
- Einschätzung der langfristigen Marktentwicklung.
- Wahrscheinlichkeit des wirtschaftlichen Erfolgs (%).
- **Stop/Go**-Entscheidung.



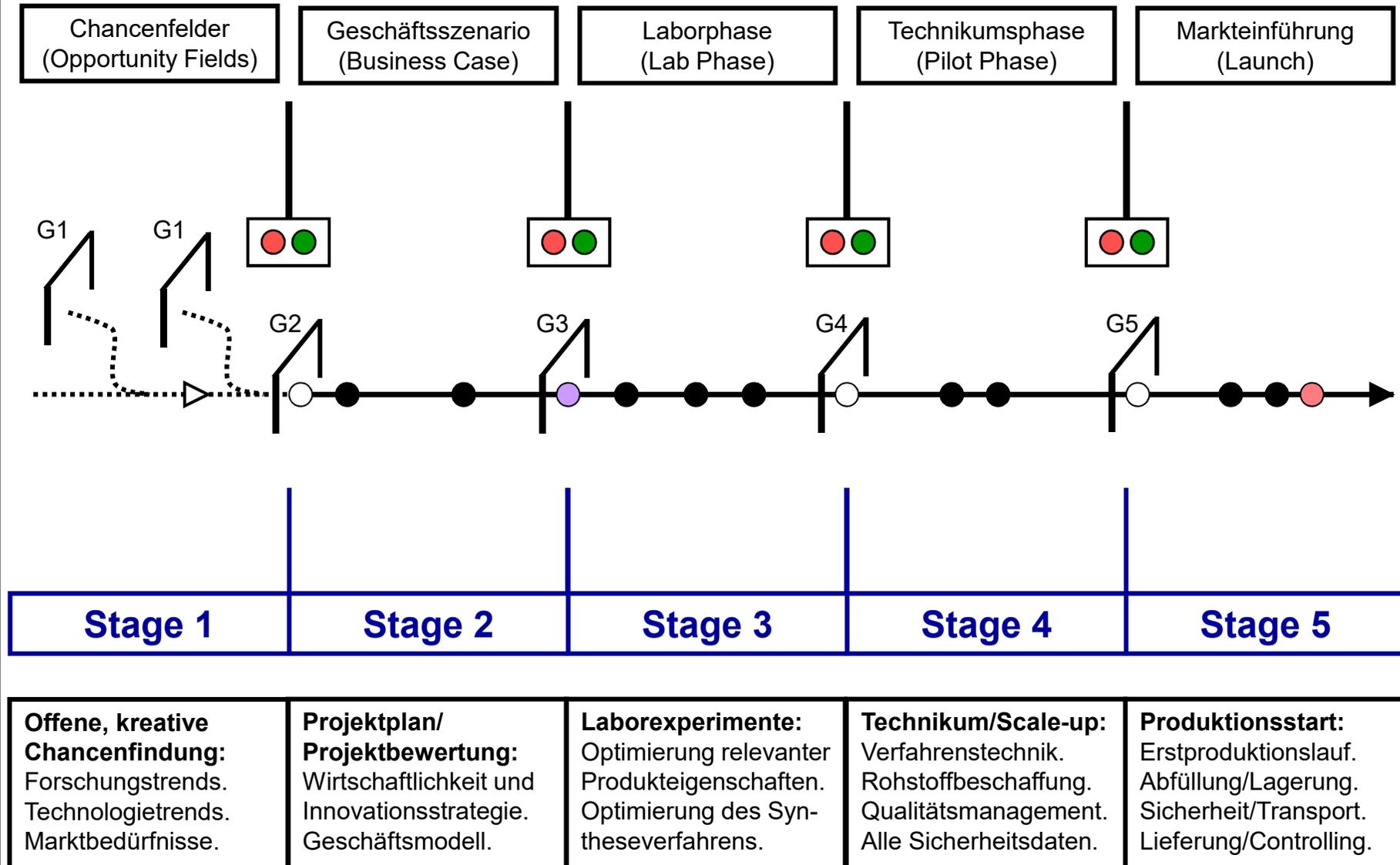
Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Gates G1-G5 nach der Methode von R. G. Cooper / E. Kleinschmidt.



Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

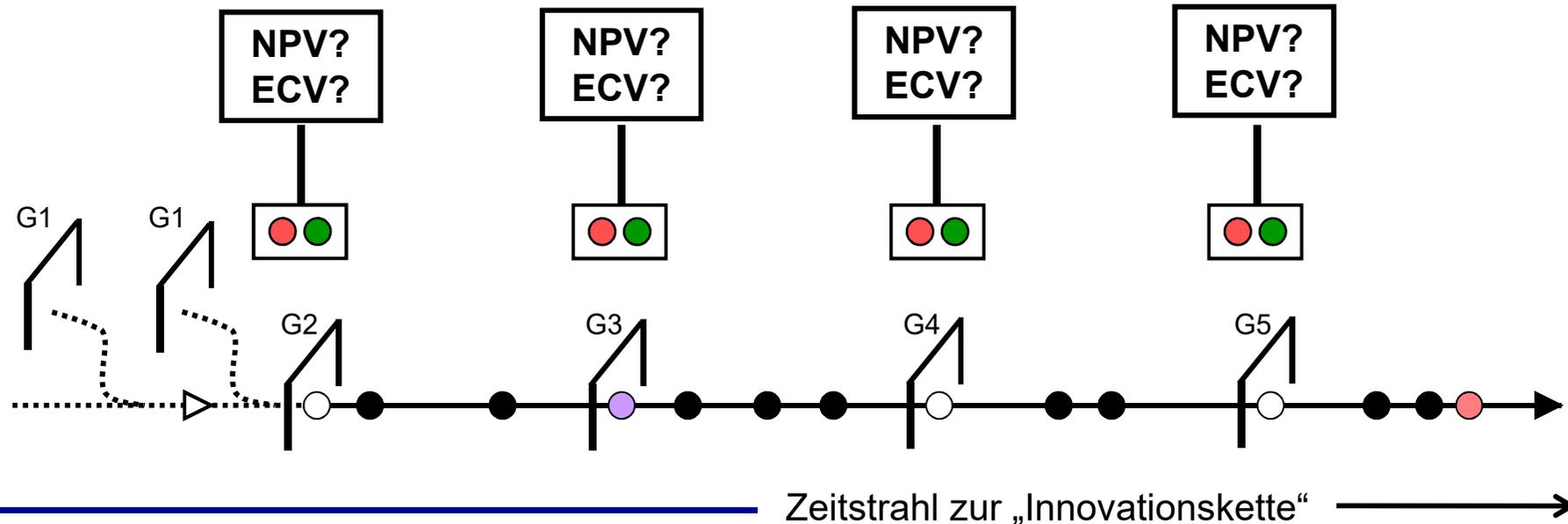
Stages 1-5 nach der Methode von R. G. Cooper / E. Kleinschmidt.



Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Rendite-Checks an den Gates G2-G5: →

NPV: Net Present Value; ECV: Expected Commercial Value

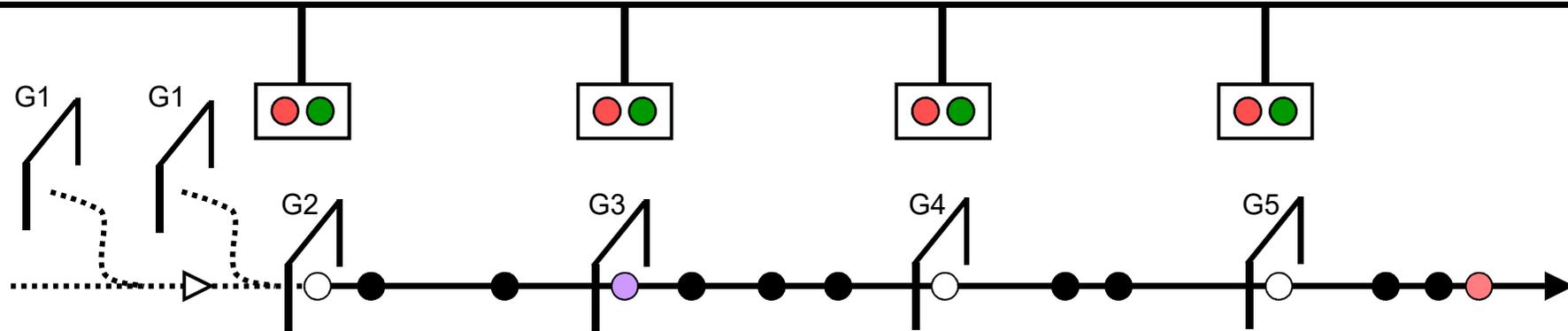


Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5

Chancenfelder (Opportunity Fields)	Geschäftsszenario (Business Case)	Laborphase (Lab Phase)	Technikumsphase (Pilot Phase)	Markteinführung (Launch)
---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------	----------------------------------	-----------------------------

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

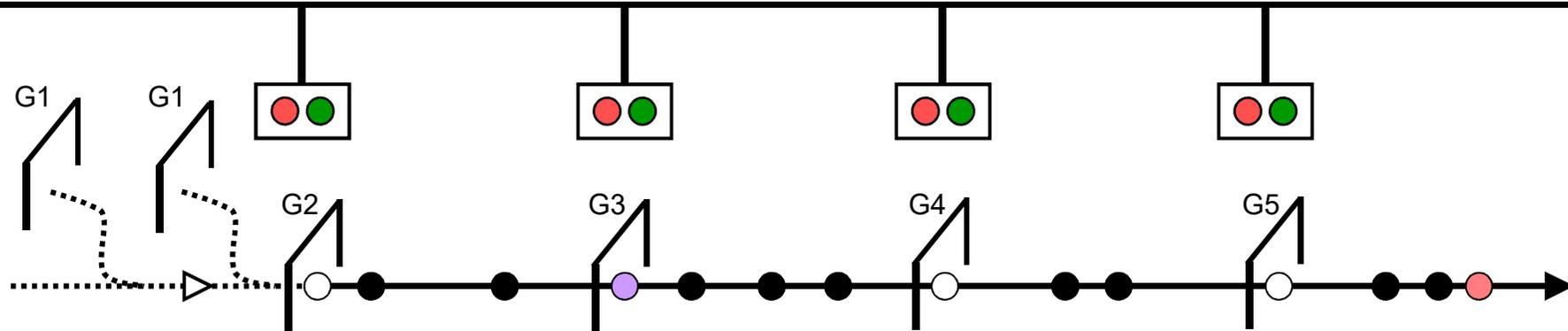
Die Vorteile bei seiner konsequenten Anwendung:



- **Zügiger Projektfortgang** durch turnusmäßig stattfindende Entscheidungen seitens „Gatekeeper“ (bzw. Lenkungsreis).
- Klar definierte **Erfolgskriterien** an jedem Gate (NPV, ECV).
- Valide und klare **Go/Stop-Entscheidungen** unter strategischen, chemisch-technischen, wirtschaftlichen und unternehmenspolitischen Gesichtspunkten zu festen, vorgegebenen Zeitpunkten.

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Die Vorteile bei seiner konsequenten Anwendung:



- Sofortige Verfügbarkeit der **entscheidungsrelevanten Daten** und Fakten für das gesamte Projektteam.
- Für alle transparente und nachvollziehbare Entscheidungen.
- Budgeteinhaltung und effektive Budgetsteuerung dank „Entscheidungszwang“ (Freigabe!) an jedem Gate.
- Gegebenenfalls **rascher und wirksamer Projektabbruch** zur **Vermeidung** weiterer offener oder auch „versteckter“ **Kosten**.

Stage-Planung für das FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.

Beispiel P2

Stage 1 → Opportunity Fields:

- Identifizierung, Vergleich und Bewertung der potenziellen Wege zur Gewinnung enantiomerenreiner (R)-2-Hydroxy-3-methoxy-3-methyl-butansäure mit chemischen, enzymatischen oder mikrobiologischen Methoden.
- Feststellen des Standes der Wissenschaft (Neuveröffentlichungen, Dissertationen) zu den katalytischen Wirkungen unterschiedlicher Nitrilasen.
- Feststellen des Standes der Technik (Patent- und Offenlegungsschriften, neue Publikationen zur Bioprozesstechnik mit Nitrilase-aktiven Mikroben).
- Erste Laborexperimente zu mikrobiellen Anreicherungskulturen mit 2-Hydroxy-3-methoxy-3-methyl-butyronitril als Substrat.
- Erste Metagenom-Gewinnungen aus diversen Biotopen und orientierendes Screening Nitrilase-codierender DNA-Regionen, Laborsynthesen und Testung von Nitrilase-Primern.
- Herstellung erster rekombinanter Plasmide, Einschleusung in modellartige Wirtszellen, Labortests auf Nitrilase-Aktivität am Substrat (Laserfluorimetrie). Erste Patentanmeldungen.
- Sondierungsgespräche mit potenziellen Kunden von ChiPros.
- Grobe Abschätzung des künftigen Marktgröße und des Marktwachstums.
- Skizzierung der Schubwirkungen für das eigene und für die potenziellen Abnehmer-Unternehmen im Hinblick auf die jeweiligen Unternehmensstrategien.

Stage-Planung für das FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.

Beispiel P2

Stage 2 → Business Case:

- Grobe Abschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit, der zeitlich gestaffelten FuE-Kosten, absehbarer Investitionskosten, Absatz, Nettoumsatz, Deckungsbeitrag I, Deckungsbeitrag II als Funktion der Zeit, Lager- und Vertriebskosten.
- Erste Abschätzung des NPV und des ECV bei Start des Projektes.
- Vorläufige Positionierung des FuE-Projektes im Markt-Technologie-Portfolio.
- Kurzbeschreibung des Projektbeitrags zur Realisierung der GBU-Strategie für chirale Zwischenprodukte.
- Identifizierung der Zielmärkte, sowie der potenziellen Produktions- und Vertriebsstandorte.
- Erstellen eines FuE-Projektplans mit den chemisch-biotechnologischen, wirtschaftlichen und zeitlichen Zielsetzungen, der passenden Projektorganisation, der Projektstruktur, den erforderlichen technischen und personellen Ressourcen, dem Ablaufplan mit Meilensteinen, Reporting/Controlling (Art und Frequenz).
- Namentliche Nennung des Projektleiters (m/w/d), des Kernteams und der Gatekeeper aus dem operativen Geschäft.
- Detaillierte Planung der Labor- und Screening-Phase.

Stage-Planung für das FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.

Beispiel P2

Stage 3 → Laborphase:

- Planung und Durchführung der Amplifizierung biodiverser, Nitrilase-codierender DNA-Fragmente. Einbau der DNA-Sequenzen in Kanamycin-resistente Plasmide. Expression und Testung der Nitrilase-Wirkung am Substrat.
- Optimierung der Nitrilase-codierenden DNA-Fragmente mittels neu synthetisierter, punktmutierter Primer.
- Vektordesign: Synthese diverser Plasmide zur Optimierung des Vektors für das Nitrilase-Gen.
- Einschleusung geeigneter Vektoren in verschiedene Wirtsorganismen (Escherichia coli, Bacillus subtilis, Saccharomyces cerevisiae, Pichia pastoris,...)
- Impfen passender Nährmedien und Anzucht der am besten geeigneten Mikroorganismen für die Biotransformation im 10-Liter-Maßstab.
- Optimierung der Ausbeute an (R)-2-Hydroxy-3-methoxy-3-methyl-butansäure im Labormaßstab: Breite Variation von Nährmedium, pH-Wert, T, Sauerstoffzufuhr.
- Anmeldung der zugehörigen Schüsselpatente in wichtigen Industrieländern
- Detaillierte Planung der Pilot-Phase, inklusive Arbeitssicherheitskonzept
- Präzisierung der in Stage 2 geschätzten Kennzahlen zum technischen und wirtschaftlichen Erfolg.

Stage-Planung für das FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.

Beispiel P2

Stage 4 → Technikumsphase:

- Beschaffung, Ausrüstung bzw. Umrüstung der Bioreaktoren für den Scale-up-Prozess, Auswahl passender (Rohr)Leitungen für die Substratzugabe und die Produktentnahme.
- Auswahl geeigneter Sensoren und Online-Sonden, sowie Einbau der notwendigen Meß-, Steuer- und Regeltechnik.
- Erstellung der für die REACH-Zulassung notwendigen Produktdaten.
- Identifizierung der künftigen Cyanhydrin-Lieferanten zusammen mit dem technischen Einkauf.
- Planung und Einrichtung eines Qualitätsmanagement-Systems, besonders im Hinblick auf die Produktreinheit (%-Gehalt, ee, geeignete Messverfahren, geeichte Messgeräte).
- Optimierung der Stabilität der gentechnisch modifizierten Mikroorganismen.
- Erste Kundenbemusterungen, Verteilung der Produktdatenblätter.
- Detaillierte Planung der Markteinführungsphase, Präzisierung des passenden „Marketing-Mix“.
- Weitere Präzisierung der in Stage 3 geschätzten Kennzahlen zum technischen und zum wirtschaftlichen Erfolg.

Stage-Planung für das FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.

Beispiel P2

Stage 5 → Markteinführung:

- Test und Auswahl der Betriebsweise des Bioreaktors: Batch-Betrieb, Fed-Batch-Betrieb, kontinuierliche Chemostat-Fahrweise, etc.
- Erprobung eines geeigneten Reaktortyps für die gewünschte Biotransformation (Rührkessel-, Festbett-, Airlift-, Schlaufen-, Membran-Bioreaktor, etc.).
- Optimierung der Betriebsparameter des Bioreaktors: Auswahl des besten Nährstoff-Mix', der bestgeeigneten Rührgeschwindigkeit, der optimalen Luft- bzw. Sauerstoffzufuhr, des richtigen pH-Wertes, sowie die Auswahl eines wirksamen Antischaummittels.
- Realisierung des ersten Produktionslaufs, bzw. einer kontinuierlichen Erstproduktion für Pilotkunden, Einrichtung eines strikten Controllings zur Biotransformation, Abfüllung, Lagerung, Transport/Logistik für fristgerechte Kundenbelieferungen und für die monatliche Ergebnisrechnung.
- Durchführung eines Verfahrens zum Produktionsbeschluss und eines strukturierten, dokumentierten „Debriefings“ für das FuE-Projekt.
- Kontinuierliche Belieferung weiterer Schlüsselkunden in den Zielmärkten.

Stage-Planung für das Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptionsspeicherung von Wasserstoff“.

Stage 1 → Opportunity Fields:

Beispiel P3

- Identifizierung, Prüfung und Vergleich (Technische und wirtschaftliche Vor-/Nachteile künftiger Möglichkeiten zur physikalischen bzw. chemischen Wasserstoffspeicherung (Z.B. Metallhydride, komplexe Hydride, Fullerene, Nanotubes, MOFs, Kryo-/Druckspeicherung).
- Feststellen des Standes der Wissenschaft (Neuveröffentlichungen H₂-Chemie).
- Feststellen des Standes der Technik (Publikationen, Offenlegungsschriften).
- Sondierungsgespräche mit erstklassigen Universitätsinstituten oder Forschungsarbeitskreisen (MPI/Fraunhofer).für.sinnvolle Kooperationen.
- Erste Laborexperimente (Synthese, Messung des Gasspeichervermögens).
- Erste Patentanmeldungen (Stoffe, Synthesen).
- Sondierungsgespräche mit potenziellen Kunden für die Adsorptionsspeicherung unter Druck.
- Grobe Abschätzung des künftigen Marktgröße und des Marktwachstums
- Skizzierung der Schubwirkungen für das eigene und für die potenziellen Abnehmer-Unternehmen im Hinblick auf die jeweiligen Unternehmensstrategien.

Stage-Planung für das Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptionsspeicherung von Wasserstoff“.

Stage 2 → Business Case:

Beispiel P3

- Grobe Abschätzung der Erfolgswahrscheinlichkeit, der zeitlich gestaffelten FuE-Kosten, absehbare Investitionskosten, Absatz, Nettoumsatz, Deckungsbeitrag I, Deckungsbeitrag II als Funktion der Zeit, Lager- und Vertriebskosten.
- Erste Abschätzung des NPV und des ECV bei Projektstart.
- Erste Positionierung des FuE-Projektes im Markt-Technologie-Portfolio.
- Kurzbeschreibung des Projektbeitrags zur Realisierung der GBU-Strategie.
- Beschreibung der regionalen Zielmärkte, sowie der potenziellen Produktions- und Vertriebsstandorte.
- Erstellen eines FuE-Projektplans mit den chemisch-technischen, wirtschaftlichen und zeitlichen Zielsetzungen, der Projektorganisation, der Projektstruktur, den erforderlichen technischen und personellen Ressourcen, dem Ablaufplan mit Meilensteinen, Reporting/Controlling (Art und Frequenz).
- Namentliche Nennung des Projektleiters (m/w/d), des Kernteams und der Gatekeeper aus dem operativen Geschäft.
- Detaillierte Planung der Laborphase.

Stage-Planung für das Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptionsspeicherung von Wasserstoff“.

Stage 3 → Laborphase:

Beispiel P3

- Planung und Realisierung der zu synthetisierenden MOFs unter Variation der Konnektoren (Metallionen) und Linker (Oligo-Carbonsäuren).
Ggf. Erstellung/Verwendung eines geeigneten statistischen Versuchsplans
- Prüfung des H₂-Adsorptionsvermögens aller neuen MOFs in Abhängigkeit von P und T.
- Anmeldungen weiterer Schlüsselpatente (Stoff- und Verfahrensschutz)
- Feststellung der MOF-Struktur mit der höchsten technischen und wirtschaftlichen Erfolgchance.
- Veranlassung der erforderlichen toxikologischen und zulassungsrechtlichen Untersuchungen (REACH).
- Sondierung von Synthesealternativen und Festlegen der passenden Verfahrenskemie.
- Detaillierte Planung der Technikumsphase.
- Ggf. Initiierung und „Kick-off“ der erforderlichen Investitionsprojekte.
- Weitere Präzisierung der in Stage 2 geschätzten Kennzahlen zum technischen und wirtschaftlichen Erfolg.

Stage-Planung für das Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptionsspeicherung von Wasserstoff“.

Stage 4 → Technikumsphase:

Beispiel P3

- Beschaffung, Ausrüstung bzw. Umrüstung der Versuchsreaktoren, der Rohrleitungen, der passenden Armaturen, der notwendigen verfahrenstechnischen Vorrichtungen (Heizen, Kühlen, Mischen, Filtrieren, Aufarbeiten), der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, der zweckmäßigen Maschinen, der Fördereinrichtungen, der Lagereinrichtungen.
- Identifizierung der künftigen Rohstofflieferanten zusammen mit dem technischen Einkauf.
- Planung und Einrichtung eines Qualitätsmanagement-Systems, besonders im Hinblick auf die Produktreinheit (geeignete Mess-Verfahren, geeichte Messgeräte) und eine fristgerechte Kunden-Belieferung, erste Kundenmuster, Produktdatenblätter.
- Detaillierte Planung der Markteinführungsphase, Präzisierung des passenden „Marketing-Mix“.
- Weitere Präzisierung der in Stage 3 geschätzten Kennzahlen zu den technischen und wirtschaftlichen Erfolgchancen.

Stage-Planung für das Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptionsspeicherung von Wasserstoff“.

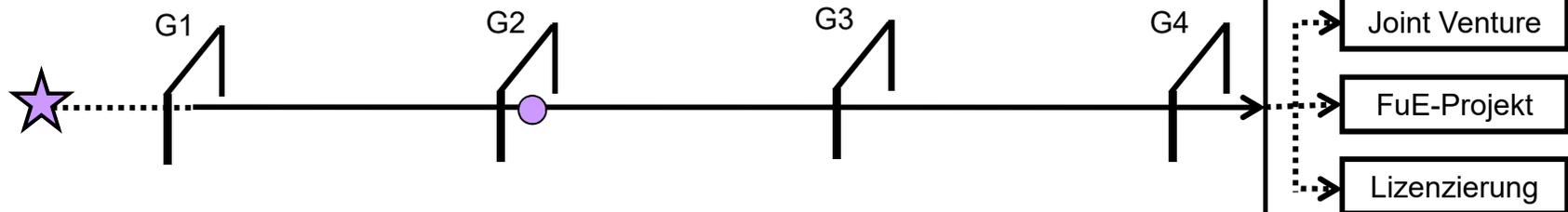
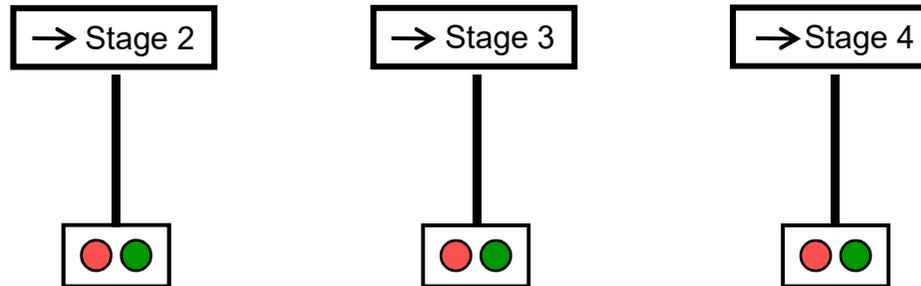
Stage 5 → Markteinführung:

Beispiel P3

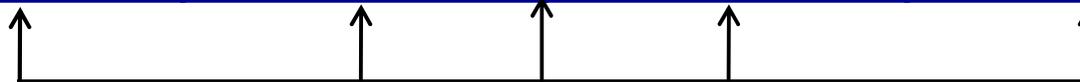
- Vorbereitung und Realisierung eines ersten Produktionslaufs für den Pilotkunden/Projektpartner.
- Anfertigung von Dokumenten/Prospekten für das Neuprodukt mit Informationen über seine chemisch-technischen Eigenschaften, sowie über erforderliche Umweltschutz- und Sicherheitsmaßnahmen.
- Durchführung eines Verfahrens zum offiziellen, intern freigegebenen „Produktionsbeschluss“.
- Einrichtung eines strikten Controllings zur Fertigung, Abfüllung, Lagerung, Transport/Logistik für die fristgerechte Kundenbelieferung.
- Aufnahme der monatlichen, produktspezifischen Ergebnisrechnung.
- Erstellung eines strukturierten, vollständigen „Debriefings- Dokuments“ für das FuE-Projekt.
- Kontinuierliche Belieferung weiterer Schlüsselkunden in den Zielmärkten.

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Planung und Realisierung von „reinen“ *Forschungsprojekten*:



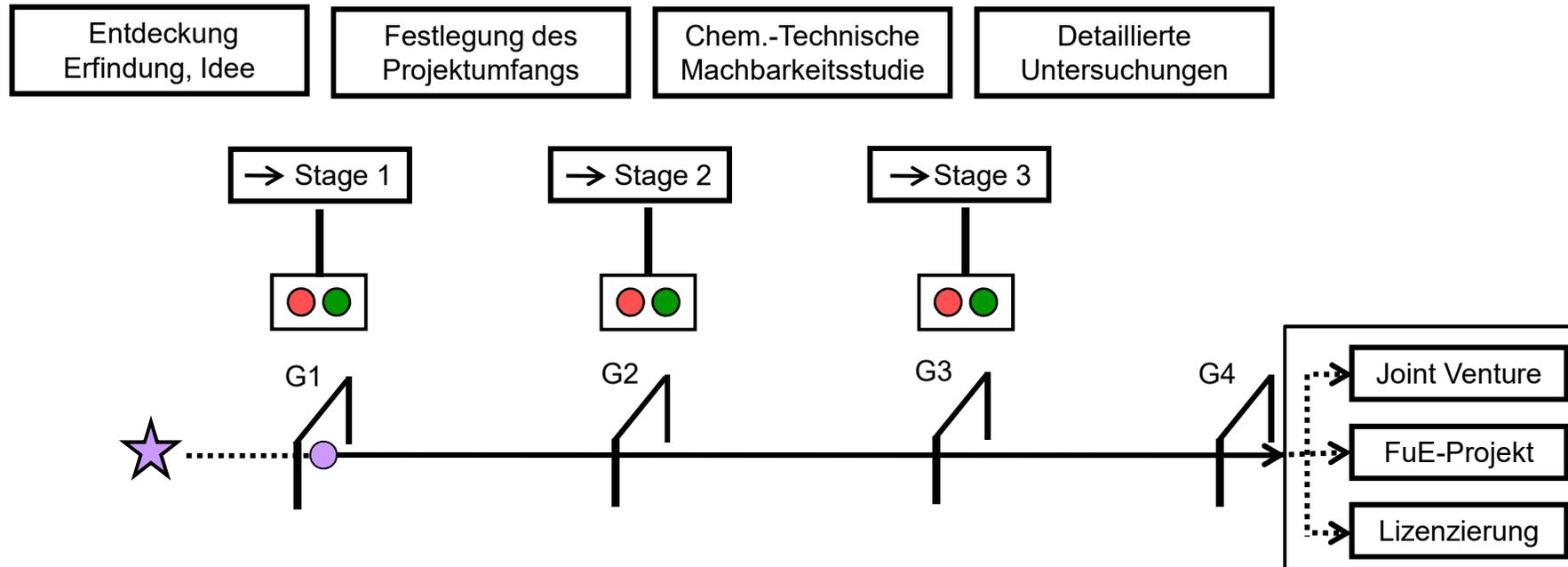
Entdeckung Erfindung	Festlegung Projektumfang	Chem.-Techn. Machbarkeit	Detailstudien Technik/Markt
("Stage 0")	Stage 1	Stage 2	Stage 3



Projektphasen

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Planung und Realisierung von „reinen“ *Forschungsprojekten*:



("Stage 0")	Stage 1	Stage 2	Stage 3

Erste Bewertung der Entdeckung, Idee: Forschungstrends, Technologietrends, Marktbedürfnisse.	Projektbeginn Festlegung Rahmen / Umfang des Projekts Erste Vorausplanung Dauer: ~ drei Wochen.	Erste Experimente unter idealen Beding- ungen; Vorläufige Laborarbeiten . Dauer : 3-4 Monate.	Umsetzung eines umfangreichen Expe- rimental-Programms. Geschäftsmodell? Dauer: Ggf. Jahre.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

Gate-Scorecard® nach R. G. Cooper zum systematischen Check einzelner Forschungs-/Entwicklungsprojekte:

Check \ Score	0	10
Kongruenz mit der Geschäftsstrategie	Keinerlei Einfluss auf die Geschäftsstrategie.	Existenz des Geschäfts hängt vom Projekterfolg ab.
Hebelwirkung im Markt, Patentschutz, Synergien	Keinerlei Kopierschutz / Synergien nicht absehbar.	Exzellente Patentlage / Intern breit anwendbar.
Wahrscheinlichkeit des technischen Erfolgs	Zahlreiche Hürden auf dem Realisierungsweg.	Nach heutigem Stand der Technik sicher realisierbar.
Wahrscheinlichkeit des kommerziellen Erfolgs	Schrumpfmart. Rein spekulative Annahmen.	Wachstumsmarkt Starke Kundennachfragen.
Wertschöpfungsbeitrag Break-even-Point	< 1 Million € In mehr als 7 Jahren.	> 250 Million € In weniger als einem Jahr.

Der Stage-Gate®-Prozess: Wirksame Planung und Steuerung

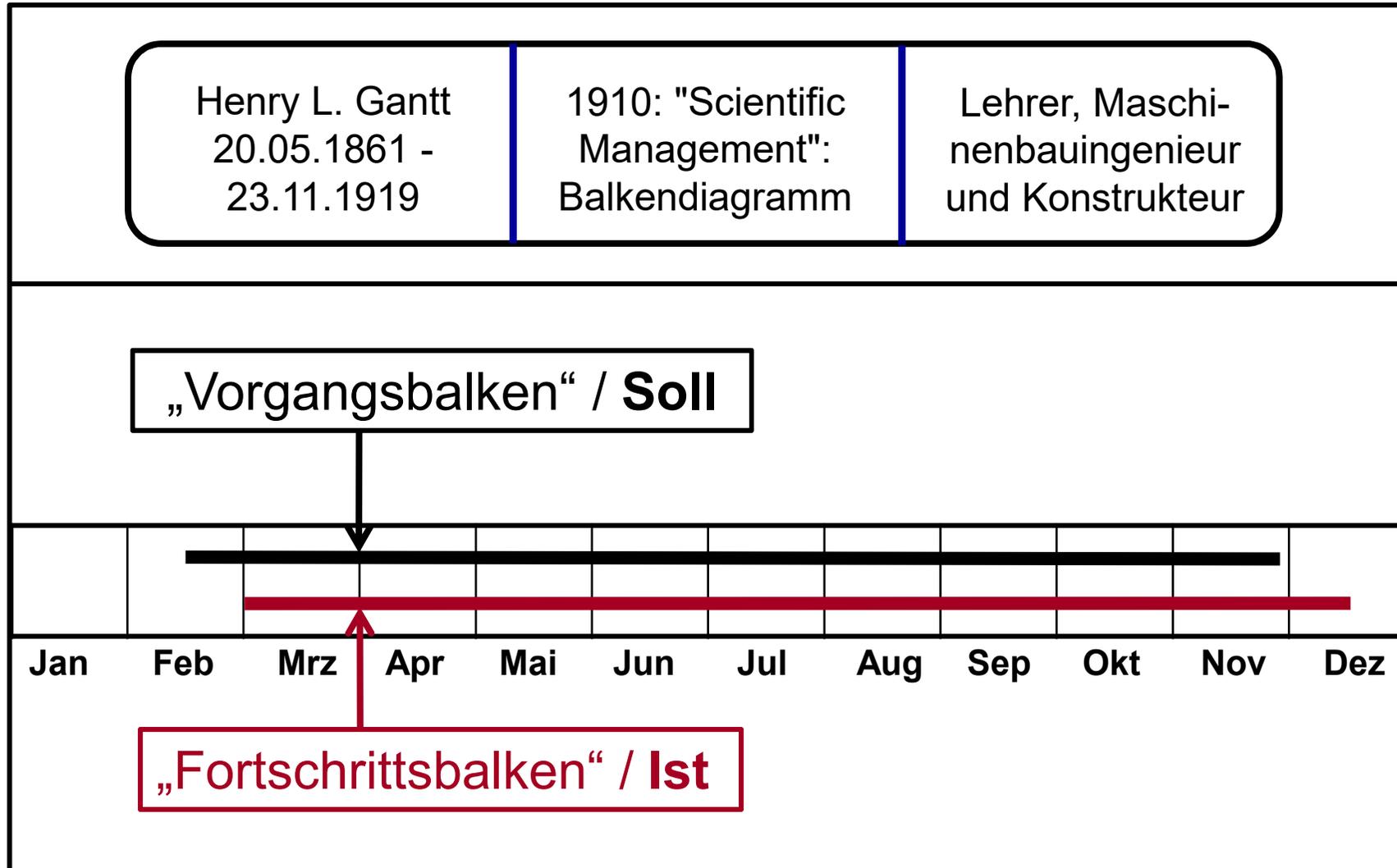
Mögliche Fehler und Störfaktoren im Stage-Gate®-Prozess:

01.	→	Stockende Informationsflüsse Das Projektteam erhält wichtige Informationen nicht.
02.	→	Flucht aus der Verantwortung Gatekeeper scheuen den vorzeitigen Projektabbruch.
03.	→	Schleppende Entscheidungsfindungen Gatekeeper haben zu wenig Entscheidungsbefugnis.
04.	→	Schiefelage der Prioritäten Das Projektteam konzentriert sich zu sehr auf die Gate-Sitzungen und zu wenig auf resultatorientierte <i>Vorgänge</i> und <i>Aktionen</i> in den einzelnen Stages (!).

Vor allem der Störfaktor Nr. 04 ist in der Praxis relevant!

Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

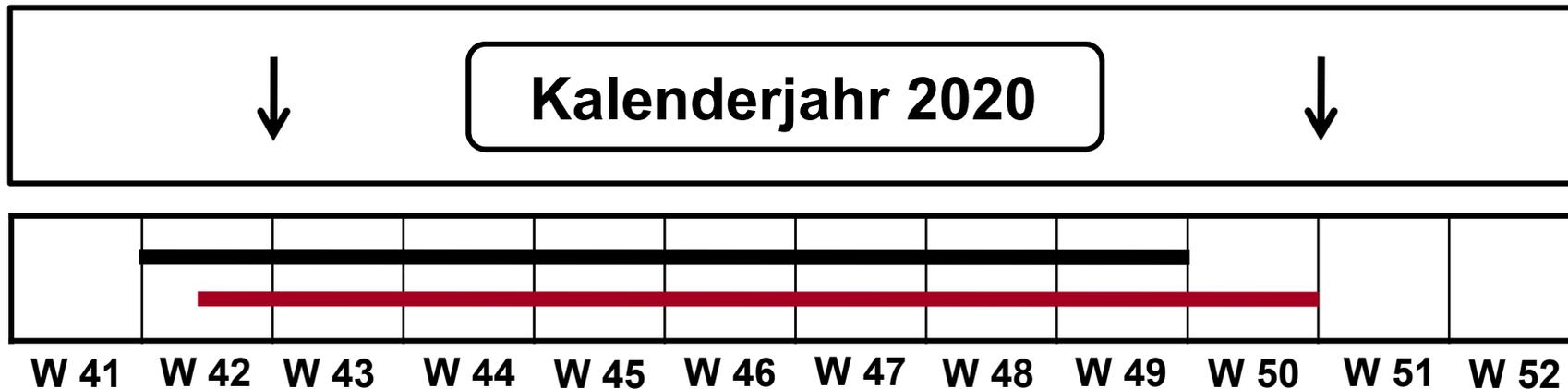
Gantt-Balkendiagramm, Darstellung mit Monatsskala:



Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Balkenplan, Gantt-Diagramm, (Soll / Ist):

Beispiel P2



Projekt: „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycabonsäure“.

Amplifizierung von 30 verschiedenen, Nitrilase-codierenden DNA-Abschnitten aus aufbereiteten Metagenomen mittels PCR-Technik.

Start: 08. Oktober 2020; Ende: 07. Dezember 2020 → (Soll-Termine)

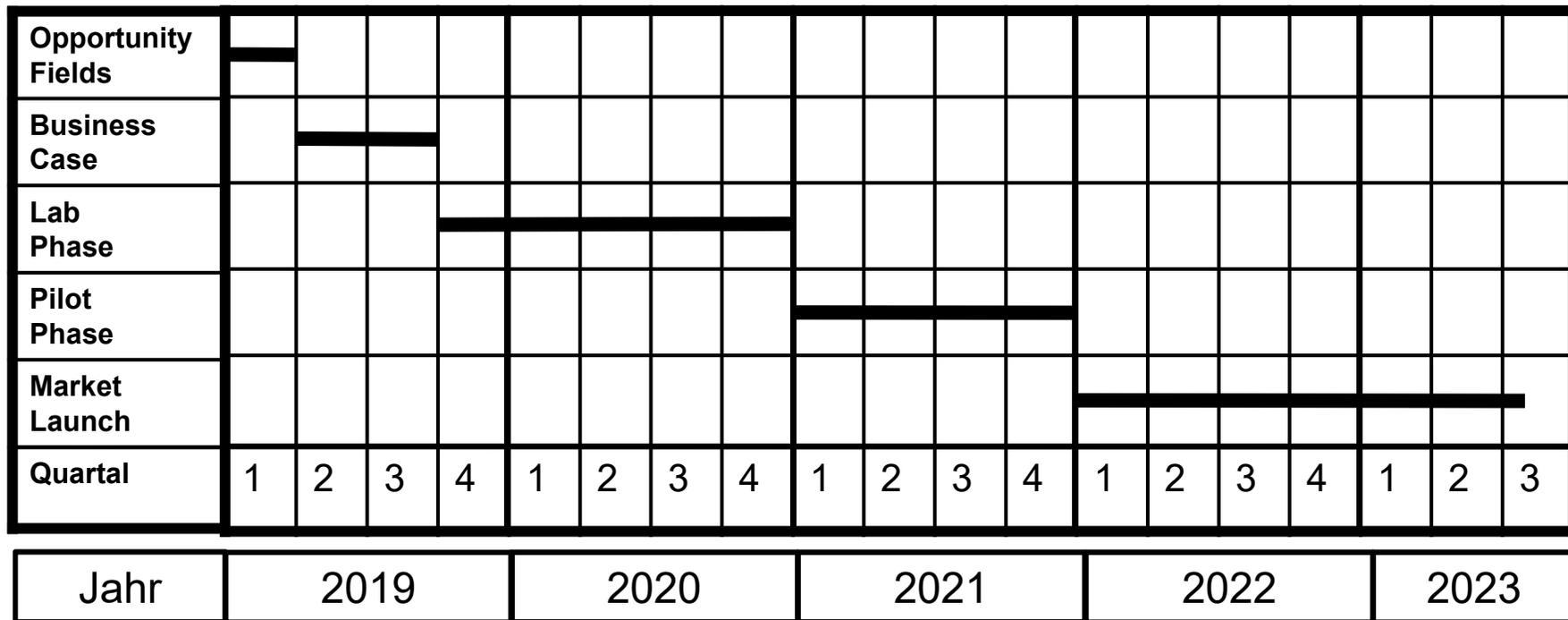
Start: 11. Oktober 2020; Ende: 14. Dezember 2020 → (Ist-Zeitpunkte)

Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Phasenplan (Stages) in Gantt-Darstellung:

Beispiel P2

Projekt: „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycabonsäure“.



Vom Strukturplan zum entsprechenden Ablaufplan

Beispiel P2

FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer α -Hydroxy...“

(R)-2-Hydroxy-3-methoxy-3-methyl-butansäure

UA

Klon-Gewinnung auf Basis synthetischer Nit.-Primer

Klon-Gewinnung auf Basis kommerzieller Nit.-Primer

Klon-Gewinnung auf Basis mutierter Nit.-Primer

TA

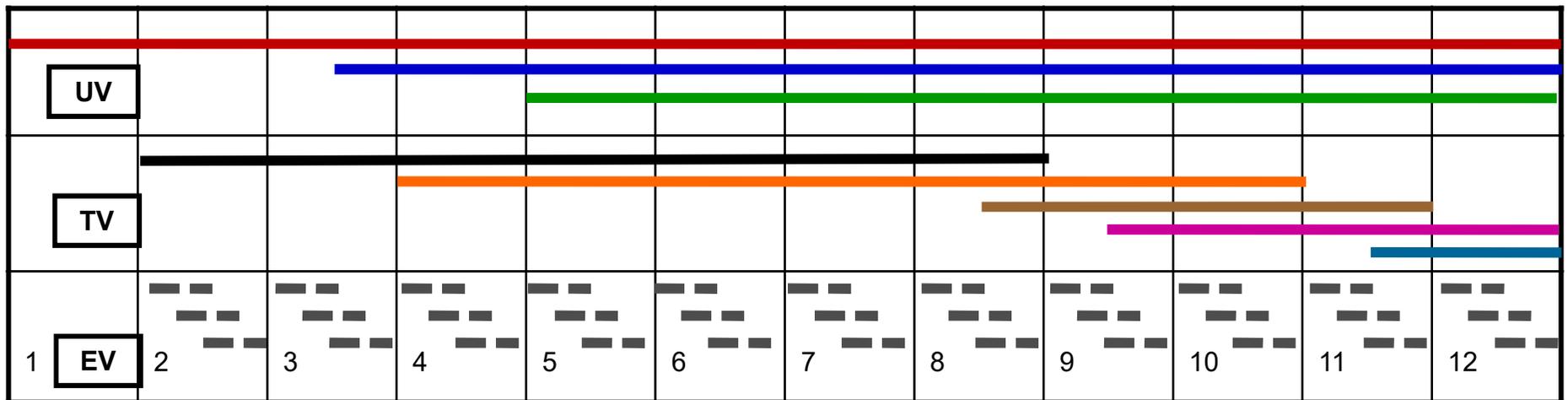
Laborsynthesen und erste Erprobungen der Nitrilase-Primer

Impf. / Anzucht von transgenen E. coli, Kanamycin-resist.

Optimierung aller Parameter für den Labor-Bioreaktor

Installation der Mess-, Steuer-, und Regeltechnik

Erarbeitung des „Marketingmix“ für die chirale Säure

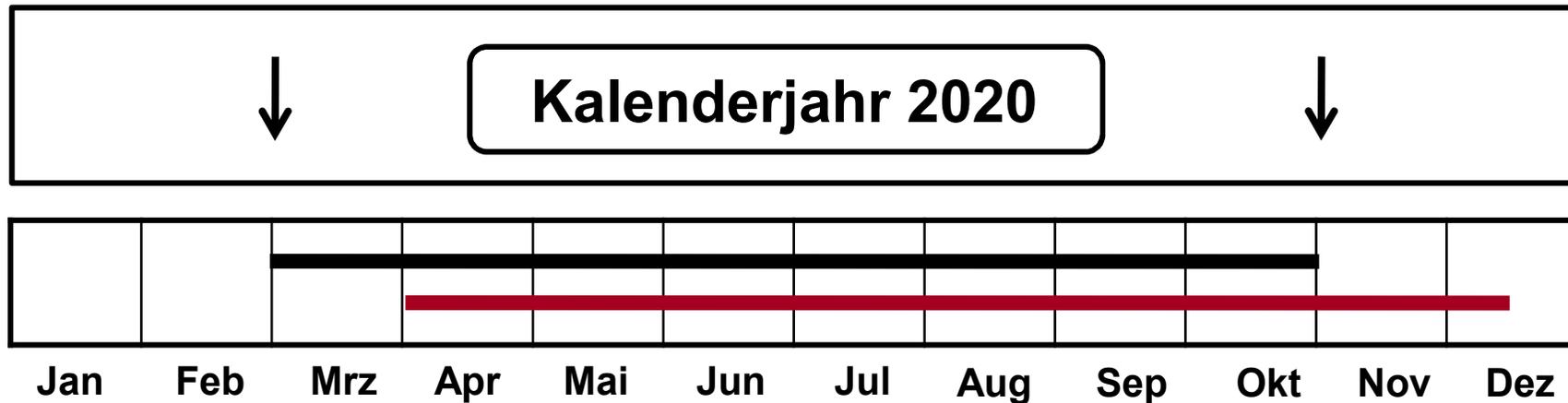


Zeit (Monat) →

Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Balkenplan, Gantt-Diagramm, (Soll / Ist):

Beispiel P3



Projekt: „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Gasspeicherung“.

Messungen des Speichervermögens von H₂ bei 77K der MOFs auf Basis Pyromellithsäureanhydrid.

Start: 01. März 2020; Ende: 31. Oktober 2020 (→ Soll-Termine)

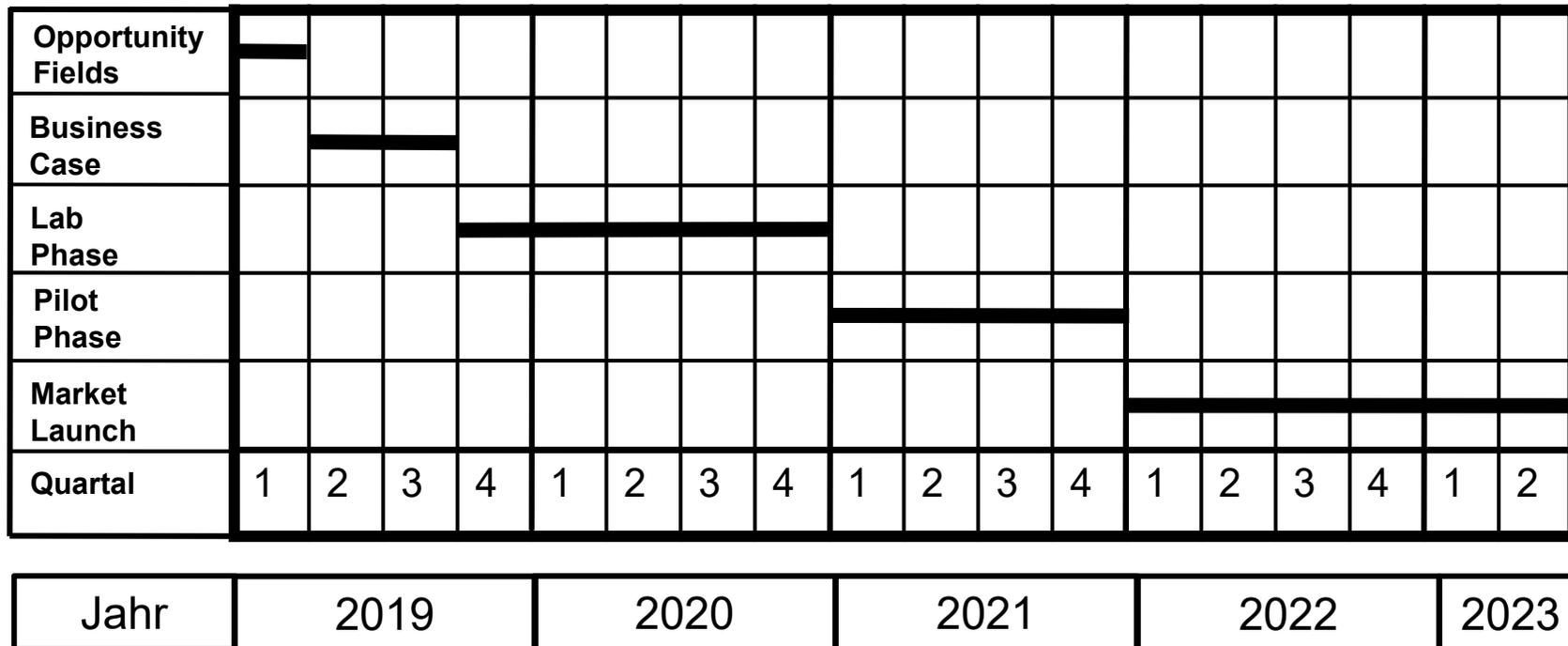
Start: 01. April 2020; Ende: 15. Dezember 2020 (→ Ist-Zeitpunkte)

Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Phasenplan (Stages) in Gantt-Darstellung:

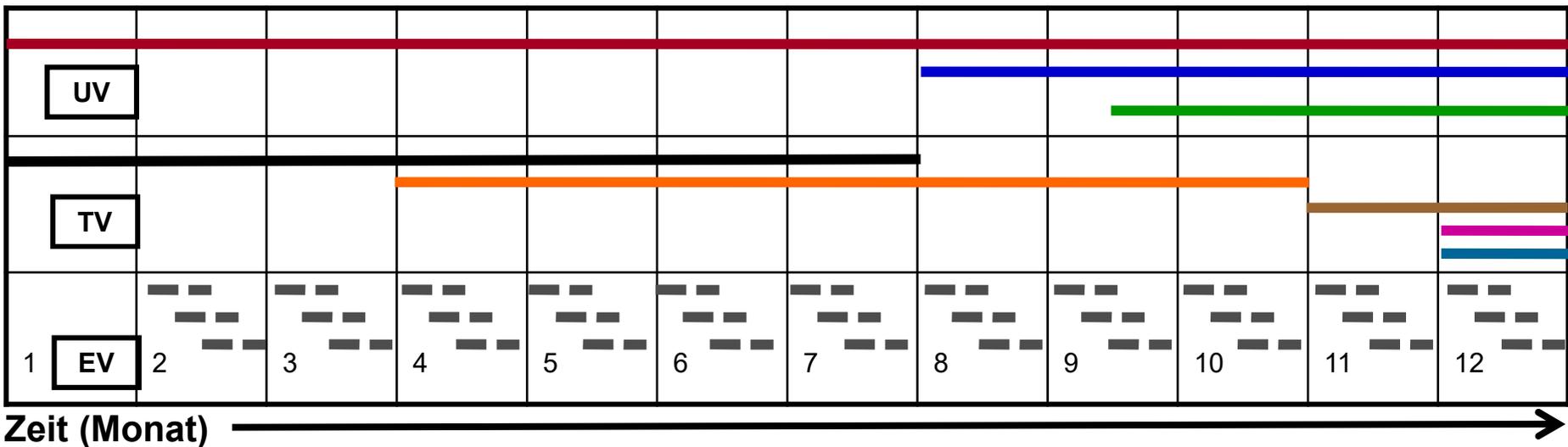
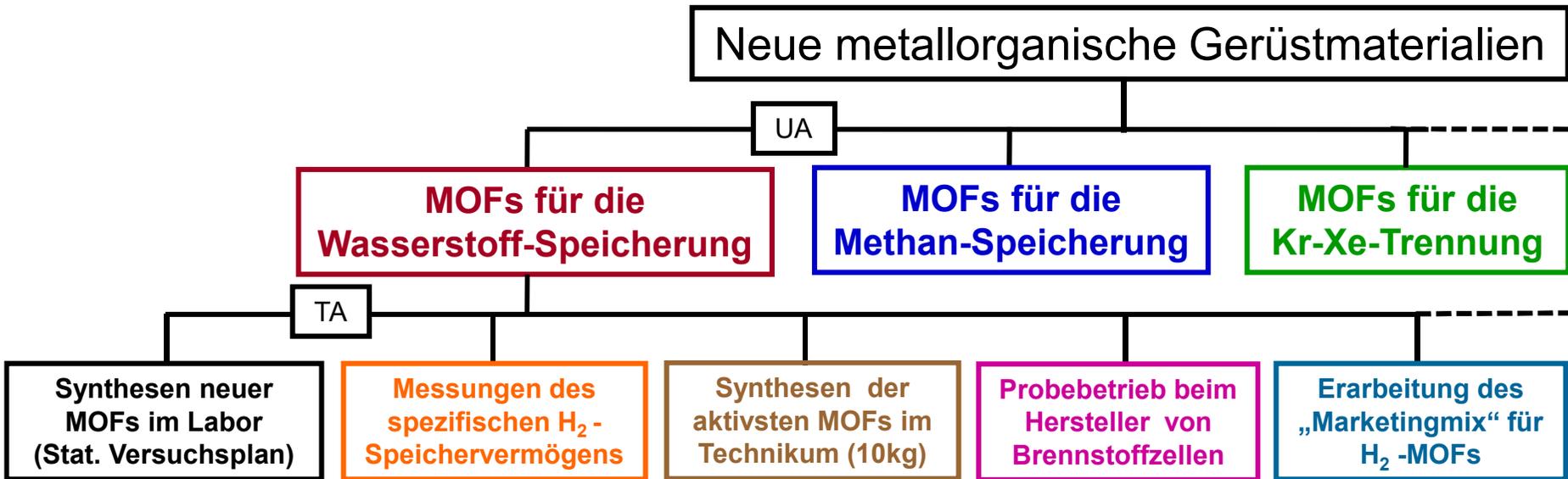
Beispiel P3

Projekt: „Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Gasspeicherung“.



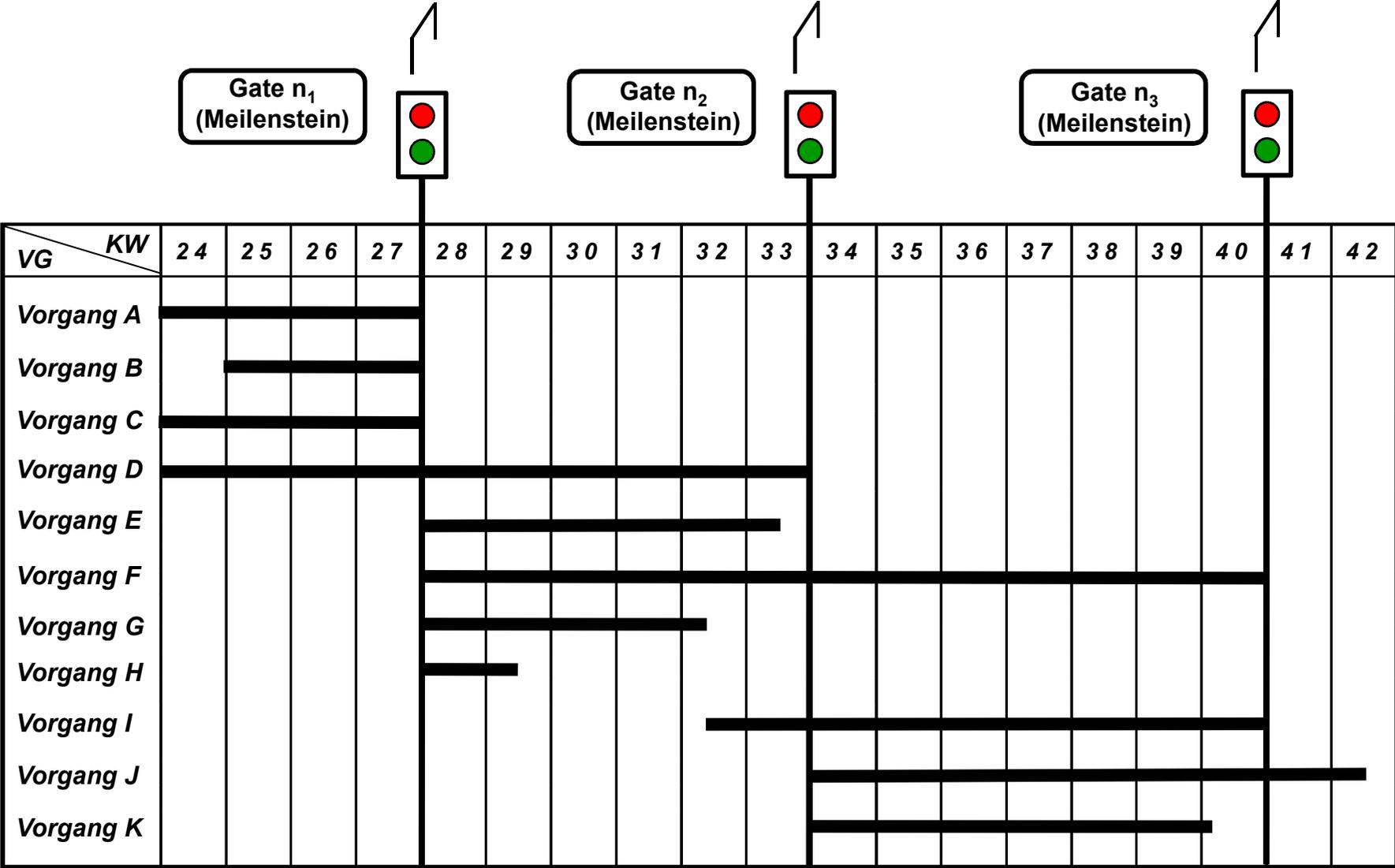
Vom Strukturplan zum entsprechenden Ablaufplan

FuE-Projekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien“ **Beispiel P3**



Der Stage-Gate® - (bzw. Phase-Gate® -) Prozess

Balkendiagramm mit Stage-Gates® (als Meilensteinen):



Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Vor- und Nachteile dieser Methode zur Visualisierung:



Vorteile

- Einfachheit und gute Darstellbarkeit (Balken, PPTX).
- Grob-Terminplanung *und* Fein-Terminplanung darstellbar, hohe Informationsdichte.
- Übersichtlichkeit bei der Projektsteuerung: Soll-Ist-Vergleich „auf einen Blick“.



Nachteile:

- Die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Aktivitäten sind nicht erkennbar.
- Die Vorhersagekraft zu künftigen Projektfortschritten ist gering.

Beispiel P1

**Phasenplanung
(Hier dokumentiert in den "Project Data Sheets")**

Projekt

**„Hochelastische Klarlackierungen für
die Automobil-Serienproduktion“.**



[...GmbH 1] R&D Project Data Sheets

OPERATIVE R&D-PROJECT

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
<p>A 021</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> <p>Example P1</p> </div>	<p>Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.</p>

PROJECT MANAGER: Christoph Aberg

Endorsement Environment/Safety	
-----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Signature	Research	Develop- ment	Produc- tion	Marketing /Sales	Project Manager
Company	[..GmbH1]	FHG WÜ	[..GmbH1]	[..GmbH1]	[..GmbH1]
Org. Code	SCF	A 4	SCP	SCS	SCE
Date	22.07.19	28.07.19	22.07.19	23.07.19	22..07.19
Signature					

[...GmbH 1]

Operative R&D Project, **Technical Profile**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

0 Technical Problems that must be solved:

Development of a highly scratch resistant clear coat for OEM with film properties in an first step comparable to those of solvent based clear coats and in an second step comparable to those of 2C waterborne clear coats.

0 Possible methods/approaches for solving the problems:

Development of an Si-ORMOCER-based clear coat.
 Development of a clear coat , basing on a highly branched crosslinker.
 Development of an UV-curing system.

	worst	RANGE										best		
Characteristics													Unit of measure target value	Priority
AMTEC Scratch													> 95% Gloss Retention	A
Acid Resistance													Equivalent to 2-Component Clearcoat	B
Environmental Ech													Equivalent to 2-Component Clearcoat	B
Yellowing													Standard-Level	B
Popping Limit ESTA													Minimum 50 µm, > 60 µm	A
Circular Line Stability													Equivalent to Standard Material	A
Weather Durability													> 3 Years Florida	A

● Target Material ● State of the Art

[...GmbH 1]

Operative R&D Project, **Technical Data**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

0 Technical Specification:

Simulation of car wash: Polyethylene brush, diameter: 1000 mm, width: 400mm, speed of brush rotation: 120 rpm, 10 wash cycles. Water flow rate 2,2 l/min. Concentration of quartz powder 1,5 g/l: Gloss retention of the clear coats after AMTEC-Test: > 95%.

König pendulum damping device (ISO 1522) : 6°/3°-Damping: 120 oscillations.

Specular gloss (ASTM), 20° geometry: >97%.

Nanoindentation test (AFM) 95% elastic reecovery.

Erichsen-Test (DIN-ISO 1520): 3,5 mm.

QUV-Test: 2000h UVcon-A and UVcon B.

Environmental etch, Jacksonville/U.S.A., 16 weeks exposure (May-September) <5 (0-10 (best)).

Adhesion on base coats, crosscut test (DIN-ISO 2409: 0.

0 Patent Situation::

WO/06/56565 (10.03.2015) PCT (Patent Cooperation Treaty). Applicant: PPG.

US-Pat. 6,935,027 (06.12.2018): Applicant: DuPont.

EP 0 888 444 B2 (17.06.2016) : Applicant: [...GmbH1].

EP 1 002 843 B2 (01.02.2018) Applicant: DuPont.

[...GmbH 1]

Operative R&D Project, **Market Data I**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

0 Specific Application within the target market:

This new product group is an innovation to solve customers problems with scratches on an coating surface. Advantages with regard to polishability are expected.

0 Market location and target customers:

European Union and Eastern Europe. The target customer is [Automotive...AG1] in the frame of a strategic research cooperation. Referring to the high need for action the worldwide introduction with other customers will follow as soon as possible (2022).

0 Competitive situation, competitive products:

AKZO, Dupont (Herberts), PPG and [Coatings...AG3] are developing comparable coating systems in order to increase their own market share. Market leader in clear coats is [Coatings...AG3] with a worldwide market share of 38%. [...GmbH1] strives to achieve a market share of 25%.

0 Impact on business strategy:

The offering of a new generation of scratch resistant clearcoats will increase the [...GmbH1]-market position in the clear coat market from 14% (2019) to 25% (2024).

0 Investment requirements:

Build up of a 3 FTE- customer advisory service team.

[...GmbH 1]

Operative R&D Project, **Market Data II**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

Year	2019	2020	2021	2022	2023
Volume (t)	0	0	20	1230	2800
Sales (T €)	0	0	170	10455	23800
CM I (T €)	0	0	85	5228	11900
Earnings (T €)	0	0	17	1046	2380

Start of Project: 01.08.2019

Project to be completed: 31.07.2022

Approximate total R&D FTE: 33 NE ($\hat{=}$ 33 x 240.000 €) + 54 TE ($\hat{=}$ 54 x 160.000 €).

Approximate total R&D Costs: 19.800.000 € (Including 3.200.000 € Physical Resources).

[...GmbH 1] Operative R&D Project, **Human Resources**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

Unit concerned Orga-Code	2019	2020	2021	2022
SCF	3 NE + 4 TE	4 NE + 9 TE	3 NE + 8 TE	-
SCE	2 NE + 3 TE	6 NE + 8 TE	5 NE + 7 TE	1 NE + 2 TE
SCP	-	1 TE	2 NE + 2 TE	2 NE + 3 TE
SCS	-	1 NE	1 NE + 1 TE	3 NE + 6 TE
Total	5 NE + 7 TE	11 NE + 18 TE	11 NE + 18 TE	6 NE + 11 TE

Cost Rates (Staff)

NE: 1 FTE = 240.000 € /Year

TE: 1 FTE = 160.000 € /Year

Department Codes

SCF Research/Analytics
 SCE Development/Appl.Techn.
 SCP Pilot Plant/Production
 SCS Marketing/Sales

FTE: Full Time Equivalent; NE: Non-Tariff Employee; TE: Tariff Employee

[...GmbH 1] Operative R&D Project, **Human Resources**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

Name Department Code	Date Signature	Successor (if necessary)
Aberg, SCF	10.05.2019 	
Embler, SCF	14.05.2019 	
Deiters, SCF	18.05.2019 	
Liekermann, SCE	30.04.2019 	
Multers, FHG	28.04.2019 	
Kortenbäumer, SCE	07.05.2019  Kortenbäumer	
Hagemann, SCP	07.05.2019 	
Hogenfels, SCE	02.05.2019 	
Wichert, SCS	17.05.2019 	
Muddekämper, SCP	11.05.2019 	



[...GmbH 1]

Operative R&D Project, **PROJECT PHASES**

PROJECT CODE	PROJECT TITLE
A 021	Highly Elastic Clear Coats for the OEM Automotive Sector.

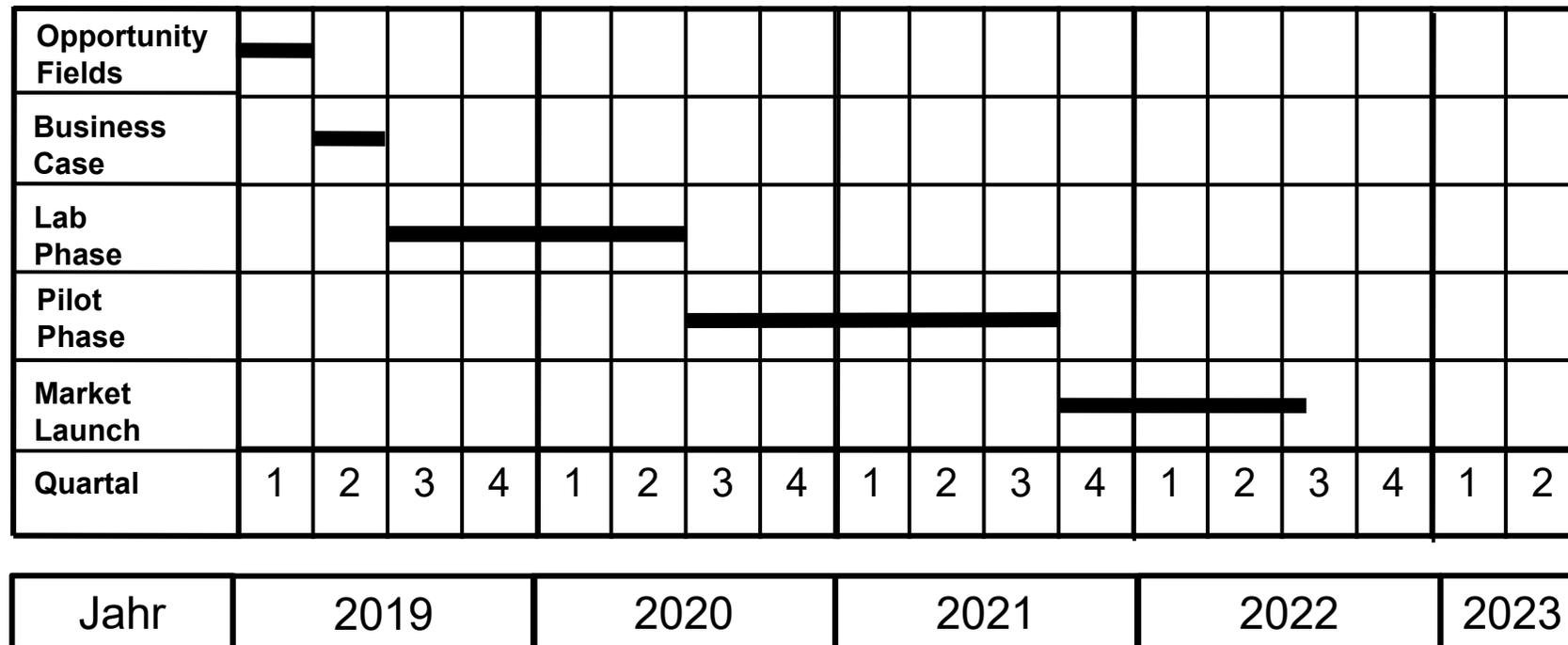
Project Phase	Milestones	Time of Realization	Person responsible
Business Case /Kick off	Patent Application.	II / 2019	Dr. Aberg
	Project Plan.		
	Valid Market Data.		
	Congruence with the Companies Strategy.		
Laboratory Phase	Completion of all Syntheses and all Testings.	II / 2020	Fr. Dr. Deiters
Pilot Phase	Successful Scale-up to 500kg.	III / 2021	Ms. Hagemann
	Solid QM-Concept.		
	Sure Supplying with Rawmaterials.		
	Basic REACH-Data.		
Market Launch	Continuous Production in Specification.	III / 2022	Mr. Mudde-kämper
	Constant Supplying of all Key-Customers.		

Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Phasenplan (Stages) in Gantt-Darstellung:

Beispiel P1

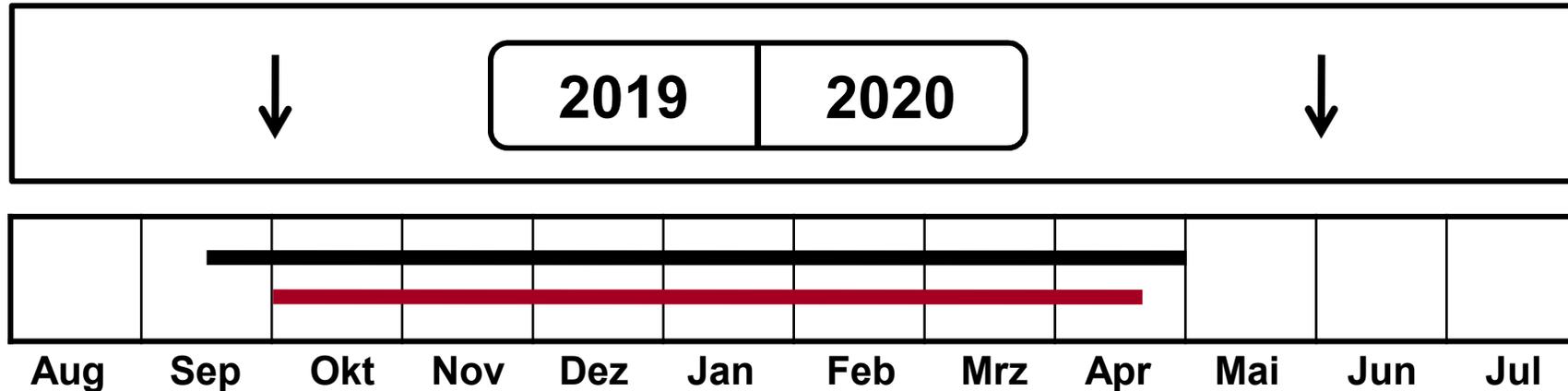
Projekt: „Hochelastische Klarlackierungen...“



Ablaufplanung: Gantt-Charts als „Projekt-Vorgangskalender“

Balkenplan, Gantt-Diagramm, (Soll / Ist):

Beispiel P1



Projekt: „Hochelastische Klarlackierungen für die Automobil-Serienproduktion.“

Laborsynthesen neuer „Highly Branched Crosslinkers“ entsprechend dem ausgearbeiteten statistischen Versuchsplan.

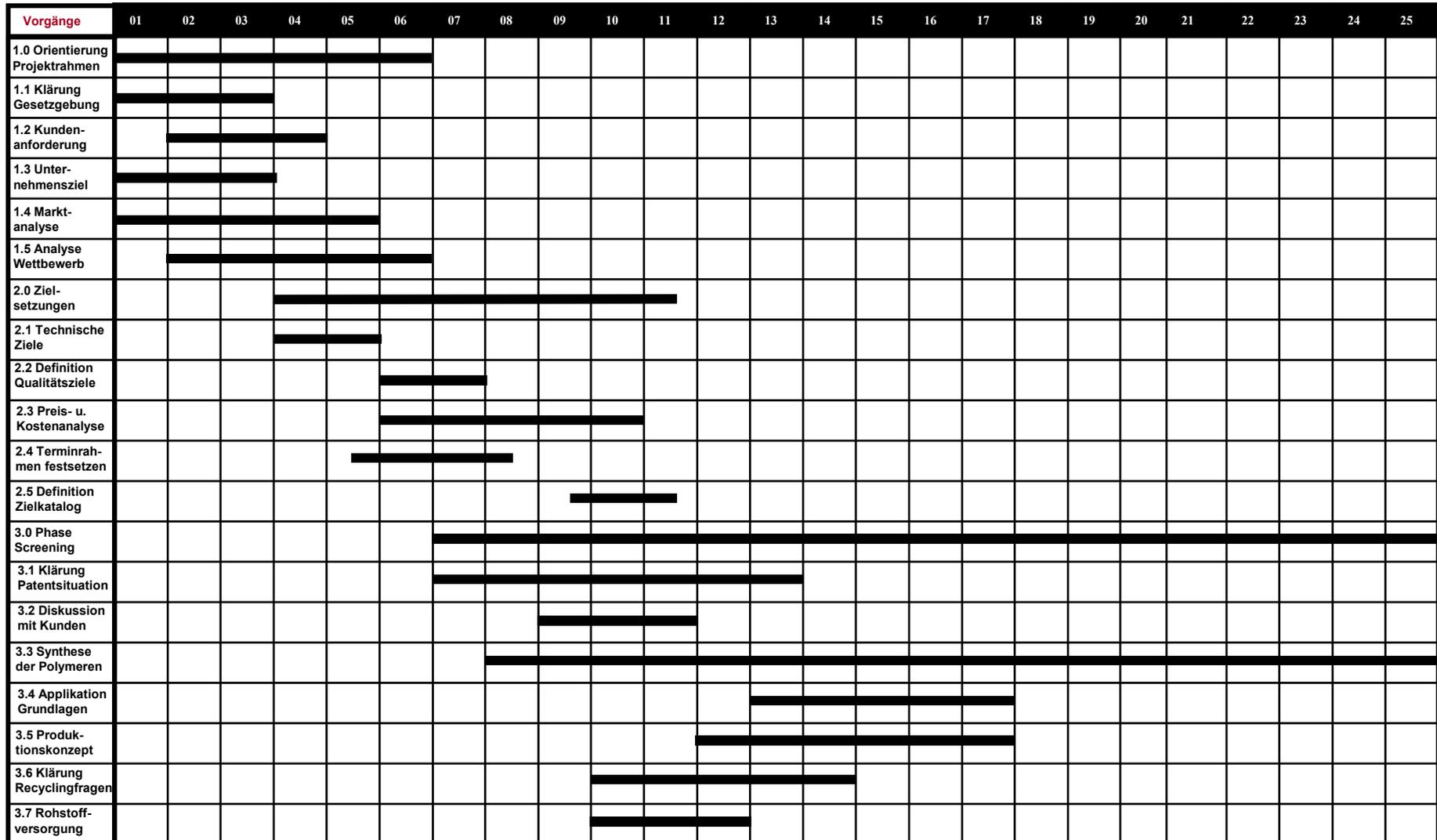
Start: 16. September 2019; Ende: 30. April 2020 (→ Soll-Termine)

Start: 01. Oktober 2019; Ende: 20. April 2020 (→ Ist-Zeitpunkte)

Gantt-Diagramm (Ausschnitt aus einer Ablaufplanung) für das FuE-Projekt „Hochelastische Klarlackierungen für die Automobil-Serienproduktion“:

Beispiel P1

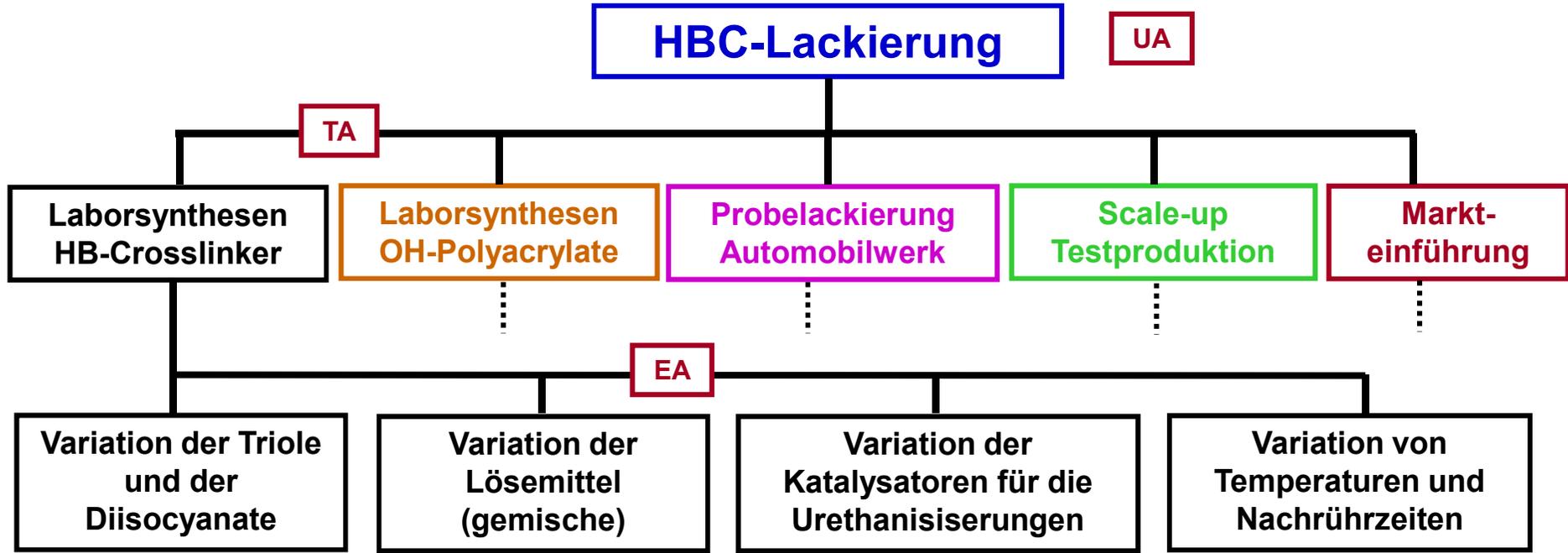
Kalenderwoche (KW)



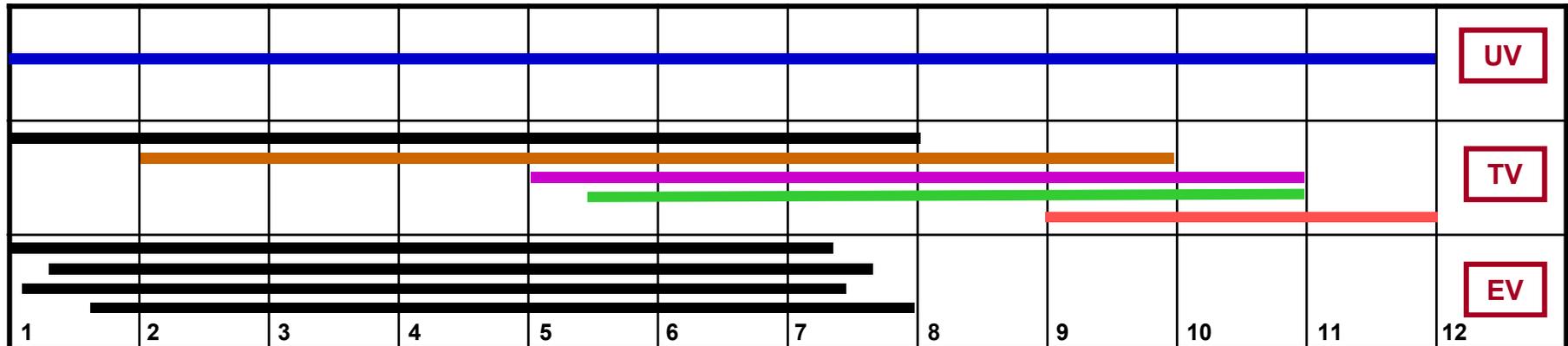
Vom Strukturplan zum entsprechenden Ablaufplan

FuE-Projekt „Hochelastische Klarlackierungen“.

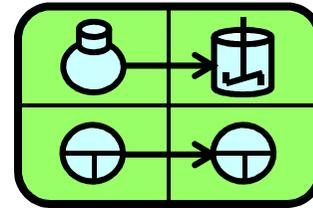
Beispiel P1



Zeit →



FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Lerninhalt →

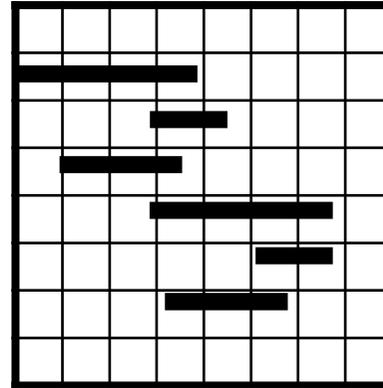
Netzplantechnik.

Netzplantechnik

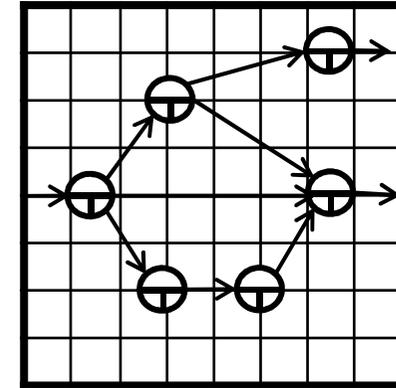
Formen der Zeitplanung in (FuE-)Projekten:



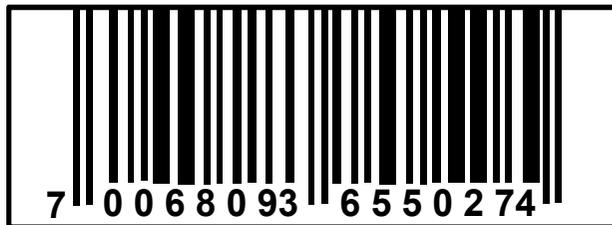
„Ereigniszeitstrahl“



Gantt-Diagramm



CPM-Netzplan



Strichcode / Barcode



Quick Response Codes®

(„Eindimensionale“ Codierung)

(„Zweidimensionale“ Codierung)

Netzplantechnik

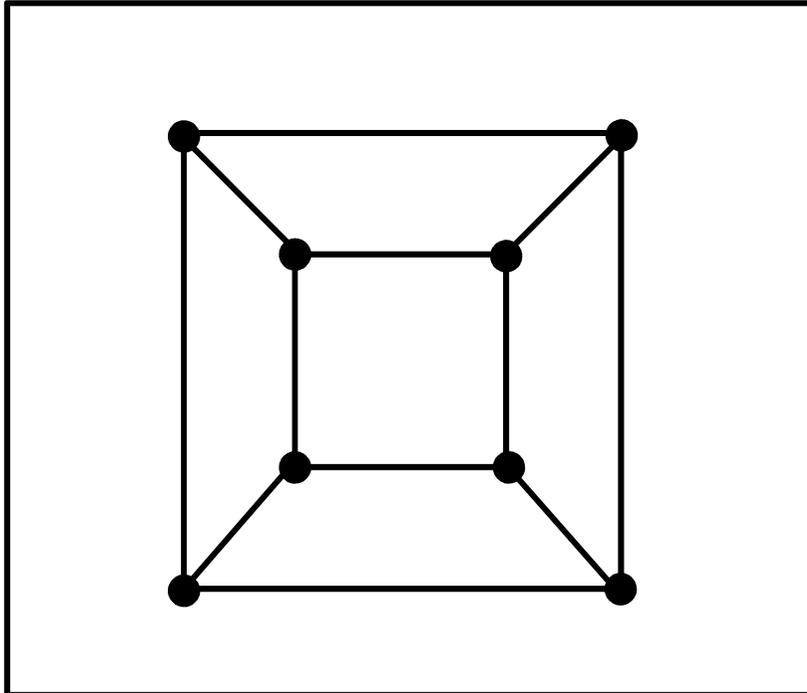
Netzplan, Netzplantechnik: → Definition, Kennzeichen.

Der Netzplan ist die graphische Darstellung von Projektaktivitäten, ihrer zeitlichen **Abläufe** *und* ihrer gegenseitigen **Abhängigkeiten**.

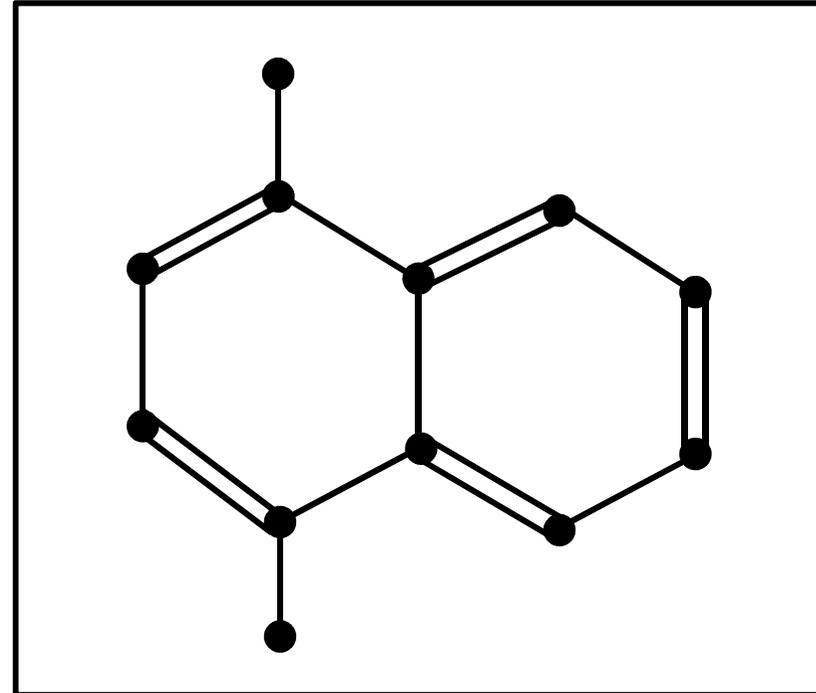
Die Netzplantechnik ist aus der **Graphentheorie** (Mathematik) abgeleitet. Sie dient der Analyse, Planung, Überwachung und Steuerung komplexer (FuE)-Projektabläufe.

Die **Basiselemente** eines Netzplans für FuE-Projekte sind beschriftete (bewertete) **Knoten (Vertices)** und **gerichtete Kanten** \longrightarrow (**Pfeile**).

Graph; Beispiele für einfache, nicht gerichtete Graphen:

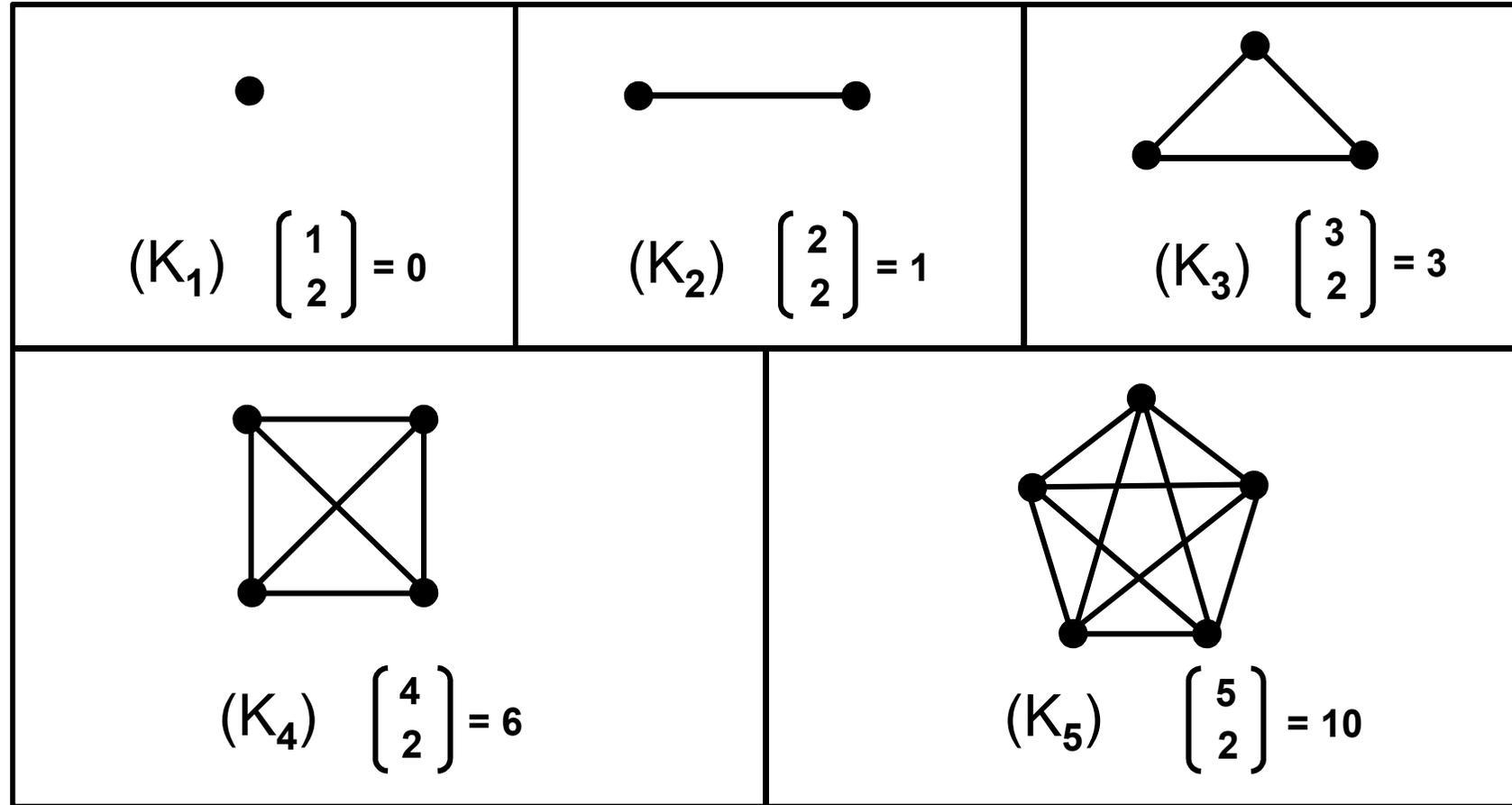


Kantenmodell des Würfels
in einer „Punktprojektion“:
08 Knoten, 12 Kanten



1,4-Dimethylnaphthalin,
Kurzformel der Struktur
12 Knoten, 18 Kanten

Netzplantechnik; **Vollständiger Graph im Netz**
 (...„Simplex“ im Netz,... (K_n) ,... bzw. „Clique“):



n Knoten \longrightarrow $\frac{n(n-1)}{2}$ Kanten \longrightarrow (K_n)

Netzplantechnik; **Vollständiger Graph im Netz**
 (...„Simplex“ im Netz,... (K_n) ,... bzw. „Clique“):

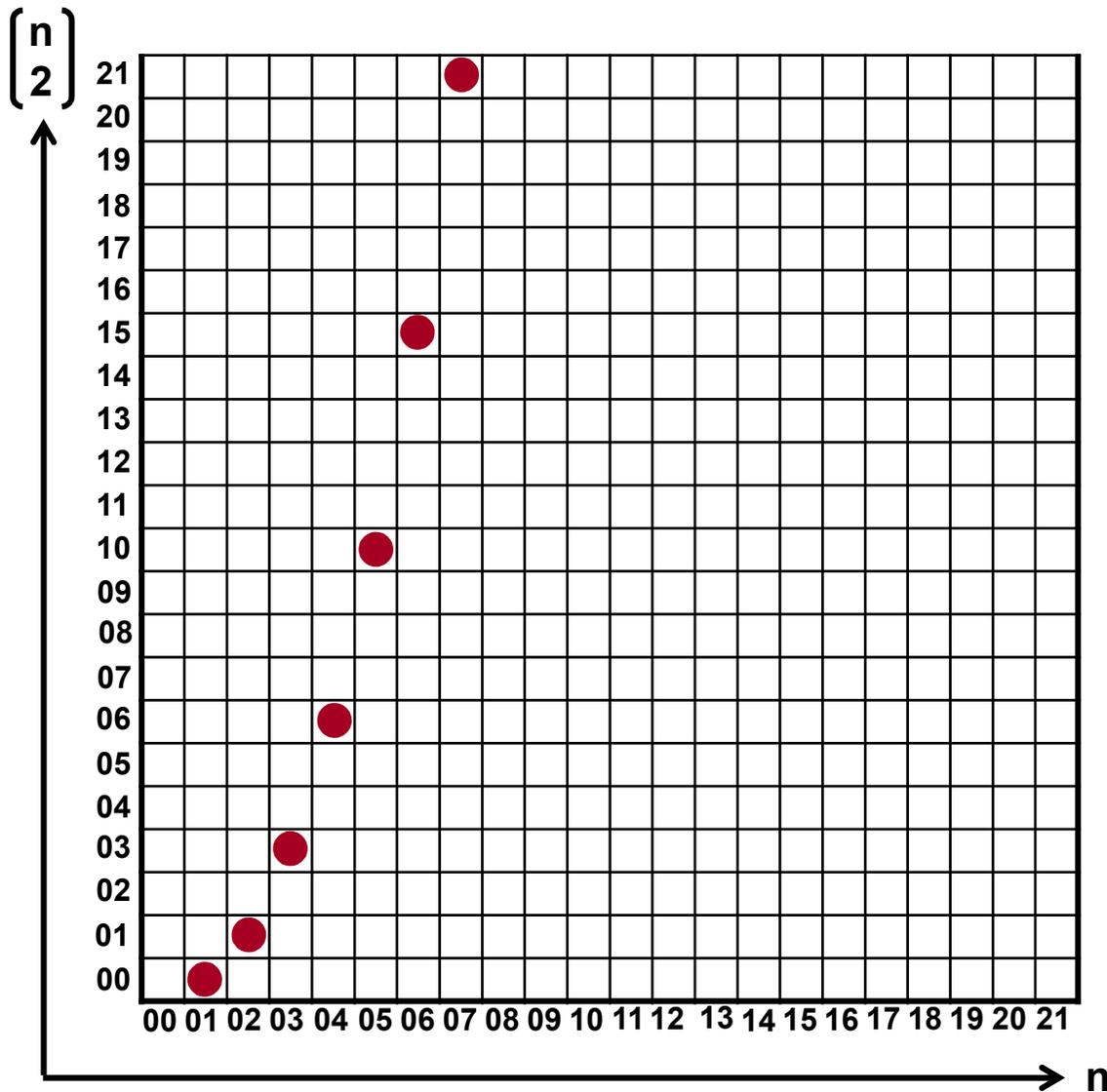
	1	2	3	4	5	...	n
1	0	1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	1	1
3	1	1	0	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1	1
5	1	1	1	1	0	1	1
...	1	1	1	1	1	0	1
n	1	1	1	1	1	1	0

„Adjazenzmatrix“ („Nachbarschaftsmatrix“) eines vollständigen Graphen mit n Vertices.

Sie beschreibt, welche Vertices (n) durch eine Kante verbunden sind (1) oder nicht (0).

$$n \text{ Knoten} \longrightarrow \frac{n(n-1)}{2} \text{ Kanten} \longrightarrow (K_n)$$

Simplexe: Exponentielles Wachstum von $\binom{n}{2}$ als $f(n)$:



Zahl der Vertices n	Zahl der Kanten k
00	00
01	00
02	01
03	03
04	06
05	10
06	15
07	21
08	28
09	36
10	45
11	55
12	66

$$\left[n \in \mathbb{N} \right]$$

Netzplantechnik

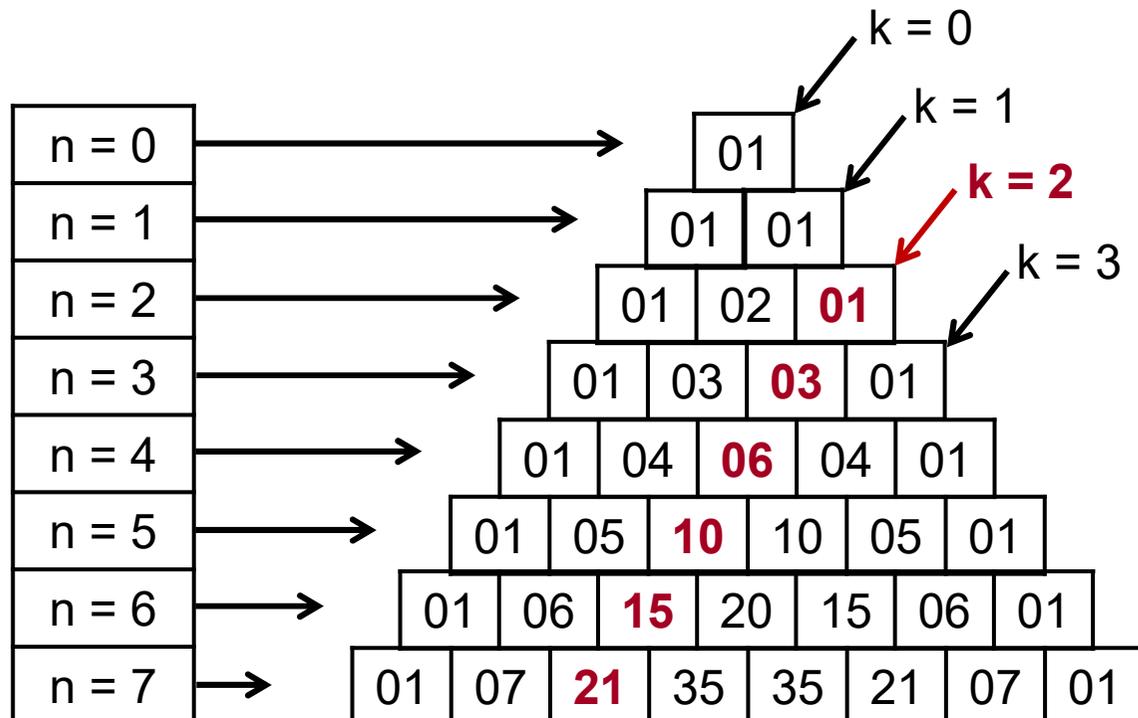
Kombinatorik; Knotenpaare ($k = 2$) im Simplex K_n :

Den Binomialkoeffizienten n über k findet man dabei in der n -ten Zeile an der k -ten Stelle im Pascalschen Dreieck (n und k jeweils ab Null gezählt!).

$$\begin{bmatrix} n \\ k \end{bmatrix}$$

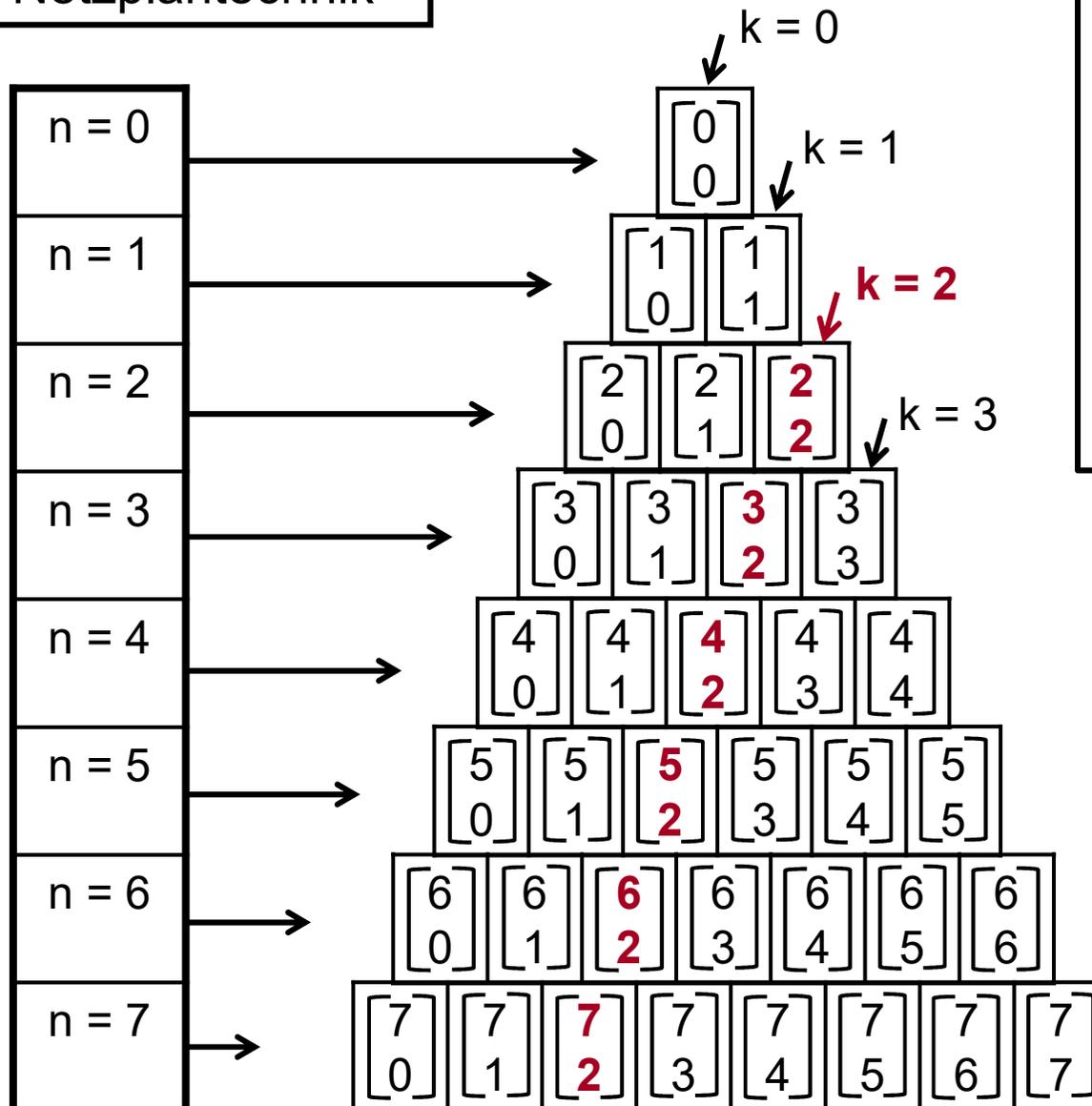


„ n über k “: Zahl aller Kombinationsmöglichkeiten von k Elementen aus der Gesamtmenge von n Elementen.



Kombinatorik; Knotenpaare ($k = 2$) im Simplex K_n :

Netzplantechnik



Das gleiche Dreieck dargestellt in den Binomialsymbolen:

$$\begin{bmatrix} n \\ k \end{bmatrix}$$

Netzplantechnik: **Kombinatorik → Binomialkoeffizienten.**

Der Binomialkoeffizient ist Bestandteil einer mathematischen Funktion, mit der sich eine Grundaufgabe der Kombinatorik lösen lässt: Er gibt an, auf wie viele verschiedene Arten man definierte Objekte aus einer Menge verschiedener Objekte auswählen kann (ohne Zurücklegen, ohne Beachtung der Reihenfolge). Der Binomialkoeffizient ist also die Anzahl der aus k Elementen bestehenden Teilmengen einer aus n Elementen bestehenden Menge.

$$(x + y)^n = \binom{n}{0} x^n + \binom{n}{1} x^{n-1} y + \dots + \binom{n}{n-1} x y^{n-1} + \binom{n}{n} y^n =$$

$$\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^{n-k} y^k$$

Für ganzzahlige n und k existiert ein effizienter Algorithmus, der die Produktformel

$$\binom{n}{k} = \prod_{i=1}^k \frac{n - k + i}{i}$$

des Binomialkoeffizienten anwendet.

Kombinatorik; Zahl der Kanten im K_n -Simplex:

Gegeben:

Ein Simplex mit n Knoten.

Die Zahl aller Kanten ist gleich der Zahl existierender „Knotenpaare“ ($k = 2$).

Der zugehörige Algorithmus: \longrightarrow

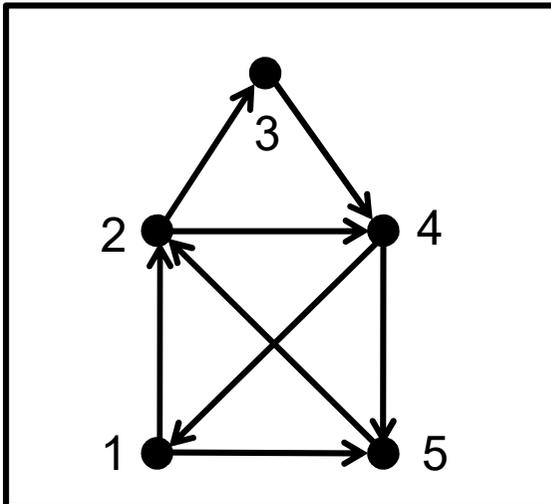
$$\binom{n}{k} = \prod_{i=1}^k \frac{n-k+i}{i} \quad \text{Mit } k = 2 \text{ ergibt sich:} \quad \binom{n}{2} = \prod_{i=1}^2 \frac{n-2+i}{i}$$

$$= \left[\frac{n-2+1}{1} \right] \cdot \left[\frac{n-2+2}{2} \right] = \left[\frac{n-1}{1} \right] \cdot \left[\frac{n}{2} \right] = \frac{n(n-1)}{2}$$

Netzplantechnik, zusammenhängende Graphen:

Netz: Zusammenhängender Graph.
Zwei Knoten sind stets durch mindestens einen Kantenzug miteinander verbunden.

Unikursal, d.h., einzügig durchlaufbare Netze: Die **Kanten** des Netzes werden genau einmal durchlaufen → **Euler-Weg**.

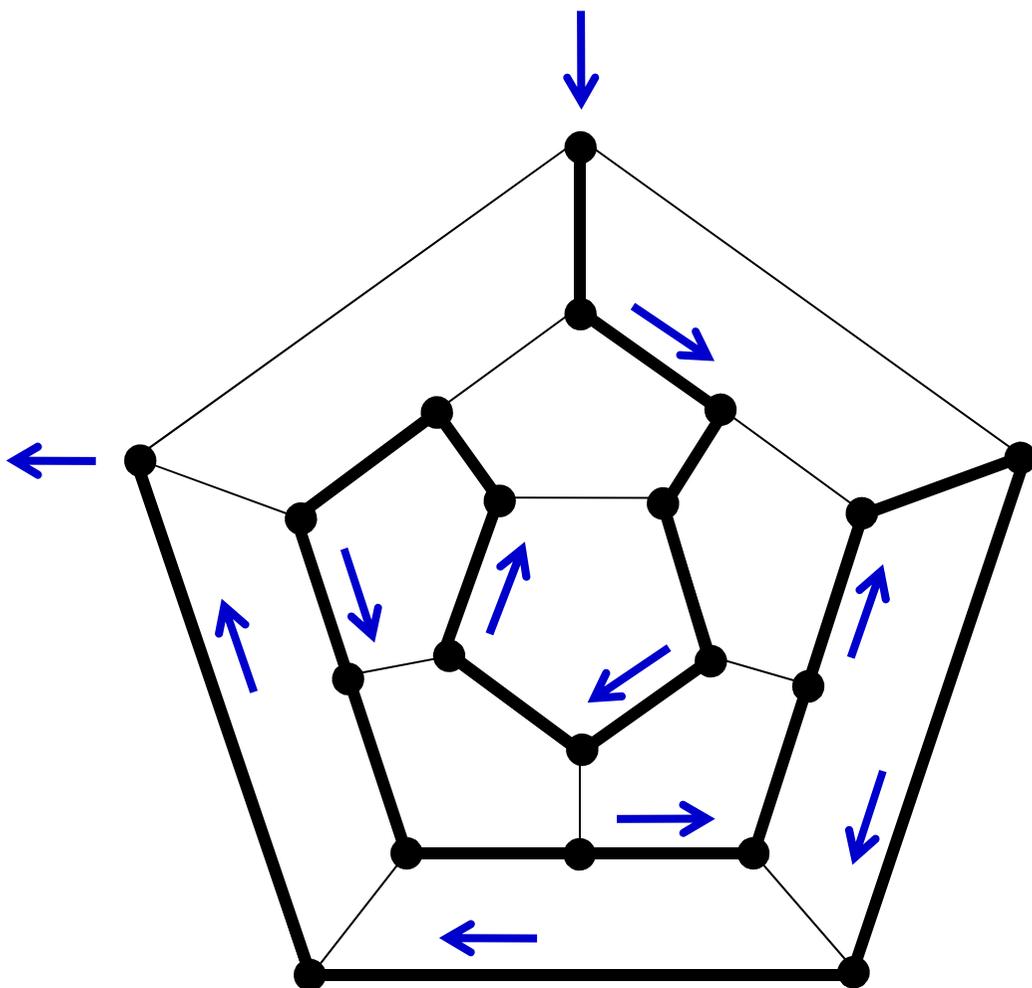


Beispiel, Graph:
5 Knoten, 8 Kanten

Ein möglicher
Euler – Weg:
1,2,3,4,5,2,4,1,5

Netzplantechnik, zusammenhängender Graph:

Zusammenhängender Graph; Zwei Knoten sind stets durch mindestens einen Kantenzug miteinander verbunden:

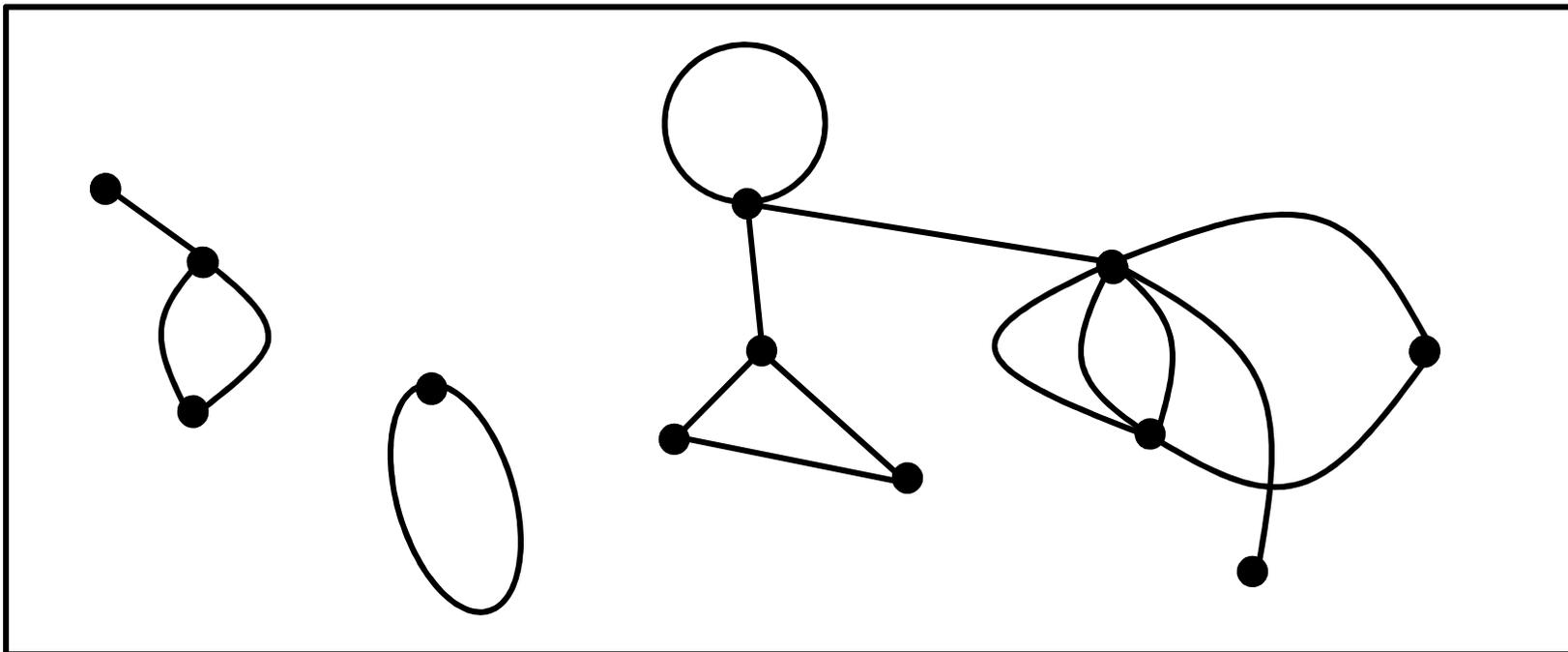


Beispiel, zusammenhängender Graph:
(Dodekaedernetz)
20 Knoten, 25 Kanten

→ „Hamilton-Pfad“:
Die **Ecken** eines
Netzes werden genau
einmal durchlaufen.

Netzplantechnik \longrightarrow **Graph** (Griechisch: γράφειν).

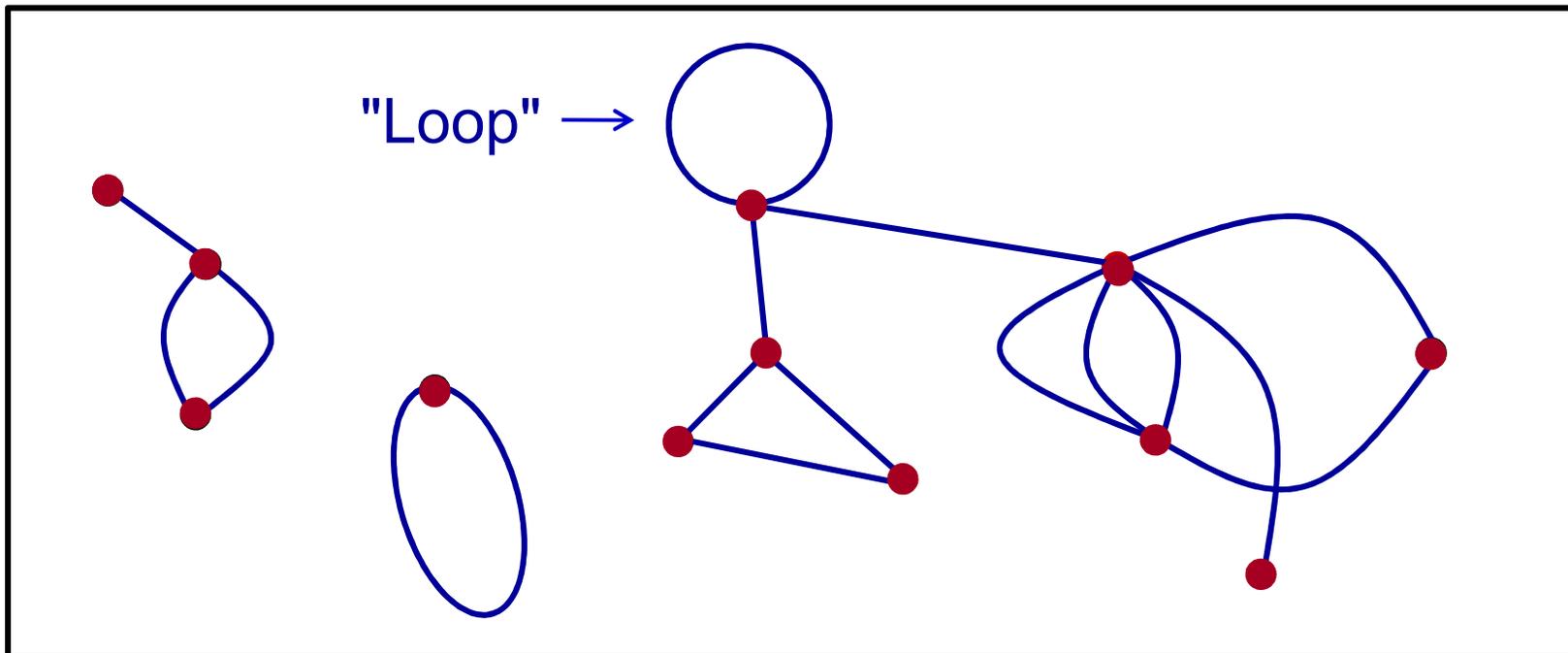
Mathematische **Definition**: Nichtleere Menge von Punkten und eine Menge von Linien, von denen jede zwei Punkte oder einen Punkt mit sich selbst verbindet. Die Punkte heißen **Knoten** (Ecken) und die Linien nennt man **Kanten**.



Beispiel: Graph mit **12 Knoten** und **16 Kanten**.

Netzplantechnik \longrightarrow **Graph** (Griechisch: γράφειν).

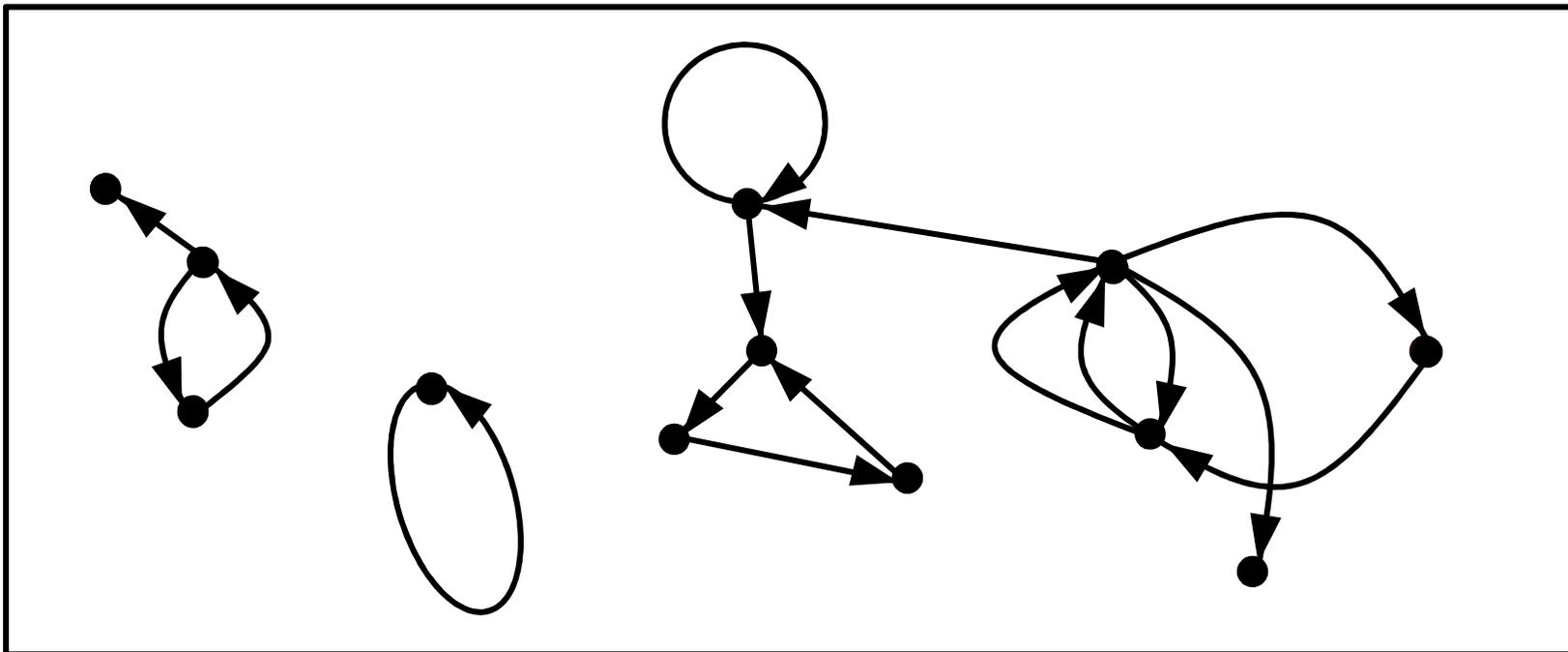
Mathematische **Definition**: Nichtleere Menge von Punkten und eine Menge von Linien, von denen jede zwei Punkte oder einen Punkt mit sich selbst verbindet. Die Punkte heißen **Knoten** (Ecken) und die Linien nennt man **Kanten**.



Beispiel: Graph mit **12 Knoten** und **16 Kanten**.

Netzplantechnik \longrightarrow **Graph** (Griechisch: γράφειν).

Mathematische **Definition**: Nichtleere Menge von Punkten und eine Menge von Linien, von denen jede zwei Punkte oder einen Punkt mit sich selbst verbindet. Die Punkte heißen **Knoten** (Ecken) und die Linien nennt man **Kanten**.



Beispiel: **Gerichteter Graph**: 12 Knoten und 16 Pfade

Netzplantechnik

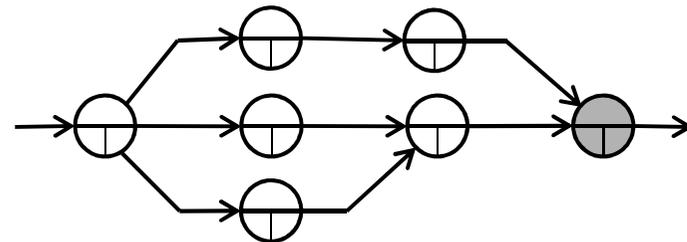
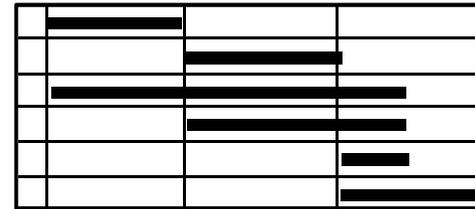
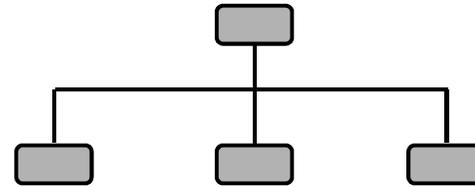
Strukturplan

Grobe Ablaufplanung für wichtige Aufgabenlösungen.

Phasenplan

Feine Ablaufplanung für jedes einzelne Arbeitspaket.

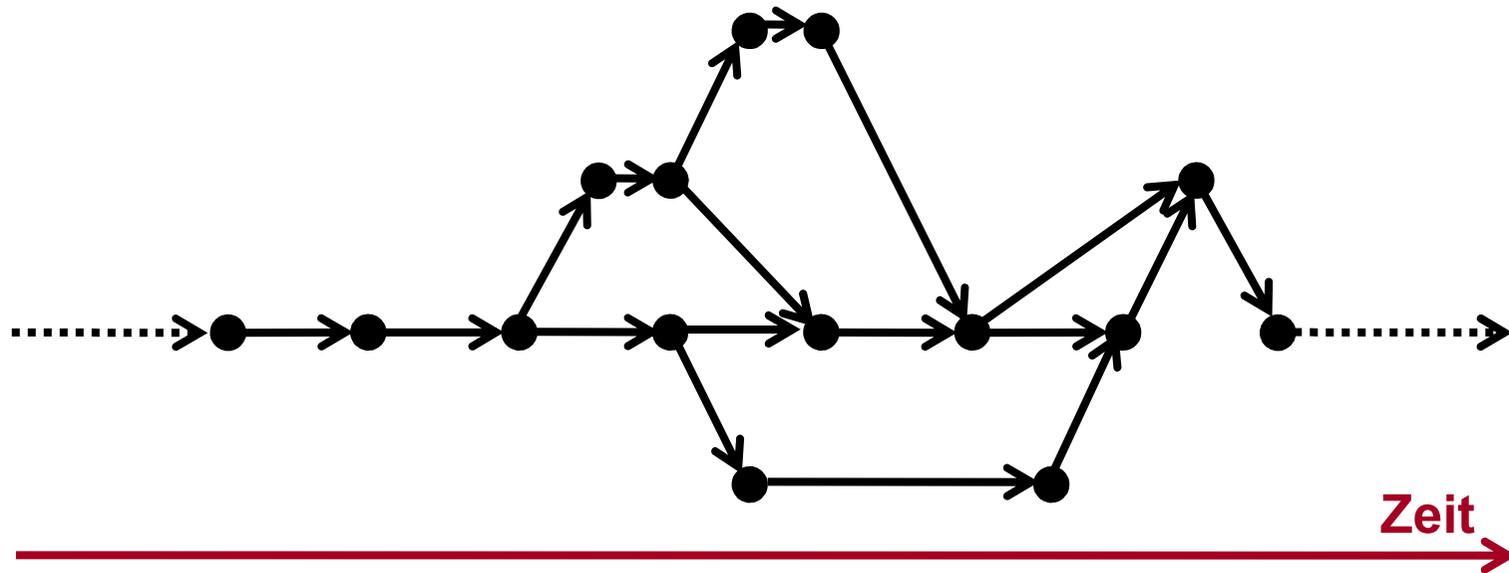
CPM-Netzplan



Netzplan; Zusammenhängender, gerichteter Graph:

Zwei Knoten sind stets durch mindestens einen Pfeil (Ein gerichteter Kantenzug) miteinander verbunden.

Unikursal, d.h., einzüigig zu durchlaufende Netze:
Die **Pfade** des Netzes werden genau einmal in der vorgegebenen Richtung durchlaufen.
Das Netz enthält **keine** in sich geschlossenen (Endlos)Schleifen.



Netzplantechnik → (MPM, PERT, CPM), Elemente:

Elemente



Vorgänge

Ereignisse

Vorgang



(Zeitspanne, ggf. Periode)

- **Vorgang**

Zeitverbrauchendes Geschehen mit definiertem Anfang und definiertem Ende (Beinhaltet einen Zeitraum).

→ Häufig: *Durchführung* der Lösung einer Aufgabe.

Netzplantechnik → (MPM, PERT, CPM), Elemente:

Elemente



Vorgänge

Ereignisse

Ereignis



(Zeitpunkt, „Deadline“)

- Ereignis

Zeitpunkt, in dem ein definierter Zustand im Projekt-
ablauf erreicht wird.

→ Beispiel: Start oder Ende einer Aufgabenlösung.

→ Beispiel: Erreichen eines definierten Meilensteins.

Netzplantechnik: **Eingaben von Basisdaten, Informationen.**

Die Netzplantechnik verarbeitet systematisch die Antworten auf folgende, zeitbezogene Fragen:



- Wann kann man **frühestens** mit einem definierten Vorgang beginnen? (**FA, frühester Anfang**)

- Wann muss man **spätestens** mit einem definierten Vorgang beginnen? (**SA, spätester Anfang**)

Netzplantechnik: **Eingaben von Basisdaten, Informationen.**

Die Netzplantechnik verarbeitet systematisch die Antworten auf folgende, zeitbezogene Fragen:



- Wann kann man **frühestens** mit einem definierten Vorgang fertig sein? (**FE, frühestes Ende**)

- Wann muss man **spätestens** mit einem definierten Vorgang fertig sein? (**SE, spätestes Ende**)

Netzplantechnik: **Eingaben von Basisdaten, Informationen.**

Die Netzplantechnik verarbeitet systematisch die Antworten auf folgende, zeitbezogene Fragen:



- Welche Einzelvorgänge haben dadurch eine **Zeitlastizität (Pufferzeit)**, dass **SE-FE \neq 0** ist?

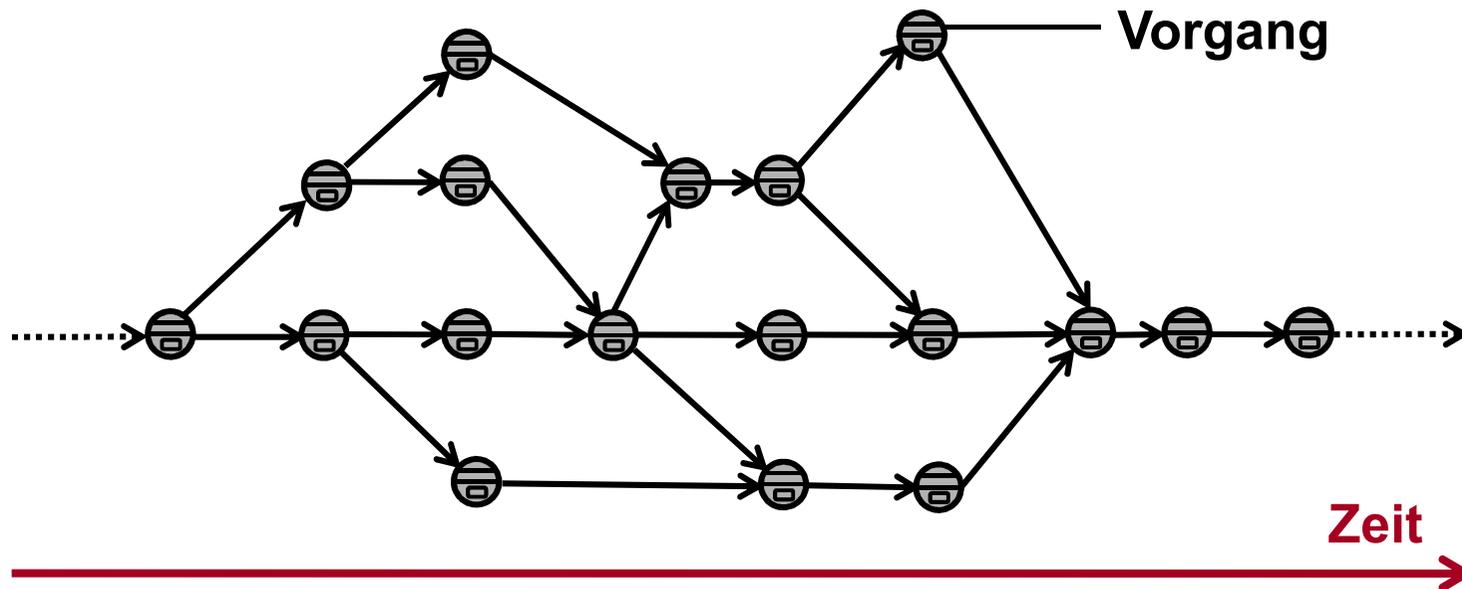
- Welche Einzelvorgänge **ohne Zeitlastizität (SE-FE=0)** beeinflussen bei Verzug den Endtermin?

- Wie groß ist der **zeitliche Spielraum** (Gesamtpuffer) in dem Projekt?

Netzplantechnik → Methoden:

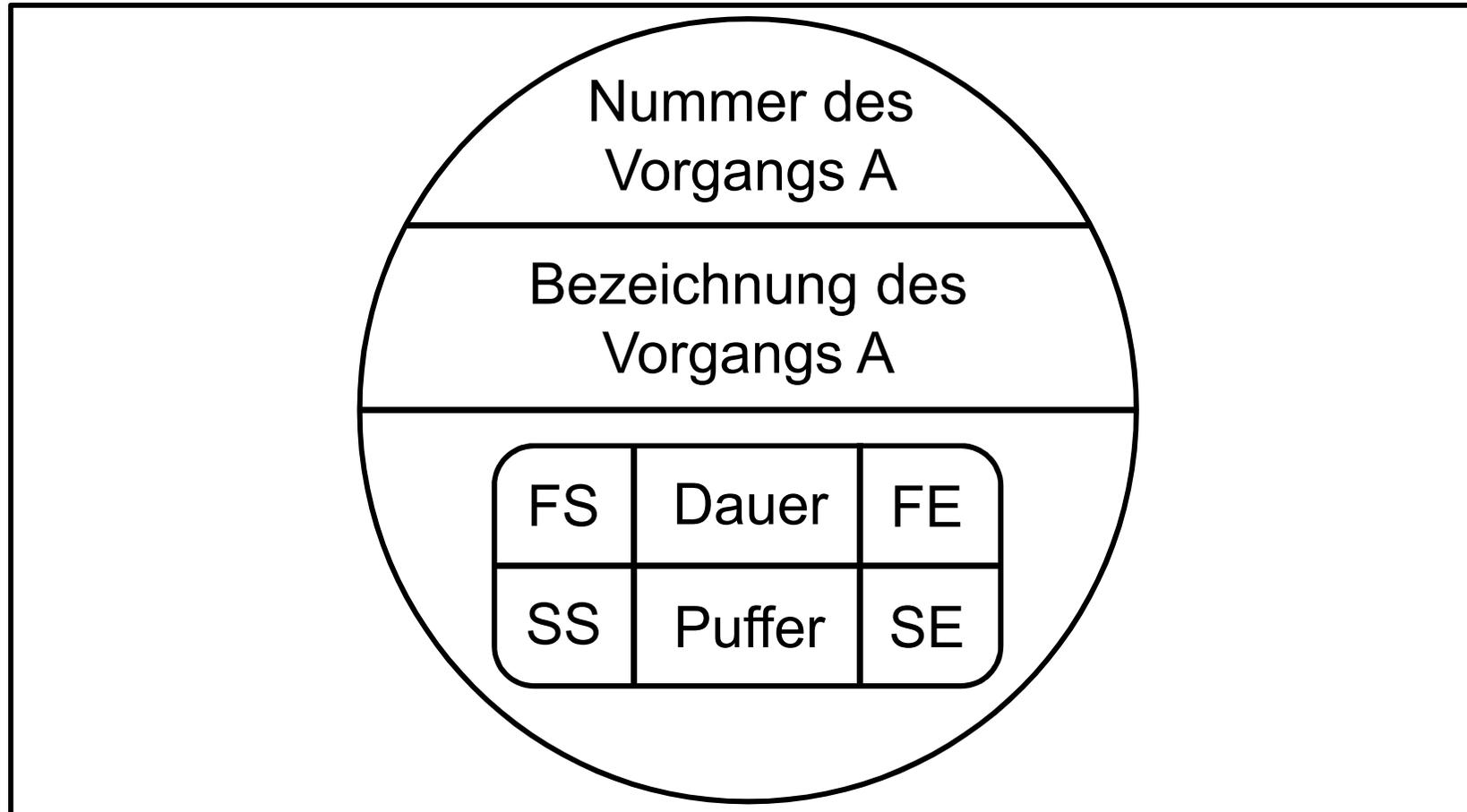
Der **vorgangsorientierte** Netzplan beinhaltet alle Vorgänge im Projekt, deren Verknüpfungsweisen und zeitliche Abfolgen.

Vorgangsknoten-Netzplan, MPM (Metra-Potential-Method):
Die einzelnen Vorgänge ☉ erscheinen als Knoten im Netz.
Die Anordnungsbeziehungen: Veranschaulicht durch Pfeile (→).



Netzplantechnik

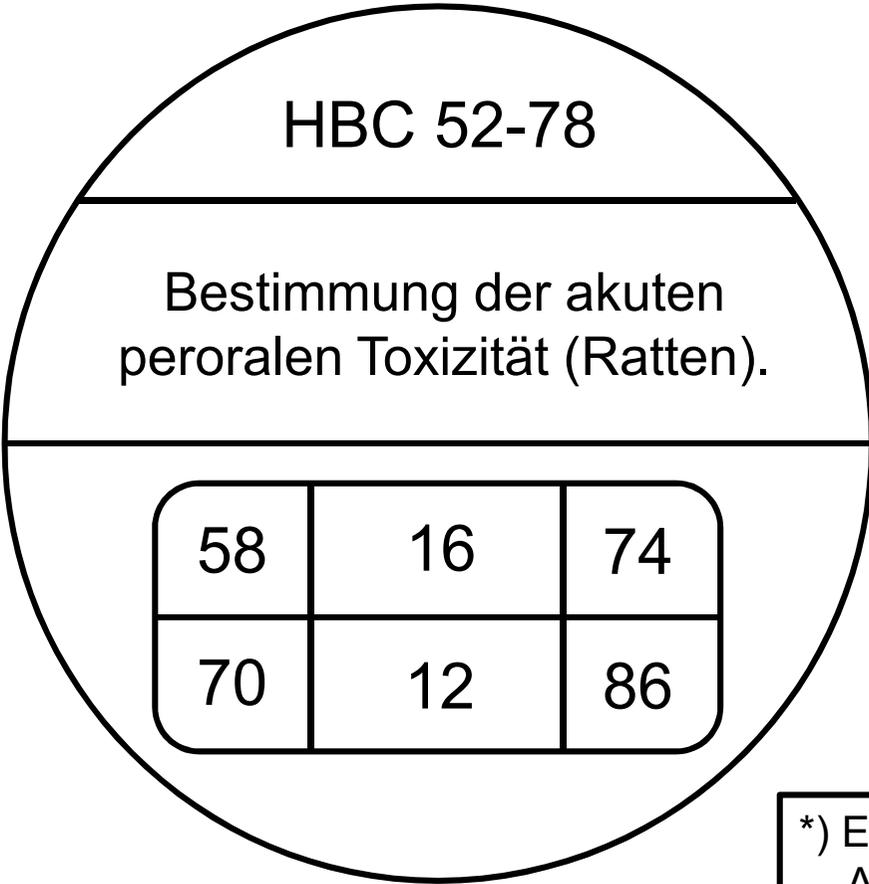
Durchführung Arbeitspaket → Vorgang: A.



[FS: Frühester Starttermin; SS: Spätester Starttermin.
FE: Frühester Endtermin; SE: Spätester Endtermin.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA*):

Beispiel P1



*) European Chemicals Agency, Helsinki

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.]
[FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1

HBC 52-79

Bestimmung der Ätz- bzw.
Reizwirkung (In vitro-Tests
mit humanen Keratinozyten*).

86	03	89
88	02	91

*) Hornhaut-Zellen

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1

HBC 52-80

Bestimmung der Hautsensibilisierung (Lokaler Lymphknotentest, LLNA*), an Mäusen.

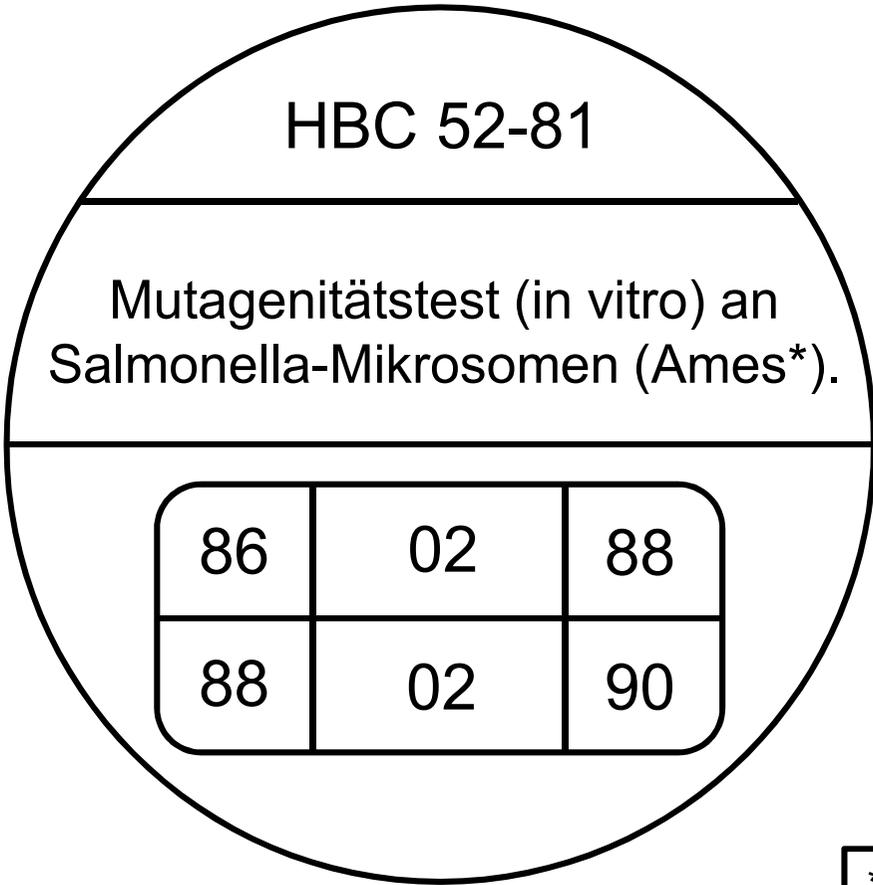
86	05	91
88	02	93

*) Local Lymph Node Assay

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1



*) Nach Bruce Ames

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.]
[FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1

HBC 52-82

Akute aquatische Toxizität an
Grünalgen (Selenastrum) und
Planktonkrebse (Daphnia*).

86	01	87
88	02	89

*) Wasserflöhe

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1

HBC 52-83

Basisdaten zum biologischen
Abbauverhalten ermitteln
(Metaboliten, Öko-Persistenz).

86	60	146
88	02	148

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1

HBC 52-84

Messung von Stoffkenndaten
(Fp, Ts; Dichte ρ ; Dampfdruck P;
Verteilungskoeffizient p im System
Octanol/Wasser: $p = C_{\text{Octanol}} / C_{\text{Wasser}}$).

86	01	87
88	02	89

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

Beispiel P1

HBC 52-85

Messung von Sicherheitsdaten
(Flammpunkt, Selbstentzündungs-
temperatur, Entzündlichkeit, Explosi-
onsfähigkeit, Brandförderung).

86	10	96
88	02	98

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]

Vorgang zu „A 21 - HBC 52“ (Registrierung, ECHA):

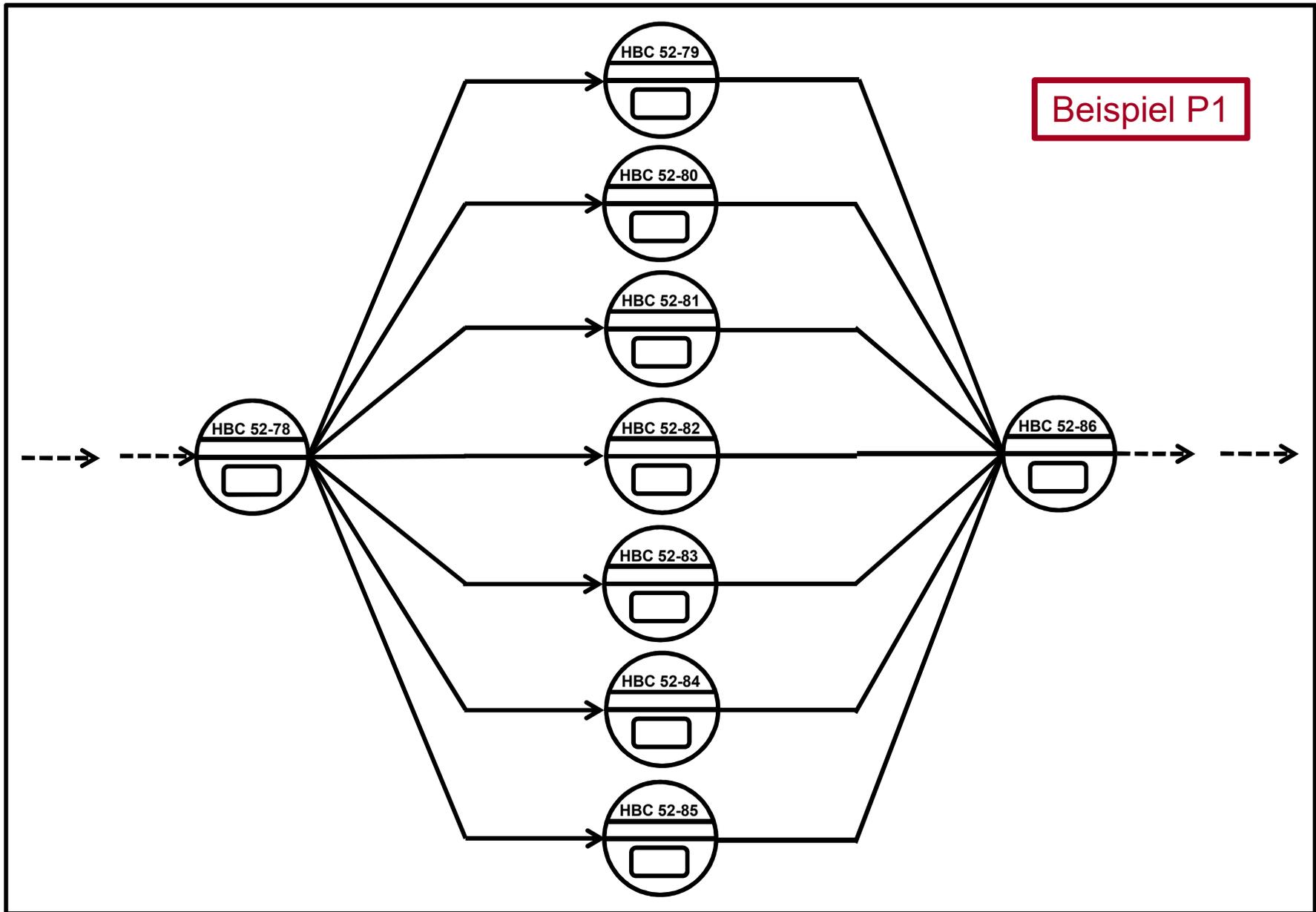
Beispiel P1

HBC 52-86

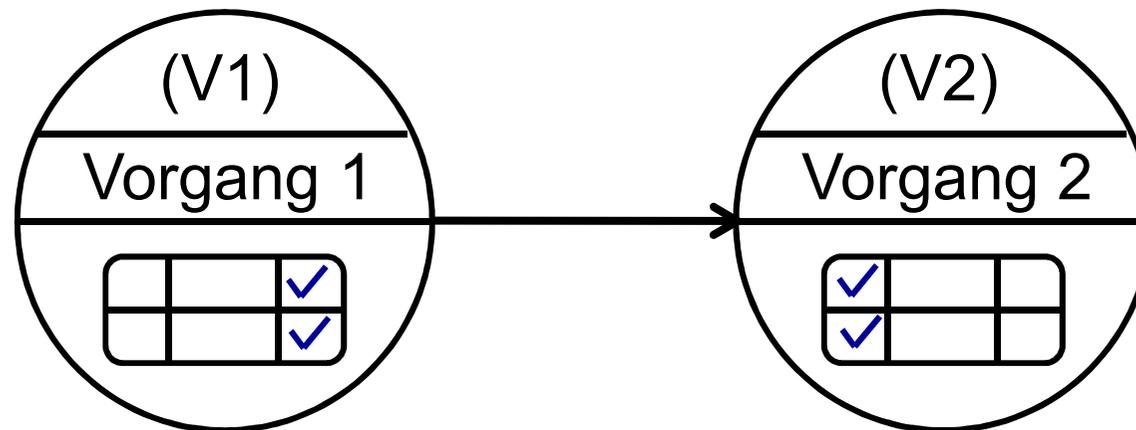
Auswertung und Erstellung des REACH-Teildossiers (Artikel 10, aus „**R**egistration, **E**valuation and **A**uthorization of **C**hemicals“).

148	30	178
148	00	178

[FS: Arbeitstag im Jahr 2021; SS: Arbeitstag im Jahr 2021.
FE: Arbeitstag im Jahr 2021; SE: Arbeitstag im Jahr 2021.]



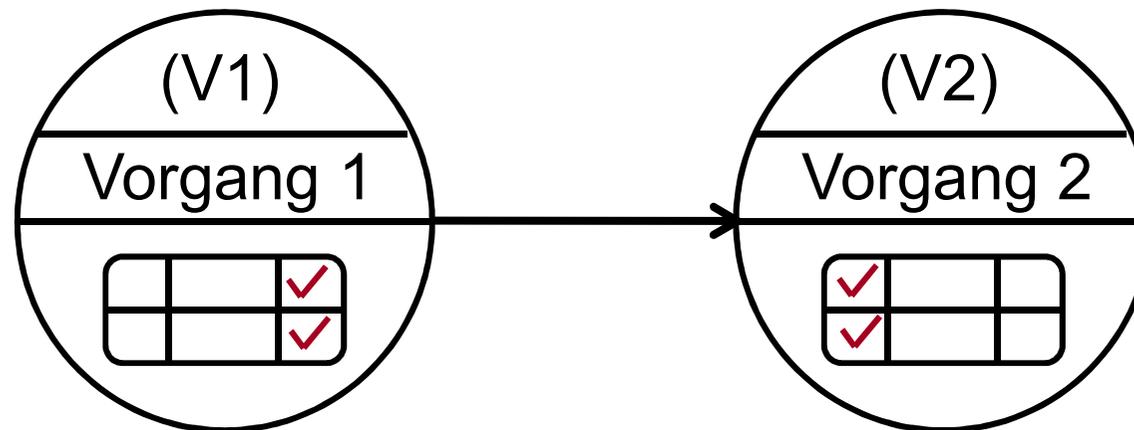
MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen: Normalfolge (Ende-Anfang-Beziehung, DIN 69900).



V1 muss beendet sein,
bevor V2 beginnen kann!

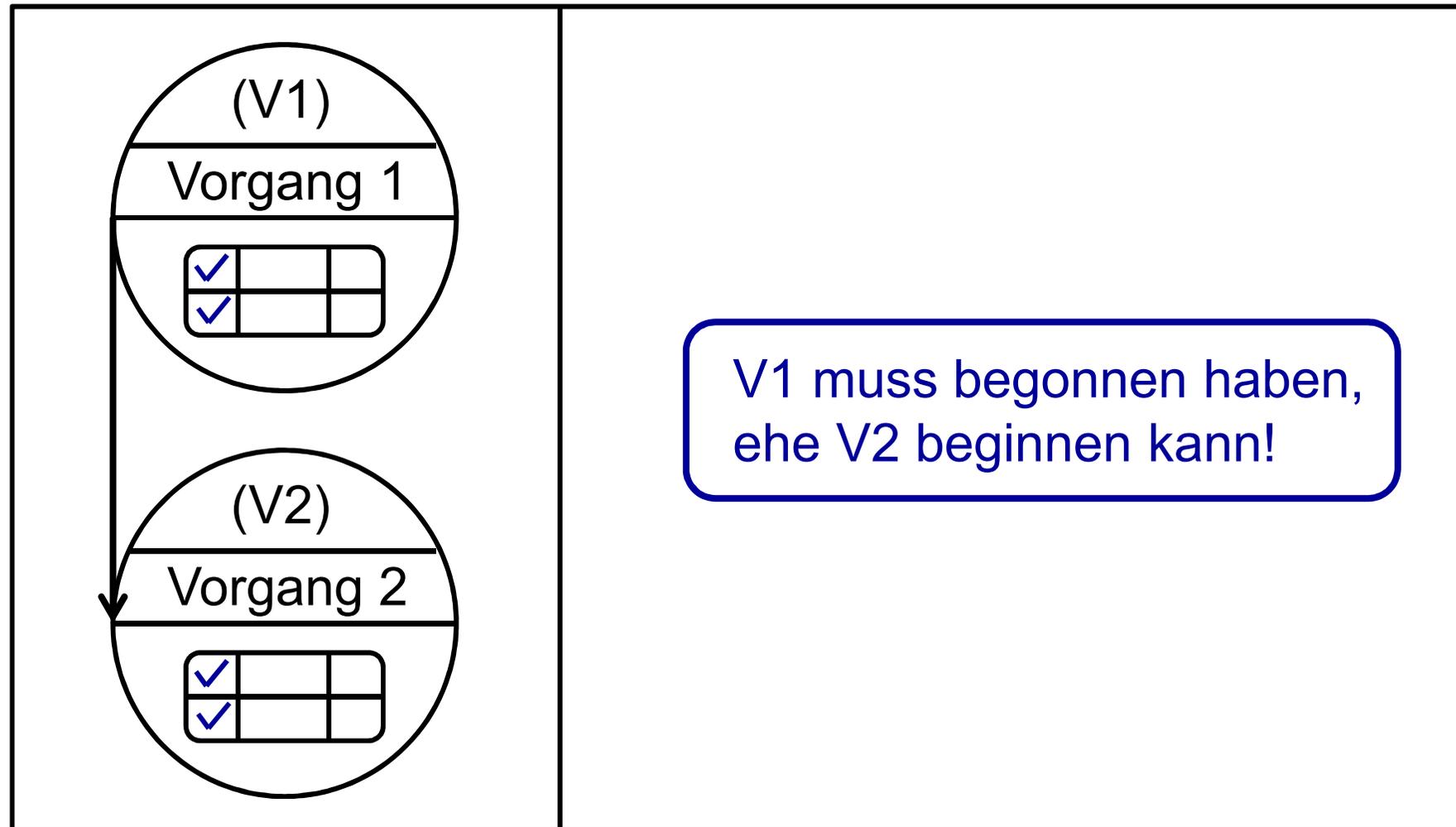
MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen: Normalfolge (Ende-Anfang-Beziehung).

Beispiel



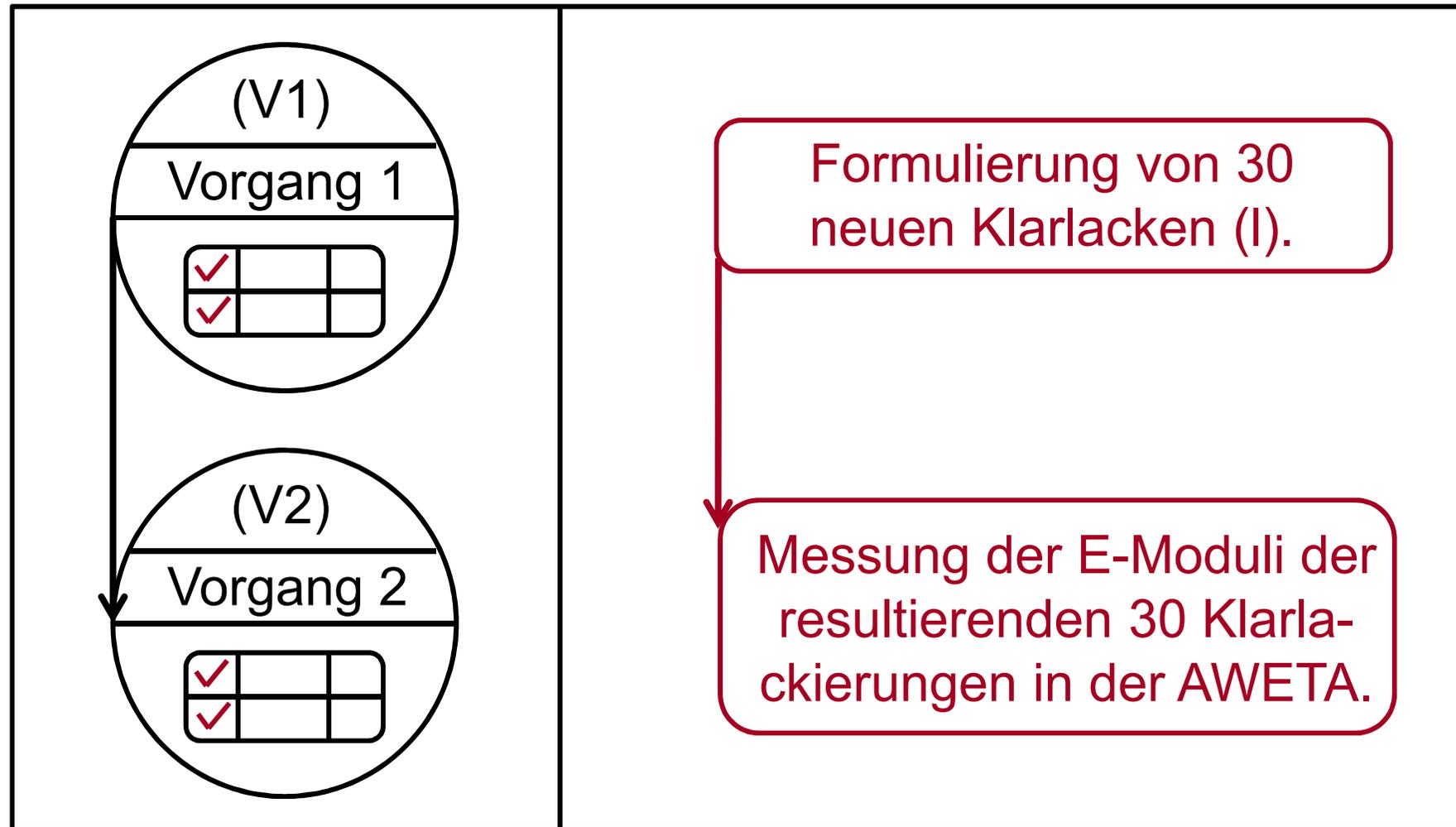
20-stufige Synthese eines Naturstoffmoleküls (Nicht konvergent/divergent): Erst wenn die Synthesestufe 17 im Labor vollständig beendet ist, kann mit der Synthesestufe 18 begonnen werden.

**MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen:
Anfangsfolge (Anfang-Anfang-Beziehung, DIN 69900).**

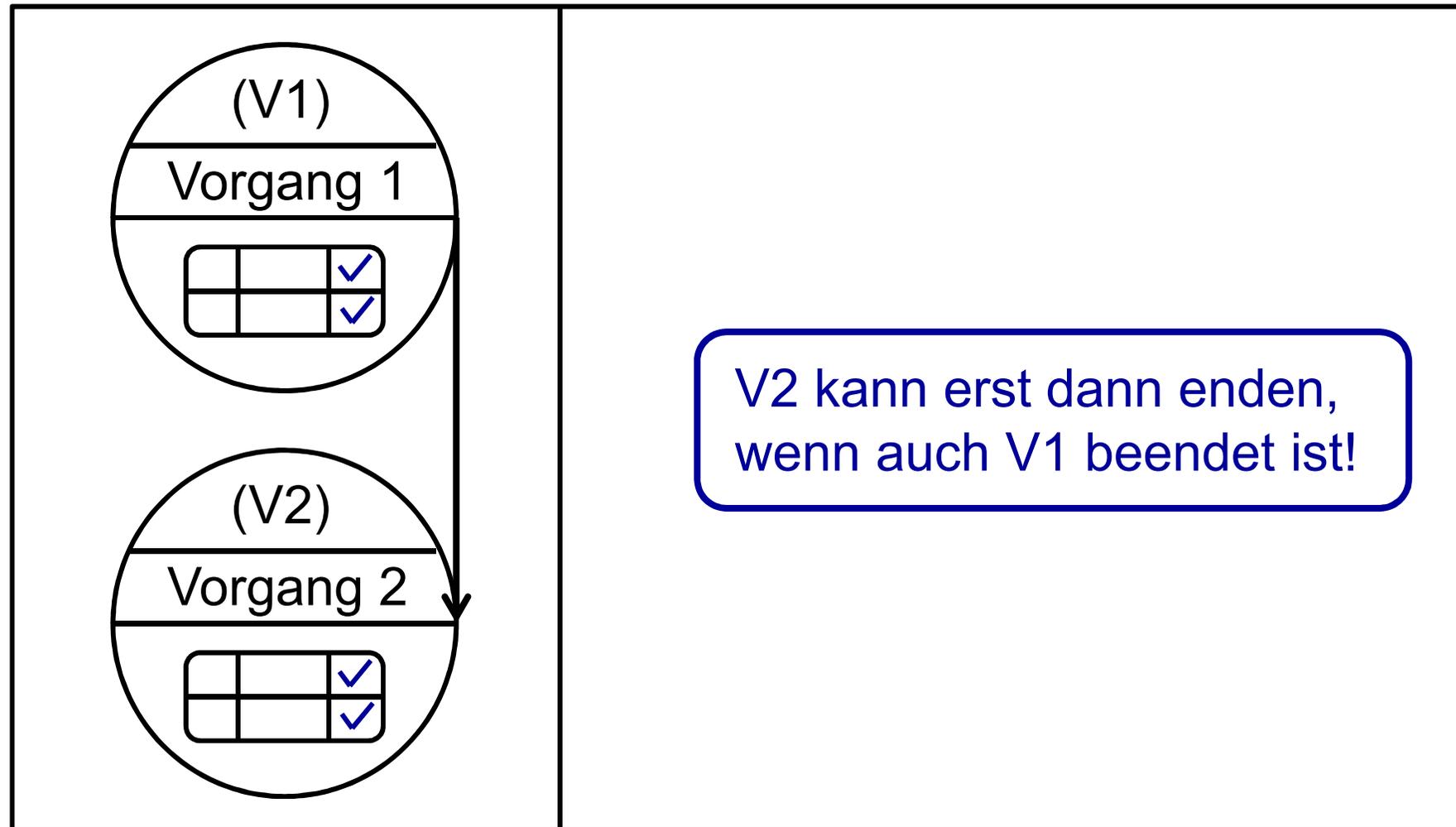


**MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen:
Anfangsfolge (Anfang-Anfang-Beziehung).**

Beispiel

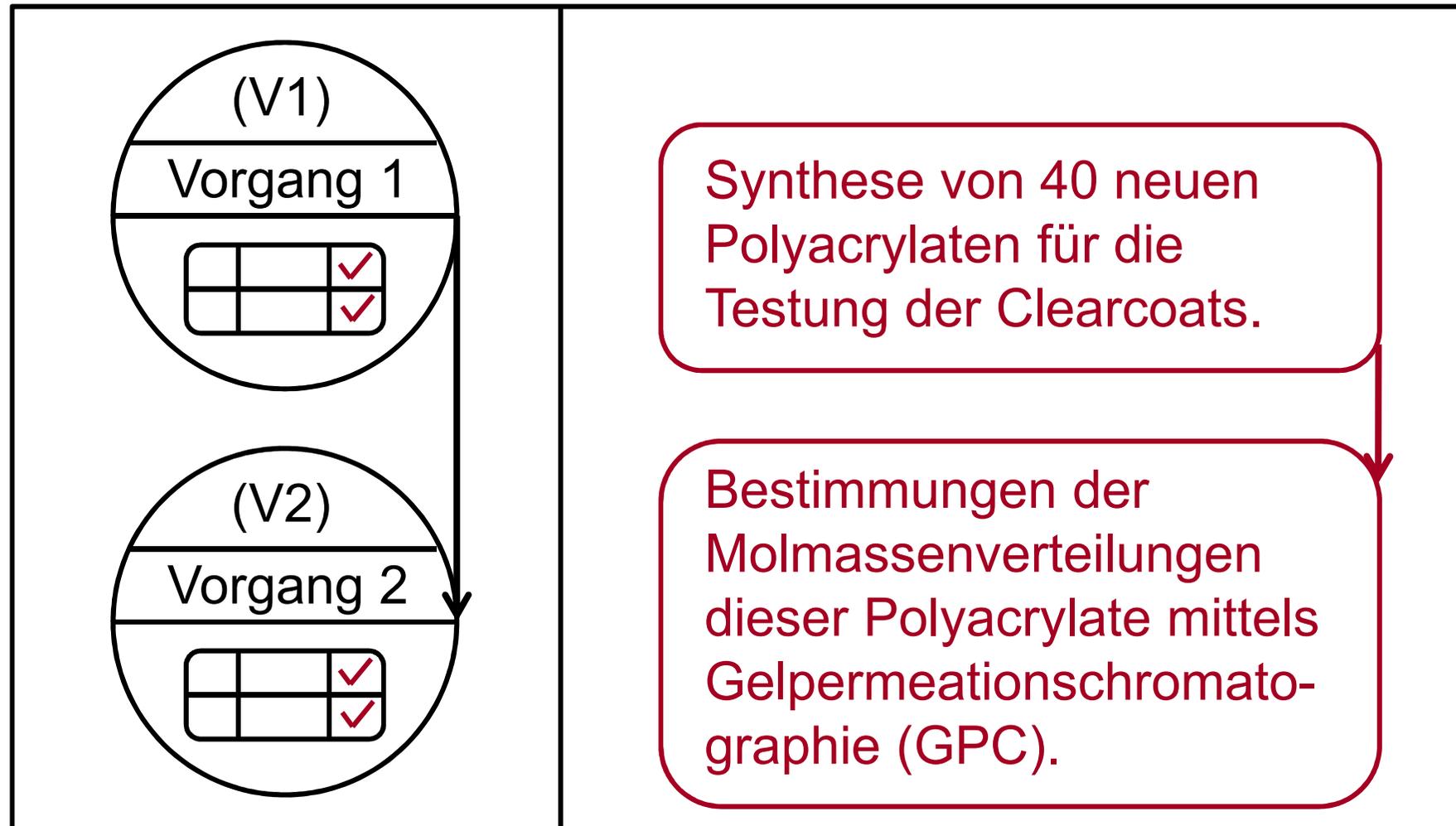


**MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen:
Endfolge (Ende-Ende-Beziehung, DIN 69900).**

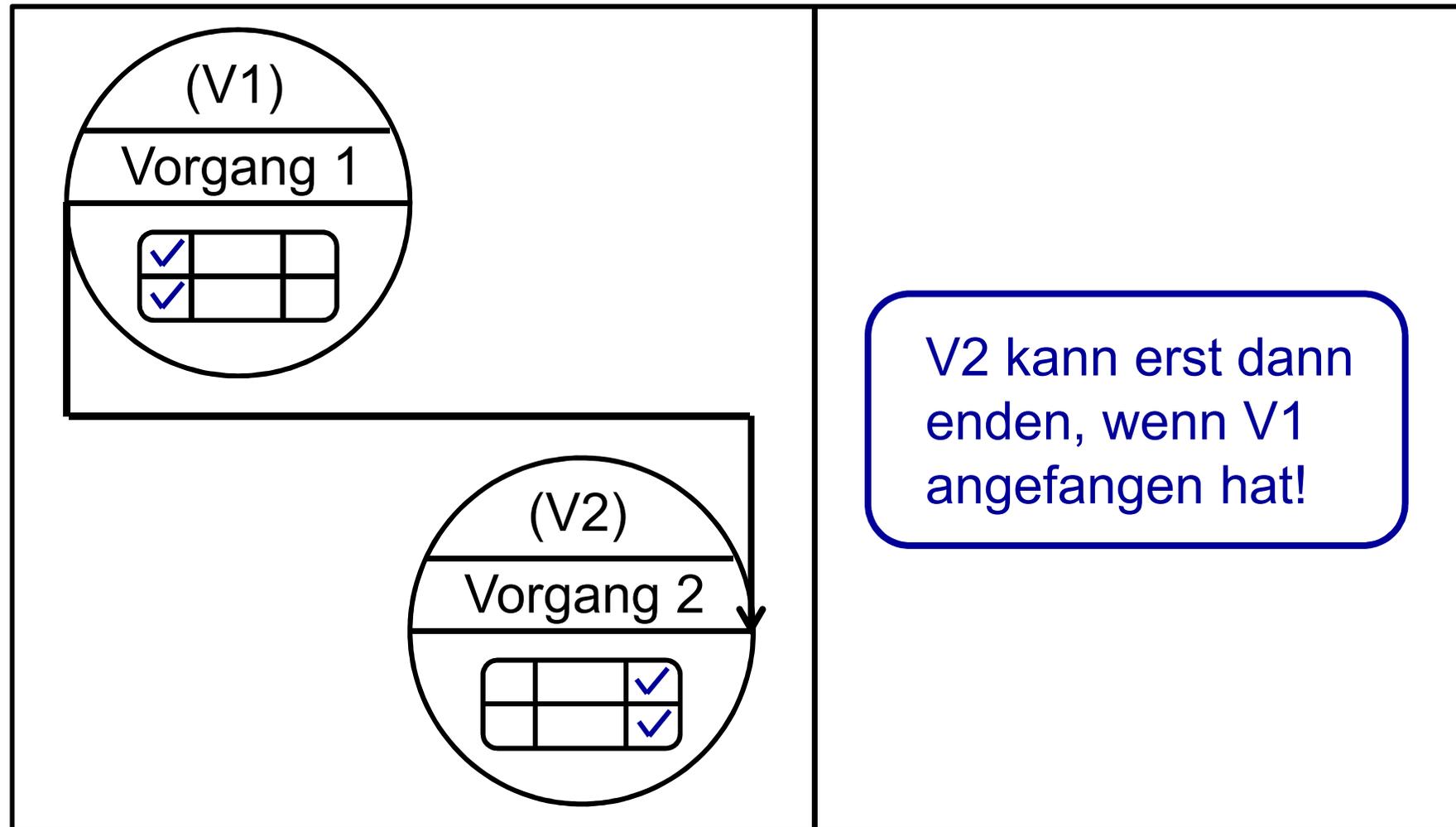


MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen: Endfolge (Ende-Ende-Beziehung).

Beispiel

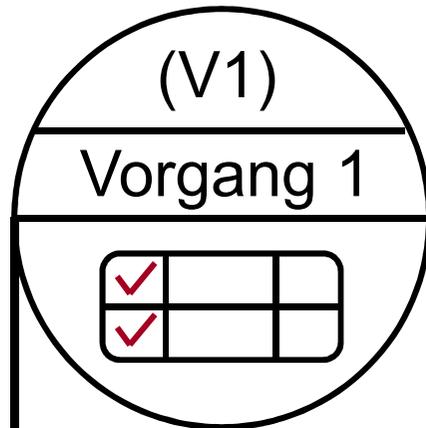


**MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen:
Sprungfolge (Anfang-Ende-Beziehung, DIN 69900).**

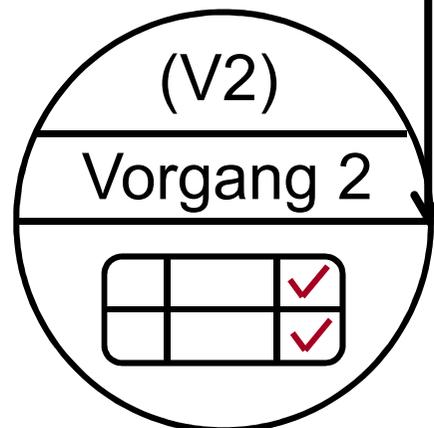


MPM-Netzplan, Anordnungsbeziehungen: Sprungfolge (Anfang-Ende-Beziehung).

Beispiel



Eigene Synthese
dieses Wirkstoffs im
fertig umgebautem,
eigenem Technikum.

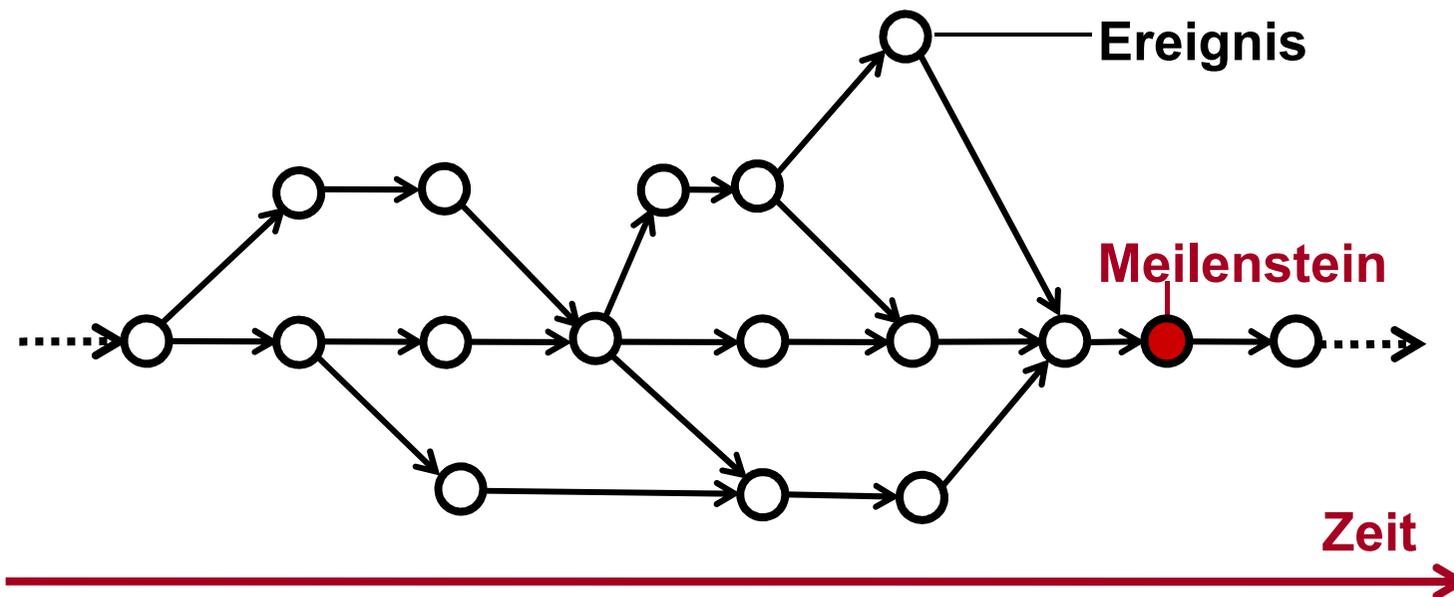


Auftragssynthese
eines Wirkstoffs
(100 kg-Chargen)
per Lohnfertigung.

Netzplantechnik → Netzplantypen:

Der **ereignisorientierte** Netzplan beinhaltet alle Ereignisse (Termine) im Projekt, deren Anordnungsbeziehungen und zeitlichen Abfolgen.

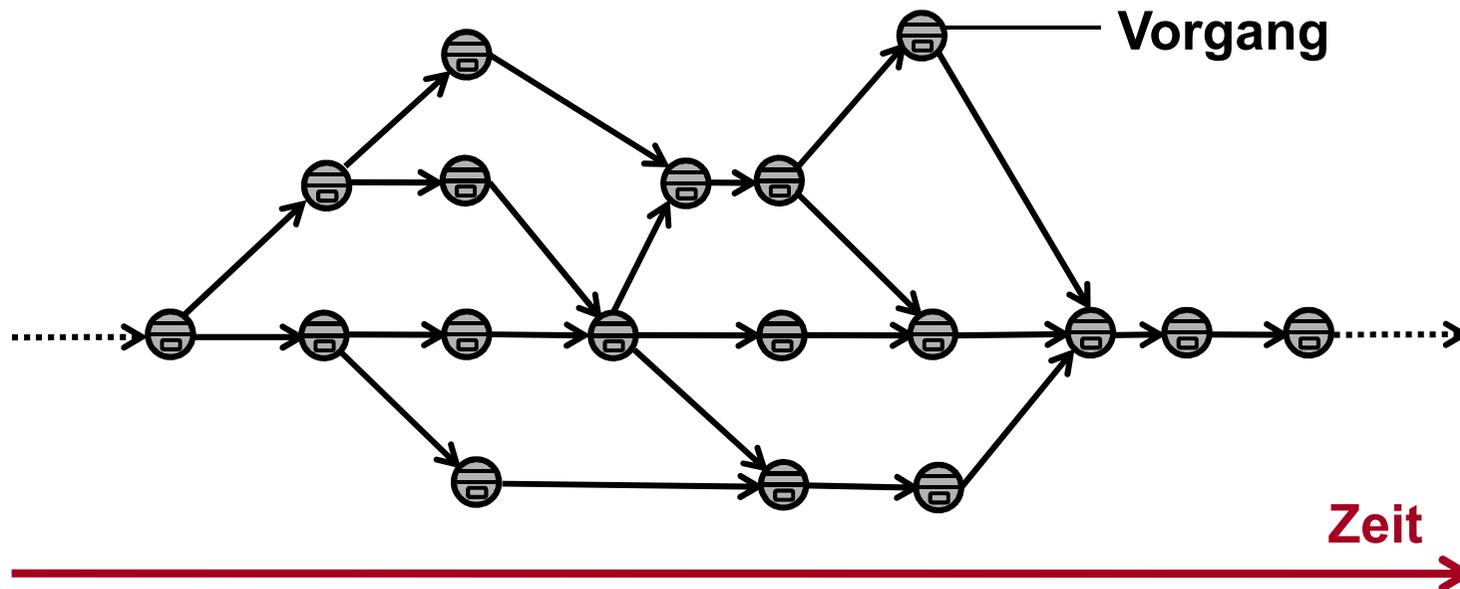
Ereignisknoten-Netzplan, PERT (Program Evaluation and Review Technique): Die Ereigniszeitpunkte werden mit Knoten dargestellt ○. Die Anordnungsbeziehungen: Per Pfeile (→).



Netzplantechnik → Netzplantypen:

Der **vorgangsorientierte** Netzplan beinhaltet alle Vorgänge im Projekt, deren Verknüpfungsweisen und zeitliche Abfolgen.

Vorgangsknoten-Netzplan, MPM (Metra-Potential-Method):
Die einzelnen Vorgänge ☉ erscheinen als Knoten im Netz.
Die Anordnungsbeziehungen: Veranschaulicht durch Pfeile (→).

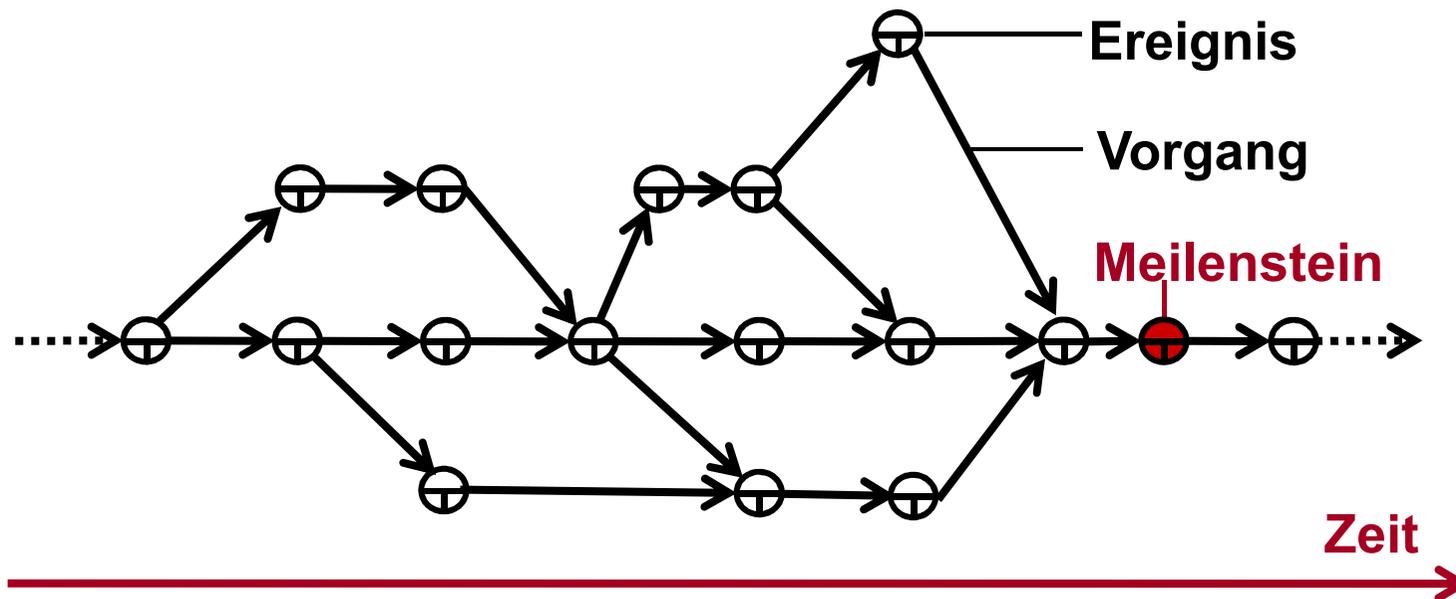


Netzplantechnik → Netzplantypen:

Der **vorgangsorientierte** Netzplan beinhaltet alle Vorgänge im Projekt, deren Verknüpfungsweisen und zeitliche Abfolgen.

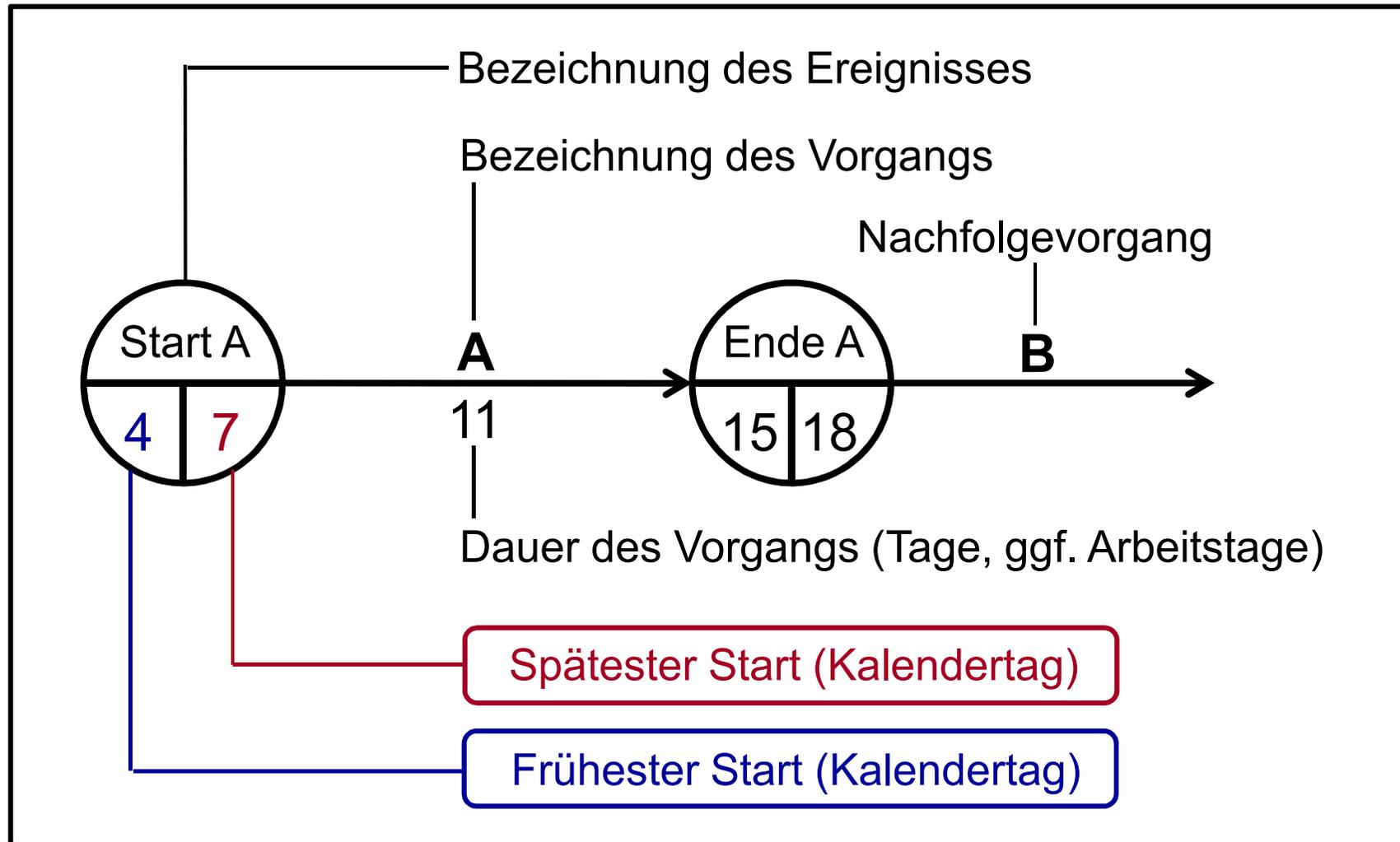
Vorgangspfeil-Netzplan, CPM ("Critical Path Method"):

Alle Vorgänge (Ausführung von Arbeitspaketen) erscheinen als Pfeile (→), alle Ereigniszeitpunkte werden per Knoten ⊕ dargestellt.



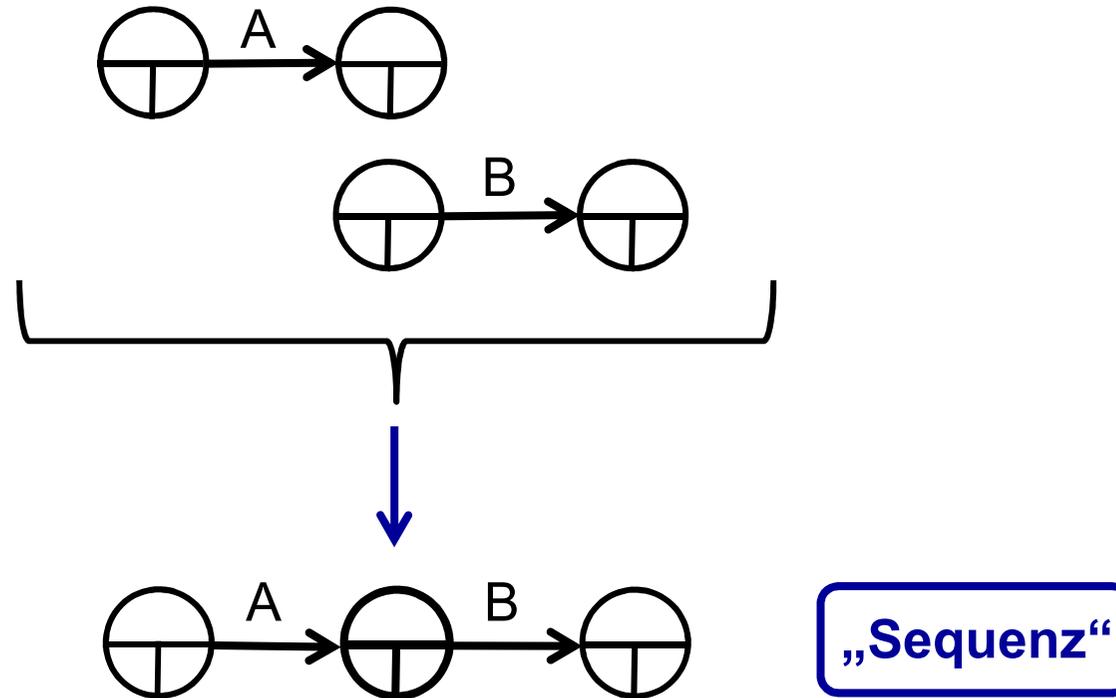
Netzplantechnik → Critical Path Method.

Graphische Darstellung eines Vorgangs A: →



Netzplantechnik → Critical Path Method.

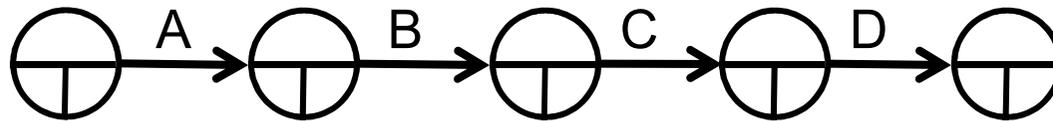
Vorgangspfeilnetzplan, CPM, "Critical Path Method" Konstruktionsregeln, Abhängigkeiten der Vorgänge:



Konvention: Das Endereignis eines Vorgangs fällt mit dem Anfangsereignis des unmittelbaren Nachfolgers zusammen.

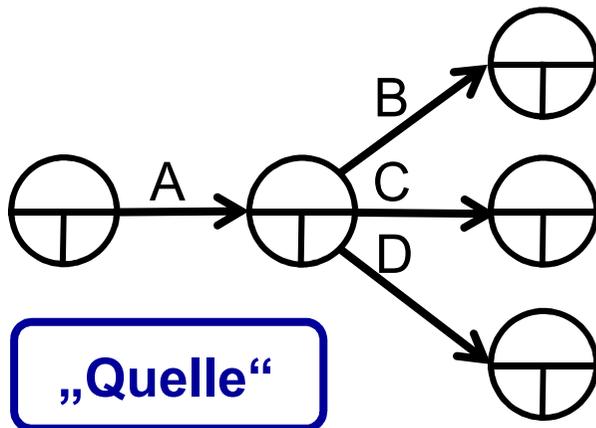
Netzplantechnik → Critical Path Method.

Vorgangspfeilnetzplan, CPM, "Critical Path Method" Konstruktionsregeln, Abhängigkeiten der Vorgänge:



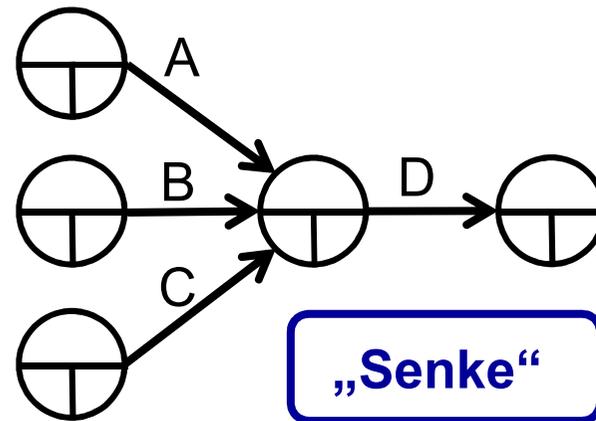
„Sequenz“

Aufeinander folgende Vorgänge A, B, C, D.



„Quelle“

Der Endpunkt von A ist der
Anfangspunkt von B, C und D.

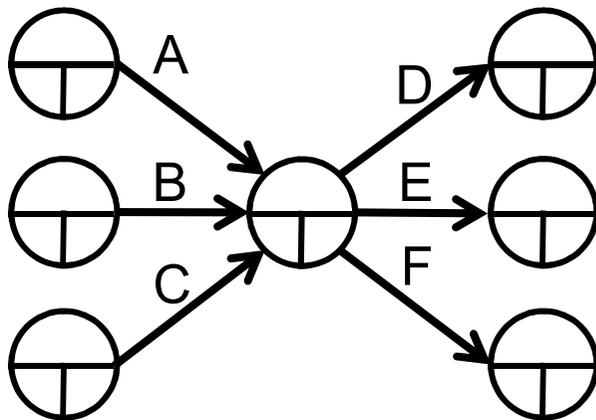


„Senke“

Der Anfangspunkt von D ist
der Endpunkt von A, B und C.

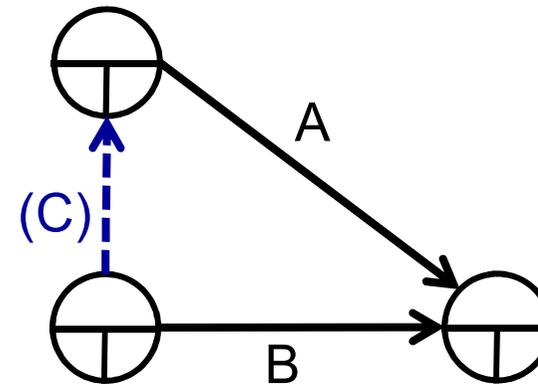
Netzplantechnik → Critical Path Method.

Vorgangspfeilnetzplan, CPM, "Critical Path Method" Konstruktionsregeln, Abhängigkeiten der Vorgänge:



„Sammelereignis“

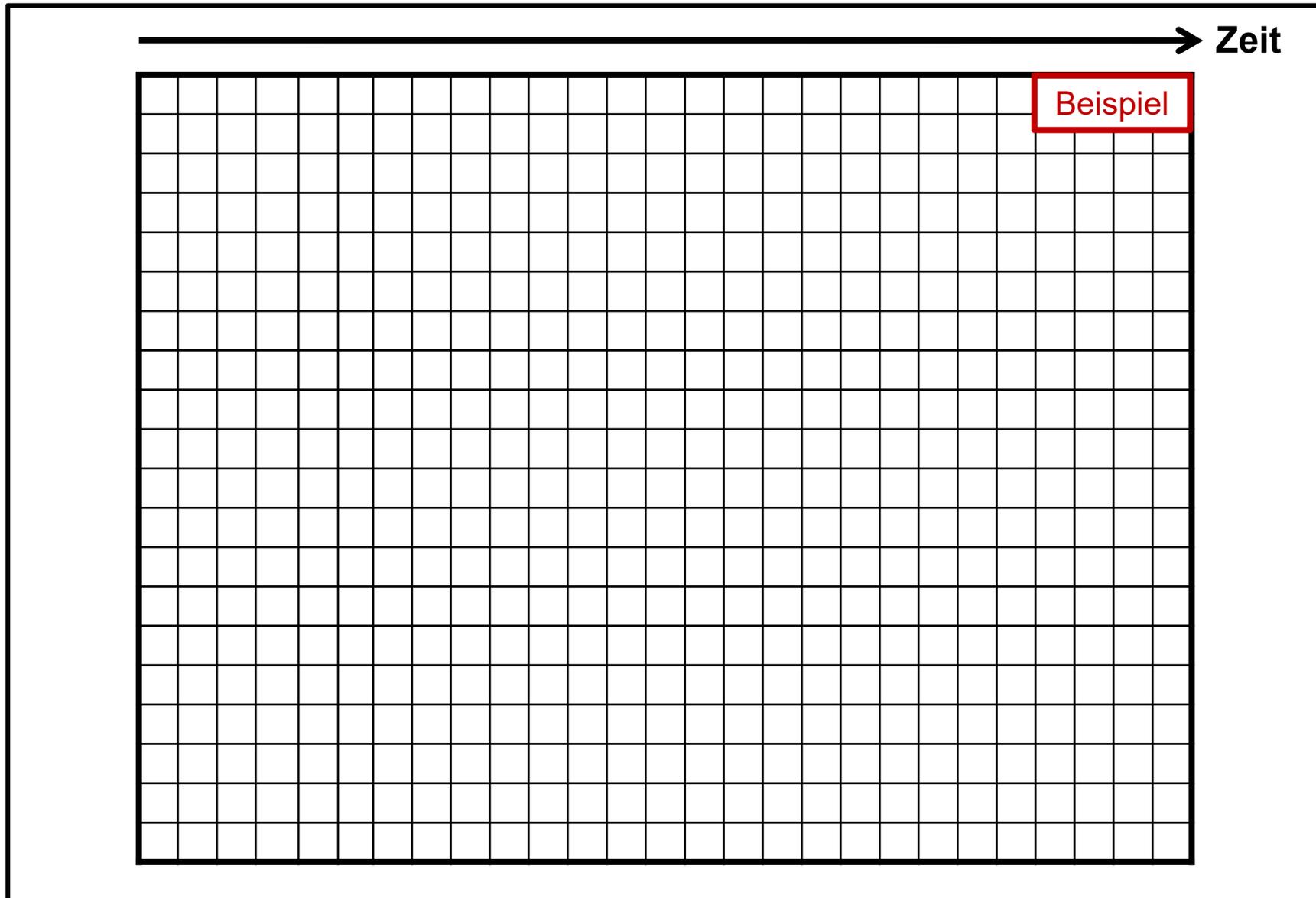
Der Endpunkt von A, B und C ist der Anfangspunkt von D, E, und F.



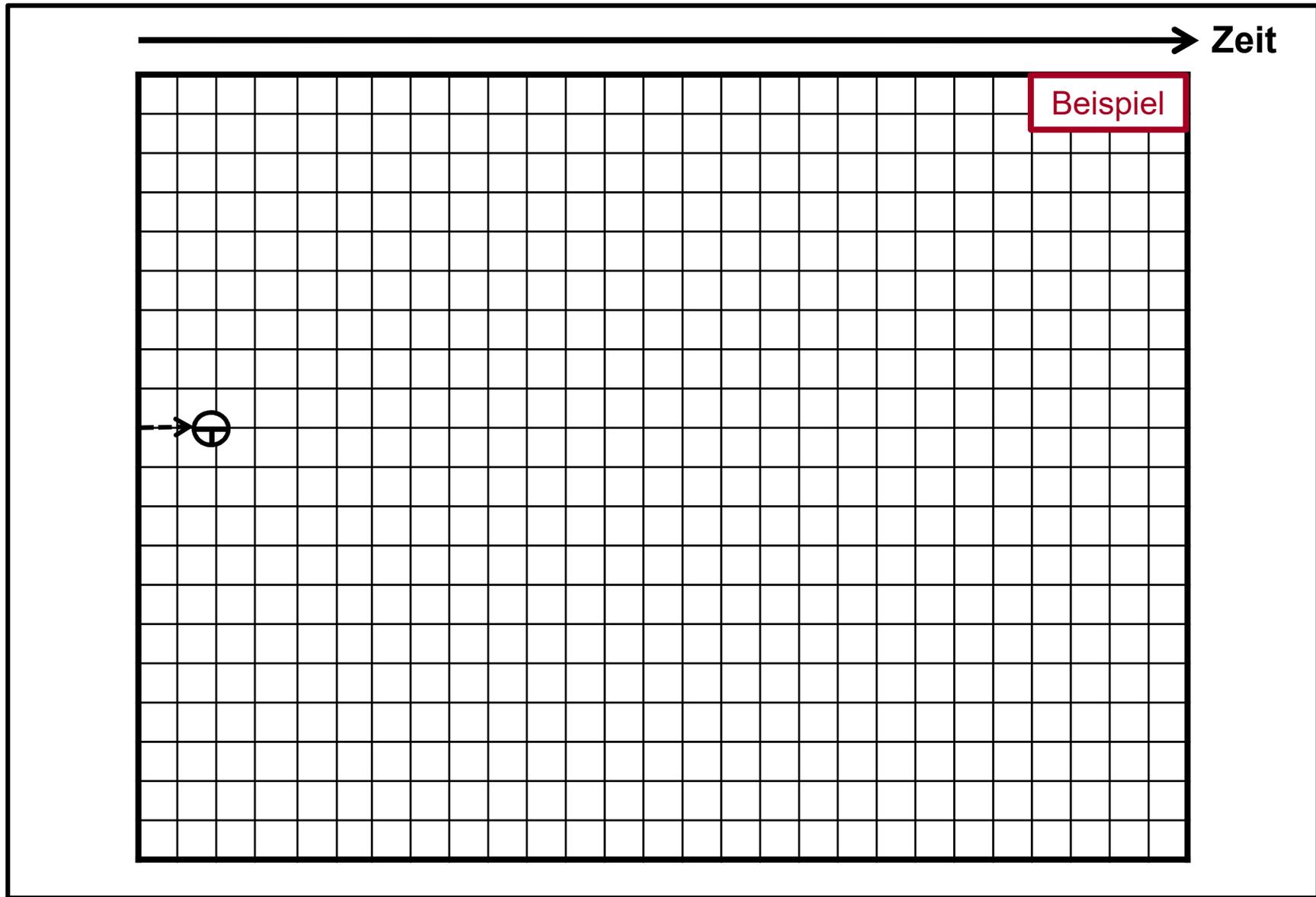
Scheinvorgang C
Zeitdauer = 0 !

A und B sind verschiedene Vorgänge und laufen gleichzeitig. Symbol: 

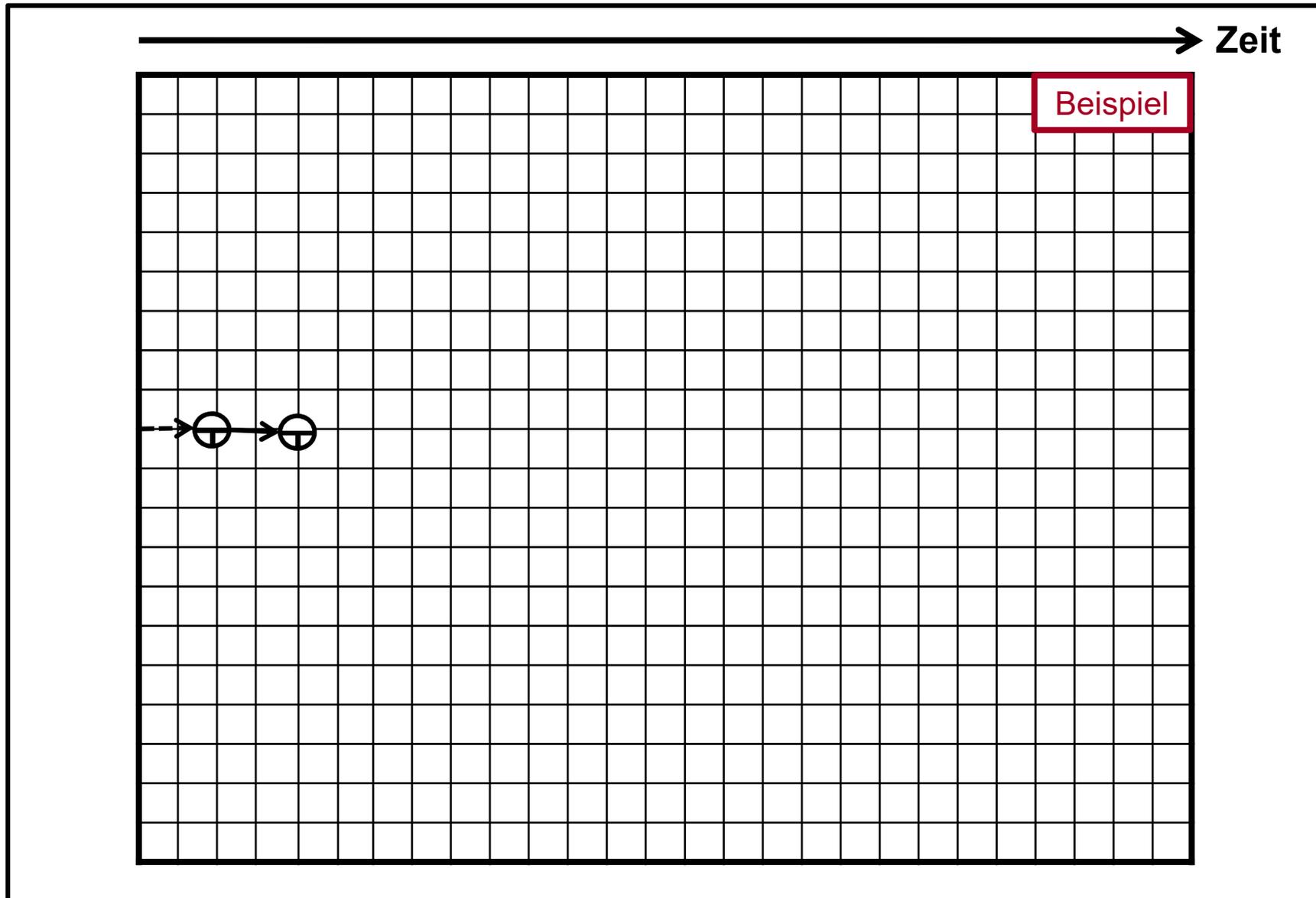
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



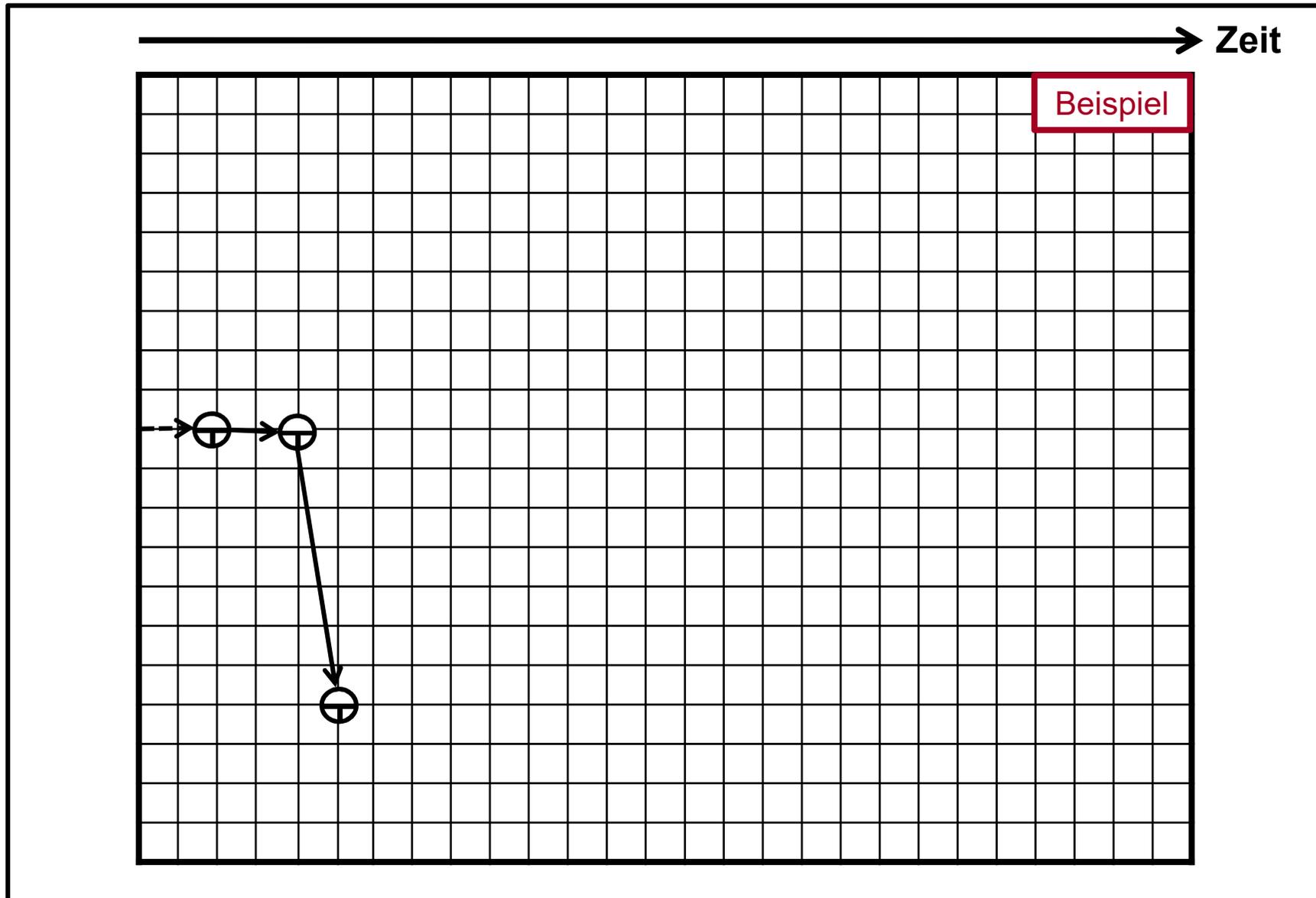
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



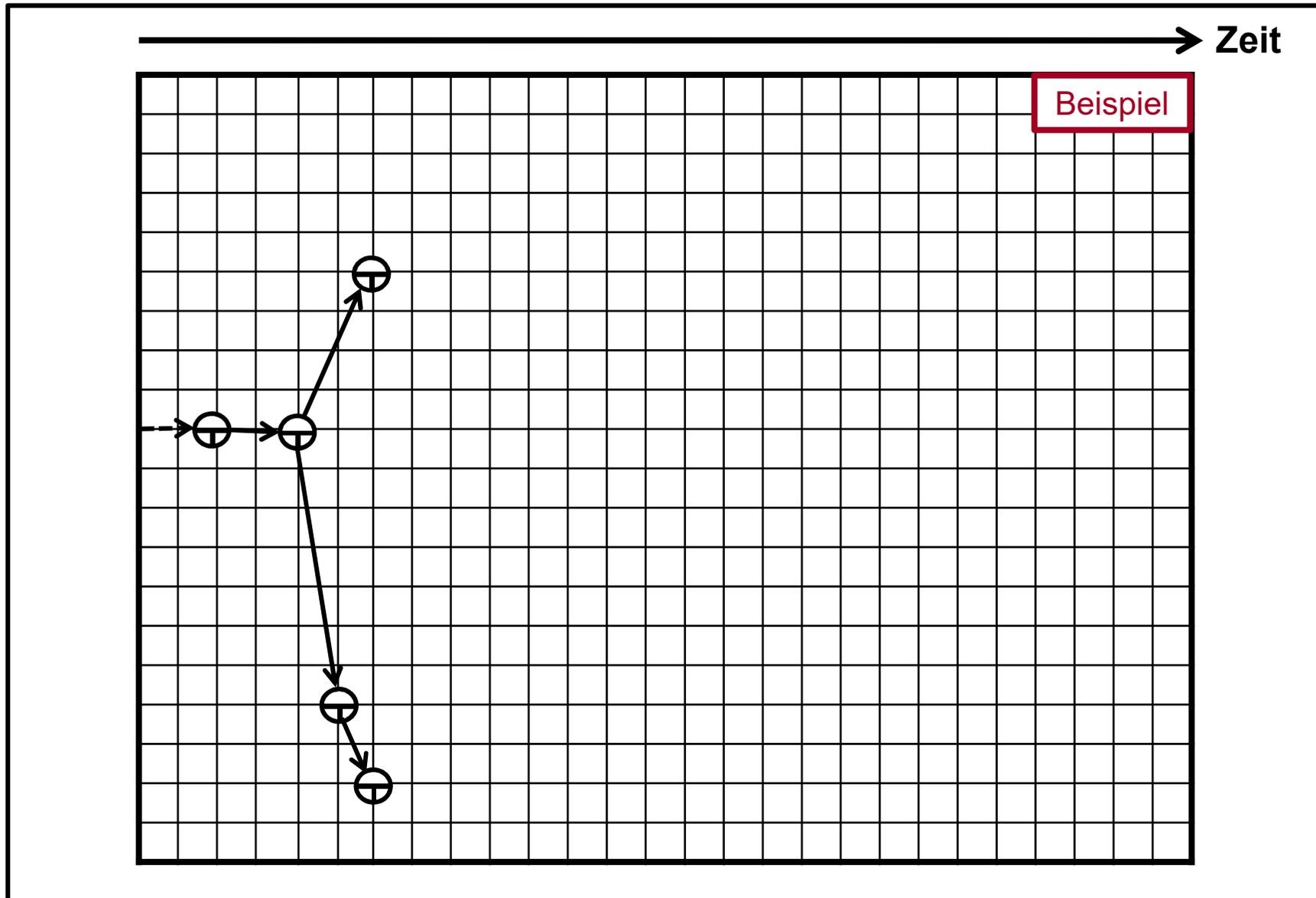
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



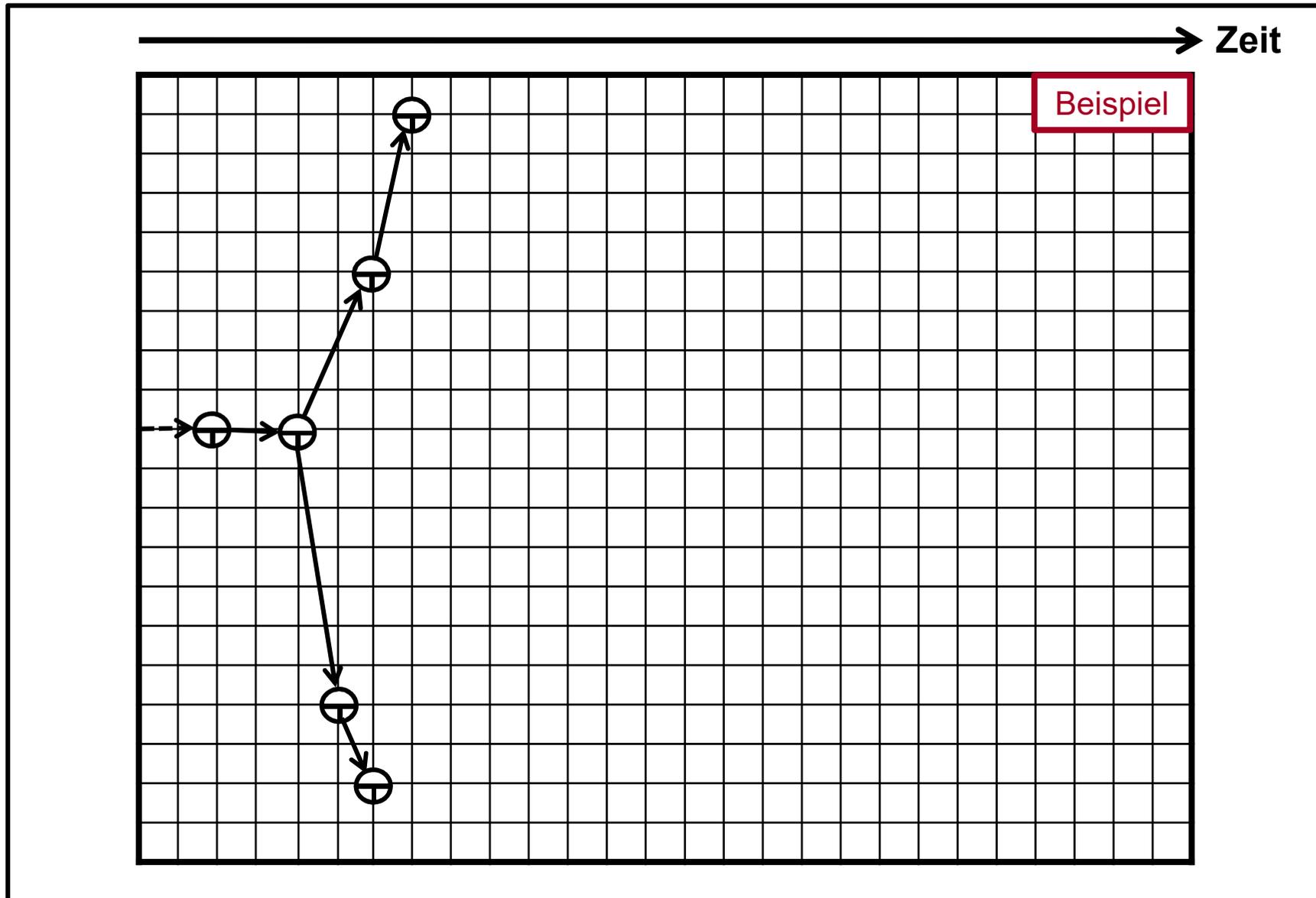
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



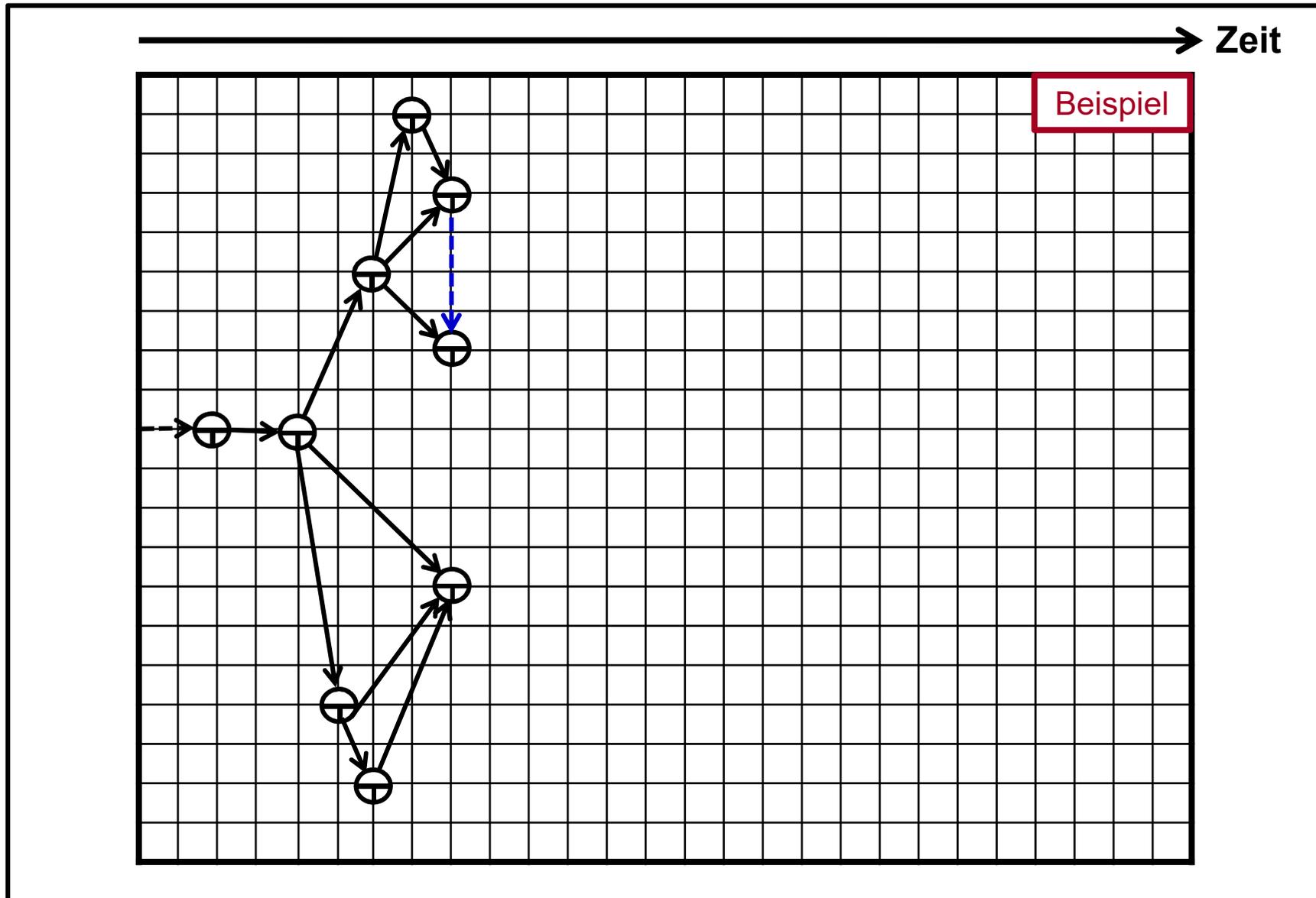
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



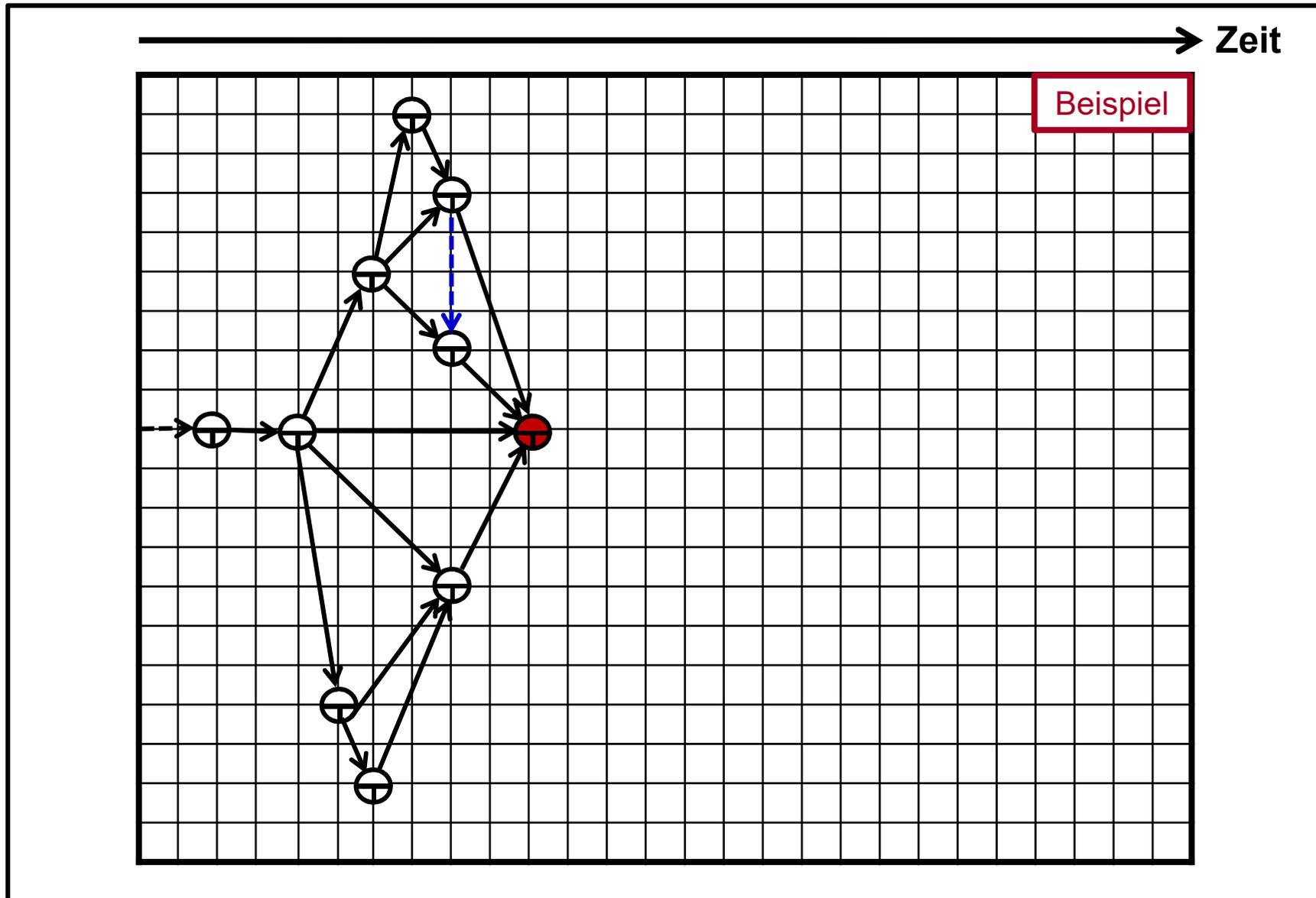
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



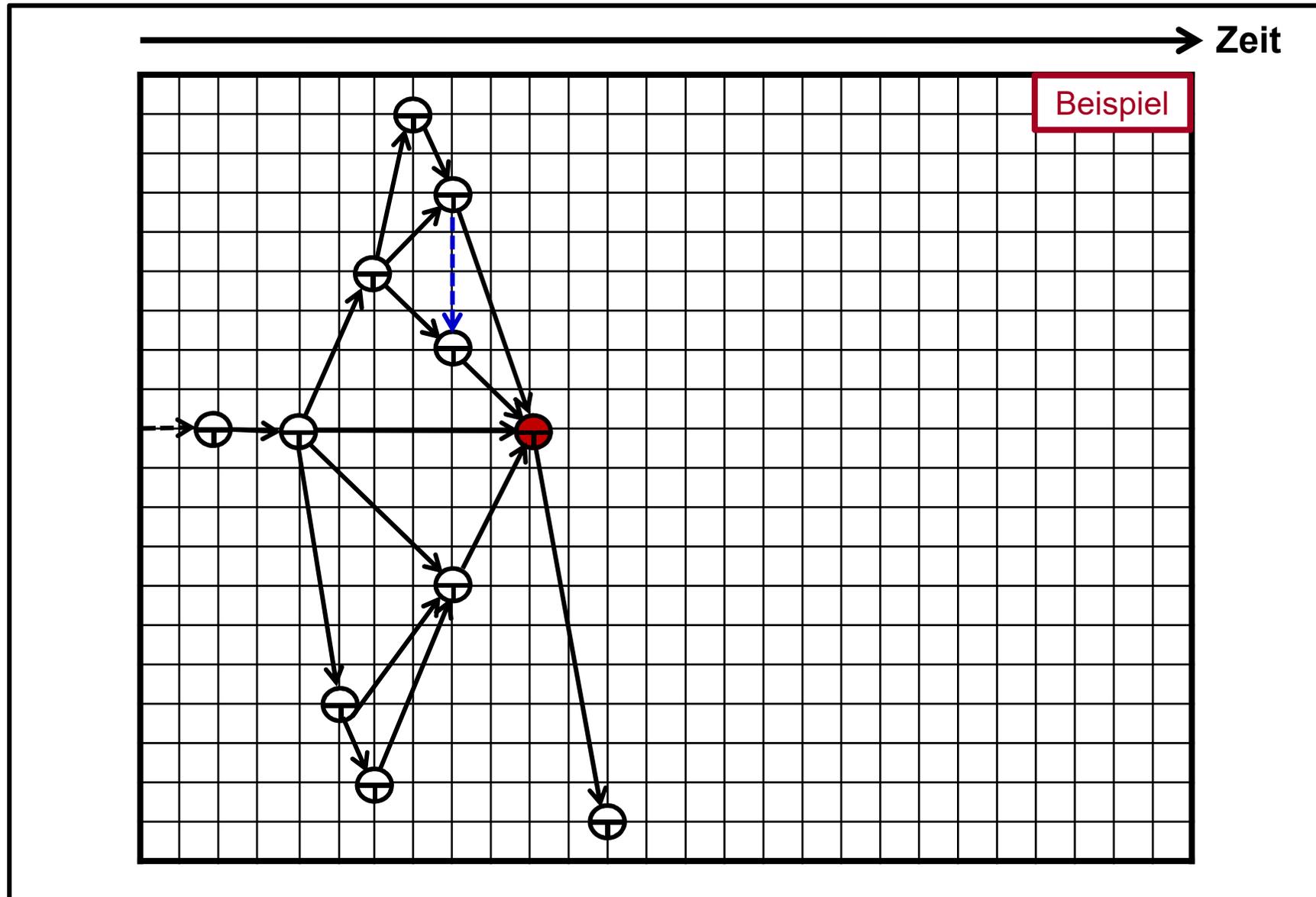
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



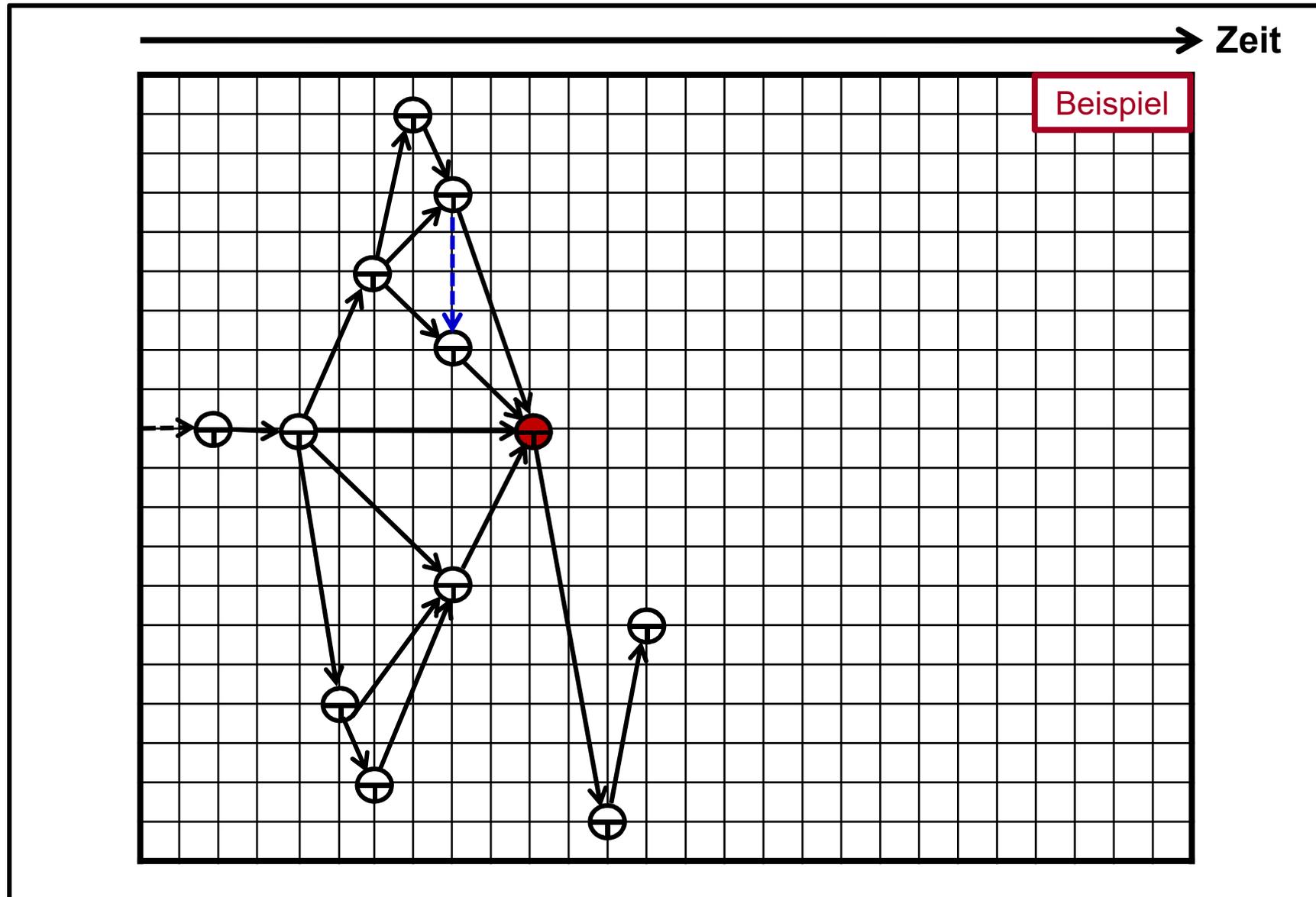
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



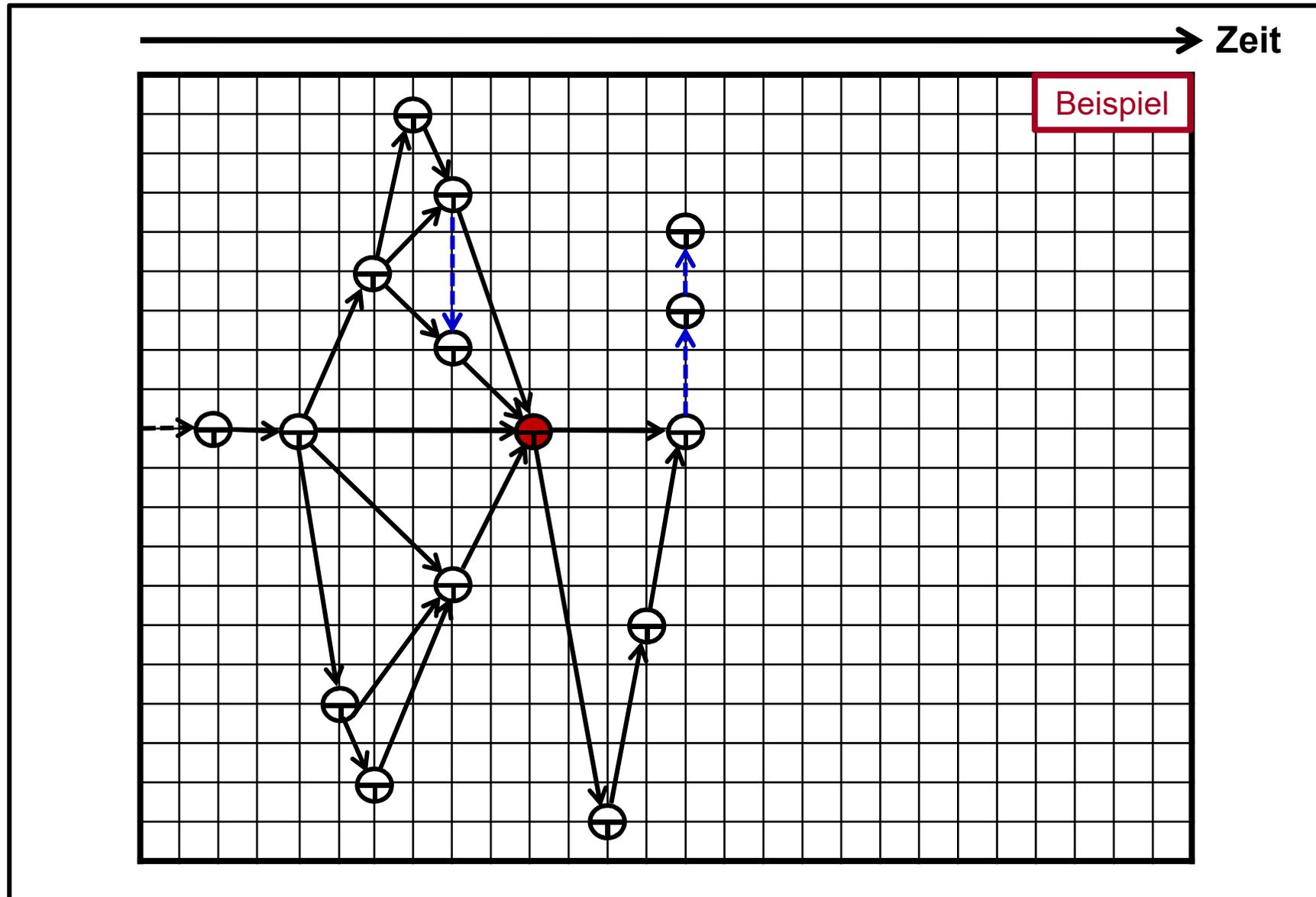
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



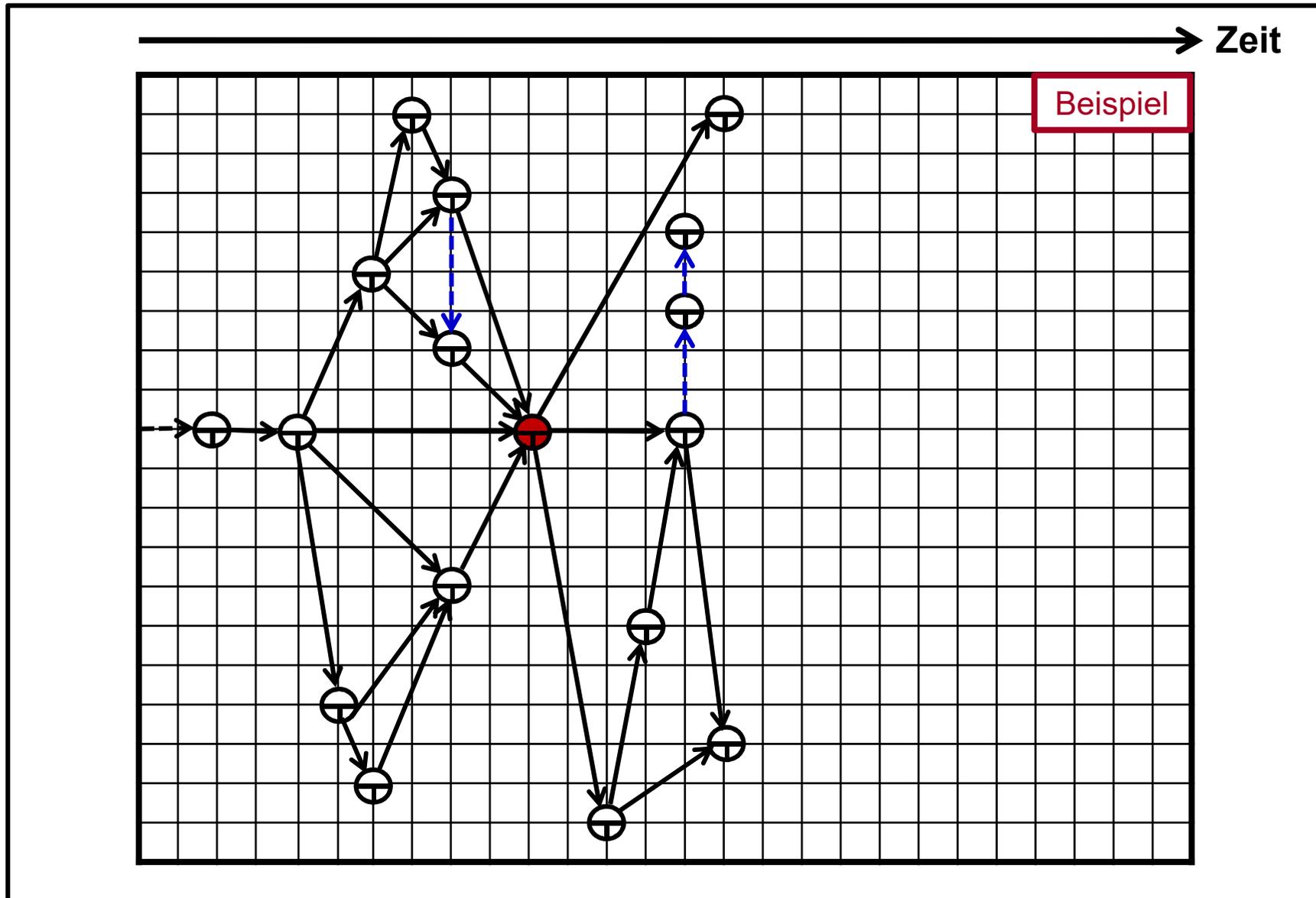
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



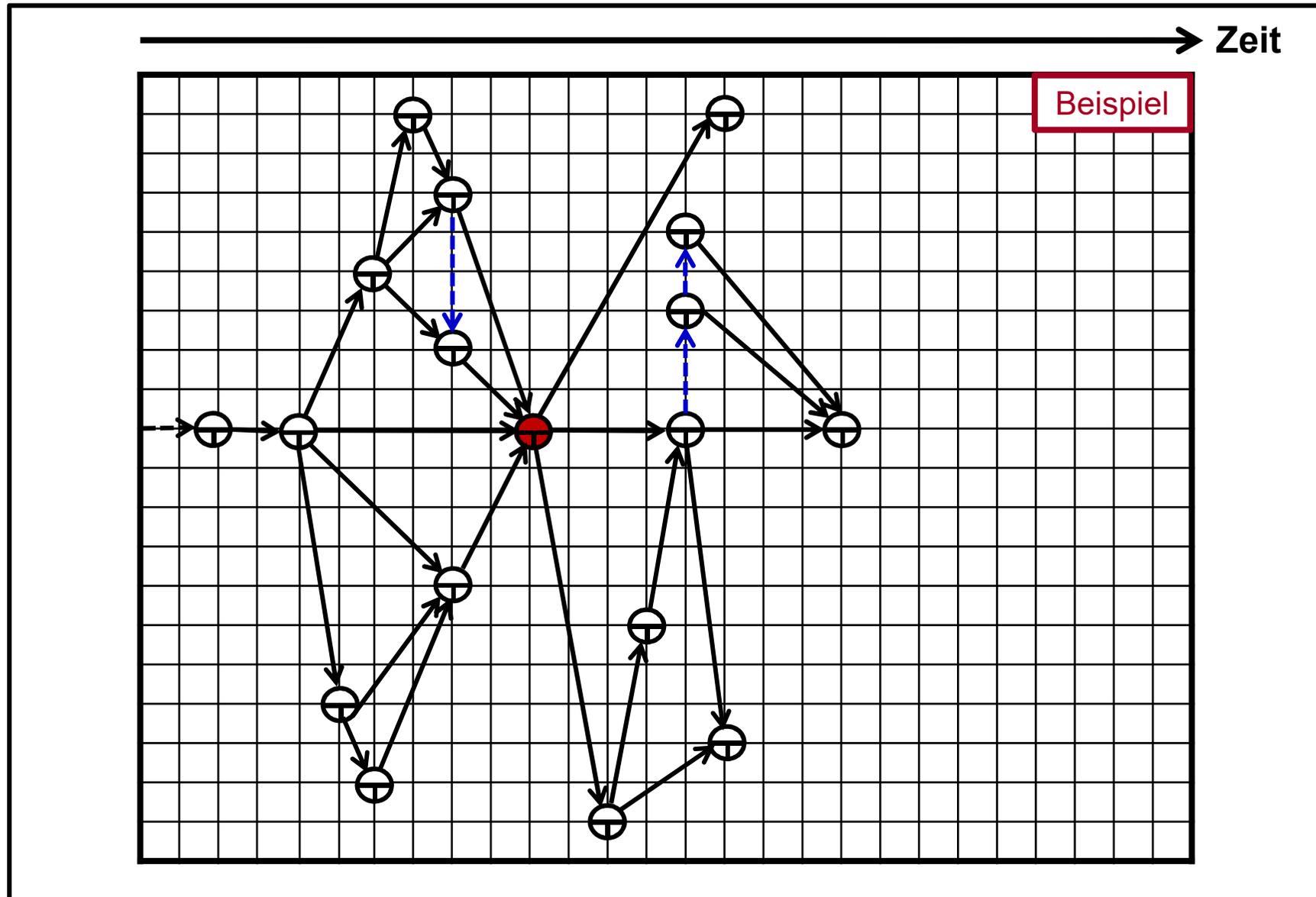
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



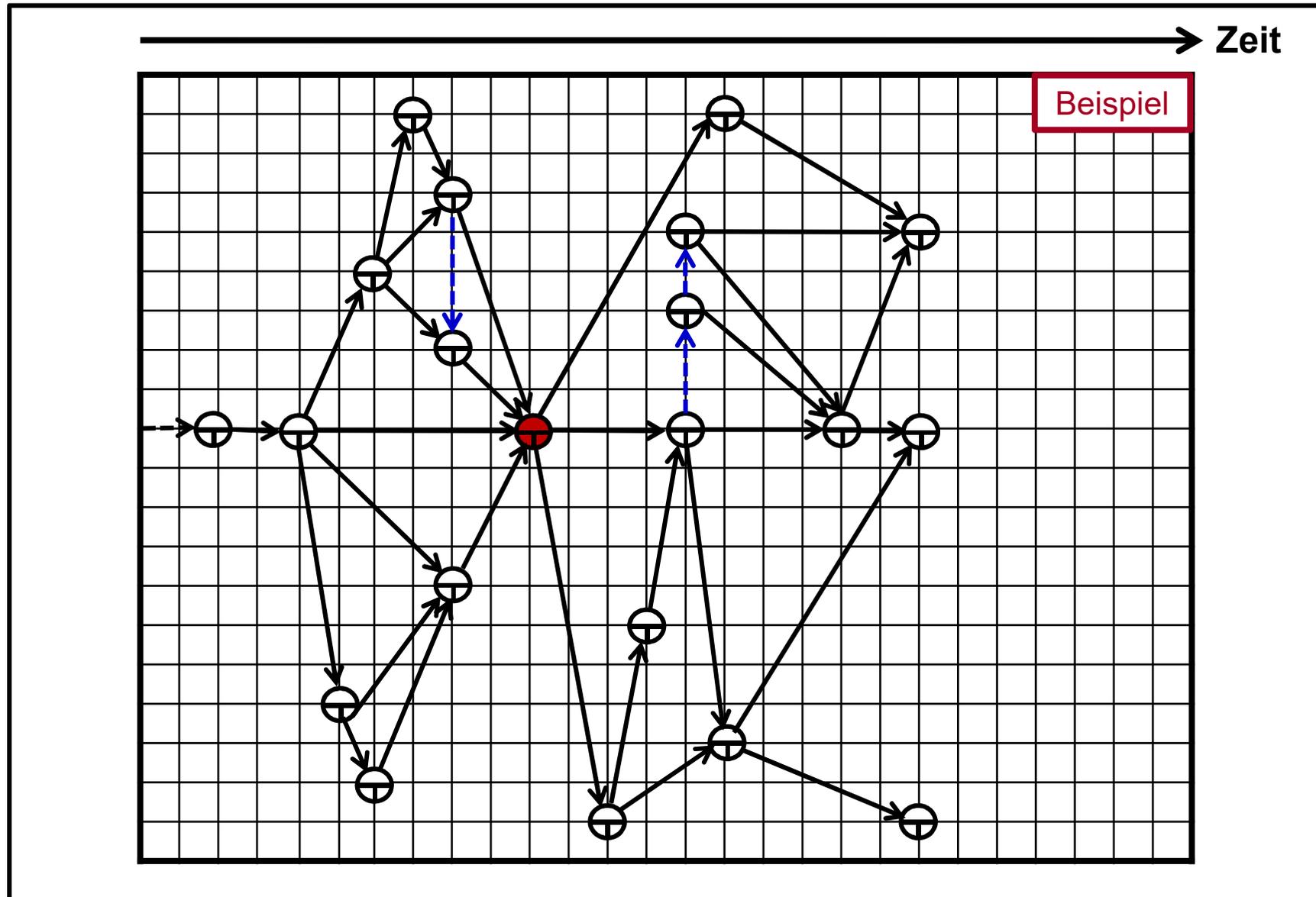
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



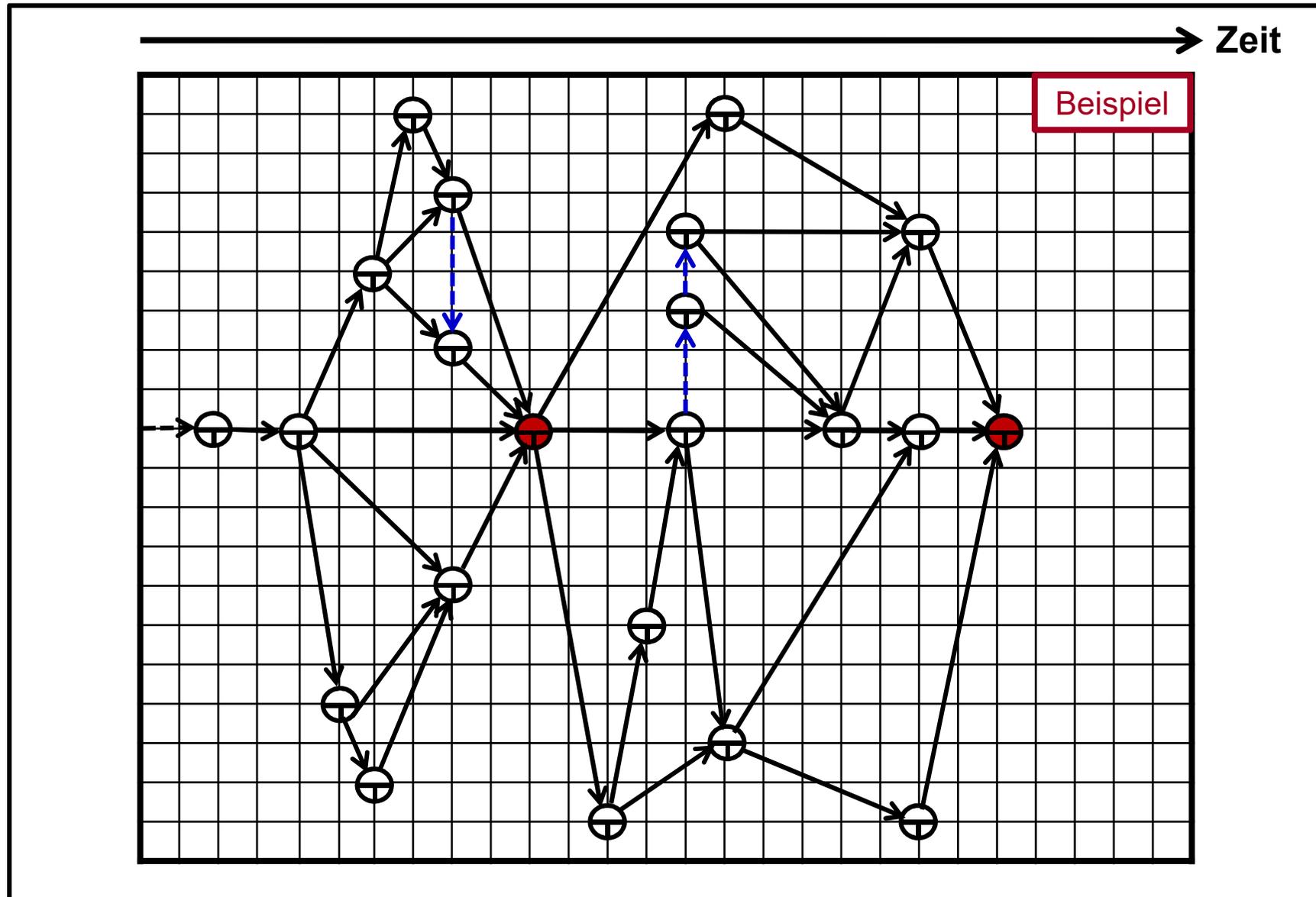
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



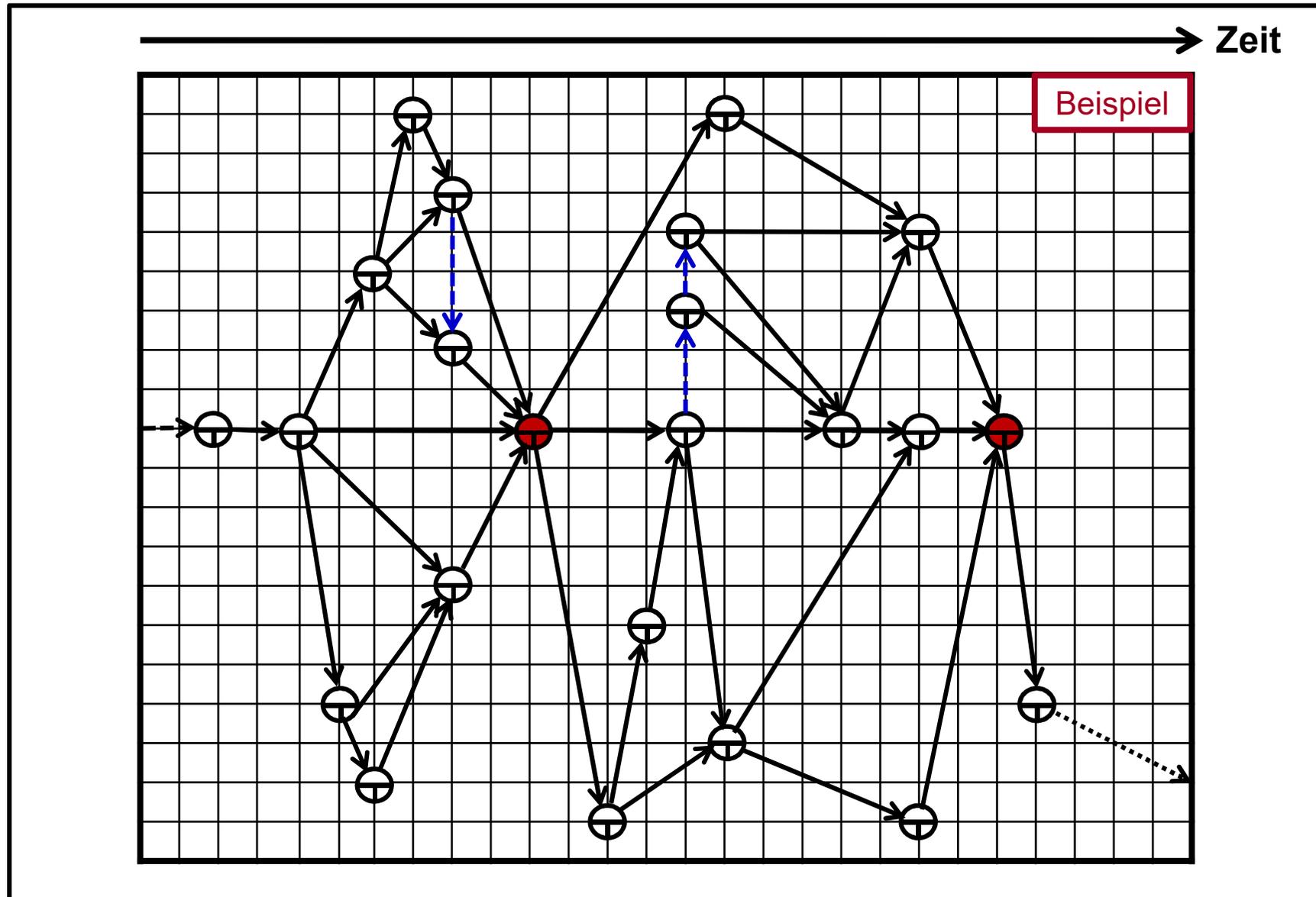
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



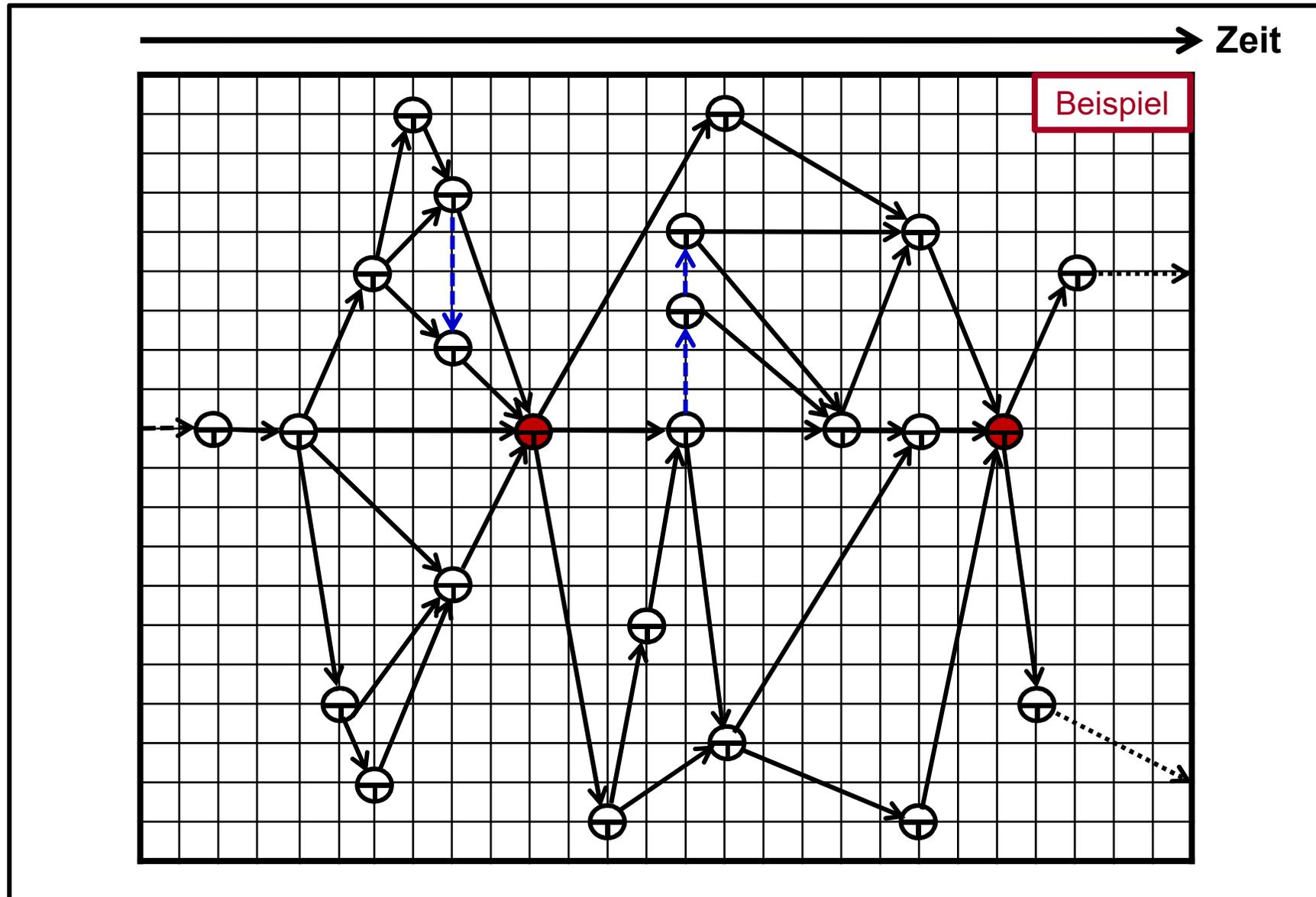
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



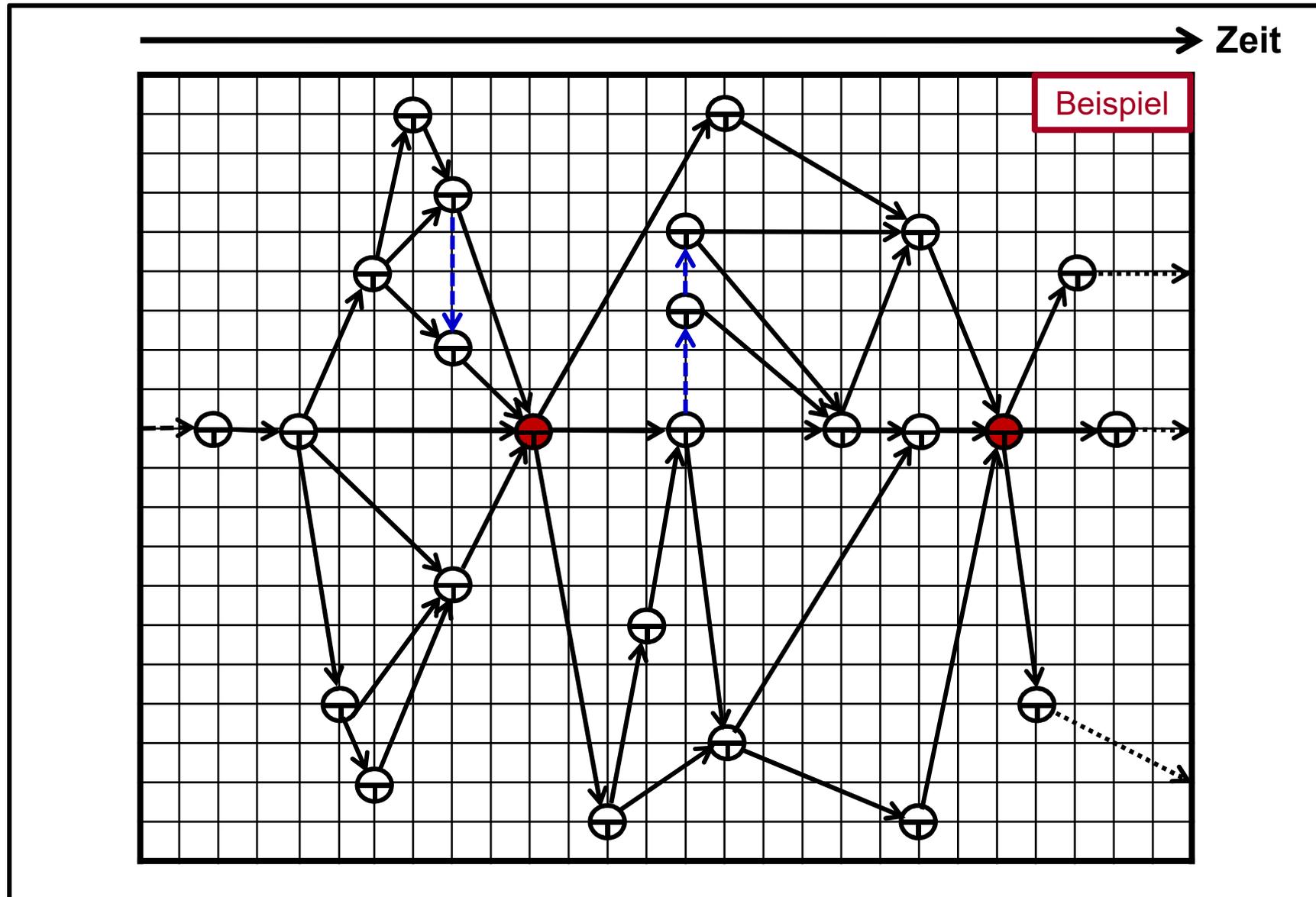
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



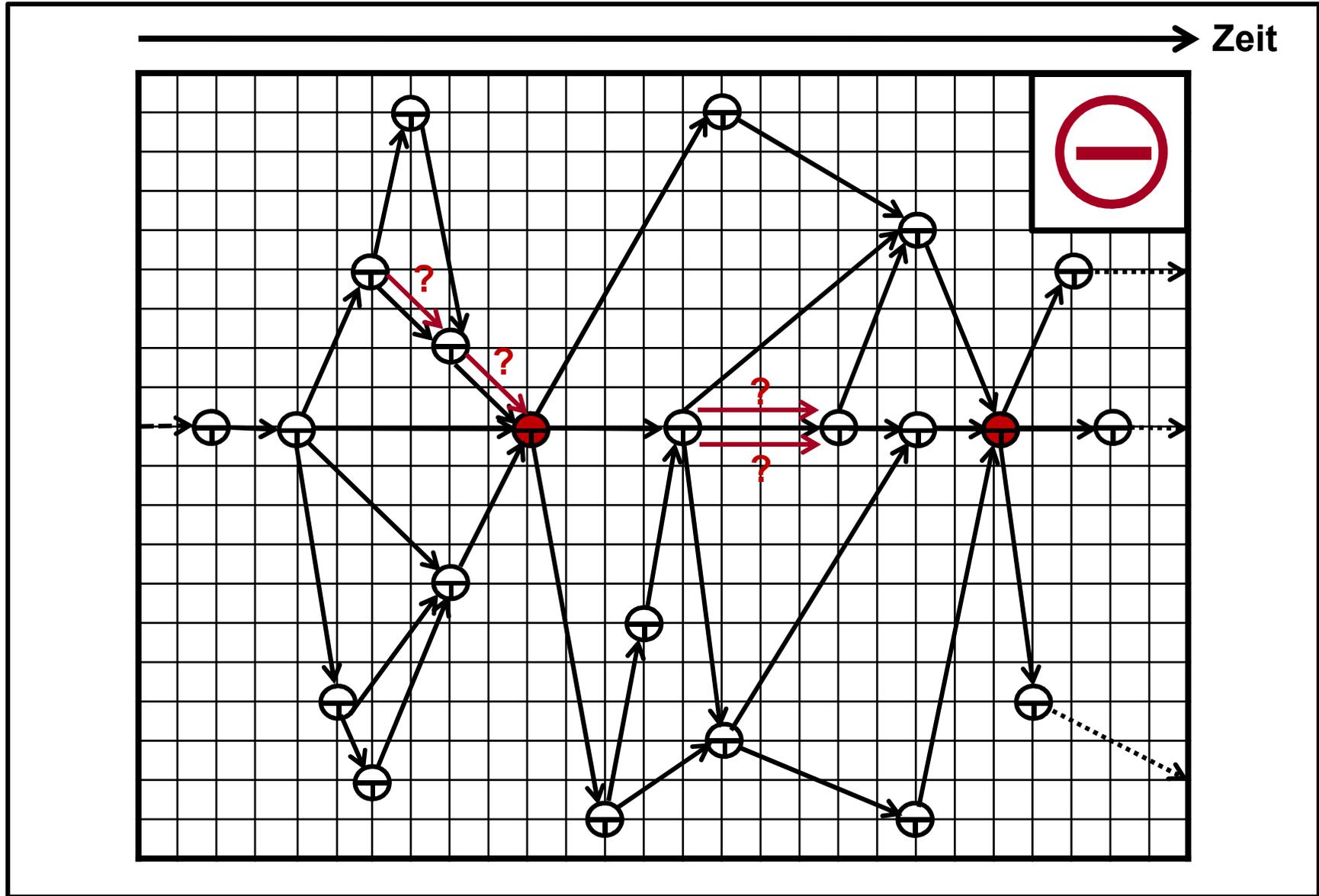
CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



CPM-Netzplan; Vorgang: \longrightarrow ; Scheinvorgang: \dashrightarrow



CPM-Netzplan; Vorgänge:  ; **Unübersichtlichkeit!**



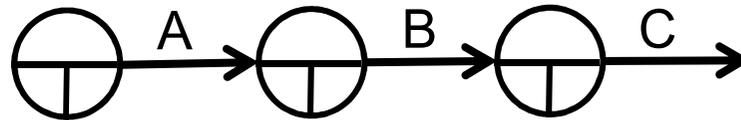
Netzplantechnik → Critical Path Method.

„CPM-Netzplan“ (Critical Path Method): →
Tabelle mit den Basisdaten für dessen Erstellung.

Vorgang Bezeichnung, Nr.	Dauer (Tage)	Direkte(r) Vorgänger	Direkte(r) Nachfolger	FS	SS	FE	SE	Puffer- zeit	

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:

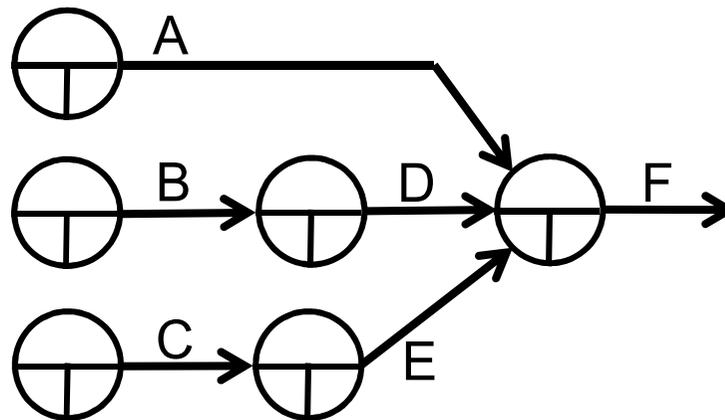


Regel 1:

Ein Vorgang kann erst dann beginnen, wenn alle für ihn nötigen Vorgänge abgeschlossen sind. Dabei **fällt**, mit Ausnahme des ersten Vorgangs, das Anfangsereignis eines Vorgangs mit dem Endereignis des vorangehenden Vorgangs **zusammen**.

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:

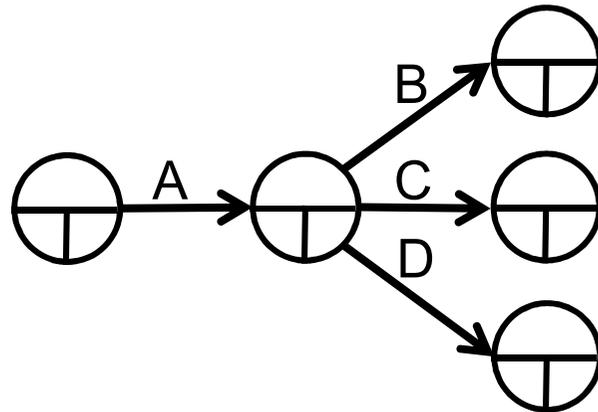


Regel 2:

Müssen **mehrere Vorgänge beendet** sein, bevor ein weiterer Vorgang beginnen kann, so enden sie im Anfangsereignis des nachfolgenden Vorgangs.

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:

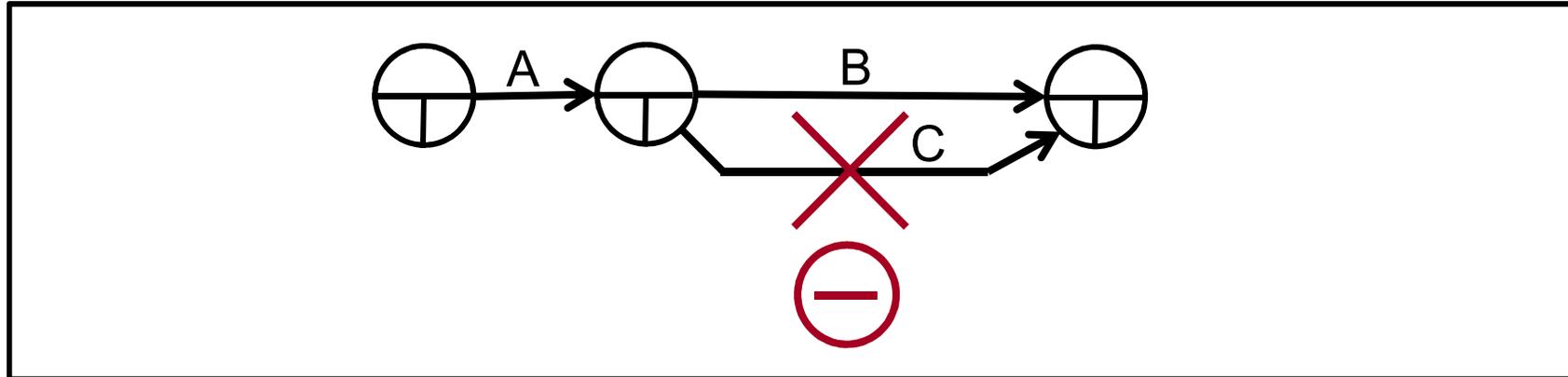


Regel 3:

Falls **mehrere Vorgänge beginnen**, nachdem ein direkt vorangehender Vorgang beendet ist, so beginnen sie im Endereignis des vorangehenden Vorgangs.

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:



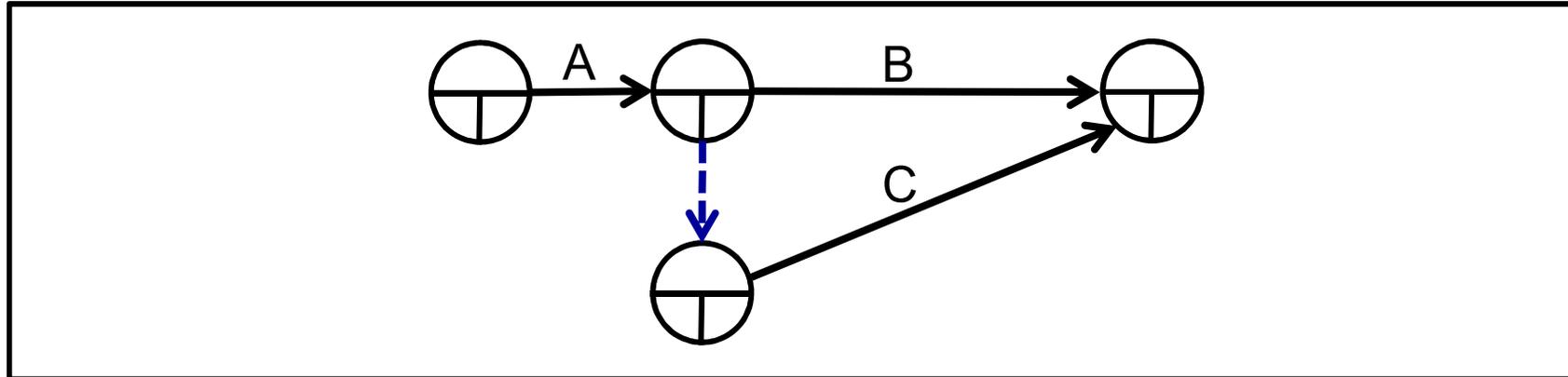
Regel 4:

Haben zwei oder mehr Vorgänge gemeinsame Anfangs- und Endereignisse, so ist ihre eindeutige Kennzeichnung durch Einfügen von **Scheinvorgängen** (Zeitdauer: Null!) zu gewährleisten.

Zweck: Bessere Übersichtlichkeit!

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:



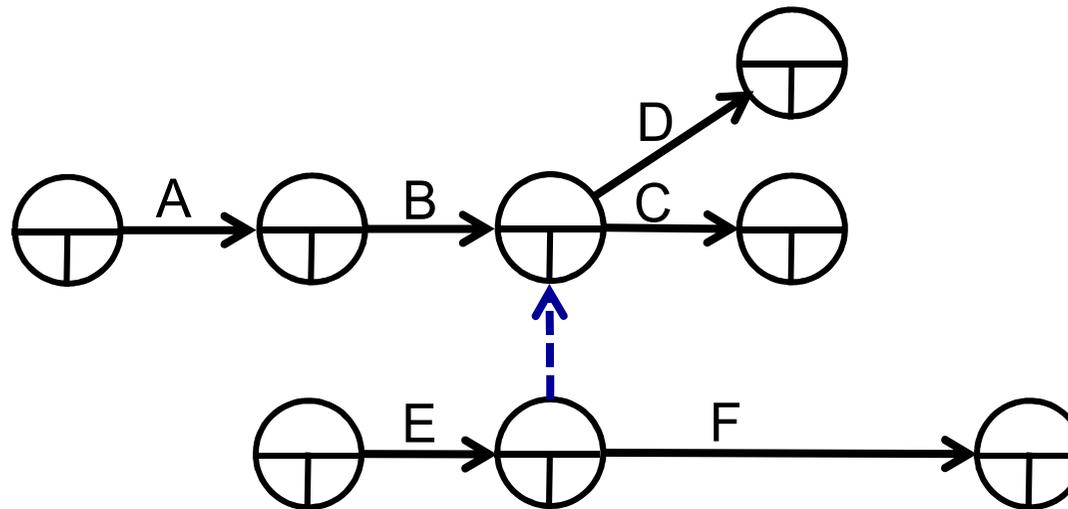
Regel 4:

Haben zwei oder mehr Vorgänge gemeinsame Anfangs- und Endereignisse, so ist ihre eindeutige Kennzeichnung durch Einfügen von **Scheinvorgängen** (Zeitdauer: Null!) zu gewährleisten.

Zweck: Bessere Übersichtlichkeit!

Netzplantechnik → Critical Path Method.

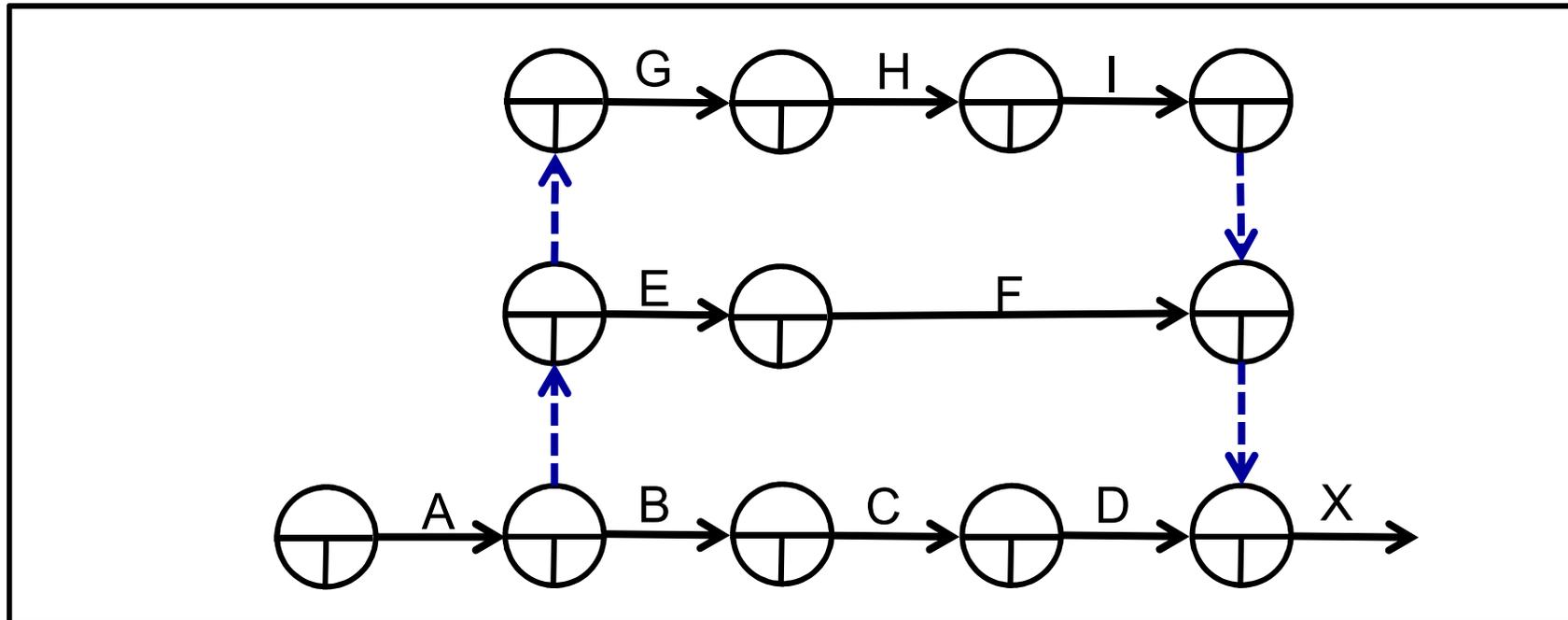
Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:



Regel 5:

Beginnen und enden in einem Ereignis **mehrere Vorgänge**, die **nicht** alle voneinander **abhängig** sind, so ist der richtige Ablauf durch Auflösung der jeweiligen Unabhängigkeit mittels Scheinvorgang darzustellen.

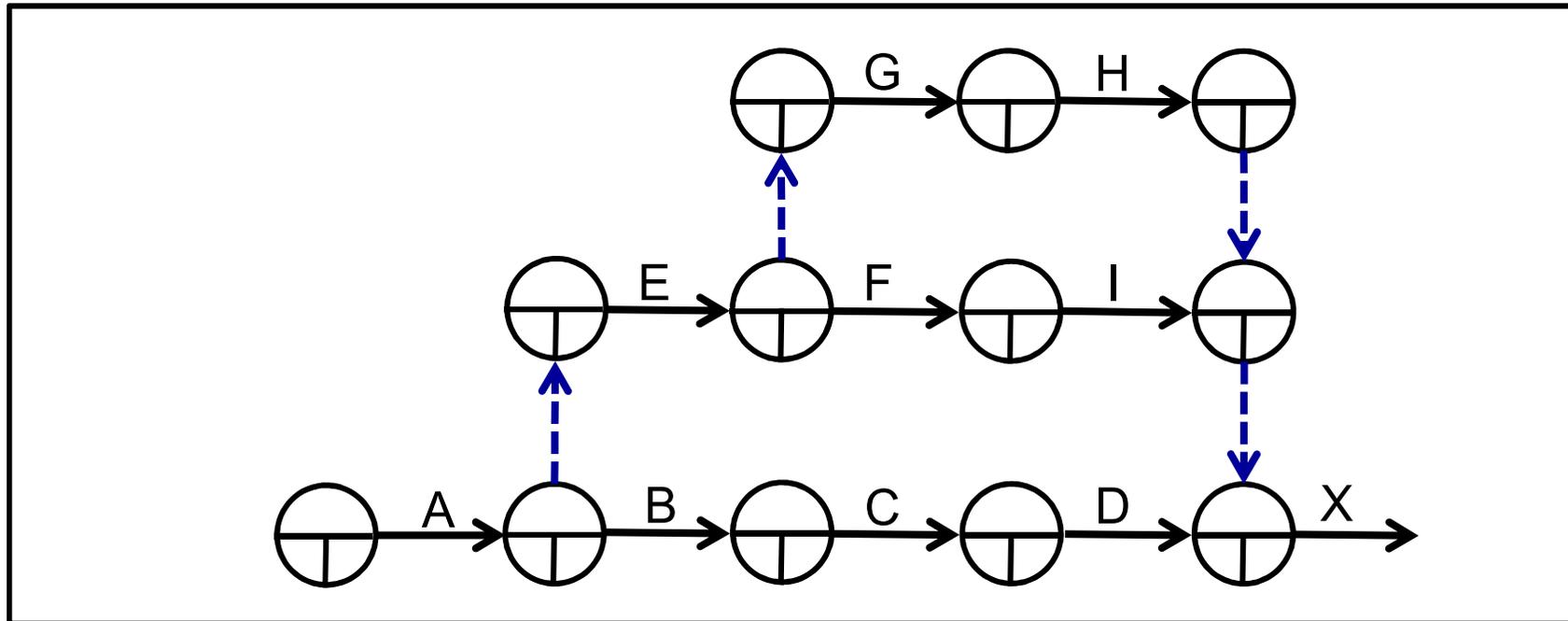
Netzplantechnik → CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:



Regel 6:

Einer Folge von Vorgängen *können* zahlreiche **Scheinvorgänge hinzugefügt** werden. Sie dienen neben der logischen Verknüpfung auch der besseren Übersicht.

Netzplantechnik → CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:

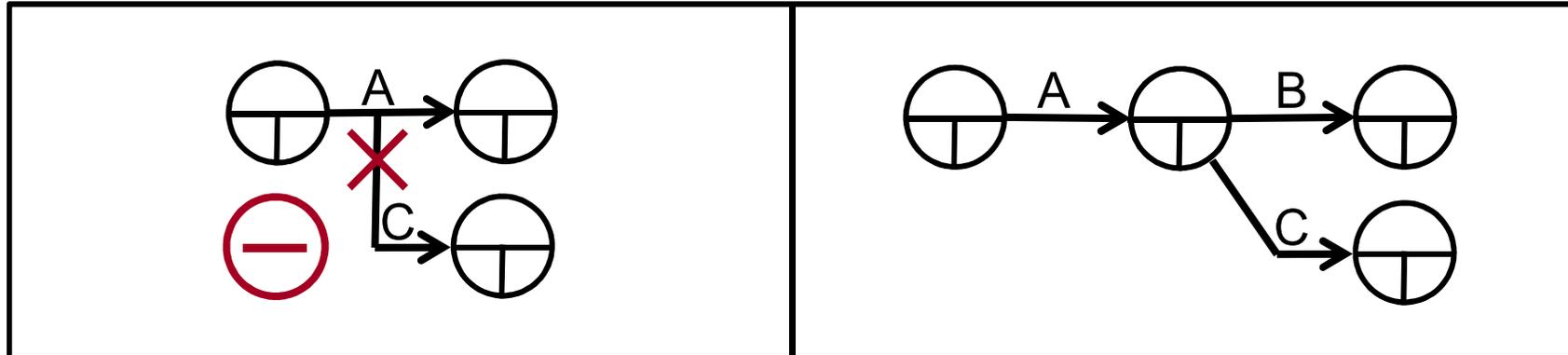


Regel 6:

Einer Folge von Vorgängen *können* zahlreiche **Scheinvorgänge hinzugefügt** werden. Sie dienen neben der logischen Verknüpfung auch der besseren Übersicht.

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:

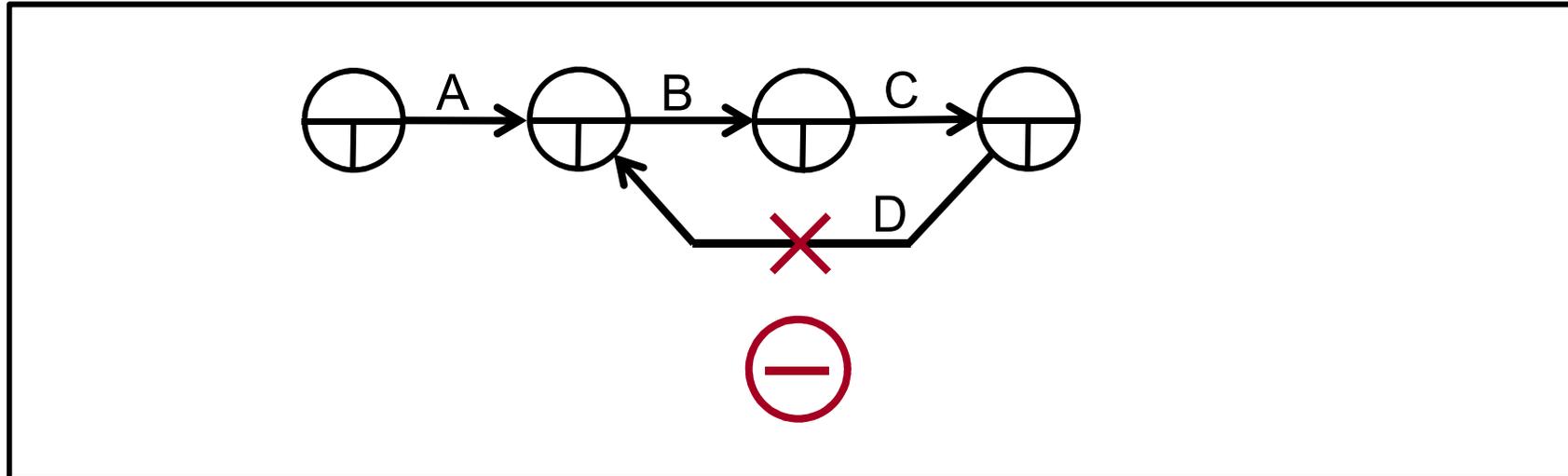


Regel 7:

Kann ein Vorgang beginnen, bevor der vorangehende Vorgang vollständig beendet ist, so ist der vorangehende **weiter zu unterteilen**, damit ein **Zwischenereignis** definiert werden kann.

Netzplantechnik → Critical Path Method.

Ablaufplanung, CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln:



Regel 8:

Jeder Vorgang kann **nur einmal** ablaufen. Daher dürfen keine rekursiven „Endlos-Schleifen“ auftreten.

Beispiel P1

CPM-Netzplan-Elemente (Ausschnitt):

Projekt

**„Hochelastische Klarlackierungen für
die Automobil-Serienproduktion“.**



Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

**Tabelle mit allen notwendigen Vorgängen,
deren jeweilige Dauer, Ereignis-Zeitpunkte (FA, FE):**

Vorgang		Dauer, Tage (Arbeitstage!)	Frühester Anfangszeitpunkt	Frühester Endzeitpunkt
Formulierung der neuen Klarlacke.	45 A	10	11.01.2020	22.01.2020
Applikation und Gitterschnitt-Tests.	B	19	22.01.2020	17.02.2020
Applikation und AMTEC-Tests.	C	24	22.01.2020	24.02.2020
Applikation und UVcon-Tests.	D	57	22.01.2020	15.04.2020
Auswertung der Gitterschnitt-Tests.	E	03	15.04.2020	19.04.2020
Auswertung der AMTEC-Tests.	F	03	15.04.2020	19.04.2020
Auswertung der UVcon-Tests.	G	07	15.04.2020	23.04.2020
Anfertigen des Zwischenberichts.	H	04	23.04.2020	28.04.2020

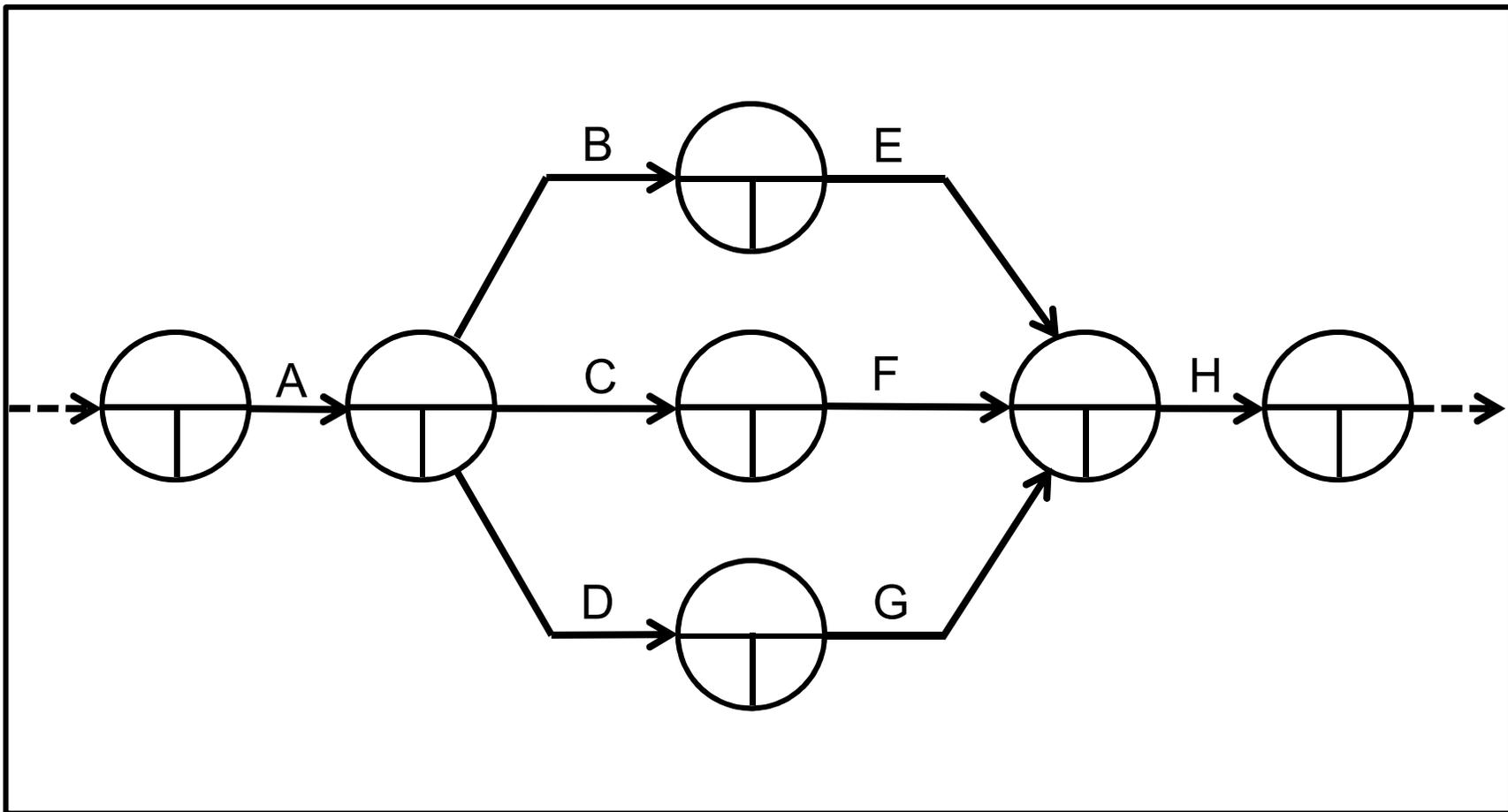
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

Netzplanerstellung → **Schritt 1:**
Aufstellen einer vollständigen Vorgangsliste/-sequenz.

Vorgang		Dauer (Tage)	Direkte(r) Vorgänger	Direkte(r) Nachfolger	FS	SS	FE	SE	Puffer -zeit
Formulierung der 45 neuen Klarlacke.	A	10	---	B,C,D					
Applikation und Gitterschnitt-Tests.	B	19	A	E					
Applikation und AMTEC-Tests.	C	24	A	F					
Applikation und UVcon-Tests.	D	57	A	G					
Auswertung der Gitterschnitt-Tests.	E	03	B	H					
Auswertung der AMTEC-Tests.	F	03	C	H					
Auswertung der UVcon-Tests.	G	07	D	H					
Anfertigen des Zwischenberichts.	H	04	E,F,G	---					

Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

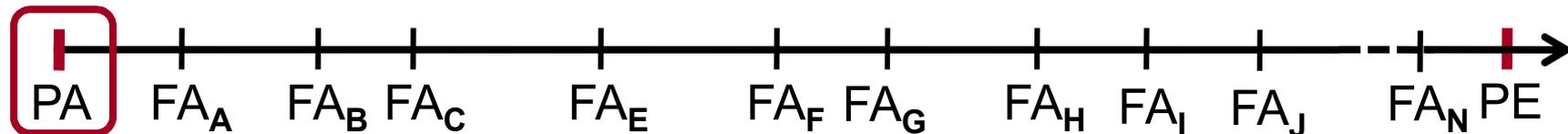
Netzplanerstellung → **Schritt 2:**
Logische Verknüpfung aller Vorgänge in einem CPM-Netz.



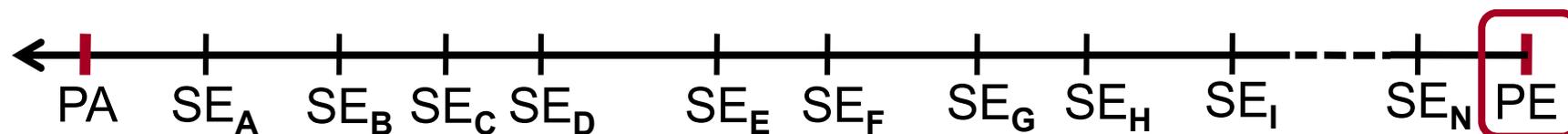
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

Netzplanerstellung \longrightarrow **Schritt 3:**
Abschätzung aller Zeitwerte (Vorwärts-/Rückwärtsplanung).

- **Vorwärtsplanung:** Addition der Zeitwerte aller Vorgänge nach deren logischen Reihenfolge (FA, Dauer des Vorgangs \longrightarrow FE).



- **Rückwärtsplanung:** Subtraktion der Zeitwerte aller Vorgänge nach deren logischen Reihenfolge (SE, Dauer des Vorgangs \longrightarrow SA).



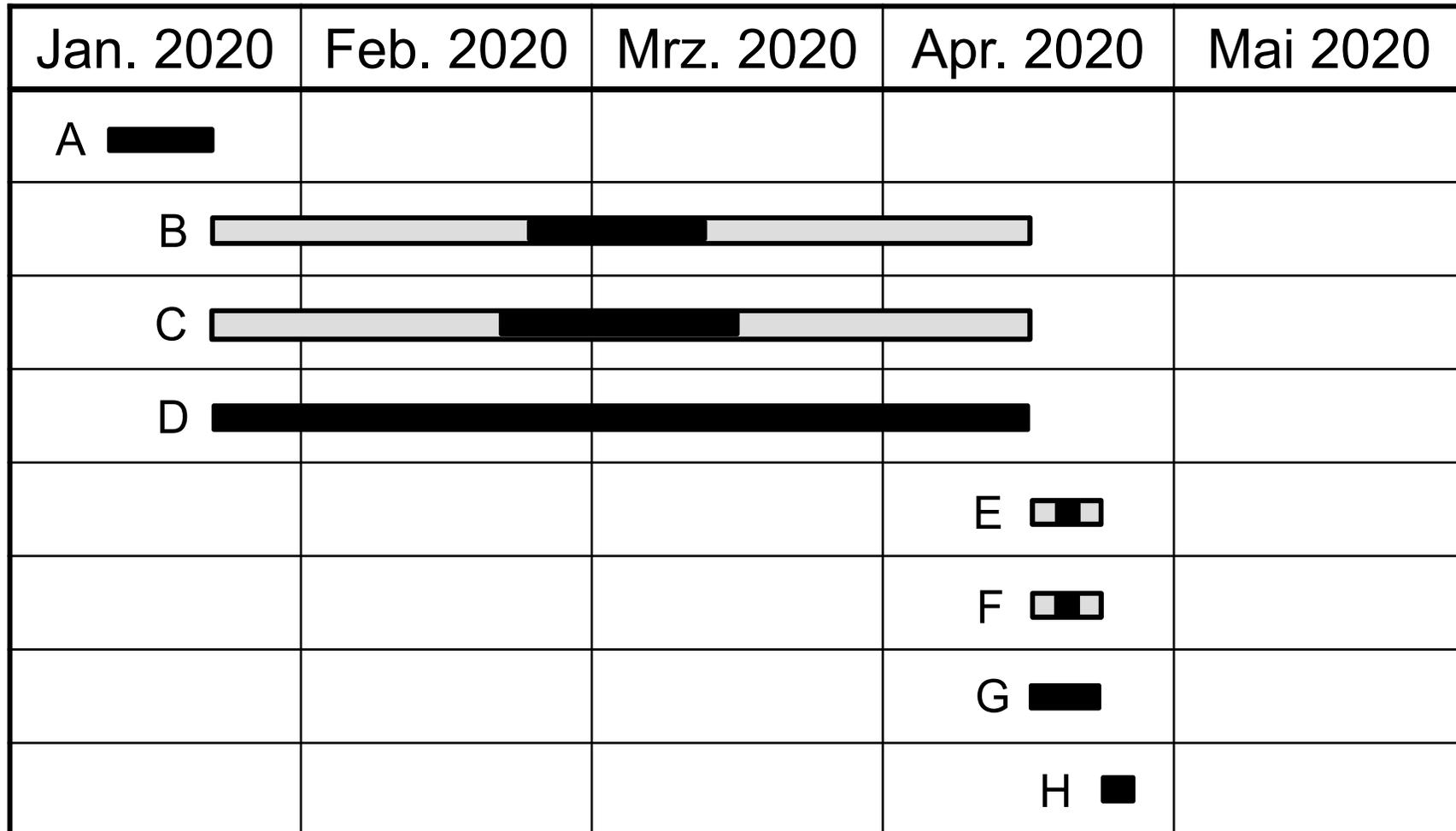
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

Netzplanerstellung → **Schritt 4:**
Eintragen aller geschätzten Zeitwerte (FS, SS, FE, SE).

Vorgang		Dauer (Tage)	Direkte(r) Vorgänger	Direkte(r) Nachfolger	FS	SS	FE	SE	Pufferzeit
Formulierung der 45 neuen Klarlacke.	A	10	---	B,C,D	00	00	10	10	00
Applikation und Gitterschnitt-Tests.	B	19	A	E	10	52	29	71	42
Applikation und AMTEC-Tests.	C	24	A	F	10	47	34	71	37
Applikation und UVcon-Tests.	D	57	A	G	10	10	67	67	00
Auswertung der Gitterschnitt-Tests.	E	03	B	H	67	71	70	74	04
Auswertung der AMTEC-Tests.	F	03	C	H	67	71	70	74	04
Auswertung der UVcon-Tests.	G	07	D	H	67	67	74	74	00
Anfertigen des Zwischenberichts.	H	04	E,F,G	---	74	74	78	78	00

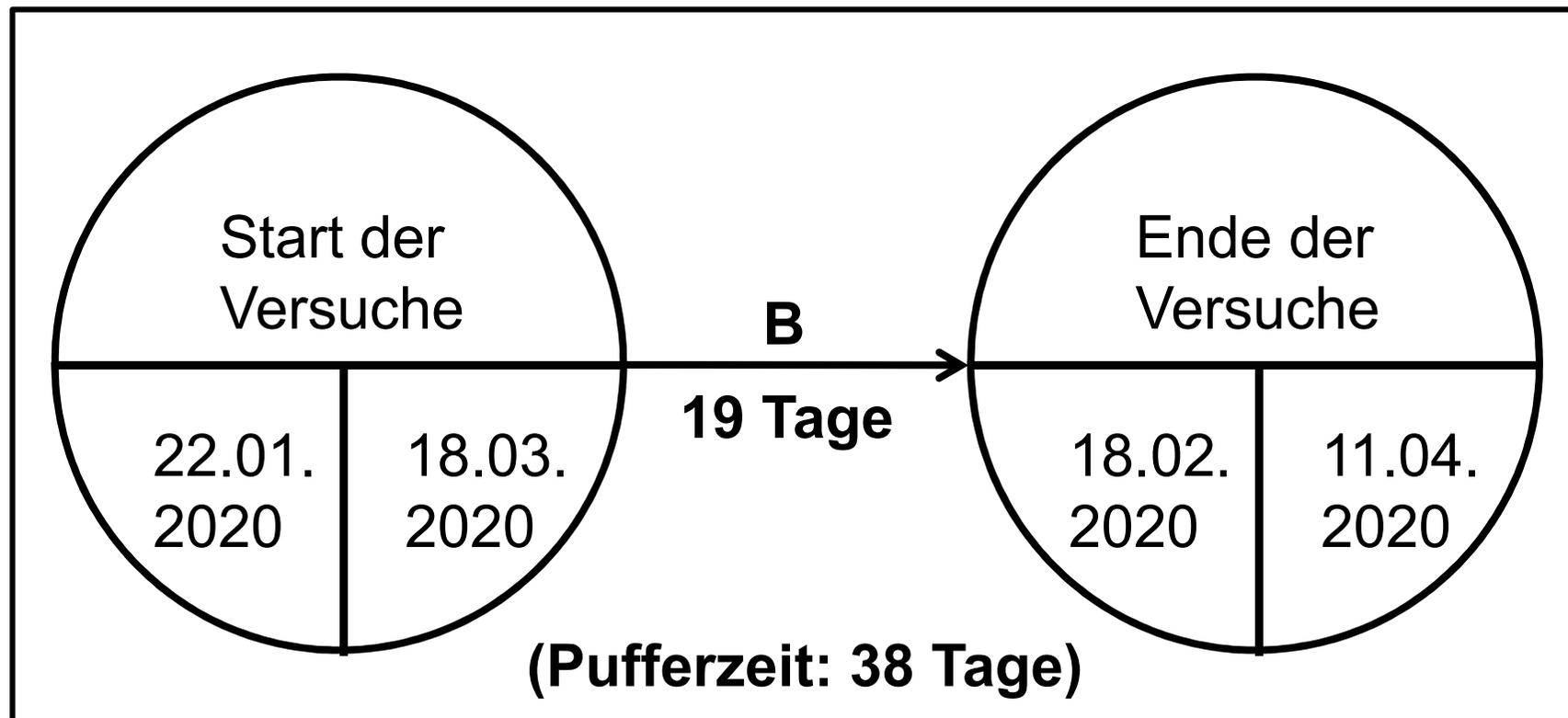
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

**Netzplanerstellung → Gantt-Diagramm
mit den Pufferzeiten zur Übersicht (Ausschnitt):**



Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

Pneumatische Spritzapplikation von 40 HBC-Klarlacken auf 20 cm X 40 cm - Stahlplatten (20 Minuten Einbrennen bei 140°C, Schichtdicke: 40µm). Durchführung sämtlicher nachfolgender Gitterschnitt-Tests gemäß DIN/ISO 2049.



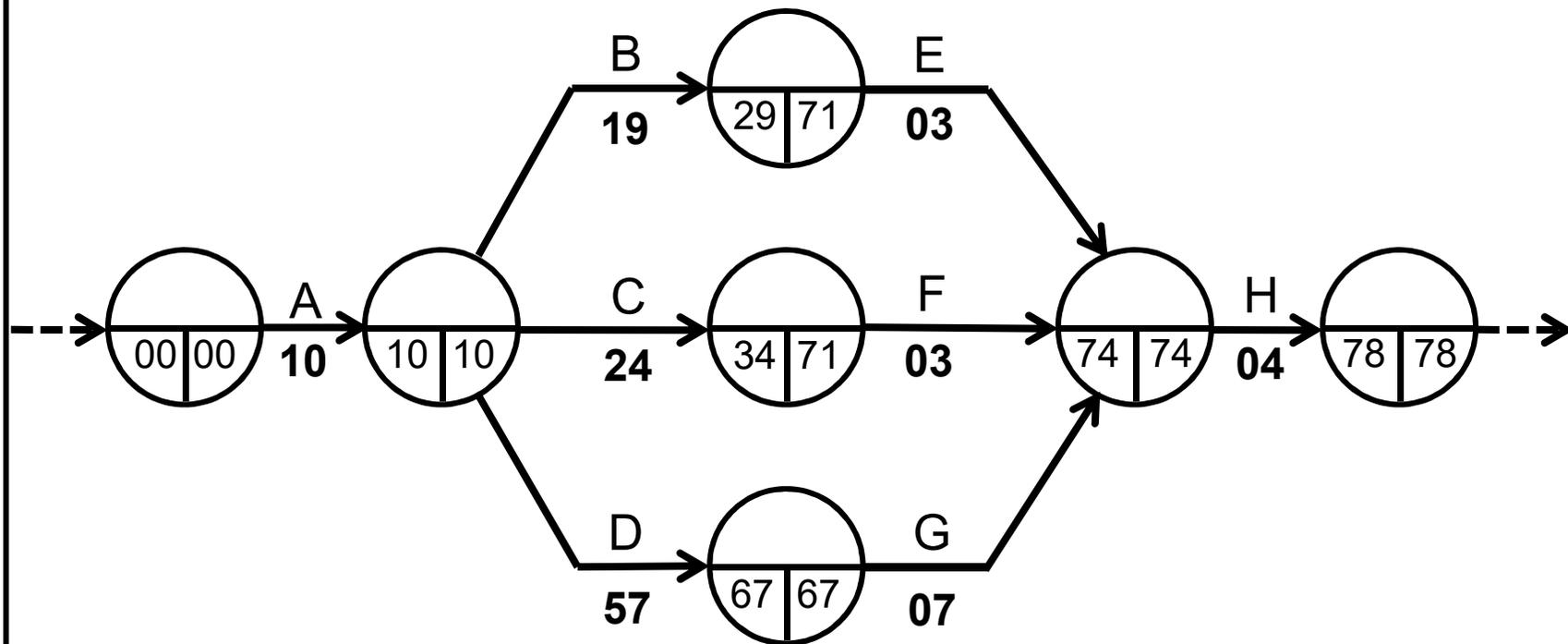
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

Netzplanerstellung \longrightarrow **Schritt 5:**
Eintragen der Zeitwerte (FE/SS) in das CPM-Netz.

FE des Vorgängers



SS des Nachfolgers



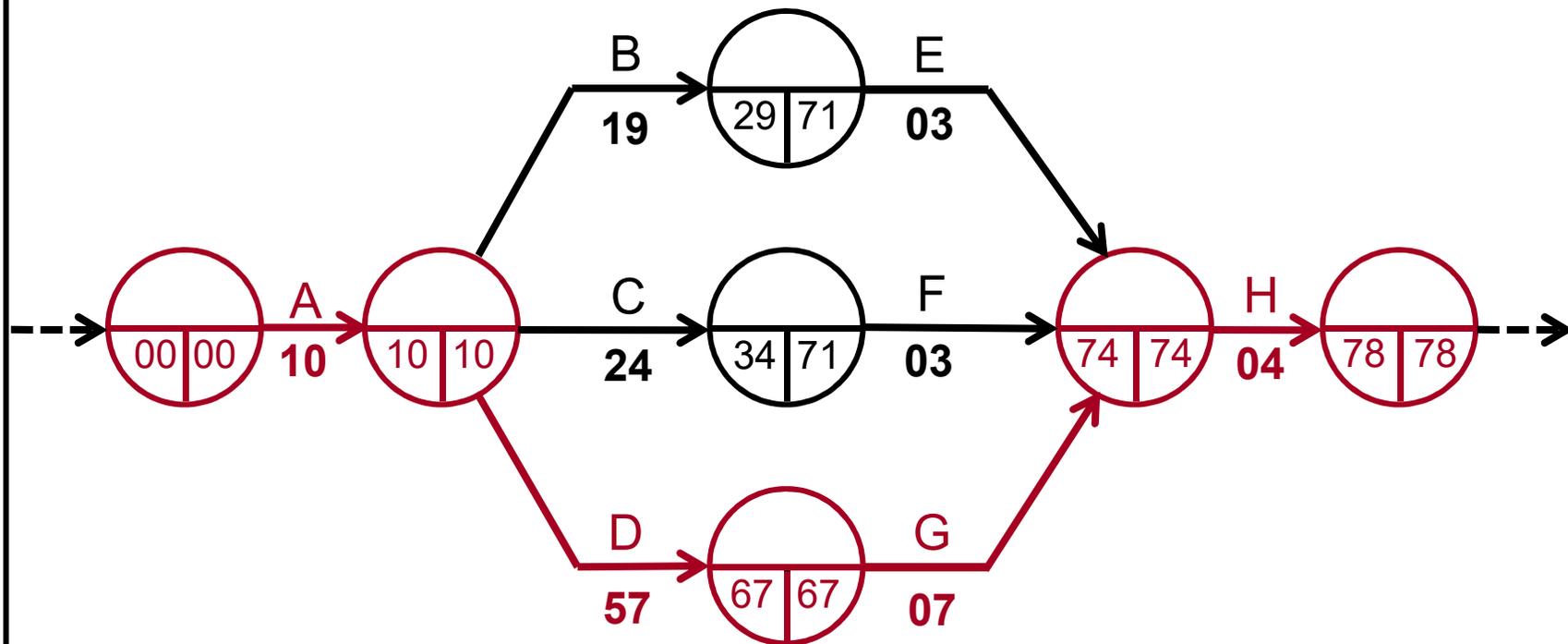
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

Netzplanerstellung \longrightarrow **Schritt 6:**
Kritische(n) Pfad(e) im Diagramm kennzeichnen.

FE des Vorgängers



SS des Nachfolgers



CPM-Netzplan; **Kritischer Pfad (Critical Path):**

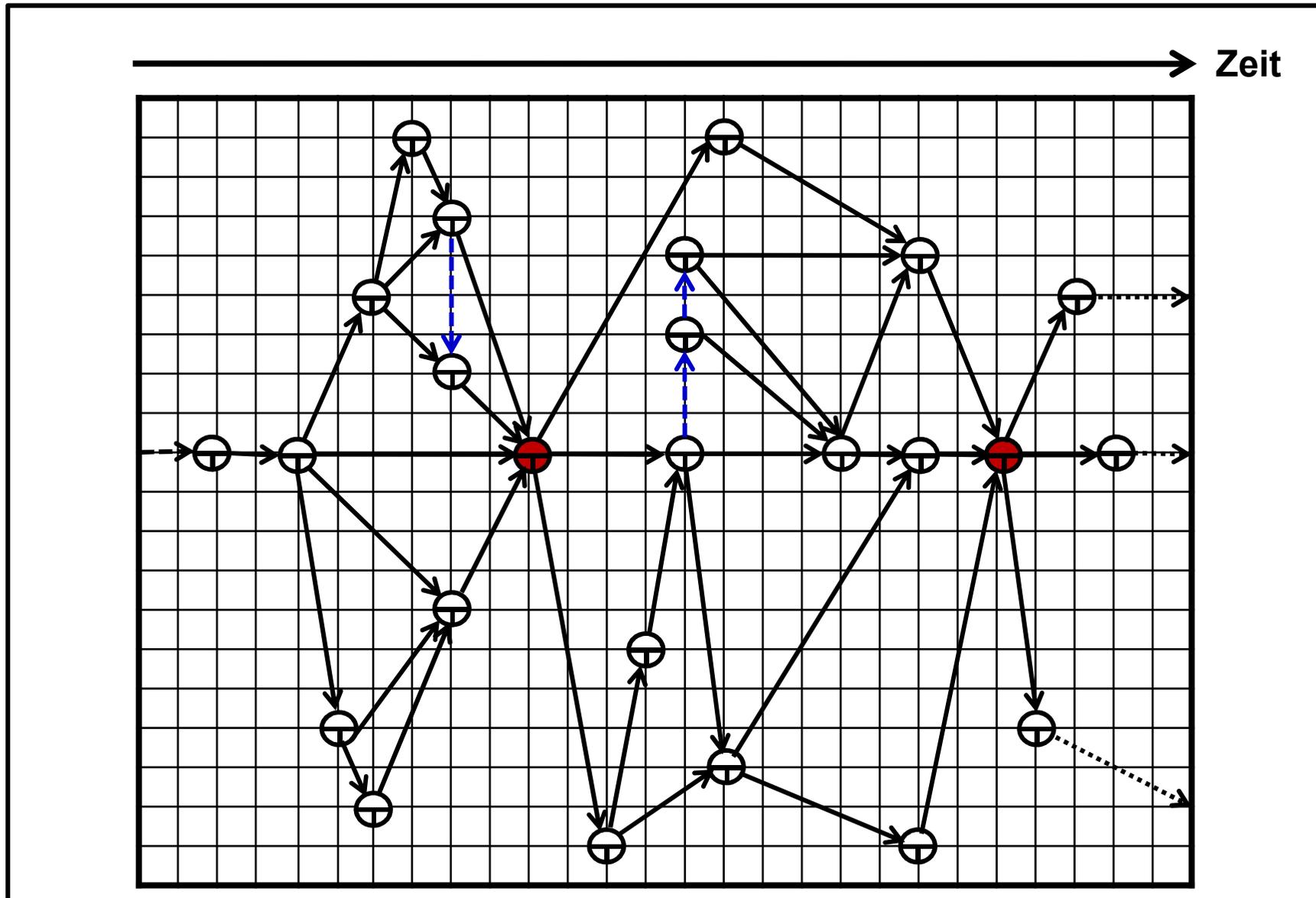
■ **Kritischer Vorgang**

Ein Vorgang, der termingerecht abgeschlossen werden muss, damit die Zeitkomponente im Zielsystem des Projekts realisiert wird. Die **Zeitpuffer** für den Start und das Ende des Vorgangs sind jeweils **Null**. Wird ein kritischer Vorgang verzögert, so ist der Endtermin des Projektes gefährdet.

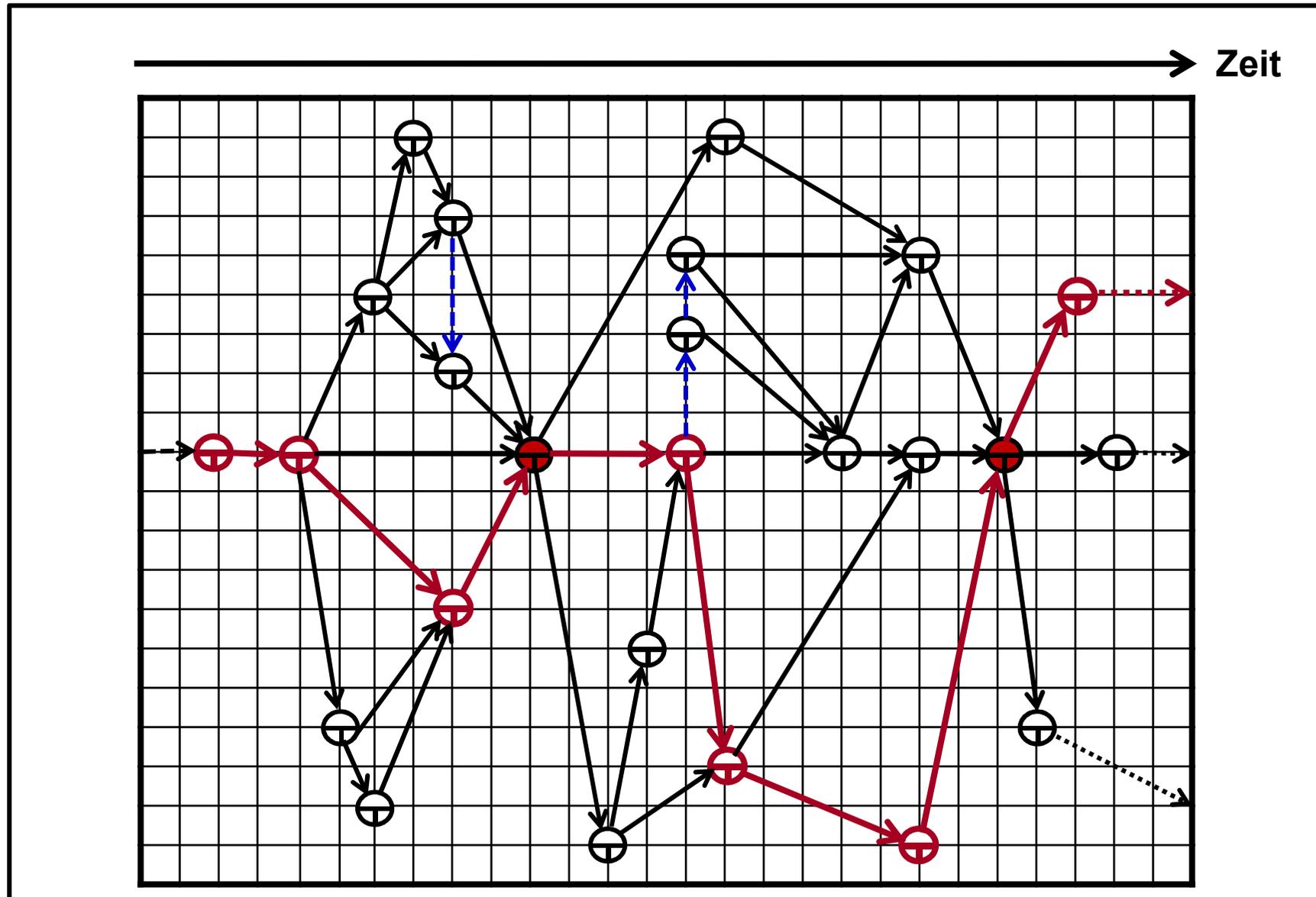
■ **Kritischer Pfad**

Die Abfolge von Vorgängen, die termingerecht abgeschlossen werden müssen, damit das Projekt planmäßig beendet wird. **Jeder Vorgang auf dem kritischen Pfad ist kritisch** und bedarf daher intensiver Terminüberwachung.

CPM-Netzplan, Konstruktionsregeln, Vorgangsfolgen:



CPM-Netzplan, Vorgangsfolgen; **Kritischer Pfad (→)** :



CPM-Netzplan; Kritischer Vorgang:

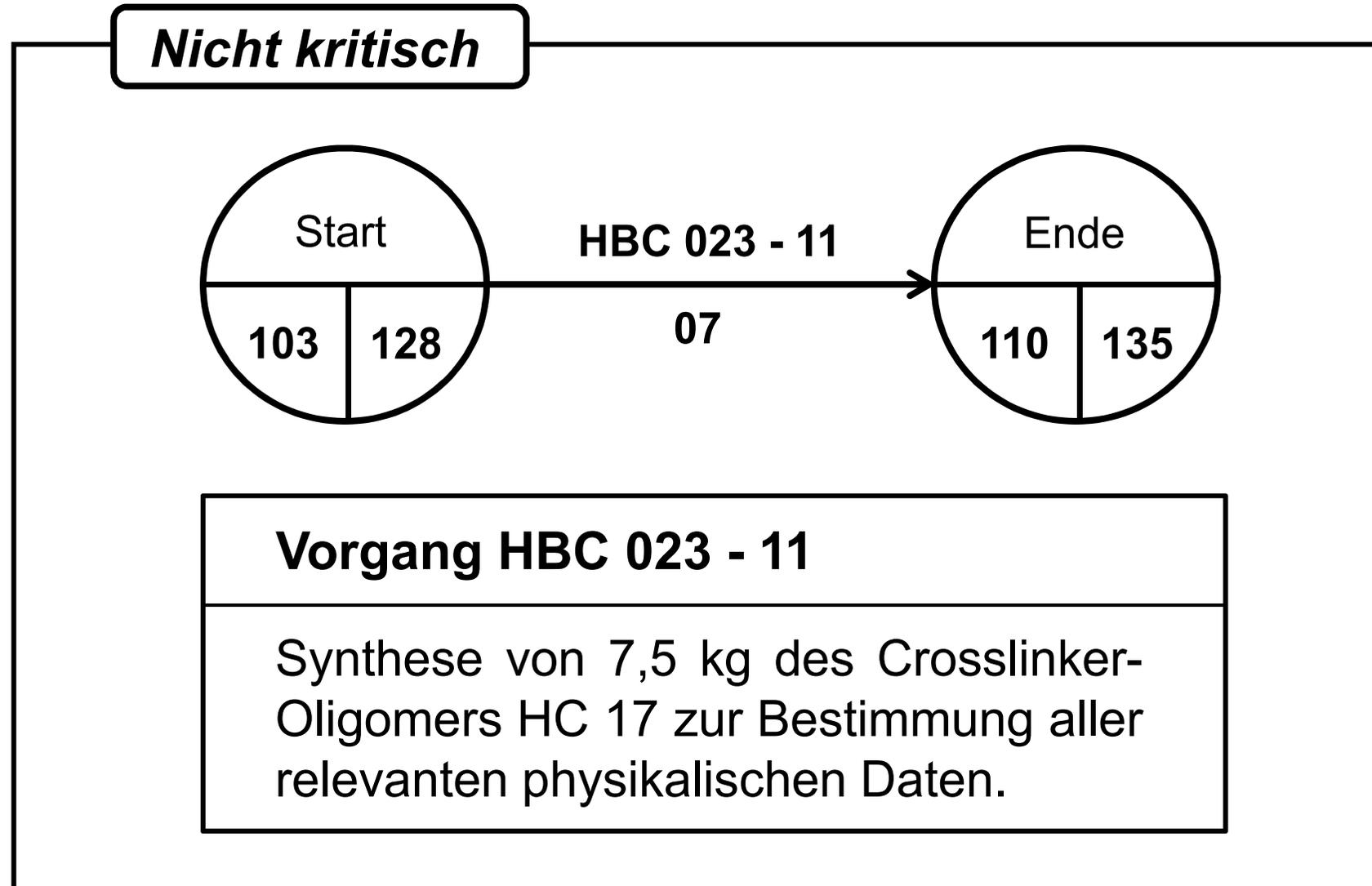
Kritisch



Vorgang HBC 017 - 51

Applikation 30 weiterer HBC-Flüssiglacke und Durchführung der zugehörigen UVcon-Tests: 2000h, $\lambda = 280 \text{ nm}$, $50^\circ\text{C}/70^\circ\text{C}$.

CPM-Netzplan; Nicht kritischer Vorgang:



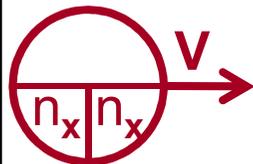
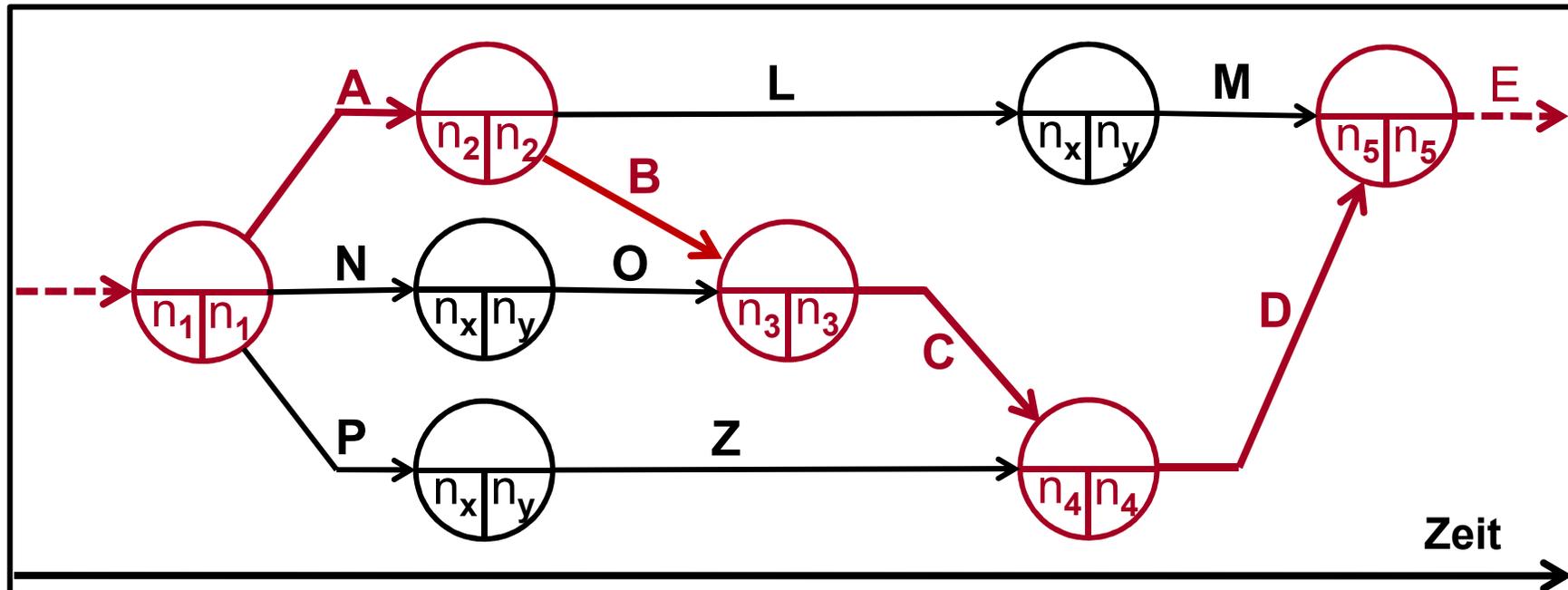
Netzplantechnik, CPM, „Hochelastische Klarlackierungen...“

CPM-Netzplan; **Kritische** und nicht kritische Vorgänge:

Zuordnung	Vorgang
	Bestimmung der Daphnien-Toxizität von HC 17 im Öko-Labor.
	Optimierung der Lackformulierung zur Applikation auf Standard-Wasserbasislackierungen.
	Unterlagen zur ECHA-Registrierung (HC 17) termingerecht erstellen.
	Laborsynthese (20 g) des Warmblüter-Metaboliten HCC 217.
	ESTA-Applikationen beim Pilotkunden auf der neuen Lackierlinie.
	Gitterschnitt-Tests nach der Spritzapplikation auf Stahlplatten.
	Technikumssynthese von 1,5 kg Vernetzer-Oligomern HC 17 zur Ermittlung seiner physikalisch-chemischen Daten.
	Technikumssynthese von 50 kg Polyacrylatol ST 2117 für hauseigene Lackerversuche an Modellkarossen.
	Kundenbelieferung für dessen Produktionsstart in der neuen Anlage.

Netzplantechnik, CPM, „Critical Path Method“

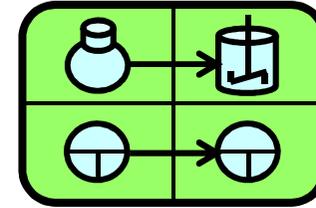
Ein **kritischer Pfad** hat keine Pufferzeiten (**Pfad A-B-C-D**)!



Vorgänge (V) ohne Zeitelastizität (z.B.: Saisongebundene Versuche, Terminvorgaben seitens Behörden oder Kunden). Terminüberschreitung bedeutet eine längere Projektlaufzeit!

$$n_x = 0, 1, 2, 3, \dots; n_y = 0, 1, 2, 3, \dots; n_x \neq n_y; n_y > n_x$$

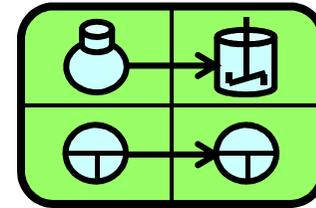
FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Die Lerninhalte

- Innovationen: Kennzeichen, Maßnahmen zur Förderung, Prozessvarianten.
- Drei Beispiele für Innovationsvorhaben (Chemie und Technik):
 1. Hochelastische Klarlackierungen für die Automobil-Serienproduktion.
 2. Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure.
 3. Neue metallorganische Gerüstmaterialien zur Gasspeicherung.
- Projekte, Zielsysteme, Projektmanagement in Forschung und Entwicklung.
- Zweckmäßige Organisation und effektive Strukturplanung von FuE-Projekten.
- Ablaufplanung, Meilensteine, der Stage-Gate[®]-Prozess, Netzplantechnik.
- **Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten, Trendanalysen.**
- Erfolgsrisiken: Identifikation, Einstufung und Behandlung.
- Personalbeschaffung, Personalführung:
Chemiker (m/w/d) – Teamplayer, Impulsgeber und Führungskräfte im Projekt.
- Projektleiter (m/w/d): Aufgaben, Führungsfunktionen und Persönlichkeitsprofil.
- Die systematische Bewertung einzelner Forschungsprojekte.
- FuE-Strategie: Die Planung eines Projektportfolios.

FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Lerninhalt →

***Wirksame Umsetzung und Steuerung
von FuE-Projekten, Trendanalysen.***

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Zielsetzungen:

- Präzise und zügige Erledigung aller im Projektablaufplan aufgelisteten Vorgänge.
- Frühestmögliches Erkennen von Planabweichungen.
- Flexibilität bei notwendigen Ablaufänderungen.
- Effektives Parieren von Fehlschlägen/Fehlversuchen.
- Rasches Auflösen von Projektblockaden.

- **Realisierung des Projekt-Zielsystems *trotz* Störungen oder „Überraschungen“ (Forschung!) im Projektablauf!**

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Grundregeln:

- Eine sorgfältige Planung ist die wirksamste „Vorab-Maßnahme“ zur Projektsteuerung.
- Komplexe Projekte sind nicht rein intuitiv, sondern stets auch mit strikter Systematik zu steuern.
- Aber: „Weiche“ Steuerungsgrößen (Wissen, Erfahrung, „Weisheit“ einzelner Teamplayer) sind in Kombination mit harten Informationen (→ „Daten“) besonders wirksam.
- Das Erreichen von Zielsystemen, Meilensteinen oder der Gates ist wichtiger als das akribische Einhalten einzelner Planungsgrößen.
- Die Steuerungsgrößen „Chemie/Technik“, „Kosten“ und „Termine“ sind als Gesamtheit (System) zu betrachten.

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Grundregeln:

- Planabweichungen sind so früh wie möglich kenntlich zu machen und an alle Beteiligten zu kommunizieren.
- Die effektive Steuerung wird durch schnelle und klare Entscheidungen gestützt.
- Jeder realisierte Steuerungsvorgang ist zwangsläufig mit „Nebenwirkungen“ im Projekt verbunden.

- **Alle Steuerungsmaßnahmen müssen sich immer auf der Ebene von Einzelvorgängen (EVs) auswirken!
(EVs: "Work Packages in Action", "APs in Action")!**

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Realisierte „AP´s“, Bedeutung für den Projekterfolg:

„Man muss nicht nur wollen, man muss es auch tun!“	J. W. von Goethe (1749 – 1832)
„Der eigentliche Zweck des Lernens liegt nicht im Wissen, sondern im Handeln!“	Herbert Spencer (1820 – 1903)
„Der einzige Weg, der zum Wissen führt, ist die Tätigkeit!“	G. B. Shaw (1856 – 1950)
„Es gibt nichts Gutes – außer man tut es!“	Erich Kästner (1899 – 1974)
„Gemachtes überholt Gedachtes!“	Zahlreiche Quellen

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Realisierte „AP´s“, Bedeutung für den Projekterfolg:

„Ich beschäftige mich nicht mit dem, was getan worden ist. Mich interessiert, **was getan werden muss.**“

Marie Curie
(1867 – 1934)

„Von den drei wichtigsten Tätigkeiten in der Forschung, nämlich dem Denken, dem Reden und dem **Tun**, bevorzuge ich das Letztere, weil es mir wohl am meisten liegt. Ich bin ganz ordentlich im Denken, aber nicht besonders gut im Reden.“

Frederick Sanger
(1918 – 2013)

Realisierte „AP`s: Lernprogramm „Aktion“!

**"Tell me, and I will forget! Teach me, and I may remember!
Involve me, and I will learn!" (Benjamin Franklin, 1706 – 1790)**

Die Mitglieder eines Projektteams behalten von dem,

- was sie lesen: $\approx 10\%$.
- was sie hören: $\approx 20\%$.
- was sie betrachten: $\approx 30\%$.
- was sie betrachten *und* hören: $\approx 50\%$.
- was sie selber vortragen: $\approx 70\%$.



- **was sie selber ausführen: $\approx 90\%$.**

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

→ Checkliste für die Ausführung von Vorgängen:

Beispiel P 1

Was?	Ziel	Wer?	Mit Wem?	Bis Wann?	Resultat
<i>Vorgang (Aktion)</i>	<i>Angestrebtes Resultat</i>	<i>Verantwortliche(r)</i>	<i>Aktionsbeteiligte (Ggf. Clique)</i>	<i>Termin (Datum)</i>	<i>Check (√)</i>
Gitterschnitttests CC 37c	Kenntnis der Haftung/System	Dr. Aberg	—	17.07.2020	√ (90 %)
Laborsynthesen Serie HBC 08c	Optimale Reaktionsparameter	Hr. Bermann	Dr. Hallert Fr. Ihlers	01.10.2020	√
Perorale Toxizität HBC 11a, Ratte	Kenntnis der Toxizität (REACH)	Dr. Cehaus	Dr. Jottner Dr. Karsten	01.12.2020	Noch offen
AMTEC-Testung Serie CC 37	Kratzfestigkeiten sind bekannt	Fr. Derkötter	Hr. Elmers	01.12.2020	√
H-NMR-Spektren HBC Serie 09	Kenntnis der chemischen Strukturen	Hr. Effner	Hr. Bermann	03.07.2020	√
UV-con-Stabilität Serie CC 31	UV-Stabilitäten sind bekannt	Dr. Gekamp	—	01.09.2020	Noch offen
↓	↓	↓	↓	↓	↓

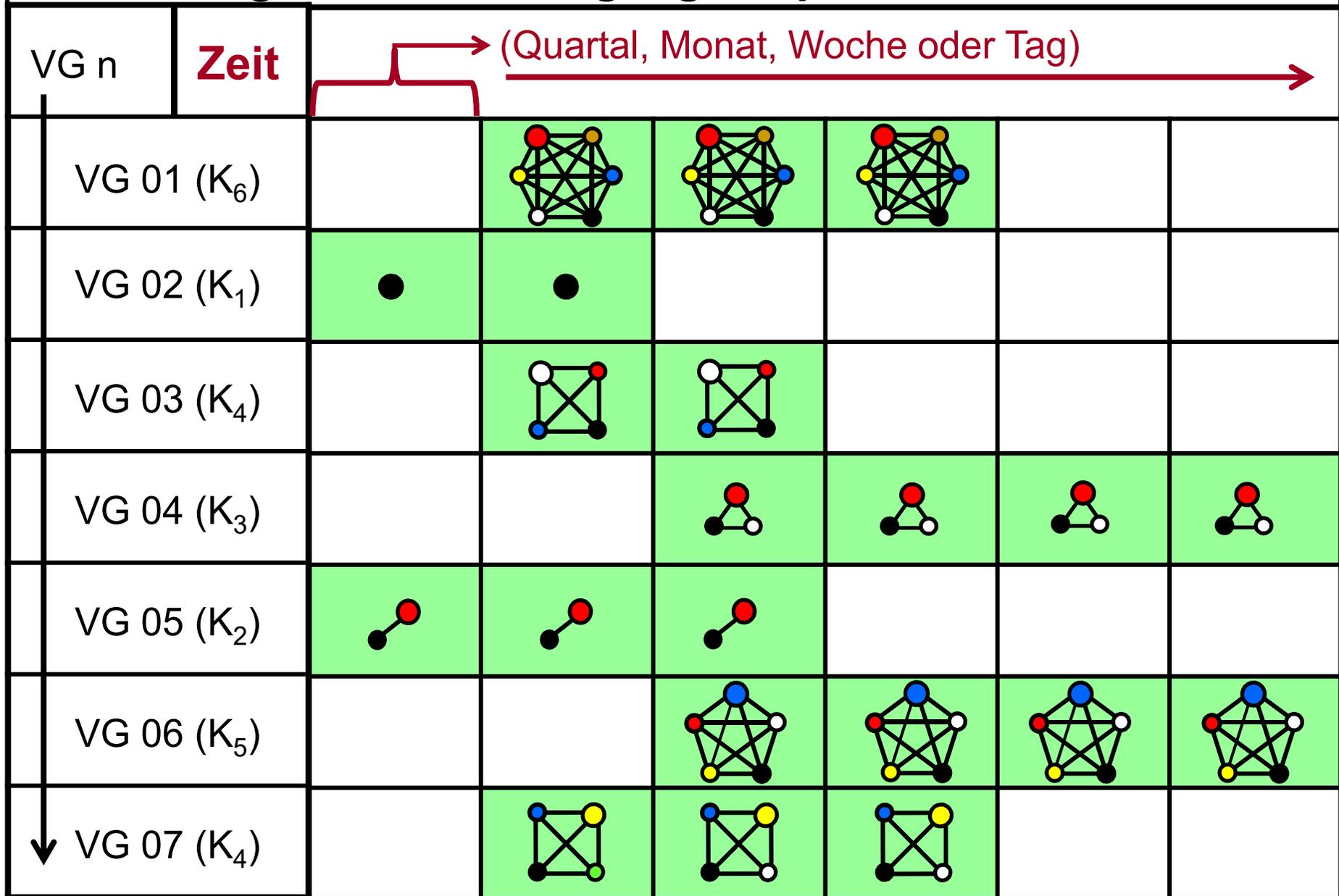
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

→ Checkliste für die Ausführung von Vorgängen:

Was?	Ziel	Wer? ●	Mit Wem? ●	Bis Wann?	Resultat
<i>Vorgang (VG_n)</i>	<i>Angestrebtes Resultat</i>	<i>Verant- wortliche(r)</i>	<i>Aktionsbeteiligte (Ggf. Clique)</i>	<i>Termin (Datum)</i>	<i>Check (↓)</i>
VG _n	Resultat (n)	●		Datum (n)	
VG _{n+1}	Resultat (n + 1)	●		Datum (n + 1)	
VG _{n+2}	Resultat (n + 2)	●	●	Datum (n + 2)	
VG _{n+3}	Resultat (n + 3)	●		Datum (n + 3)	
↓	↓	↓	↓	↓	↓

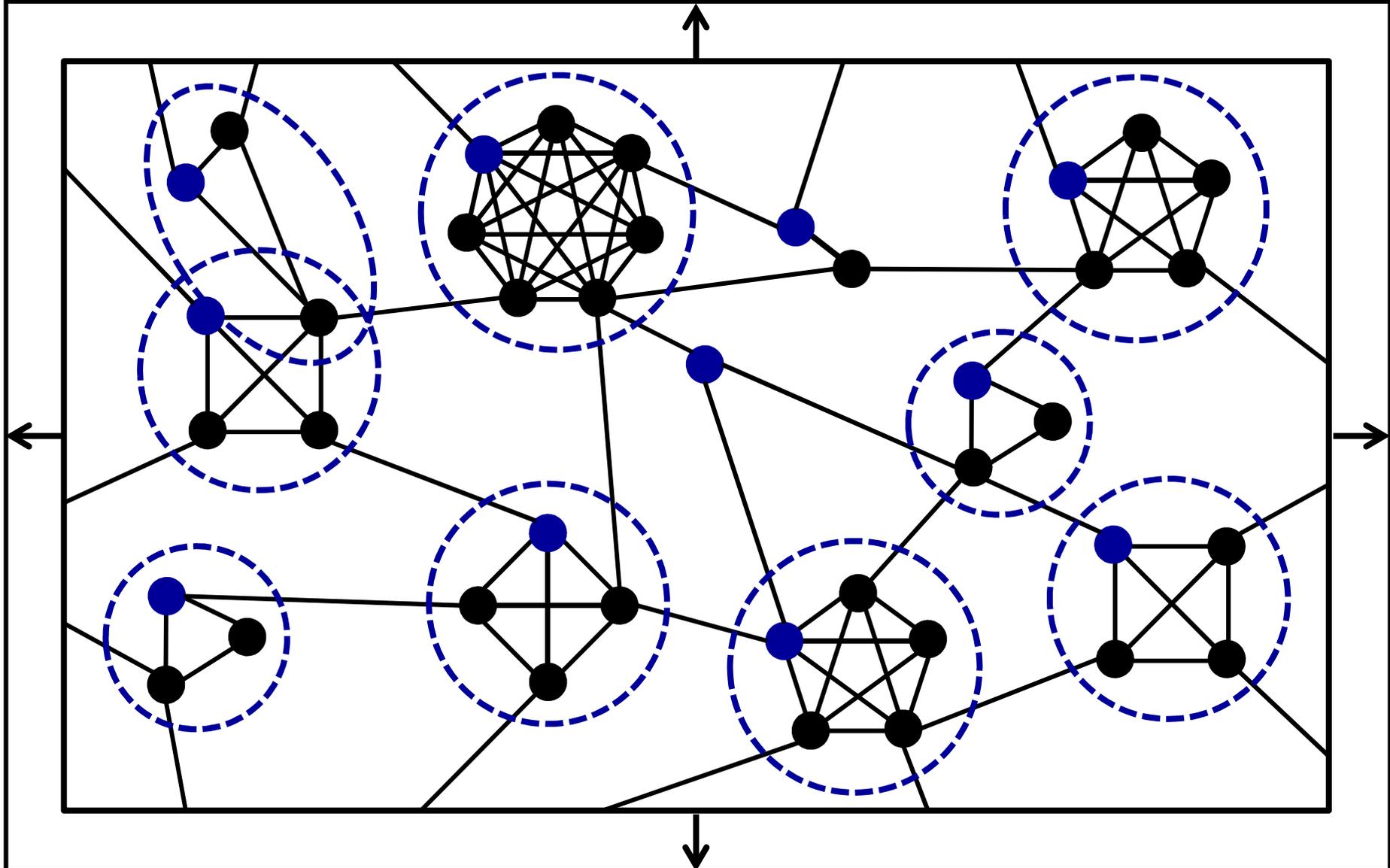
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Gantt-Diagramm mit „Vorgangscliquen“:



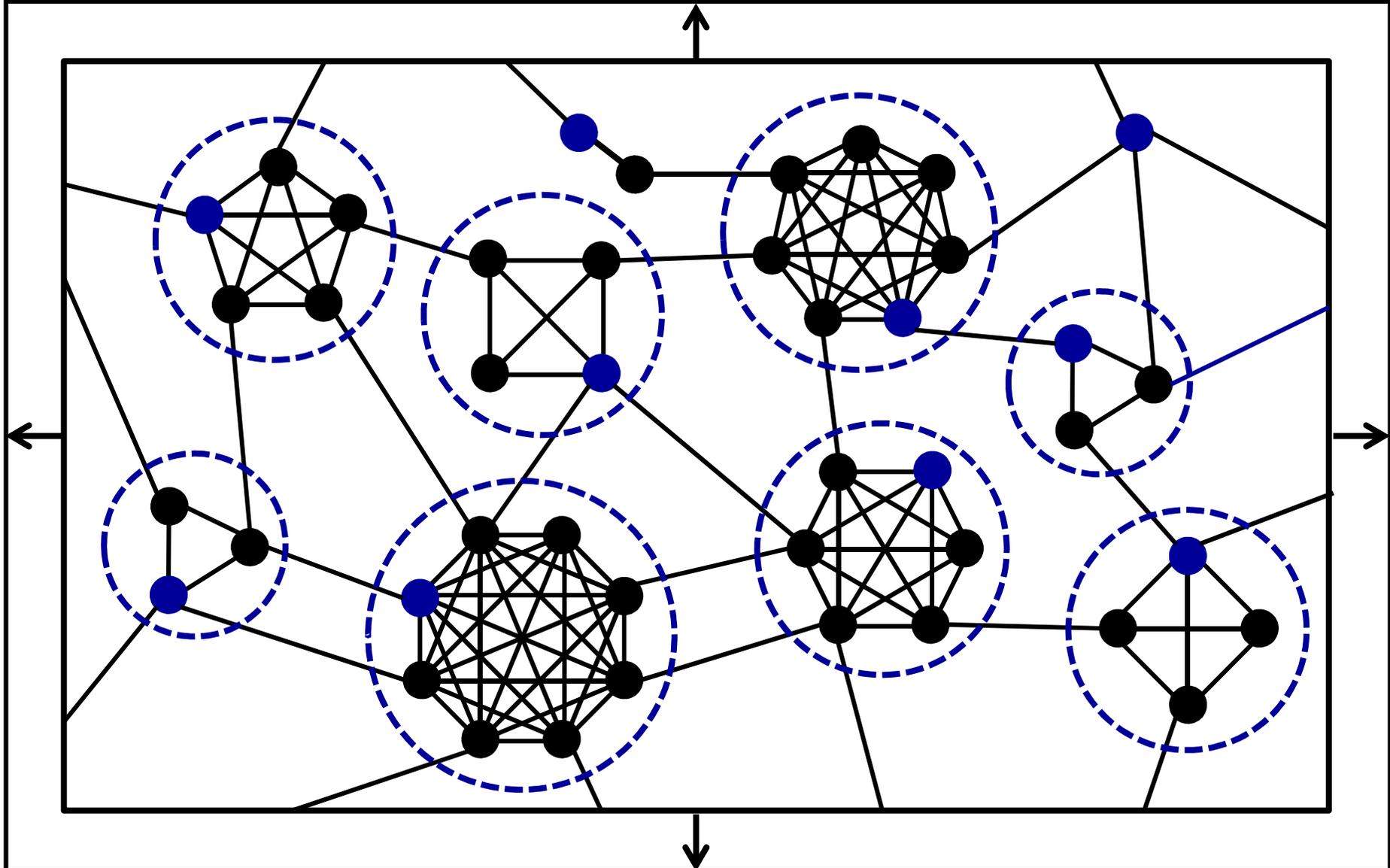
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Umsetzung mit einem System „fluktuierender Cliques“:



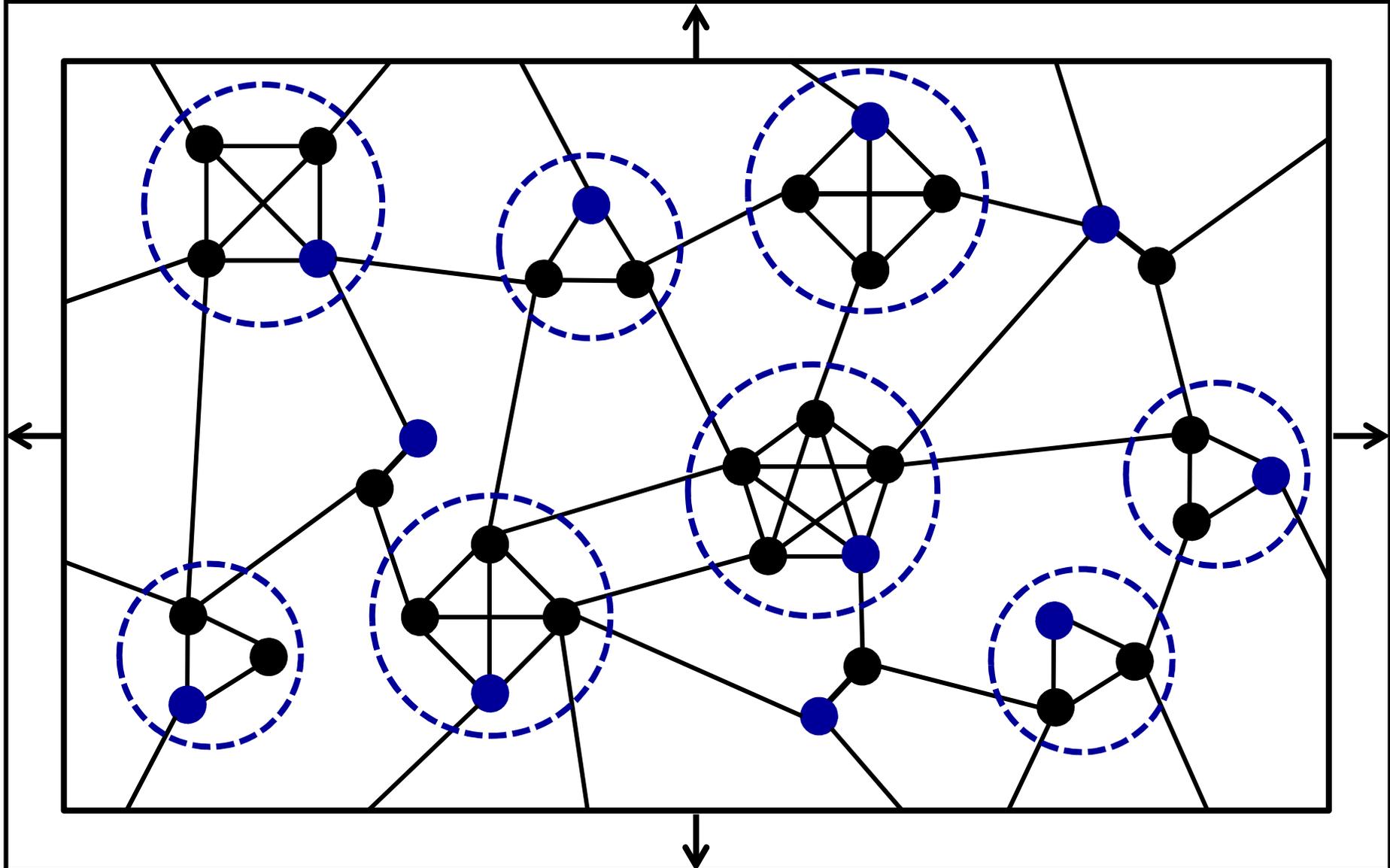
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Umsetzung mit einem System „fluktuierender Cliques“:



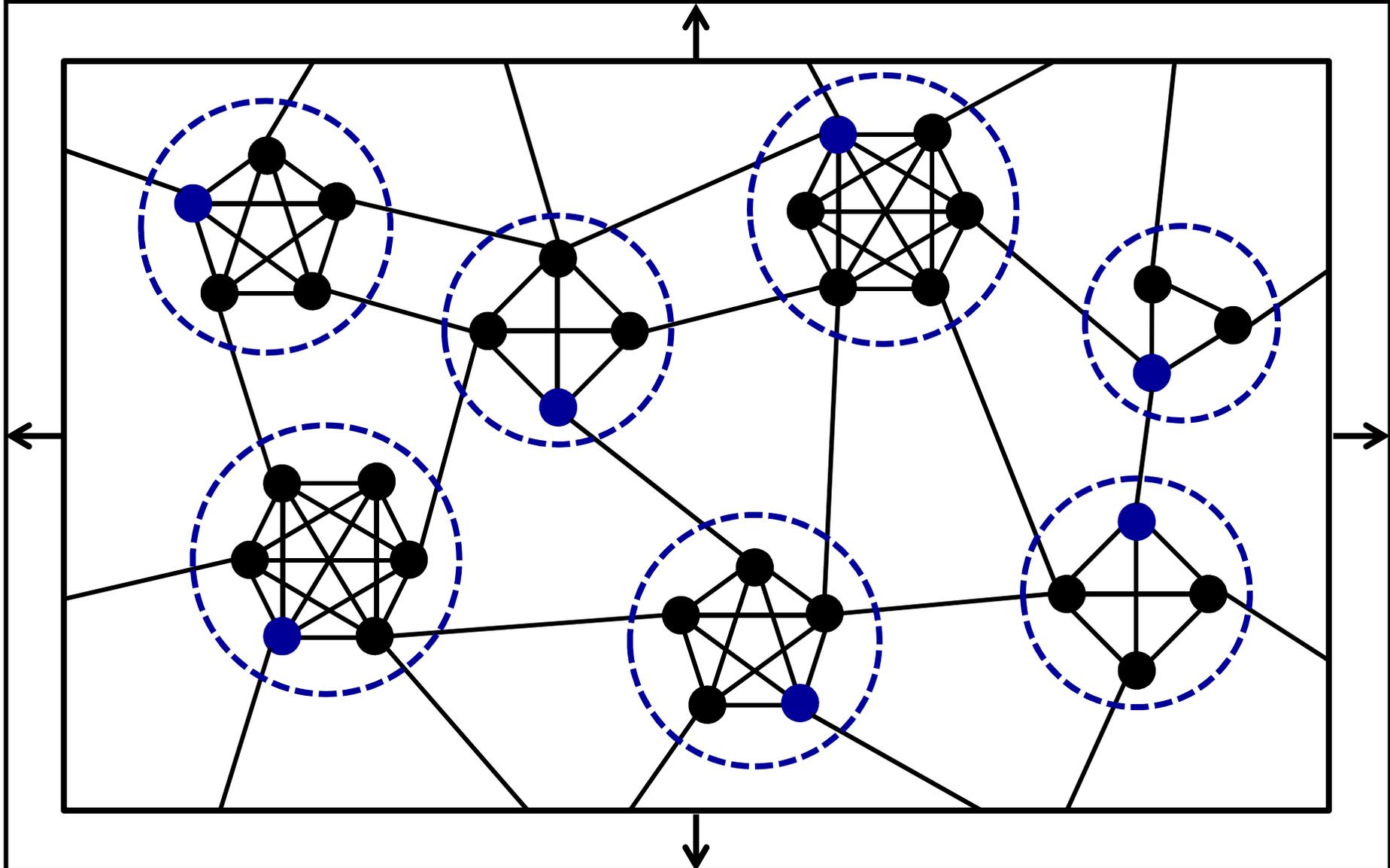
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Umsetzung mit einem System „fluktuierender Cliques“:



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

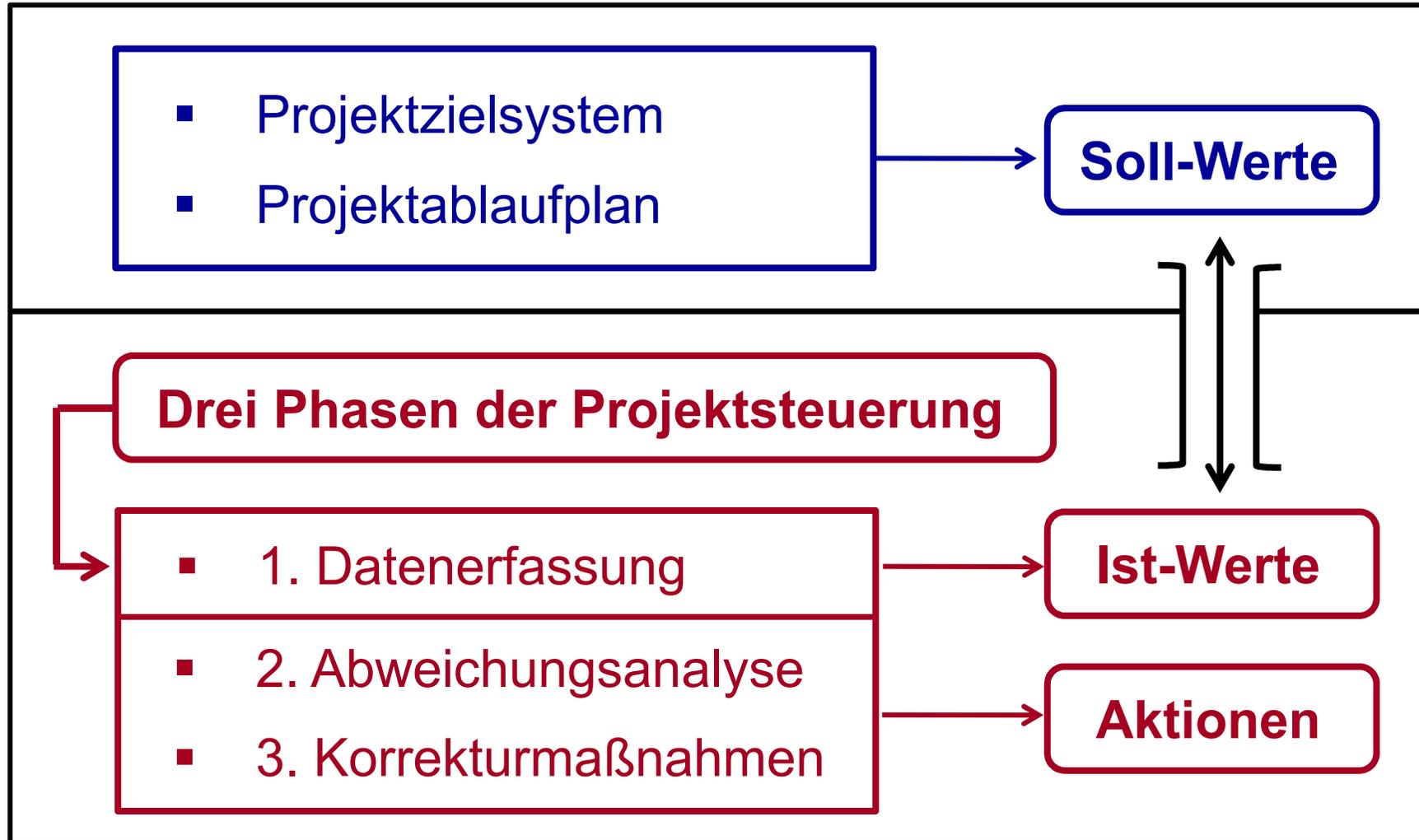
Umsetzung mit einem System „fluktuierender Cliques“:



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Voraussetzung →

Steter Vergleich der Soll-Werte mit den Ist-Werten.



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Klare Vereinbarungen von anstehenden Vorgängen als Basis für systematische Soll-Ist-Vergleiche:

VORGANG:	DATUM:
Vorgangsverantwortliche(r)	
Zielsetzung	
Aufgabenstellung	
Zu erarbeitende Ergebnisse	
Budget	
Rahmenbedingungen	
Termin, ggf. Meilenstein	
Unterschrift Auftraggeber (Projektleiter)	
Unterschrift Vorgangsverantwortliche(r)	

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

VORGANG: Aufnahme und Auswertung von Raman-Spektren der 10 neuen T(P)MS-MOFs unter H₂ bei 80 K.	DATUM: 4.10. 2019 <div style="text-align: right; border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">Beispiel P3</div>
Vorgangsverantwortliche(r)	Frau Dr. Anna Oltermühlen
Zielsetzung	Kenntnis der H ₂ – Adsorptionen.
Aufgabenstellung	Aufnahme der Spektren in der H ₂ – Kryo-Apparatur.
Zu erarbeitende Ergebnisse	Alle Raman-Spektren liegen vor und sind vollständig ausgewertet.
Budget	5.200 €.
Rahmenbedingungen	Verfügbarkeit einer versierten und speziell geschulten Laborkraft.
Termin, ggf. Meilenstein	12.12.2019.
Unterschrift Auftraggeber (Projektleiter Herr Pohlhans)	<i>M. Pohlhans, 04.10.2019</i>
Unterschrift Vorgangsverantwortliche(r)	<i>Anna Oltermühlen, 04.10.2019</i>

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

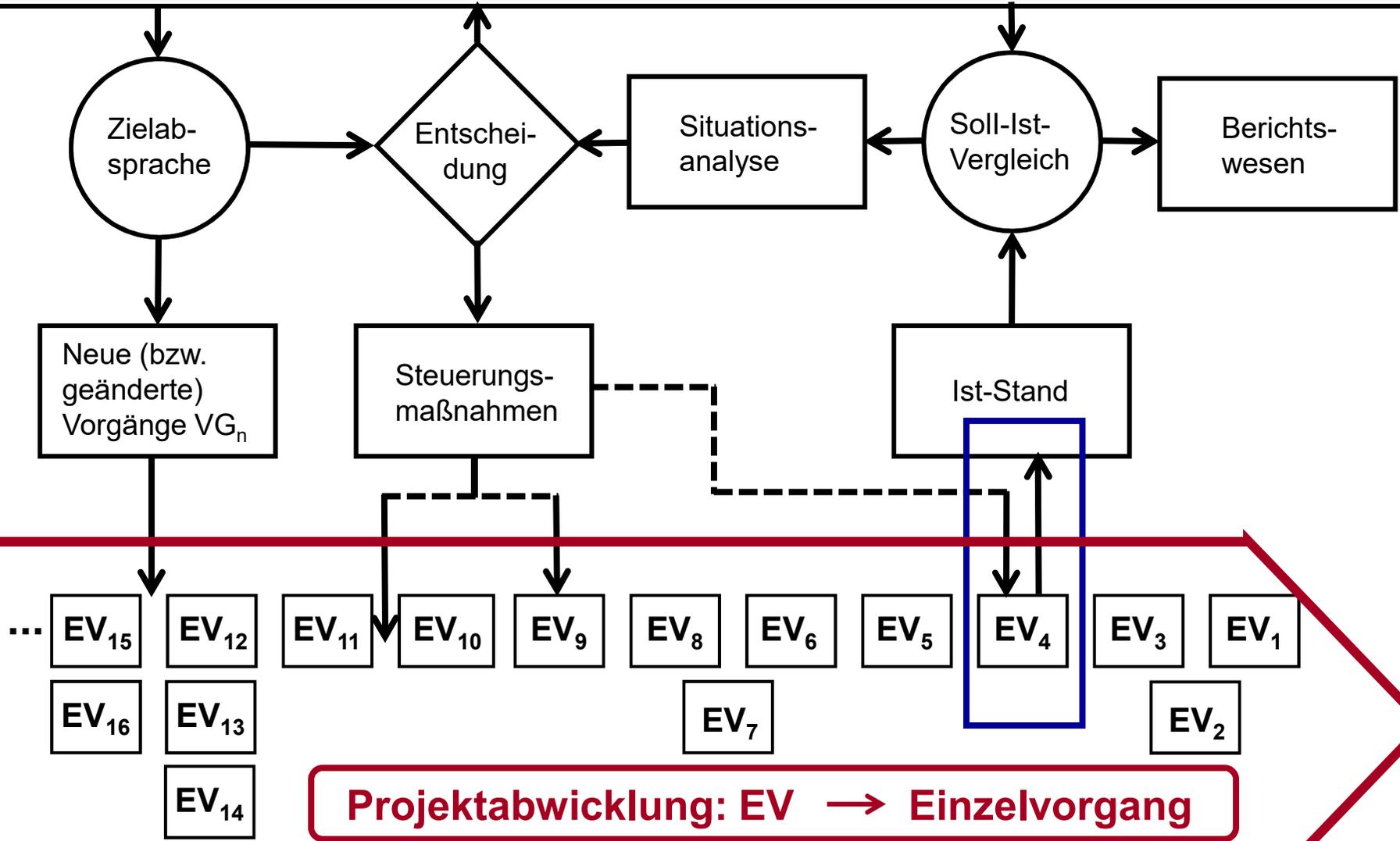
Maßnahmen des Projektleiters, um das FuE-Projekt erfolgreich in das definierte Zielsystem zu führen:

- Struktur-/Ablaufpläne laufend anpassen! ↔
- Problemlösung und Projektsteuerung jeweils gut aufeinander abstimmen! ↔

- **Gegebenenfalls vorzeitiges „Gegensteuern“!**

Wirksame Umsetzung und Steuerung: → **Steuerungszyklen**

(Kontinuierliche) Projektplanung; Plananpassungen:



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

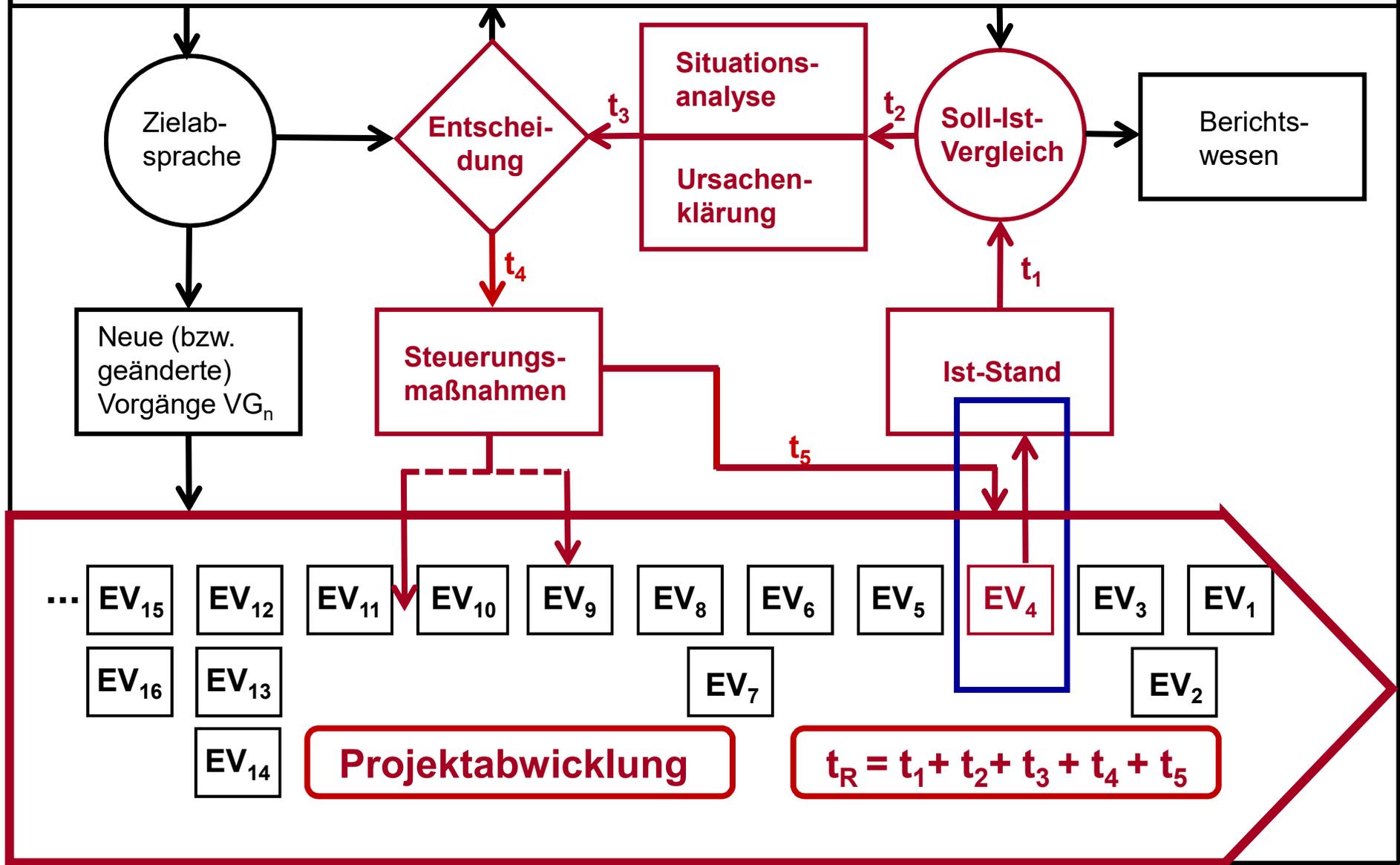
Reaktionszeit für Steuerungsmaßnahmen.

Die Reaktionszeit für Maßnahmen aus der Projektsteuerung setzt sich summarisch zusammen aus:

- Dauer vom Eintritt einer Abweichung bis zu deren Erkennen.
- Dauer für die Ursachenanalyse und Erarbeitung der potenziell geeigneten Maßnahmen.
- Dauer für die Entscheidung.
- Dauer bis zur Einleitung der Steuerungsmaßnahme.
- Dauer bis zur Wirkung der Steuerungsmaßnahme.

Wirksame Umsetzung und Steuerung: → Steuerungszyklen

(Kontinuierliche) Projektplanung; Plananpassungen:



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Harte Daten basieren auf Fakten aus bisherigen Ergebnissen und belegen den aktuellen Stand des FuE-Projektes.

Harte Daten, Beispiele:

- Chemie: Reaktionen, Reaktionsparameter, Ausbeuten.
- Produkteigenschaften, physikalische Daten, Wirkungen.
- Zahl und Art der Komponenten (bei Formulierungen).
- Bisher entstandene Kosten.
- Realisierte Anschaffungen und Investitionen.
- Erledigte Vorgänge, Termineinhaltung.
- Planressourcen, Personalkapazitäten, Ausrüstung(en).

Formalsteuerung

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

„Weiche Daten“ sind typischerweise nur (diffus) umschreibbar. Sie sind kaum mit Fakten und Daten zu belegen, beschreiben Rahmenbedingungen und resultierende Haltungen. Sie haben dennoch einen deutlichen Einfluss auf den Projektverlauf!

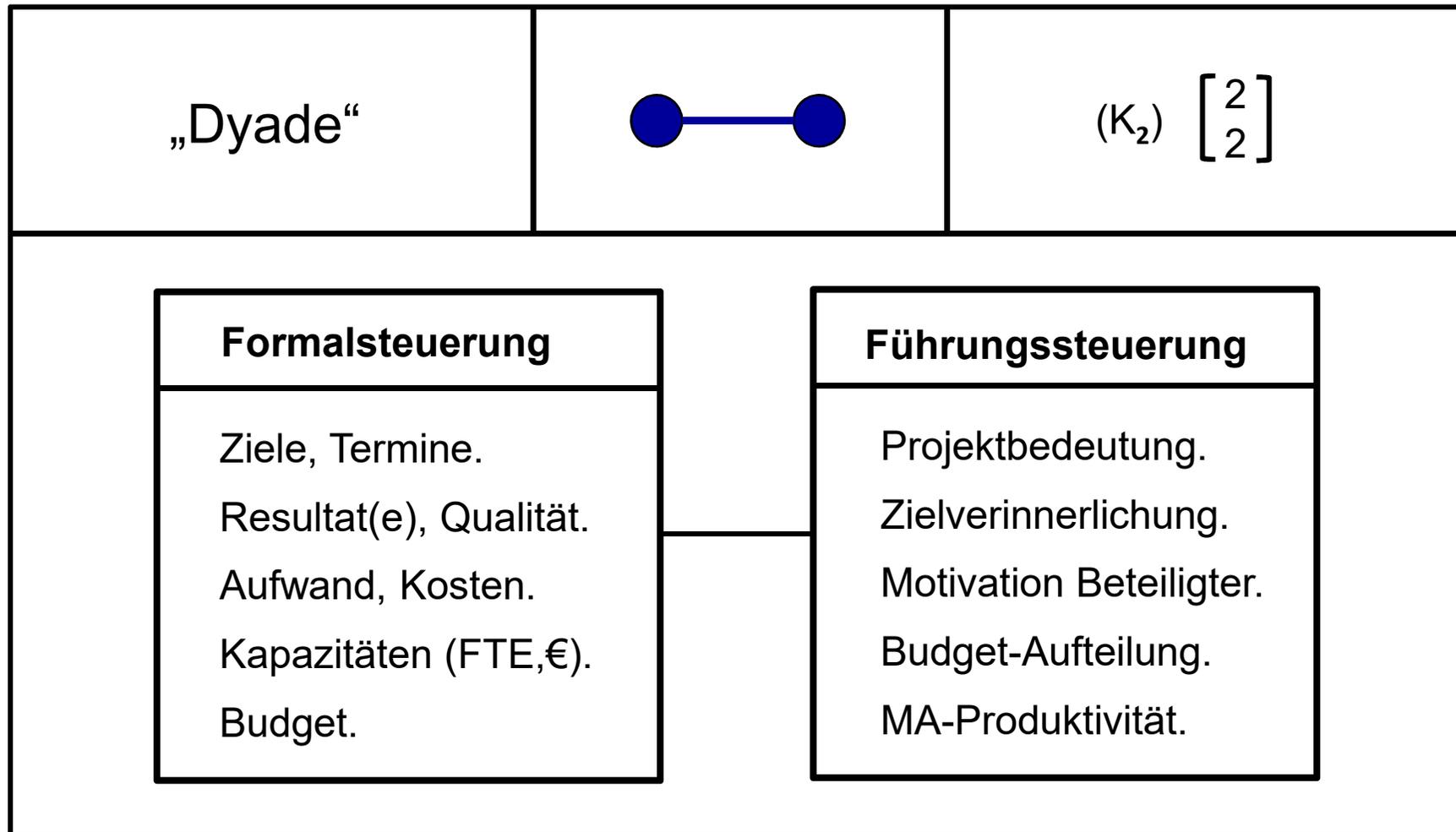
„Weiche Daten“, Beispiele:

- Stimmung der Projektbeteiligten sowie der „Stakeholder“.
- Motivation jedes einzelnen Projektbeteiligten.
- Ausprägung des zwischenmenschlichen Verständnisses.
- Gerüchte, Kolportagen, Vermutungen.
- Geistige und seelische „Fitness“ der Projektbeteiligten.

Führungssteuerung

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Zwei miteinander vernetzte Steuerungskreise innerhalb eines laufenden FuE-Projektes:



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Planabweichungen bei laufenden FuE-Projekten:

Abweichungen hinsichtlich:	
Laborergebnisse	<ul style="list-style-type: none">- Vollständigkeit.- Richtigkeit, Exaktheit, Qualität, Validität.
Termine	<ul style="list-style-type: none">- Jeweiliger Vorgangsabschluss.- Meilenstein-Erreichung.- Restdauer (time to completion).
Kosten	<ul style="list-style-type: none">- Kosten der einzelnen Arbeitsvorgänge.- Verteilungen auf diverse Kostenarten.- Restaufwand (cost to completion).
HR-Produktivität	<ul style="list-style-type: none">- Individuelles Leistungsvermögen pro FTE.- Qualität der persönlichen Arbeitsergebnisse.- Qualifikation/Fachkönnen des Personals.
HR-Kapazitäten	<ul style="list-style-type: none">- Tatsächlich benötigter Personalaufwand.

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Planabweichungen bei laufenden FuE-Projekten:

- Unerwartete chemische oder technische Resultate.
- Fehlerhafte chemische oder technische Resultate.
- Notwendige Zielkorrekturen
(Beispiel: Höhere Leistungsanforderungen vom Kunden).
- Neue Umweltgesetze, verschärftes Umweltrecht
(Mögliche Folge: Verweigerung der Zulassung durch ECHA).
- Gesellschaftlicher Wandel
(Konsequenz: Die Akzeptanz des Zielprodukts im Markt ist gesunken – oder gestiegen).

Ursachen

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Planabweichungen bei laufenden FuE-Projekten:

- Planungsfehler
(Beispiel: Die Dauer von Vorgängen wurde zu optimistisch / pessimistisch eingeschätzt).
- Andere Lösungswege, neu publizierte Produkte, Synthesen oder Verfahren
(Folge: Entsprechend angepasste Arbeitspakete).
- Personelle Risiken (Beispiel: Personalausfall).

Ursachen

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Kostenübersicht (Soll-Ist-Vergleiche):

PERIODE: Projektstart - heute	PLAN (x 10³ €)	IST (x 10³ €)	ABW. (Ist – Plan)	BEURTEILUNG
Personal AT				
Personal TA				
Chemikalien				
Lösemittel				
Geräte				
Labormaterialien				
Fremdleistungen (int.)				
Fremdleistungen (ext.)				
Mieten (Büros, Labore)				
Reisekosten				
GESAMT				

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Kostenübersicht (Soll-Ist-Vergleiche):

Beispiel

PERIODE: 01.03.2020-31.01.2021	PLAN (x 10 ³ €)	IST (x 10 ³ €)	ABW. (Ist – Plan)	BEURTEILUNG
Personal AT	1.840	1.804	- 36	Einsparung 02,0%
Personal TA	1.613	1.461	- 152	Einsparung 09,4%
Chemikalien	345	313	- 32	Einsparung 09,3%
Lösemittel	180	185	5	Überziehung 02,8%
Geräte	57	40	- 17	Einsparung 30,0%
Labormaterialien	89	78	- 11	Einsparung 12,4%
Fremdleistungen (int.)	251	272	21	Überziehung 08,4%
Fremdleistungen (ext.)	180	190	10	Überziehung 05,6%
Mieten (Büros, Labore)	17	17	0	Gemäß Plan
Reisekosten	4	3	- 1	Einsparung 25,0%
GESAMT	4.576	4.363	213	Einsparung 04,7%

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Trendanalysen als „proaktive“ Maßnahmen:

Festlegung
der Zielwerte

Experimente
durchführen

Ist-Werte
erfassen

Bei Abweichungen:
Steuerungsmaßnahmen
einleiten

Kontrollen: Reaktion erst nach eingetretener Abweichung möglich!

Festlegung
der Zielwerte

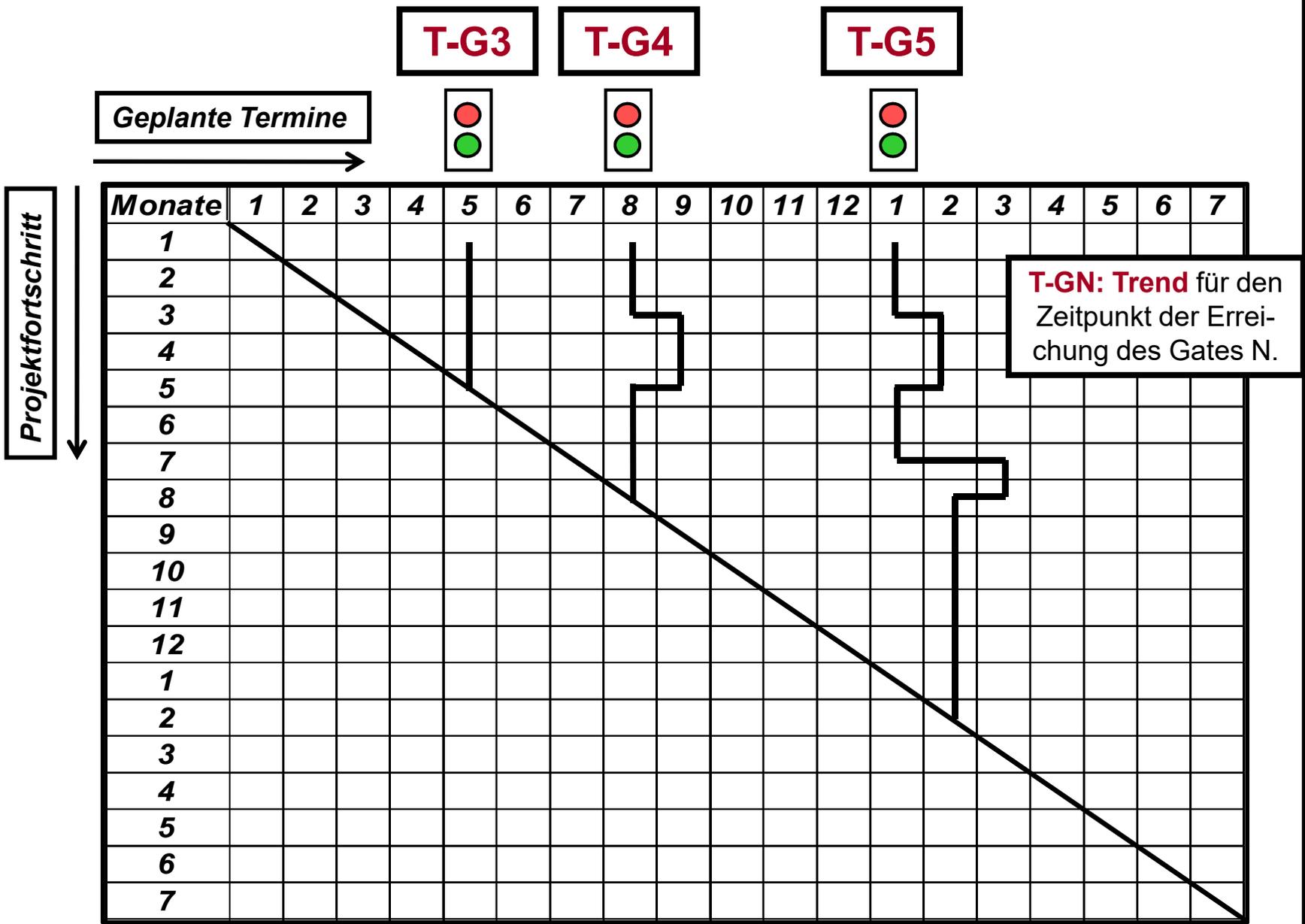
Experimente
durchführen

Frühe Trend-
abschätzung

Bei **absehbaren** Abwei-
chungen: Steuerungs-
maßnahmen einleiten

Trendanalysen: Aktion schon vor Eintreten der Abweichung möglich!

Wirksame Umsetzung und Steuerung → Trendanalysen:



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Änderungsmitteilung bei laufendem FuE-Projekt:

Änderungsmitteilung

Projekt: A 021, Hochelastische Klarlackierungen; Projektleiter: Dr. Aberg

- Änderung des Ergebnisses Änderung der Termine Änderung der Kosten

Ursachen der Abweichungen::

Streik der LKW-Fahrer in Frankreich. Verkehrsblockaden auf den französischen Autobahnen!

Folgende Abweichung wurde festgestellt:

Zeitverzug von vier (4) Wochen

Neuer Zielwert::

Projektende: 31.08.2022

Vorgang/Arbeitspaket:

Montage eines Edelstahlrührkessels im Technikum

Zur Kenntnisnahme:

- Projektteam
 StageGate-Keeper
 Lenkungskreis

Zur Genehmigung:

- Projektteam
 StageGate-Keeper
 Lenkungskreis

- Änderung der Ziele
 Änderung der Planung/ Vorgehensweise

Genauere Beschreibung der Abweichung:

Der benötigte 1000 l – Edelstahl-Rührkessel der Firma [Reacteur...SARL1] (Lyon, F) kann wegen unvorhersehbarer Logistikprobleme auf dem Straßennetz von der Lieferfirma erst vier Wochen nach Plan im Technikum montiert werden.

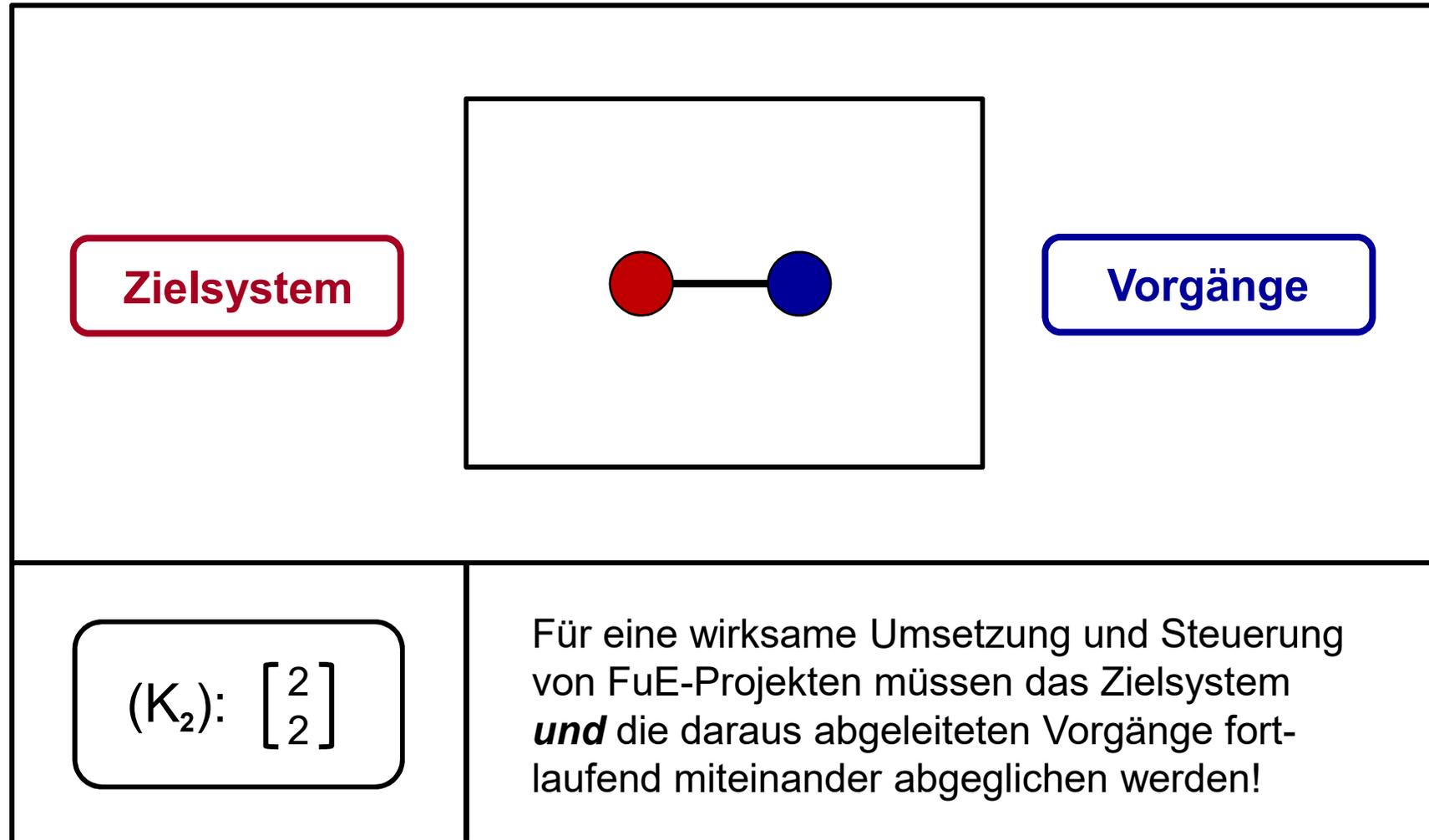
Datum: 04.09.2020

Unterschrift:



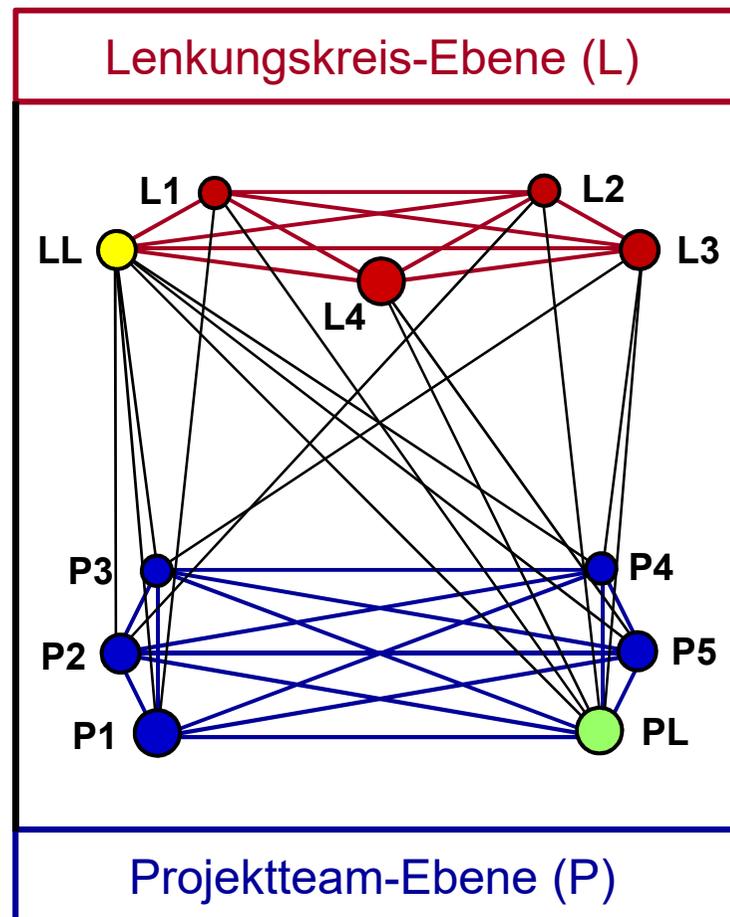
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Realisierung des Zielsystems, abgeleitete Vorgänge.



Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Interaktionen zwischen Lenkungskreis und Projektteam: Bipartiter Graph; Minimalzahl an Verbindungen (\equiv) mit jeweils stetigem und wechselseitigem Informationsaustausch für einen effektiven und effizienten Projektfortgang.



● (Yellow)	LL: Leiter/In Lenkungskreis (GBU-Leiter/In)
● (Red)	L1: Mitglied Lenkungskreis (Forschung)
● (Red)	L2: Mitglied Lenkungskreis (Entwicklung)
● (Red)	L3: Mitglied Lenkungskreis (Produktion)
● (Red)	L4: Mitglied Lenkungskreis (Vertrieb)
● (Green)	PL: Projektleiter (m/w/d)
● (Blue)	P1: Projektteammitglied (Forschung)
● (Blue)	P2: Projektteammitglied (Entwicklung)
● (Blue)	P3: Projektteammitglied (Technikum)
● (Blue)	P4: Projektteammitglied (Produktion)
● (Blue)	P5: Projektteammitglied (Marketing)

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Interaktionen zwischen Lenkungskreis und Projektteam: Adjazenzmatrix; Verbindungen (1) mit jeweils stetigem und wechselseitigem Informationsaustausch für einen effektiven und effizienten Projektfortgang.

	L1	L2	L3	L4	LL
P1	1	0	0	0	1
P2	0	1	0	0	1
P3	0	0	1	0	1
P4	0	0	1	0	1
P5	0	0	0	1	1
PL	1	1	1	1	1

	LL: Leiter/In Lenkungskreis (GBU-Leiter/In)
	L1: Mitglied Lenkungskreis (Forschung)
	L2: Mitglied Lenkungskreis (Entwicklung)
	L3: Mitglied Lenkungskreis (Produktion)
	L4: Mitglied Lenkungskreis (Vertrieb)
	PL: Projektleiter (m/w/d)
	P1: Projektteammitglied (Forschung)
	P2: Projektteammitglied (Entwicklung)
	P3: Projektteammitglied (Technikum)
	P4: Projektteammitglied (Produktion)
	P5: Projektteammitglied (Marketing)

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Die „agile“ Arbeitsweise: Mit getakteter Iteration zum Ziel.

Die *kurzperiodische* Planung, Durchführung und Steuerung der Vorgänge in „agilen“ Entwicklungsprojekten erfolgt innerhalb festgelegter, überschaubarer Zeitspannen ("Timeboxes"), zum Beispiel in Perioden von zwei Wochen.

Die „getaktete“ Planung von "Timebox" zu "Timebox" erfolgt, indem das Entwicklungsteam – *gemeinsam mit dem Produktmanagement* – zu Beginn jeder „Timebox“ neu festlegt, welche Einzelvorgänge mit welcher Priorität in der nächsten Periode (zwei Wochen) zu realisieren sind.

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Die „agile“ Arbeitsweise: Mit getakteter Iteration zum Ziel.

Die Gesamtprojektlaufzeit wird in n zweiwöchige "Timeboxes" eingeteilt.
E: Entwicklung; **T:** Scale-up; **P:** Produktion. Sprint: Vorgangsfolge (2 Wochen).

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	→ →	Sprint n	Ziel
E				→ →		
T				→ →		
P				→ →		
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	→ →	Timebox n	

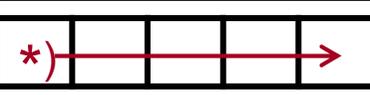
→ Zeit

Das Entwicklungsteam plant **nicht** mehr: „Wieviel Zeit benötigen wir jeweils?“
Statt dessen plant es: „Was wollen wir in 14 Tagen **fertiggestellt** haben?“

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Mit getakteter Iteration zum Ziel: "Sprint Backlog (ToDo)".

Planung von Sprint 1. Entwicklungsteam und Produktmanagement klären: Welche *vorrangigen* Einzelvorgänge sind binnen zwei Wochen realisierbar?

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	
E					→
T					→
P					→
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	Timebox 4	

→ Zeit

***)** 

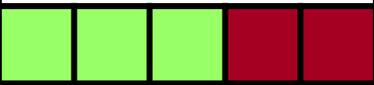
Beispiel 1

Fünf priorisierte Einzelvorgänge, die laut Team binnen zwei Wochen realisiert sein sollen.

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Mit getakteter Iteration zum Ziel: Das "Sprint Review".

Review von Sprint 1. Entwicklungsteam und Produktmanagement klären:
 1. Erledigt/Offen? 2. "Product Backlog"? 3. Was steht im nächsten Sprint an?

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	
E					→
T					→
P					→
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	Timebox 4	

→ Zeit

	Erledigte Vorgänge (→ "Sprint Review")		Offene Vorgänge (→ "Sprint Backlog")
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Mit getakteter Iteration zum Ziel: "Sprint Backlog (ToDo)".

Planung von Sprint 2. Entwicklungsteam und Produktmanagement klären: Welche *vorrangigen* Einzelvorgänge sind binnen zwei Wochen realisierbar?

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	
E		*) →			→
T					→
P					→
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	Timebox 4	

→ Zeit

*)

V ₀₉	V ₁₀	V ₁₁	V ₁₂
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Beispiel 1
Vier priorisierte Einzelvorgänge, die laut Team binnen zwei Wochen realisiert sein sollen.

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Mit getakteter Iteration zum Ziel: Das "Sprint Review".

Review von Sprint 2. Entwicklungsteam und Produktmanagement klären:
 1. Erledigt/Offen? 2. "Product Backlog"? 3. Was steht im nächsten Sprint an?

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	
E		   			→
T		 			→
P		 			→
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	Timebox 4	

→ Zeit

	Erledigte Vorgänge (→ "Sprint Review")		Offene Vorgänge (→ "Sprint Backlog")
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Mit getakteter Iteration zum Ziel: "Sprint Backlog (ToDo)".

Planung von Sprint 3. Entwicklungsteam und Produktmanagement klären: Welche *vorrangigen* Einzelvorgänge sind binnen zwei Wochen realisierbar?

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	
E			*) →		→
T					→
P					→
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	Timebox 4	

→ Zeit

*)

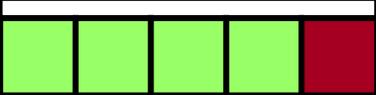
V ₁₇	V ₁₈	V ₁₉	V ₂₀
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

Beispiel 1
Vier priorisierte Einzelvorgänge, die laut Team binnen zwei Wochen realisiert sein sollen.

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Mit getakteter Iteration zum Ziel: Das "Sprint Review".

Review von Sprint 3. Entwicklungsteam und Produktmanagement klären:
 1. Erledigt/Offen? 2. "Product Backlog"? 3. Was steht im nächsten Sprint an?

	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	
E					→
T				u. s. w.	→
P					→
	Timebox 1	Timebox 2	Timebox 3	Timebox 4	

→ Zeit

	Erledigte Vorgänge (→ "Sprint Review")		Offene Vorgänge (→ "Sprint Backlog")
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------

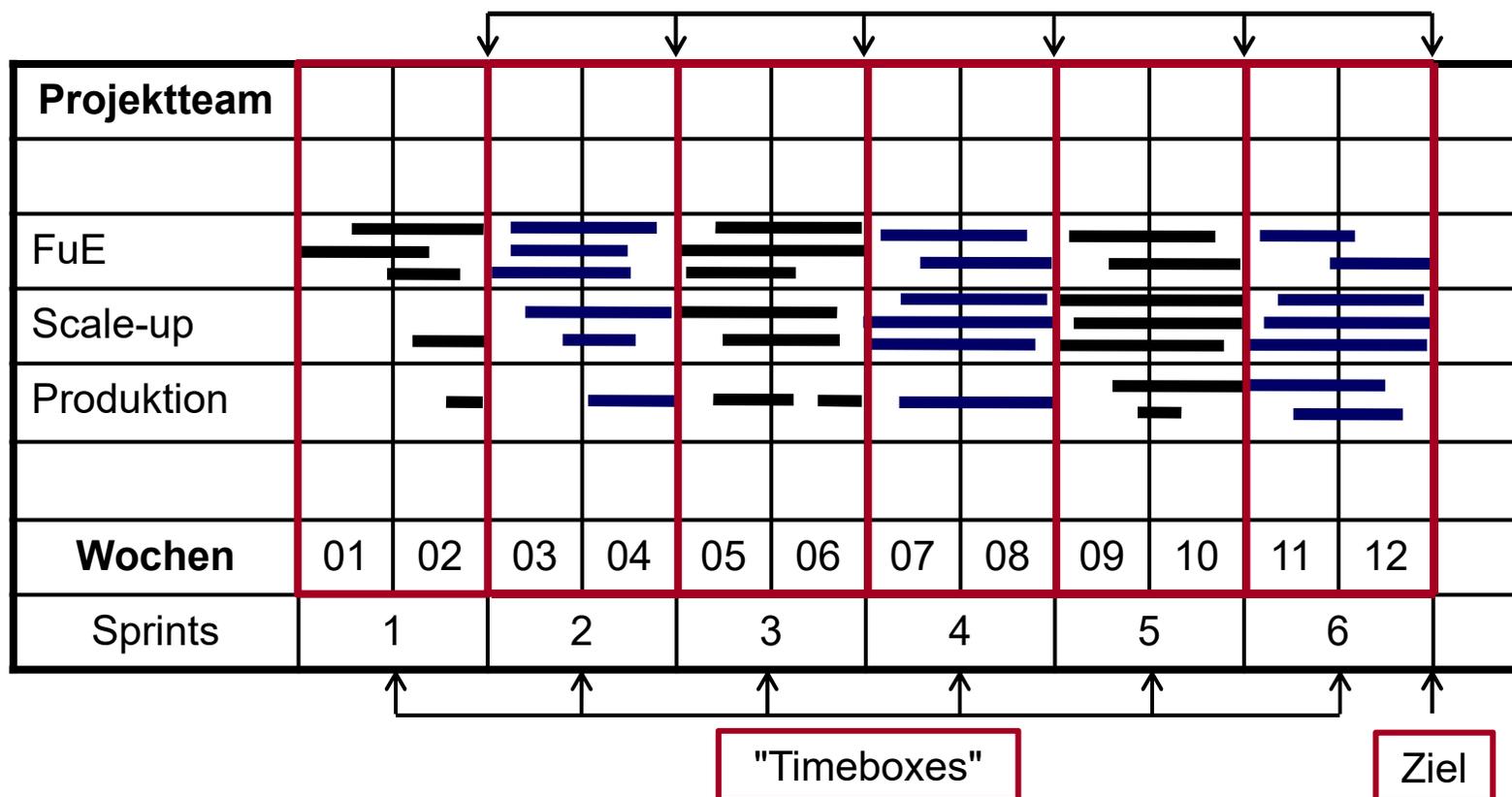
Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Die „agile“ Arbeitsweise: Mit getakteter Iteration zum Ziel.

Projektablauf in der Darstellung nach Henry Gantt: Alle nachfolgenden Vorgänge (2 Wochen) werden nach Ablauf eines Sprints jeweils neu geplant!

Beispiel 2

"**Sprint Review**" / "**Sprint Backlog**"



"**Timeboxes**"

Ziel

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Die „agile“ Arbeitsweise: Mit getakteter Iteration zum Ziel.

Vorteile:



- Geeignet für Innovationen mittels „Baukastensystemen“.
- Beschleunigte Entwicklung von neuen Reaktoren, Analysegeräten oder IT-basierter Laborautomation.
- Rasches und marktnahes Erstellen komplexer Formulierungen, Rezepturen und Stoffmischungen.
- Schnelle Reaktionen auf Änderungen externer/interner Rahmenbedingungen und auf Planabweichungen.
- Stetige Marktankopplung, wirksame Kundenorientierung.
- Striktes und effektives Zeitmanagement.
- Wirksame Stärkung der Motivation im Entwicklungsteam.

Paradigmenwechsel bei Planung, Umsetzung und Steuerung

Die „agile“ Arbeitsweise: Mit getakteter Iteration zum Ziel.

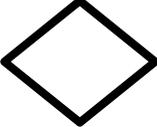
Nachteile:

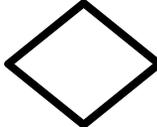


- Stark eingeschränkte Anwendbarkeit in Projekten der Grundlagenforschung.
- In der Chemie als exakter Naturwissenschaft sind „80%-Lösungen“ vor Folgeexperimenten inakzeptabel.
- Die Resultate *wirklich* neuer chemischer Synthesen und Verfahrensoptimierungen sind vorab kaum abschätzbar.
- Kaum einsetzbar für komplexe Life-Sciences-Projekte mit aufwendigen ökotoxikologischen Reihenuntersuchungen.
- Ungeeignet für Projekte mit zahlreichen regulatorischen Vorgaben (z. B. EU-Chemikalienverordnung, REACH).
- Vor dem Einbinden von Kunden in iterative Produktoptimierungen sind detaillierte Kooperationsverträge nötig.

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

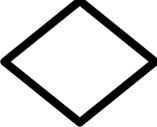
Entscheidungen, Phasen der Entscheidungsfindung:

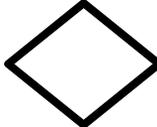
	1. Klärung der Sache	Frage
	Die exakte Definition der zu entscheidenden Sache, Klärung der Ausgangslage.	Was genau steht zur Entscheidung an? (Wichtig ist hierbei eine vollständige und präzise Beschreibung!)

	2. Suche nach Alternativen	Frage
	Die Identifikation aller sinnvollen und zielführenden Entscheidungsmöglichkeiten.	Welche Alternativen stehen zur Auswahl? (Wichtig ist hier die kompromisslose Vollständigkeit!)

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

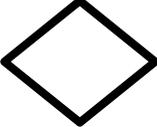
Entscheidungen, Phasen der Entscheidungsfindung:

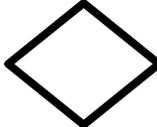
	3. Entscheidungskriterien	Frage
	Zusammenstellung aller für eine zielführende Entscheidung notwendigen Kriterien.	Welche Entscheidungskriterien sind für die Erreichung des Zielsystems unverzichtbar?

	4. Risikoanalyse	Frage
	Aufzeigen der Konsequenzen aus der Umsetzung der favorisierten Alternative.	Welche unerwünschten „Nebenwirkungen“ kann die zugehörige Entscheidung mit sich bringen?

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

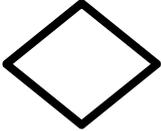
Entscheidungen, Phasen der Entscheidungsfindung:

	5. Entscheidung	Frage
	Entscheidung und Freigabe der aus ihr abgeleiteten Vorgänge zur Realisierung.	Wie wird die Entscheidung bekanntgegeben (Auswahl des Kommunikationswegs)? Wer wird informiert?

	6. Umsetzung	Frage
	Festlegung der Maßnahmen zur vollständigen Umsetzung der getroffenen Entscheidung.	Wie lautet der Aktionsplan mit einem überprüfbaren: „Wer?“ macht „Was?“ mit „Wem?“ bis „Wann?“

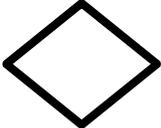
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Diverse Arten der Entscheidung im laufenden Projekt:

	<div data-bbox="757 478 1877 667" style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center;"><h3>Konsensentscheidung</h3></div>
	<p>Akzeptanz von allen Projektbeteiligten. Hohes Realisierungspotenzial. Ausdiskutierte Konflikte. Die Durchführungshindernisse sind erkannt und werden berücksichtigt.</p>
	<p>Hoher Zeit- und Abstimmungsaufwand. Gefahr eines Scheinkonsens' oder eines „faulen“ Kompromisses.</p>

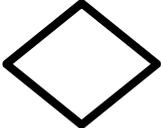
Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Diverse Arten der Entscheidung im laufenden Projekt:

	<p>„Demokratische“ Entscheidung</p>
	<p>Eine 2/3-Mehrheit für wichtige Entscheidungen ist nützlich, wenn ein 100%-iger Konsens nicht gefunden wurde. Ein intensiver Austausch der Argumente hat stattgefunden.</p>
	<p>„Unterdrückung“ von Minderheitsmeinungen mit nachfolgender „Blockadehaltung“. Nicht alle Beteiligte bringen alle wichtigen Informationen ein. „Politische“ Entscheidungen sind möglich.</p>

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Diverse Arten der Entscheidung im laufenden Projekt:

	<p>Alleinentscheidung (Projektleitung)</p>
	<p>Geringer Zeitaufwand, schnelle Umsetzung der notwendigen Vorgänge. Nur in „Notfällen“ und bei hohem Zeitdruck sinnvoll. Keine Diskussionen sind möglich!</p>
	<p>Möglicherweise geringe Akzeptanz bei den anderen Projektbeteiligten. Die Entscheidung wird aus Gründen der „Gesichtswahrung“ vielleicht nicht mehr revidiert und korrigiert.</p>

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Statusbericht als Informationsquelle für das T. S. C.:

- **Aktueller Projektstand.**
 - Technischer Fortschritt (Produkt, Verfahren)
 - Erreichung von Meilensteinen/Zielen
 - Abweichungen vom Projektplan
 - Summierter Personalaufwand (FTE)
- **Review** der vereinbarten Entscheidungen/Aktionen aus dem vorherigen Meeting.
- **Geplante Aktionen.**
- **Erforderliche Ressourcen** (personell/sachlich).
- **Voraussichtliche Projektrentabilität** (DBI (3. Jahr)/Kosten).
- **Entscheidungen**, die vom Technical Steering Committee (T. S. C.) vorzunehmen sind.

Beispiel P1

**Statusbericht zum Projekt A021, [...GmbH 1],
(Zur Lenkungsreis-Sitzung am 28.06.2020):**

Projekt

**„Hochelastische Klarlackierungen für
die Automobil-Serienproduktion“.**



Statusbericht: Projekt A 021, [... GmbH 1], (T.S.C.-Sitzung am 28.06.2020).

Zielvereinbarungen „Hochelastische Klarlackierungen...“:

Technische Komponenten (P, Ausschnitt):

- Glanzerhalt der Clear Coats, AMTEC-Kistler-Test: >90%.
- Mikroeindringhärte-Test: 95% Elastic Recovery (AFM, bei $\vec{F} = 80 \mu\text{N}$).
- Elastizität der 4-Schichtaufbauten (Erichsen-Test DIN-ISO 1520): 3,5 mm.
- UV-Beständigkeit: 2000h UVcon-A ($\lambda \geq 320 \text{ nm}$), UVcon-B ($\lambda \geq 280 \text{ nm}$).
- Haftung auf den Basecoats, 20°C, Gitterschnitt-Test (DIN-ISO 2409): 0. → →

Zeitlich (T, Ausschnitt):

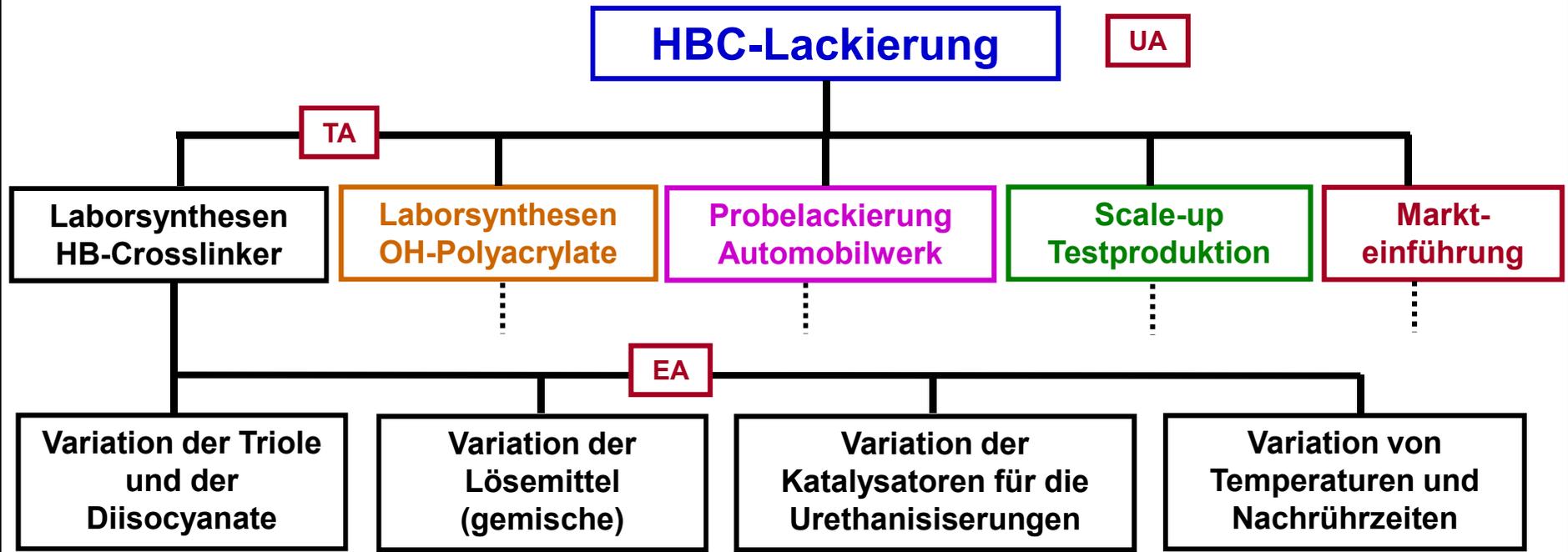
- Projektstart: 01.08.2019; Projektende: 31.07.2022. → →

Ökonomische Komponenten (E, Ausschnitt):

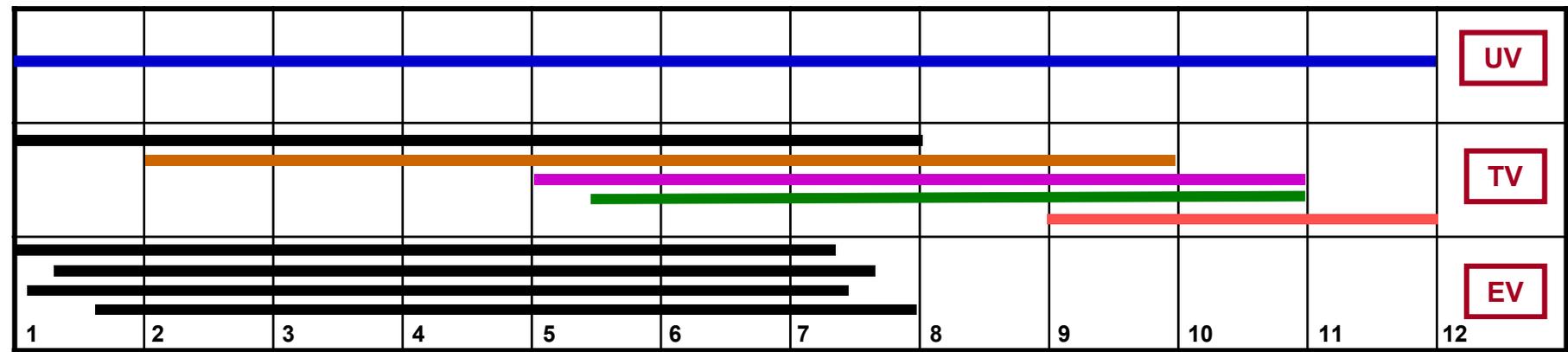
- Marktanteil bei Automobil-Serienklarlacken in der EU: 35%.
- Systemlieferant bei der [Automotive...AG1], Fertigungslinie München.
- Projektkosten: 19.800.000 €; Return of Investment: 01.04.2025.
- Herstellkosten Clearcoat: Maximal 5,70 €/kg. → →

Statusbericht: Projekt A 021, [... GmbH 1], (T.S.C.-Sitzung am 28.06.2020).

Strukturplan/Ablaufplan „Hochelastische Klarlackierungen...“:



Zeit →



Aktueller Projektstand, Technischer Fortschritt:

- Eine reproduzierbare Laborsynthese (500g) des hyperbranched Crosslinkers HC 17 auf Basis von Trimethylolethan und Isophorondiisocyanat wurde ausgearbeitet.
- Das OH-Polyacrylat ST 2117 (OH-Zahl: 34) ergibt nach Einbrennen mit 7% HC17 einen spezifikationsgerechten, kratzfesten Lackfilm.
- Die Wasserbeständigkeit des Klarlackfilmes konnte durch den Einbau von 3% Ethylhexylacrylat auf den geforderten Niveau gesteigert werden.
- Die Vorbereitungen für den ersten Technikumslauf des Polyacrylats ST 2117 im 10 kg-Maßstab sind abgeschlossen.
- Der technische Einkauf hat die PUR-Lieferanten aufgefordert, bis III/2020 die Lieferkonditionen für 98,5%-iges IPDI zu klären.
- Erste 1-kg-Nassmuster wurden der [Automotive...AG1] für den Check einer ersten Turboglocken-Applikation bei 80 kV unter Linienbedingungen übergeben.

Statusbericht: Projekt A 021, [...GmbH 1], (T.S.C.-Sitzung am 28.06.2020).

Gantt-Diagramm für zielführende Einzelvorgänge:

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Synthesen der HC Vernetzer	■											
	■											
Härtung mit Polyacrylatol, Kratztests			■									
			■									
Vorbereitung Technikumslauf				■								
				■								

**Stichtag Statusbericht
Freitag, 21. 06. 2020**



Soll: ■

Ist: ■

Review der vereinbarten Entscheidungen/Aktionen:

- Laborsynthesen und lacktechnische Ersttestung der „Hyperbranched Crosslinker“ auf Basis von TMP, TME, Glycerin, TDI, IPDI, HDI und MDI: **Erledigt.**
- Mit der Fördertechnik von [Conveyor...AG2] und mit der [Automotive...AG1] wurden die ersten praxisnahen Versuchsapplikationen vorbereitet: **Erledigt.**
- Der Hersteller wurde vom Einkauf hinsichtlich der Lieferfähigkeit von Glycerin im t-Maßstab kontaktiert: Zusage. **Erledigt.**

Geplante Aktionen bis Dezember 2020:

- Technikumsynthese des OH-funktionellen Polyacrylates ST 2117 im 500 kg-Maßstab.
- Laborsynthese des hyperbranched Crosslinkers HC 17 im 5 kg-Maßstab.
- Festlegung der praxistauglichen Lösemittelkombination und der geeigneten Additiv-Rezeptur für die Formulierung des Flüssiglackes.

Statusbericht: Projekt A 021, [...GmbH 1], (T.S.C.-Sitzung am 28.06.2020).

Aktueller Projektstand, Erreichung der Meilensteine:

Termine	Meilensteine	Check
01.08.2019	Projektstart.	✓
31.01.2020	Laborsynthesen aller hyperbranched Crosslinker.	✓
16.03.2020	Lacktechnische Laborprüfungen der Clearcoats.	✓
20.09.2020	Synthese des Crosslinkers im 10 kg-Maßstab.	
30.11.2020	Abgeschlossene Versuchslackierungen bei [Automotive ...AG1] nach dem Einsatz professioneller Linienrobotik.	
31.03.2021	Spezifikationsgerechte und reproduzierbare Technikumsproduktion (400 kg) des Crosslinkers.	
16.09.2021	Vollständige Daten für die REACH-Registrierung HC 17.	
30.11.2021	Produktion: 1t Batch o.k.	
31.12.2021	Kundenfreigabe seitens [Automotive...AG1].	
31.05.2022	Abgeschlossenes Produktionsbeschlussverfahren.	
15.06.2022	Kontinuierliche Fertigung, Vertrieb und Kunden-Service.	
31.07.2022	Projektende.	

Statusbericht: Projekt A 021, [...GmbH 1], (T.S.C.-Sitzung am 28.06.2020).

Aktueller Projektstand; Abweichungen vom Projektplan:

Keine nennenswerten Abweichungen. Meilenstein A021/4 wird wahrscheinlich fristgerecht erreicht werden, wenn die Rohstoffversorgung für den ersten Lauf im Technikum gewährleistet ist.

Aktueller Projektstand; Summierter Personalaufwand:

GmbH1-Tec-Abteilung	FTE (AT)	FTE (TA)
SCF	05,00	08,00
SCE	04,50	06,00
SCP	00,00	05,00
SCS	00,80	00,00
Summe (Σ)	10,30	14,50

→ ~ € 4.792.000

Statusbericht: Projekt A 021, [...GmbH 1], (T.S.C.-Sitzung am 28.06.2020).

**Erforderliche Ressourcen für den Projektfortschritt
(Erreichung von Meilenstein A021/5):**

GmbH1-Abteilung	FTE (AT)	FTE (TA)	Materielle Ressource: Ein 10-l-Reaktionskessel (Edelstahl) à € 11.200,00
SCF	04,00	10,00	
SCE	06,00	08,00	
SCP	00,00	01,50	
SCS	01,00	00,00	
Summe (Σ)	11,00	19,50	

Entscheidungen vom Technical Steering Committee:

Genehmigung der oben angeforderten Ressourcen.

Voraussichtliche Projektrentabilität:

DBI (3. Jahr)/Gesamtkosten: 3.15

[...GmbH1] will Technologieführer auf dem Klarlackmarkt (EU) werden.

Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten

Schriftlicher **Quartalsbericht (QB, Projekt A 021, [...GmbH1])**.

Essentielle Bestandteile der
QB-Kurzform:

- **Ziel(e)**
- **Methode(n)**
- **Resultat(e)**
- **Fazit für das Projekt**
- **Weiteres Vorgehen**



Zweck und Hauptadressaten der QB-Kurzform:

Die **Kurzform** dient einer strukturierten **Information** der **Firmenleitung**, aller Mitglieder des **Lenkungs-****kreises**, sowie von **Füh-****rungskräften** aus den beteiligten Facheinheiten!

[...GmbH1]

R&D – Project ReportQuarter: **I/2020**

PROJECT CODE

PROJECT TITLE

A 021**Highly Elastic Clear Coat for OEM Automotive...
Subproject: "HBC-Crosslinkers".**

Required Human Resources (FTE/Quarter) in Period under Review.

Department	SCF	SCE	SCP	SCS			Total
PLANNED	13,0	14,0	1,0	0,0			28,0
REAL	12,5	11,5	0,5	0,0			25,5

Objective(s):

1. Humidity resistant coating films after 240h constant climate exposure: GT = 0; No visible blisters.
2. Reproducible laboratory synthesis of the hyperbranched crosslinker HC 17 in a 500 g scale.

Method(s):

1. Synthesis of an OH-polyacrylate with 3% ethylhexylacrylate (ST 2117). The latter must be freshly distilled before reaction. It is important to stir the reaction mixture for a final period of 5h at 142°C. The initiator must be azobisisobutyronitrile.
2. Equivalent quantities of isophorondiisocyanate and trimethylol-ethane were reacted in dimethylacetamide under nitrogen with a yield of 98%. The temperature of this mixture must be permanently kept below 0°C, particularly during the addition of the triole. The dimethylacetamide was finally removed at 80°C and a pressure of 0,1 mbar by means of a vacuum pump.

Results:

1. The cured coating films, basing on ST 2117 and HC 17 applied over waterborn base coats passed the humidity tests without any decrease of their scratch resistance.
2. 1,5 kilograms of HC 17 were produced in three portions of each time 500g with a purity of > 99%.

Conclusion(s):

The milestone "Finalization of the coatings testing in laboratory" will be achieved in time.

Further Proceeding/Prospects:

First coating trial at customer under line conditions. Transfer of the HC 17 -synthesis into the pilot plant.

Distribution:

SCF, SCE, SCP, SCS,
Technical Steering Committee, Keeper Gate 4
Project Team

Enclosure: 29 pages

Date: 04.04.2020

Signature:



**Beispiel
P1**

Rainer Bürstinghaus

Wirksame Umsetzung und Steuerung FuE-Projekten

Projektabschlussbericht .

Die Notwendigkeit einer strukturierten Zusammenfassung:

Unabhängig davon, ob das Projekt erfolgreich beendet oder vorzeitig abgebrochen wurde (NVP, ECV negativ, StageGate[®]-Prozess), ist ein **Projektabschlussbericht** anzufertigen!

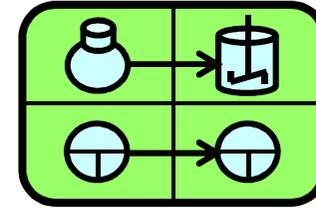
Das projektspezifische **Know-how**, die projektgebundenen **Resultate** (auch negative!) und die **Projekterfahrungen** während der Laufzeit bleiben dokumentiert. Künftige Fehler, Doppelarbeiten und die damit verbundenen Kosten werden vermieden.

Wirksame Umsetzung und Steuerung FuE-Projekten

Projektabschlussbericht: Struktur und Inhalte:

1.	Projektbasisdaten	Projekt-Bezeichnung, Projekt-Nummer, Projektleiter (m/w/d), Auftraggeber, Gesamtlaufzeit.
2.	Analyse der Projektergebnisse	Soll-Ist-Vergleich im vollständigen Zielsystem aus technischer, zeitlicher, ökonomischer Sicht.
3.	Bewertung des Projektverlaufs	Beteiligte, Pilotkunden, Systematik beim Vorgehen. Zwischenresultate, Verfügbarkeit der Ressourcen.
4.	Einflussfaktoren: Chancen, Risiken	Äußere und innere Faktoren; Nicht vorhersehbare Chancen und/oder Risiken im Projektverlauf.
5.	Zusammenarbeit im Team	Rollenverteilung, Professionalität bei der gemeinsamen Lösung zielführender Aufgaben, Flexibilität.
6.	Empfehlungen	"Lessons Learned", Lernerfolge für vergleichbare, zukünftige Projekte.

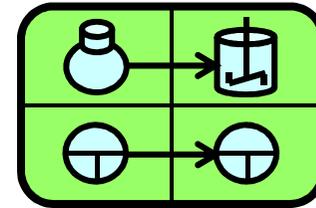
FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Die Lerninhalte

- Innovationen: Kennzeichen, Maßnahmen zur Förderung, Prozessvarianten.
- Drei Beispiele für Innovationsvorhaben (Chemie und Technik):
 1. Hochelastische Klarlackierung für die Automobil-Serienproduktion.
 2. Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure.
 3. Metallorganische Gerüstmaterialien zur Adsorptionsspeicherung von Gasen.
- Projekte, Zielsysteme, Projektmanagement in Forschung und Entwicklung.
- Zweckmäßige Organisation und effektive Strukturplanung von FuE-Projekten.
- Ablaufplanung, Meilensteine, der Stage-Gate[®]-Prozess, Netzplantechnik.
- Wirksame Umsetzung und Steuerung von FuE-Projekten, Trendanalysen.
- **Erfolgsrisiken: Identifikation, Einstufung und Behandlung.**
- Personalbeschaffung, Personalführung:
Chemiker (m/w/d) – Teamplayer, Impulsgeber und Führungskräfte im Projekt.
- Projektleiter (m/w/d): Aufgaben, Führungsfunktionen und Persönlichkeitsprofil.
- Die systematische Bewertung einzelner Forschungsprojekte.
- FuE-Strategie: Die Planung eines Projektportfolios.

FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie

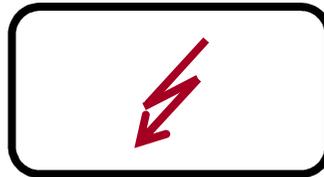


Lerninhalt →

Erfolgsrisiken, Identifikation.

Erfolgsrisiken, Identifikation

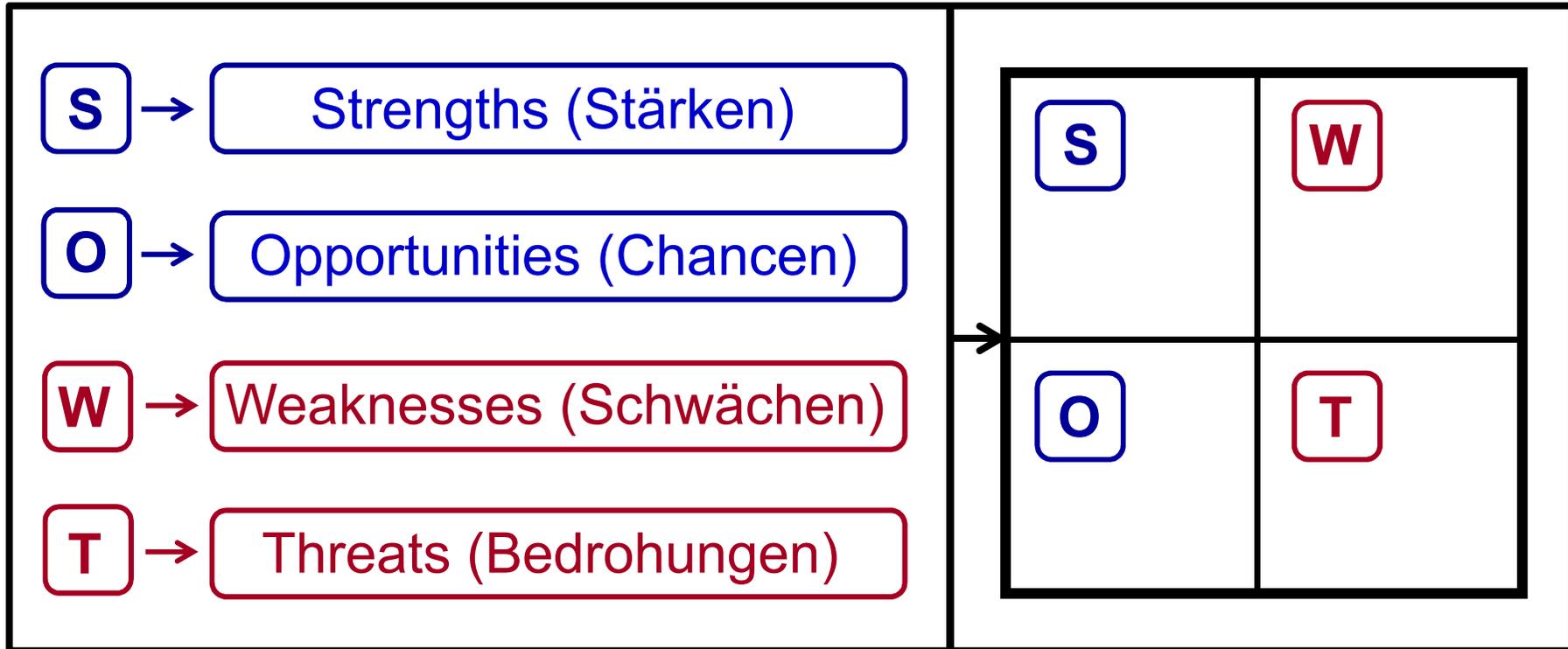
Risiken, Definition / Kennzeichen:



- Die **Wahrscheinlichkeiten potenzieller Fehlschläge** *und* deren **Auswirkungen**, welche das Erreichen des Projekt-Zielsystems blockieren.
- Diese möglichen Fehlschläge sind bei der Planung durch das Projektteam **nicht** vorhersehbar.
- Die Verantwortung für eine Risikoübernahme liegt allein beim Auftraggeber (z.B. dem Lenkungskreis)!

Erfolgsrisiken, Identifikation

„SWOT-Analyse“, Strategisches Bewertungsinstrument:



(Harvard Business School, seit 1960)

Erfolgsrisiken, Identifikation

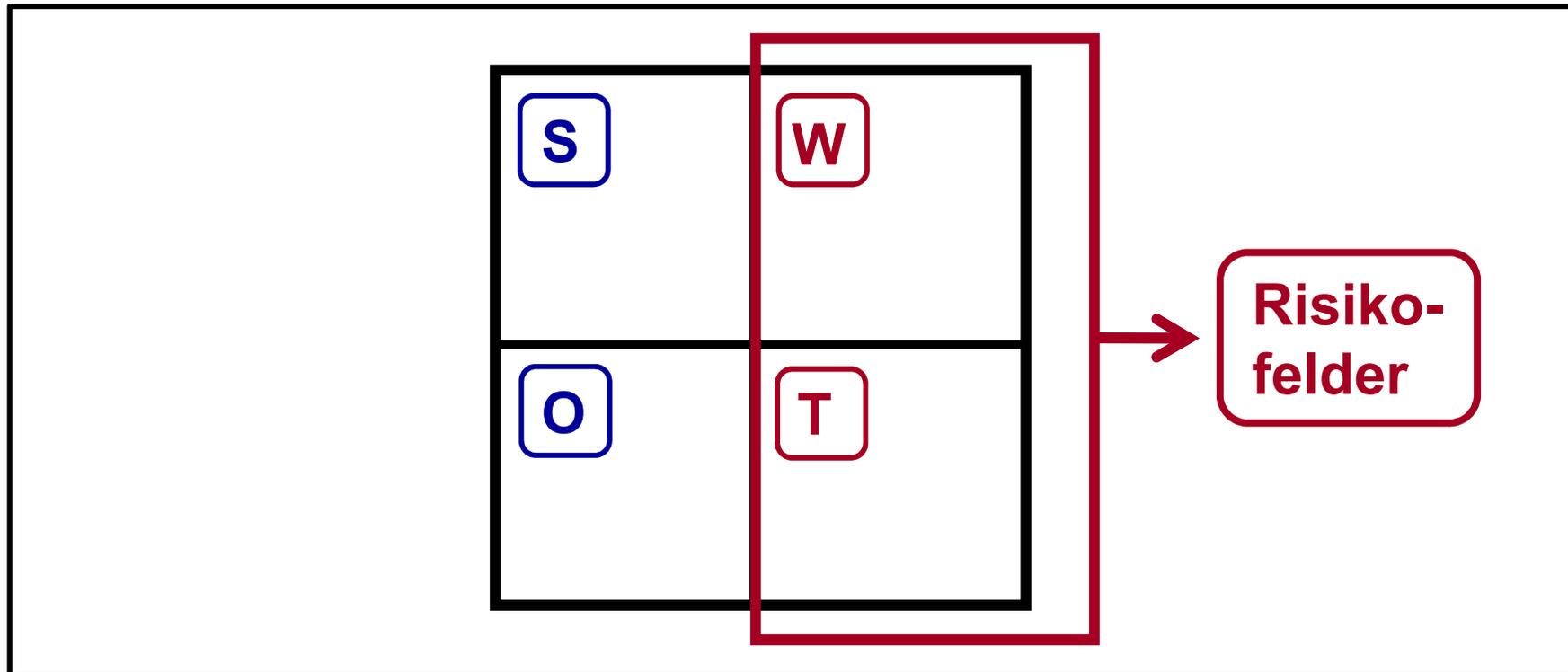
„SWOT-Analyse“, Strategisches Bewertungsinstrument:

S Strengths (Stärken)

O Opportunities (Chancen)

W Weaknesses (Schwächen)

T Threats (Bedrohungen)



Erfolgsrisiken, Identifikation

Risikorelevante Fehlschläge in FuE-Projekten.

Checkliste für potenzielle Fehlschläge (Hier **chemisch-technische**):

01. Ein Syntheseschritt funktioniert im Labor nicht.
02. Ein Reaktionsschritt ist nicht Scale-up-fähig.
03. Explosionsgefahr bei Herstellung/Anwendung.
04. Vergiftungsgefahr bei Herstellung/Anwendung.
05. Unerwünschte Nebenwirkungen bei der Anwendung.
06. Emissionen in Wasser, Luft, Boden bei Herstellung/Anwendung.
07. Unfälle durch Nichteinhalten von Sicherheitsvorschriften.
08. Rohstoffe oder Chemikalien nicht (mehr) erhältlich.
09. Einsatzstoffe nicht mehr in der erforderlichen Reinheit erhältlich.
10. Zielprodukt nicht in der erforderlichen Reinheit herstellbar.

Risikorelevante Fehlschläge in FuE-Projekten.

Checkliste für potenzielle Fehlschläge (Hier **chemisch-technische**):

11. Logistische Probleme intern, extern.
12. Installationsverzögerungen durch unzureichende Infrastruktur.
13. Ausfall von Wasser, Strom/Unzuverlässige Energieversorgung.
14. Wettbewerber legen neue Schlüsselpatente offen.
15. Eigenes Patent wird nicht erteilt.
16. Die Unternehmen der Konkurrenz sind schneller/besser.



etc.



Risikorelevante Fehlschläge in FuE-Projekten.

**Checkliste für potenzielle Fehlschläge
(Hier **wirtschaftlich-rechtliche**):**

17. Die Herstellkosten für das Produkt sind insgesamt zu hoch.
18. Die benötigten Einsatzstoffe sind zu teuer.
19. Unerwartete Preissteigerungen bei Lieferanten.
20. Zu hohe Investitionskosten für die Produktionsanlage.
21. Zu hohe Kosten für die Markteinführung.
22. Nicht kalkulierbare Mehrkosten durch Projektänderungsdynamik.
23. Währungsrisiken, Zahlungsausfälle bei Pilotkunden.
24. Probleme mit den Zollbestimmungen.
25. Schwindende Marktbedeutung des Zielproduktes.

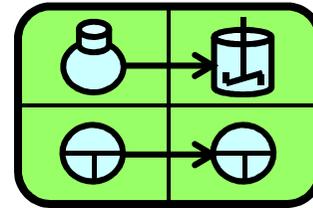
Risikorelevante Fehlschläge in FuE-Projekten.

Checkliste für potenzielle Fehlschläge (Hier **wirtschaftlich-rechtliche**):

- 26. Neue Gesetzgebung, Stoffverbote.
- 27. Verweigerung der behördlichen Genehmigung.
- 28. Unklare Vertragsformulierungen bei Intercompany-Projekten.
- 29. Unzureichend qualifiziertes Personal.
- 30. Unvorhersehbare Personalengpässe.



FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie



Lerninhalt →

***Erfolgsrisiken, Einstufung
und Behandlung.***

Erfolgsrisiken, Einstufung

Gemeinsame Bewertung durch Forschung, Entwicklung, Marketing, Vertrieb, Produktion, Umweltschutz/Sicherheit.

	Finanzielle Tragweite (€) bei Eintritt	Groß			! Hochrisiko
			Moderat		
			Gering		
				Gering	Moderat
		Eintrittswahrscheinlichkeit eines definierten Fehlschlags (W_n)			

Erfolgsrisiken, Einstufung

Eintrittswahrscheinlichkeit W_n für einen Fehlschlag:

Schätzwert $0 \leq W_n \leq 1$



0	< 0.05	0.05 - < 0.25	0.25 - < 0.60	0.60 - < 0.90	> 0.90
ausge- schlossen	sehr niedrig	niedrig	moderat	hoch	sehr hoch



Grobe Einstufung

Erfolgsrisiken, Einstufung → Risikowert

**Definition: Risikowert $R_n(\text{€}) =$
Wahrscheinlichkeit des Fehlschlags (W_n) X Tragweite (€).**

Mit $R_n(\text{€})$ wird die Höhe des mit einem definierten Fehlschlag verknüpften Risikos grob abgeschätzt.

Tragweite (€): Zu erwartender finanzieller Schaden (€) beim Eintritt des Fehlschlags. →

- Teilprojekt scheitert (Verlust in Höhe des Teilbudgets).
- **Projekt scheitert (Verlust in Höhe des Projektbudgets).**
- Über das Projekt hinaus gehende Schäden.
(z.B. Konventionalstrafen, Ergebnisverluste durch Storno sämtlicher Folgeaufträge, Imageverluste, Kurseinbrüche bei den Aktien des eigenen Unternehmens, etc.).

Erfolgsrisiken, Einstufung → Risikowert

Einzelne Risikowerte:

Wichtig:

Es muss *klar* definiert sein, was die (in EURO bewertete) Tragweite des Fehlschlags jeweils einschließt!

Vollständiger Schadensumfang!

- | | | | |
|-------------------------|---|---|-----|
| ▪ Projektteil(e) | | → | (€) |
| ▪ Gesamtprojekt | ↑ | → | (€) |
| ▪ Unternehmen(steile) | ↓ | → | (€) |
| ▪ Darüber hinaus gehend | | → | (€) |

Erfolgsrisiken, Einstufung

Einzelnes FuE-Projekt mit einem Gesamtbudget $B_p(\text{€})$.

Risikowerte (€), den einzelnen Fehlschlägen zugeordnet:

(Wahrscheinlichkeit eines projekterfolgskritischen Fehlschlags W_n) X (Projektbudget $B_p(\text{€})$).

Risikowert $R_n(\text{€})$; **Formel: $R_n(\text{€}) = W_n \times B_p(\text{€})$**

Beispiel P1

FuE-Projekt „Highly Elastic Clearcoats...“

Risikowerte

Fehlschlag 1: Der HBC-Vernetzer ist nicht scale-up-fähig!

$W_1 = 0,10$; $B_p = 19.800.000 \text{ €}$



$R_1: 1.980.000 \text{ €}$

Erfolgsrisiken, Einstufung

Einzelnes FuE-Projekt mit einem Gesamtbudget $B_p(\text{€})$.

Risikowerte (€), den einzelnen Fehlschlägen zugeordnet:

(Wahrscheinlichkeit eines projekterfolgskritischen Fehlschlags W_n) X (Projektbudget $B_p(\text{€})$).

Risikowert $R_n(\text{€})$; **Formel: $R_n(\text{€}) = W_n \times B_p(\text{€})$**

Beispiel P1

FuE-Projekt „Highly Elastic Clearcoats...“

Risikowerte

Fehlschlag 2: Mehrere Wettbewerber sind schneller im Markt!

$W_2 = 0,40$; $B_p = 19.800.000 \text{ €}$



$R_2: 7.920.000 \text{ €}$

Erfolgsrisiken, Einstufung

Einzelnes FuE-Projekt mit einem Gesamtbudget $B_p(\text{€})$.

Risikowerte (€), den einzelnen Fehlschlägen zugeordnet:

(Wahrscheinlichkeit eines projekterfolgskritischen Fehlschlags W_n) X (Projektbudget $B_p(\text{€})$).

Risikowert $R_n(\text{€})$; **Formel:** $R_n(\text{€}) = W_n \times B_p(\text{€})$

Beispiel P1

FuE-Projekt „Highly Elastic Clearcoats...“

Risikowerte

Fehlschlag 3: Isophorondiisocyanat ist nicht länger erhältlich!

$W_3 = 0,05$; $B_p = 19.800.000 \text{ €}$



$R_3: 990.000 \text{ €}$

Erfolgsrisiken, Einstufung

Schätzung von W-Werten mittels „Delphi-Methode“.

Wahrscheinlichkeit W_x : Ein Syntheseschritt ist nicht Scale-up-fähig.

Abschätzung durch Experten aus Technikum und Produktion:

50%

60%

10%

50%

70%

80%

60%

Ø für $W_x \approx$ 54%

Erläuterung und ausführliche Begründung der **Extremwerte:**

50%

60%

10%

50%

70%

80%

60%

Erneute Abschätzung:

50%

60%

20%

60%

70%

70%

60%

Ø für $W_x \approx$ 56% → Ggf. weitere Runden

Erfolgsrisiken, Einstufung

Schätzung von W-Werten mittels „Delphi-Methode“.

Wahrscheinlichkeit W_x : Ein Syntheseschritt ist nicht Scale-up-fähig.

Abschätzung durch Experten aus Technikum und Produktion:

30%

30%

05%

20%

50%

60%

40%

Ø für $W_x \approx$

34%

Beispiel P1

Erläuterung und ausführliche Begründung der **Extremwerte:**

30%

30%

05%

20%

50%

60%

40%

Erneute Abschätzung:

30%

25%

15%

15%

45%

50%

35%

Ø für $W_x \approx$

31%

→ Ggf. weitere Runden

Erfolgsrisiken, Einstufung

Risiken mehrerer verschiedener Projekte im Vergleich.

Gesamtrisikowerte R_{P_n} (€) dieser einzelnen Projekte:

(Wahrscheinlichkeit des jeweiligen **Projektfehlschlags** W_{P_n}) X (Einzelprojektbudget B_{P_n} (€)).

Formel: R_{P_n} (€) = W_{P_n} X B_{P_n} (€)

Beispiele

FuE-Projekt 1:

$W_{P_1} = 0,10$; $B_{P_1} = 2.700.000$ € →

R_{P_1} : 270.000 €

FuE-Projekt 2:

$W_{P_2} = 0,80$; $B_{P_2} = 850.000$ € →

R_{P_2} : 680.000 €

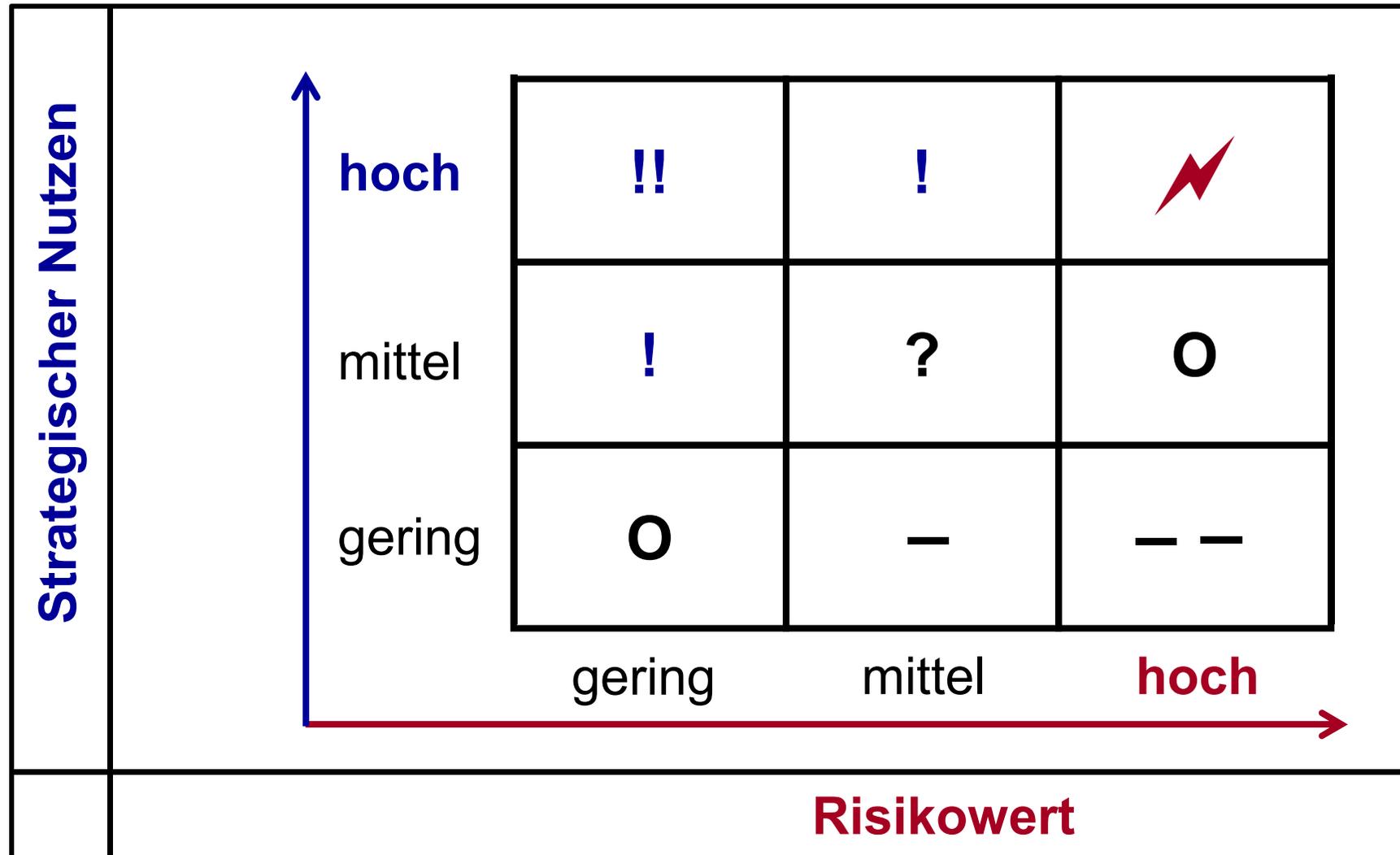
FuE-Projekt 3:

$W_{P_3} = 0,05$; $B_{P_3} = 431.000.000$ € →

R_{P_3} : 21.550.000 €

Erfolgsrisiken, Einstufung

FuE-Projekte, Einschätzung nach Risiko und Nutzen:



Erfolgsrisiken, Einstufung

FuE-Projekte, Einschätzung nach Risiko und Nutzen:

Strategischer Nutzen (€) ↑	Hoch	Attraktive FuE-Investition „Heißes Projekt“.	Gute FuE- Investition.	Vabanque- Spiel.
	Mittel	Gute FuE- Investition.	Fragwürdige FuE-Investition.	Unattraktive FuE-Investition.
	Niedrig	Belanglose FuE-Investition ("So what").	Inakzeptable FuE-Investition.	Inakzeptable FuE-Investition ("Dead Duck").
		Niedrig	Mittel	Hoch
				Risikowert (€)

Erfolgsrisiken, Einstufung

ABC-Analyse, Bezeichnung der Risiken, Risikowerte:

Risiko Bezeichnung	Risikowert		
Risiko 1	450.000 €		
Risiko 2	800.000 €		
Risiko 3	1.500.000 €		
Risiko 4	3.500.000 €		
Risiko 5	150.000 €		
Risiko 6	900.000 €		
Gesamtrisiko	7.300.000 €		

Erfolgsrisiken, Einstufung

ABC-Analyse, %-Gewichtung der Risikowerte:

Risiko Bezeichnung	Risikowert	Prozent des Gesamt- risikowertes	
Risiko 1	450.000 €	006,3 %	
Risiko 2	800.000 €	010,9 %	
Risiko 3	1.500.000 €	020,5 %	
Risiko 4	3.500.000 €	047,9 %	
Risiko 5	150.000 €	002,1 %	
Risiko 6	900.000 €	012,3 %	
Gesamtrisiko	7.300.000 €	100,0 %	

Erfolgsrisiken, Einstufung

ABC-Analyse, Ordnen nach Risikowerten:

Risiko Bezeichnung	Risikowert	Prozent des Gesamt- risikowertes	
Risiko 4	3.500.000 €	047,9 %	
Risiko 3	1.500.000 €	020,5 %	
Risiko 6	900.000 €	012,3 %	
Risiko 2	800.000 €	010,9 %	
Risiko 1	450.000 €	006,3 %	
Risiko 5	150.000 €	002,1 %	
Gesamtrisiko	7.300.000 €	100,0 %	

Erfolgsrisiken, Einstufung

ABC-Analyse, Akkumulation und Gewichtung.

A-, B-, C-Risiken, Eine Basis für Risikomanagement:

- **A-Risiken:**
 Σ der höchsten %-Werte $\geq 80\%$
- **A-Risiken + B-Risiken:**
 Σ der höchsten %-Werte $\geq 95\%$
- **A-Risiken + B-Risiken + C-Risiken:**
 Σ aller %-Werte = 100%

Erfolgsrisiken, Einstufung

ABC-Analyse, **A-Risiken**, **B-Risiken**, **C-Risiken**:

Risiko Bezeichnung	Risikowert	Prozent des Gesamt- risikowertes	Addition der %-Werte
Risiko 4	3.500.000 €	047,9 %	047,9%
Risiko 3	1.500.000 €	020,5 %	068,4%
Risiko 6	900.000 €	012,3 %	080,7%
Risiko 2	800.000 €	010,9 %	091,6%
Risiko 1	450.000 €	006,3 %	097,9%
Risiko 5	150.000 €	002,1 %	100,0%
Gesamtrisiko	7.300.000 €	100,0 %	100,0%

Erfolgsrisiken, Einstufung

„Translation“ der 80/20-Beziehung nach V. Pareto:

Vilfredo Friderico Pareto (1848-1923, Italienischer Ökonom)

Das Pareto-Prinzip, auch Pareto-Effekt oder 80-zu-20-Regel genannt, besagt, dass 80% der Ergebnisse mit etwa 20% des Gesamtaufwandes erreicht werden. Die verbleibenden 20% der Ergebnisse erfordern mit 80% des Gesamtaufwandes häufig die quantitativ meiste Arbeit.



„In einem Innovationsprojekt werden rund 80% des Gesamtrisikowertes von nur etwa 20% aller Risiken verursacht.“

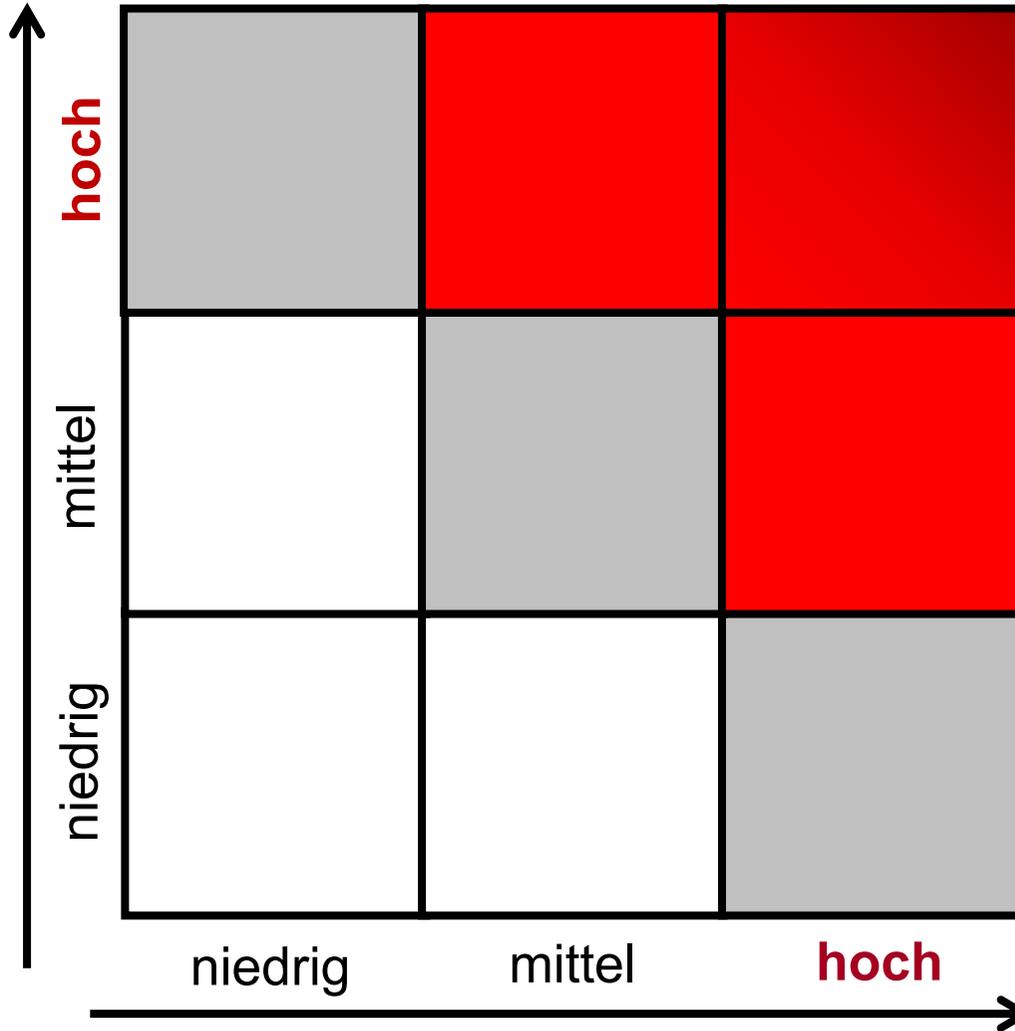
Vilfredo Friderico Pareto
15.07.1848 -
19.08.1923

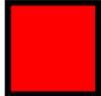
Ingenieur-Studium (Turin)
Abschluss: 1870

Trattato di Sociologia Generale: 1916

Erfolgsrisiken, Behandlung → Auswertung der W-€-Matrix:

Finanzielle Folgen für das FuE-Projekt



 Unbedingt vorsorgen!
 Situativ behandeln!
 Zunächst ignorieren!

Wahrscheinlichkeit eines Fehlschlags

Erfolgsrisiken, Behandlung

Checkliste für die Steuerung (Vorsorgestrategie):

01. Vollständige Ermittlung des Standes der Technik/Wissenschaft.
02. Frühzeitige strategische Patentanmeldungen.
03. Nutzung von „Lessons-Learned-Archiven“.
04. Planung und Umsetzung strikter Qualitätssicherungsmaßnahmen.
05. Audits von Lieferanten, ggf. Lieferantenwechsel.
06. Systematische Design-Reviews.
07. Einsatz erfahrener Mitarbeiter im Projekt.
08. Zielgerichtete Qualifizierung der Projektmitarbeiter.
09. Klare Definition der Verantwortlichkeiten (IMV).
10. Regelmäßige Risikoanalysen.
11. Expertenbefragungen in den Planungsphasen.
12. Vorsorgliche Entwicklung von Alternativsynthesen/-verfahren.
13. Vorgeschaltete Machbarkeitsstudien im Labormaßstab.
14. Ausstiegsklauseln in Kooperationsverträgen.
15. Währungsabsicherungen.



Erfolgsrisiken, Behandlung

Checkliste für die Steuerung (Direkteingriffe):

01. Zusätzliche Einzelvorgänge einplanen.
02. Geänderte Einzelvorgänge einplanen.
03. Änderungen in den Projektressourcen.
04. Mehrarbeit für die Erledigung zusätzlicher Vorgänge.
05. Häufigere, aktionsorientierte Projektbesprechungen.
06. Zusätzliche Expertenmeinungen einholen.
07. Anpassung des Projektbudgets.
08. Ortsbegehungen, „Site Surveys“ (Labor, Produktion, Kunden).



etc.



Beispiel P2

Identifikation, Einstufung und Behandlung von Risiken in FuE-Projekten:

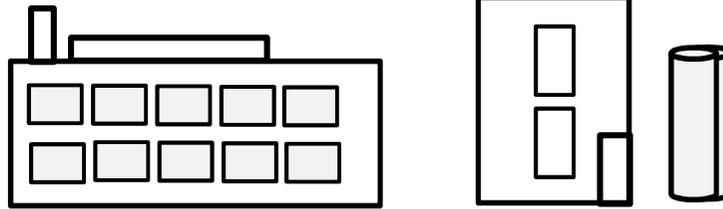
Projekt

„Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -Hydroxycarbonsäure“.



Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen....“.



Die Biotec-Firma: „[...] GmbH-2]“, Hersteller von „ChiPros“:

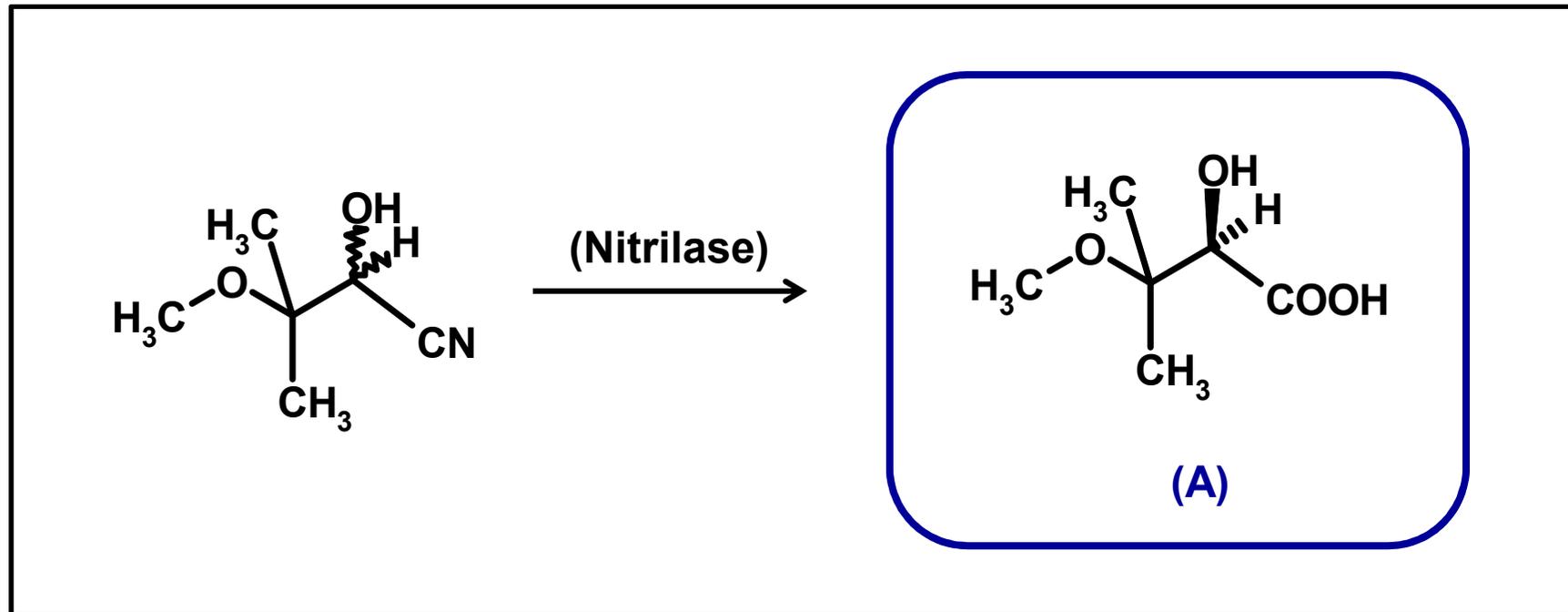
Größe: Start-up-Betrieb mit europaweit 77 Mitarbeitern, davon 15(Bio) Chemiker, 7 Mikrobiologen, 13 Ingenieure (FH), 4 Ingenieure (TU).

Eigene Forschung und Entwicklung mit angeschlossenem Produktions-technikum. Seit 8 Jahren in FuE, Scale-up und der Fertigung von ChiPros mittels weißer Biotechnologie aktiv.

Spezialitäten: Enantiomerenreine, optisch aktive Carbonsäuren, Carbonsäureester und Amine als Zwischenprodukte für neue Arzneimittel- und Pflanzenschutzwirkstoffe.

Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

FuE-Projekt „Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -OH-Carbonsäure“:



(R)-2-Hydroxy-3-methoxy-3-methyl-butansäure (A)

Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

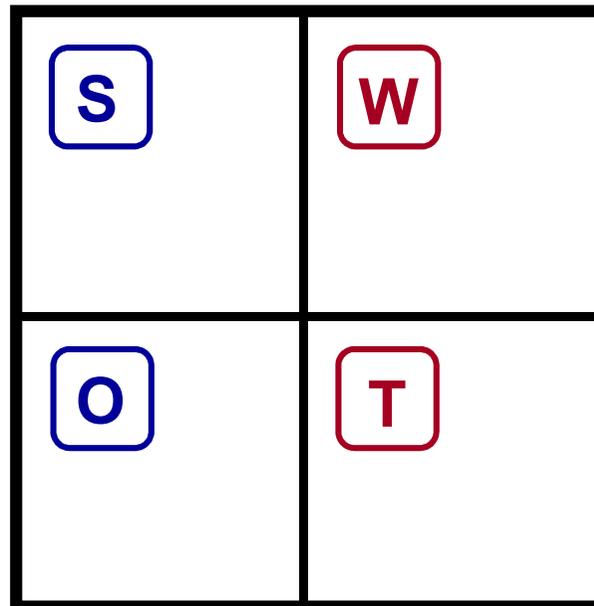
SWOT-Analyse; „Nitrilase-katalysierte Synthese einer...“:

S Strengths (Stärken)

O Opportunities (Chancen)

W Weaknesses (Schwächen)

T Threats (Bedrohungen)



Beispiel 2

SWOT-Analyse; „Nitrilase-katalysierte Synthese einer ...“:

S

Optimaler Zugang zu den neuesten biotechnologischen FuE-Resultaten durch ein aktives, transnationales Forschungsnetzwerk aus Hochschulen und Forschungsinstituten.
Solide Rohstoffbasis durch zuverlässige und sichere Cyanhydrin-Lieferungen innerhalb der eigenen Firmen-Holding.
Erfahrungen mit der Anzucht, dem Scale-up und der Kultivierung von stabilen, transgenen Mikroorganismen.

W

Abhängigkeit von den Produzenten / Lieferanten Kanamycinresistenz-induzierender Plasmid-Vektoren.
Toxizität von HCN-Spuren gegen über den Mikroben.
Bislang keine eigenen Erfahrungen mit der biotechnologischen Herstellung größerer Mengen in kontinuierlich arbeitenden Biotransformationsanlagen.
Zusätzliche Investitionen für Sicherheitsmaßnahmen zur Gentechnik im Produktionsmaßstab.

O

Technologieführerschaft für die Synthesen enantiomerenreiner α -Hydroxycarbonsäuren.
Chance, als bevorzugter Lieferant hochwertiger Zwischenprodukte bei global agierenden Pharma- oder Pflanzenschutz-Firmen zum Einsatz zu kommen.
Imagegewinn mit der technischen Herstellung innovativer, chiraler Zwischenprodukte.
Markante Steigerung vom Betriebsergebnis und vom Cashflow durch die erfolgreiche Vermarktung einer Spezialchemikalie im Hochpreis-Segment.

T

Zusammenbruch der Zellkulturen für die Biotransformation durch Transfektionen mit malignen Viren bzw. Phagen.
Probleme bei der Expression von Nitrilase mit Introns und Fremd-Codons im Wirtsorganismus.
Scheitern der REACH-Produktzulassung
Bislang noch nicht offengelegte Nitrilase-Patentanmeldungen von Wettbewerbern.
Effizientere Alternativsynthesen, z.B. solche mit Übergangsmetall-katalysierten, stereoselektiven Hydroformylierungen als Schlüsselschritt.

Erfolgsrisiken, Einstufung

**„Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -OH-Carbonsäure“.
ABC-Analyse, Bezeichnung der Risiken, Risikowerte:**

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Beispiel P2	
Nitrilase-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	6.260.000€		
Keine Freigabe der Produktionsanlage durch die Gewerbeaufsicht.	1.210.000€		
Scale-up bis zur kontinuierlichen Produktion funktioniert nicht.	2.020.000€		
Übergangsmetall-katalysierte, effiziente Alternativsynthesen.	2.630.000€		
Abhängigkeit von den Lieferanten der effektivsten Plasmide.	400.000€		
Transfektion /Zusammenbruch der Zellkulturen im Bioreaktor.	7.680.000€		
Σ, Gesamtrisikowert	20.250.000€		

Erfolgsrisiken, Einstufung

**„Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -OH-Carbonsäure“.
ABC-Analyse, %-Gewichtung der Risikowerte:**

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Prozent vom Gesamtwert	
Nitrilase-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	6.260.000€	031	
Keine Freigabe der Produktionsanlage durch die Gewerbeaufsicht.	1.210.000€	006	
Scale-up bis zur kontinuierlichen Produktion funktioniert nicht.	2.020.000€	010	
Übergangsmetall-katalysierte, effiziente Alternativsynthesen.	2.630.000€	013	
Abhängigkeit von den Lieferanten der effektivsten Plasmide.	400.000€	002	
Transfektion /Zusammenbruch der Zellkulturen im Bioreaktor.	7.680.000€	038	
Σ, Gesamtrisikowert	20.250.000€	100	

Erfolgsrisiken, Einstufung

**„Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -OH-Carbonsäure“.
ABC-Analyse, ordnen der Risikowerte:**

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Prozent vom Gesamtwert	
Transfektion /Zusammenbruch der Zellkulturen im Bioreaktor.	7.680.000€	038	
Nitrilase-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	6.260.000€	031	
Übergangsmetall-katalysierte, effiziente Alternativsynthesen.	2.630.000€	013	
Scale-up bis zur kontinuierlichen Produktion funktioniert nicht.	2.020.000€	010	
Keine Freigabe der Produktionsanlage durch die Gewerbeaufsicht.	1.210.000€	006	
Abhängigkeit von den Lieferanten der effektivsten Plasmide.	400.000€	002	
Σ, Gesamtrisikowert	20.200.000€	100	

Erfolgsrisiken, Einstufung

„Nitrilase-katalysierte Synthese einer chiralen α -OH-Carbonsäure“. ABC-Analyse, **A-Risiken**, B-Risiken, **C-Risiko**:

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Prozent vom Gesamtwert	Addition der %-Werte
Transfektion /Zusammenbruch der Zellkulturen im Bioreaktor.	7.680.000€	038	038
Nitrilase-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	6.260.000€	031	069
Übergangsmetall-katalysierte, effiziente Alternativsynthesen.	2.630.000€	013	082
Scale-up bis zur kontinuierlichen Produktion funktioniert nicht.	2.020.000€	010	092
Keine Freigabe der Produktionsanlage durch die Gewerbeaufsicht.	1.210.000€	006	098
Abhängigkeit von den Lieferanten der effektivsten Plasmide.	400.000€	002	100
Σ, Gesamtrisikowert	20.200.000€	100	100

Beispiel P3

Identifikation und Behandlung von Risiken in FuE-Projekten:

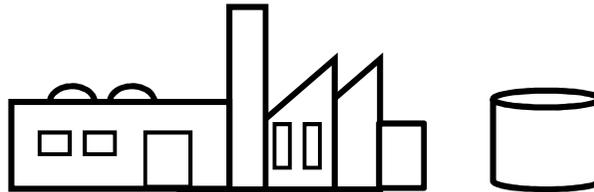
Teilprojekt

**„Neue metallorganische Gerüst-
materialien zur Adsorptions-
speicherung von Wasserstoffgas“.**



Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien...“:



Das Unternehmen „[...] GmbH-3“: Hersteller von Metall-Organica

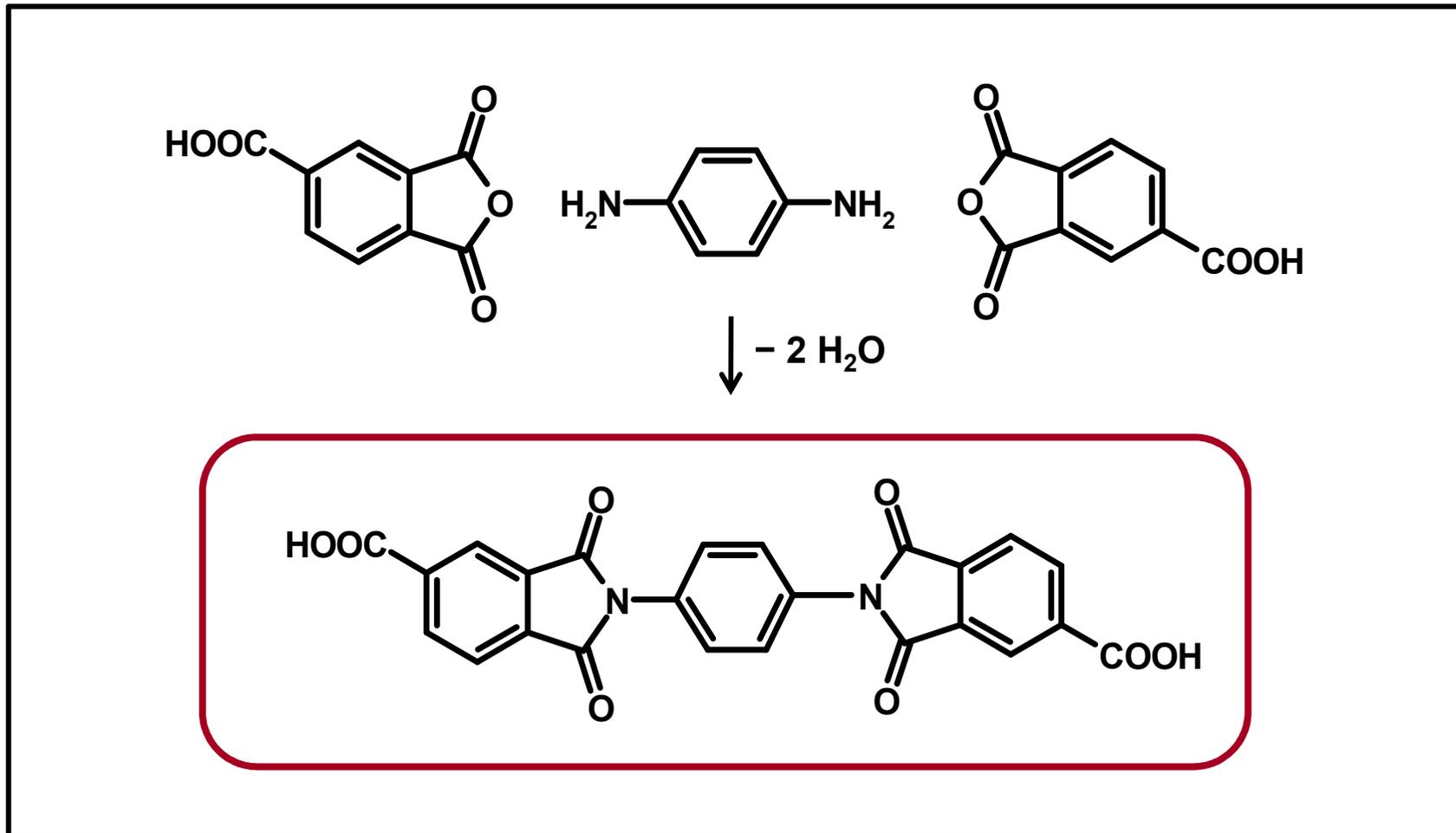
Größe: Mittelständischer Betrieb, europaweit 127 Mitarbeiter, davon 11 Chemiker, 17 Ingenieure (FH), 5 Ingenieure (TU). Hersteller und Vertreiber spezieller Metall-Organica.

Eigene Forschung und Entwicklung, eigene Produktion.
Seit 12 Jahren in FuE, Scale-up und in der Lohnfertigung von Organo-Metall-Verbindungen aktiv.

Organische Spezialitäten: Herstellung und Vertrieb von TMA (Trimellithsäureanhydrid) und PMA, (Pyromellithsäureanhydrid).

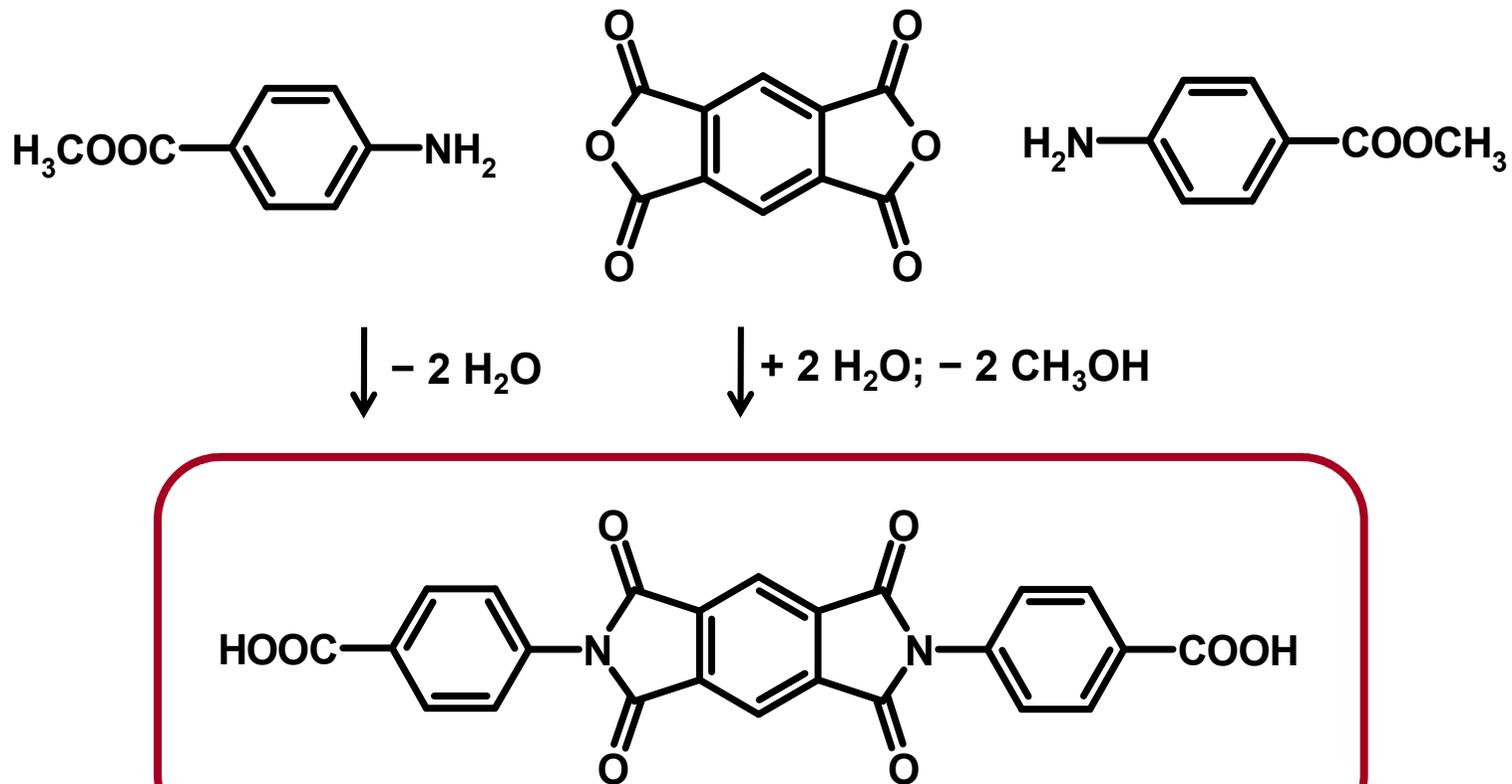
Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien...“:



Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

Teilprojekt „Neue metallorganische Gerüstmaterialien...“:



Erfolgsrisiken, Identifikation und Einstufung

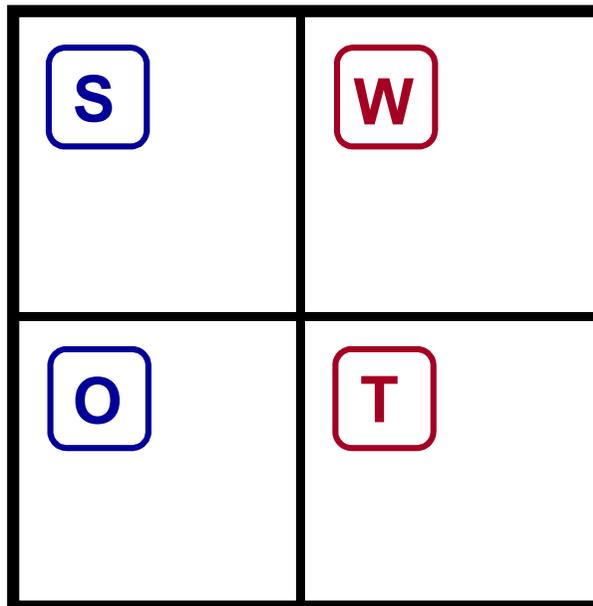
SWOT-Analyse: „Neue...Adsorptionsspeicherung“ von H₂-Gas.

S Strengths (Stärken)

O Opportunities (Chancen)

W Weaknesses (Schwächen)

T Threats (Bedrohungen)



Beispiel 3

SWOT-Analyse: „Neue...Adsorptionsspeicherung“ von H₂-Gas.

S

Sehr guter Zugang zum neuesten Wissen über Metal Organic Frameworks durch ein aktives, internationales Forschungsnetzwerk, bestehend aus Hochschulen und Forschungsinstituten.
Solide Rohstoffbasis: Eigene Verfügbarkeit von TMA Und PMA im technischen Maßstab.
Erfahrungen mit dem Scale-up von MOFs und mit elektrochemischen Synthesen hoch poröser Materialien.

W

Abhängigkeit von den Lieferanten der benötigten Metallsalze für die „Konnektoren“.
Keine eigenen Erfahrungen mit technischen Trocknungsprozessen von hochporösen, ultraleichten Materialien.
Ungeklärte Recyclingtechnik oder Entsorgungstechnik für die verwendeten Lösemittel, insbesondere die für Diethylformamid.

O

Technologieführerschaft im Markt für die adsorptive Speicherung von Wasserstoff.
Langfristige Erfolgsaussichten von Verbrennungsmotoren auf der Basis „Wasserstoff-Technologie“.
Chance, als Lieferant bei Daimler, VW, BMW und General Motors einzusteigen.
Imagegewinn als innovativer Problemlöser für die Gasspeichertechnik.

T

Bislang nicht offengelegte MOF-Patentanmeldungen von (Start-up)Firmen.
Solartechnik in Kombination mit Hochleistungsbatterien als effizientere Alternative zur Wasserstofftechnik für den Fahrzeugantrieb.
Unklare Toxikologie, nicht untersuchtes Brand- und Explosionsverhalten von MOFs und MOF-H₂- Adsorbates.
Die spätere Zulassung seitens EChA ist keineswegs sicher.

Erfolgsrisiken, Einstufung

FuE-Teilprojekt „Neue MOFs ...Adsorptionsspeicherung von H₂-Gas.“ ABC-Analyse, Bezeichnung der Risiken, Risikowerte:

Risiko, Bezeichnung	Risikowert		
MOF-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	4.671.000€	Beispiel P3	
Solartechnik als Alternative zur Wasserstoff-Speicherung.	2.595.000€		
Brandrisiken beim Material.	1.557.000€		
Explosionsrisiken beim Material.	1.038.000€		
Abhängigkeit von den Lieferanten der Anorganika.	519.000€		
Risiken toxischer Kontamination beim Materialgebrauch.	6.920.000€		
Σ, Gesamtrisiko	17.300.000€		

Erfolgsrisiken, Einstufung

FuE-Teilprojekt „Neue MOFs ...Adsorptionsspeicherung von H₂-Gas.“ ABC-Analyse, %-Gewichtung der Risikowerte:

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Prozent vom Gesamtwert	
MOF-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	4.671.000€	27	
Solartechnik als Alternative zur Wasserstoff-Speicherung.	2.595.000€	15	
Brandrisiken beim Material.	1.557.000€	9	
Explosionsrisiken beim Material.	1.038.000€	6	
Abhängigkeit von den Lieferanten der Anorganika.	519.000€	3	
Risiken toxischer Kontamination beim Materialgebrauch.	6.920.000€	40	
Σ, Gesamtrisiko	17.300.000€	100	

Erfolgsrisiken, Einstufung

FuE-Teilprojekt „Neue MOFs ...Adsorptionsspeicherung von H₂-Gas.“ ABC-Analyse, ordnen der Risikowerte:

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Prozent vom Gesamtwert	
Risiken toxischer Kontamination beim Materialgebrauch.	6.920.000€	40	
MOF-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	4.761.000€	27	
Solartechnik als Alternative zur Wasserstoff-Speicherung.	2.595.000€	15	
Brandrisiken beim Material.	1.557.000€	9	
Explosionsrisiken beim Material.	1.038.000€	6	
Abhängigkeit von den Lieferanten der Anorganika.	519.000€	3	
Σ, Gesamtrisiko	17.300.000€	100	

Erfolgsrisiken, Einstufung

FuE-Teilprojekt „Neue MOFs ...Adsorptionsspeicherung von H₂-Gas.“
ABC-Analyse, A-Risiken, B-Risiken, C-Risiko:

Risiko, Bezeichnung	Risikowert	Prozent vom Gesamtwert	Addition der %-Werte
Risiken toxischer Kontamination beim Materialgebrauch.	6.920.000€	40	40
MOF-Patentanmeldungen der Wettbewerber.	4.761.000€	27	67
Solartechnik als Alternative zur Wasserstoff-Speicherung.	2.595.000€	15	82
Brandrisiken beim Material.	1.557.000€	9	91
Explosionsrisiken beim Material.	1.038.000€	6	97
Abhängigkeiten von den Lieferanten der Anorganika.	519.000€	3	100
Σ, Gesamtrisiko	17.300.000€	100	100

**Weiterführende Literatur zum Thema „FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie“.
Auswahl von Monografien und von Publikationen in Fachjournalen oder im Internet.**

- 1 -

- Leker, Gelhard, von Delft, Business Chemistry, Wiley & Sons Ltd., Oxford U. K., 2018.
- Hauschildt, Salomo, Schultz, Kock, Innovationsmanagement, Verlag Franz Vahlen, München, 2021.
- Vahs, Brem, Innovationsmanagement, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2015.
- Gausemeier, Dumitrescu, et al., Innovationen für die Märkte von morgen, Carl Hanser Verlag, München, 2019.
- Cooper, Top oder Flop in der Produktentwicklung, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2002.
- Russo, Gleich, Strascheg, Von der Idee zum Markt, Verlag Franz Vahlen, München, 2008.
- Loch, Kavadias, Handbook of New Product Development, Elsevier, Oxford, 2008.
- Bullinger, Fokus Innovation, Carl Hanser Verlag, München, 2006.
- Offermanns, „Steinheimer Gespräche“ des FCI, persönliche Mitteilungen, Steinheim, 2002.

- Münch, Patente, Marken, Design von A bis Z, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2012.

- Gassmann, Praxiswissen Projektmanagement, Carl Hanser Verlag, München, 2006.
- Kerzner, Projekt Management, Ein systemorientierter Ansatz, mitp, Redline Verlag, Heidelberg, 2008.
- Gessler, Kompetenzbasiertes Projektmanagement, GPM-Publikation, Nürnberg, 2016.
- Patzak, Rattay, Projektmanagement, Linde-Verlag, Wien, 2014.
- Jenny, Projektmanagement - Das Wissen für den Profi, vdf Hochschulverlag an der ETH, Zürich, 2020.
- Jenny, Projektmanagement - Das Wissen für eine erfolgreiche Karriere, vdf Hochschulverlag an der ETH, Zürich, 2020.
- Drees, Lang, Schöps, Praxisleitfaden Projektmanagement, Carl Hanser Verlag, München, 2014.
- Burghardt, Projektmanagement, Publicis MCD Verlag, Erlangen, 2018.

**Weiterführende Literatur zum Thema „FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie“.
Auswahl von Monografien und von Publikationen in Fachjournalen oder im Internet.**

- 2 -

- Hesseler, Projektmanagement, Verlag Franz Vahlen, München, 2015.
- Stöger, Wirksames Projektmanagement, Schäffer- Poeschel, Stuttgart, 2019.
- Litke, Projektmanagement, Carl Hanser Verlag, München, 2007, Neuauflage für 2023 angekündigt.
- Litke, Kunow, Schulz-Wimmer, Projektmanagement, Haufe-Lexware, Freiburg, 2018.
- Madauss, Projektmanagement, Theorie und Praxis aus einer Hand, Springer Gabler, Berlin, 2020.
- Bea, Scheurer, Hesselmann, Projektmanagement, UVK-Verlag, München, 2020.
- Braehmer, Projektmanagement für kleine und mittlere Unternehmen, Carl Hanser Verlag, München, 2009.
- Klein, Projektmanagement in der Praxis, Ebook, Verlag Interna, Bonn, 2012.
- Weichselbaumer, Bley, MS-Project 2013 in 13 Stunden, epubli GmbH, Stuttgart, Berlin, 2014.
- Dittmann, Dirbanis, Projektmanagement (IPMA®), Haufe, Freiburg, 2020.
- Schels, Seidel, Projektmanagement mit Excel, Carl Hanser Verlag, München, 2016.
- Tumuscheit, Überleben im Projekt, Redline Wirtschaft, Heidelberg, 2014.
- Tumuscheit, 55 Mythen des Projektmanagements, Orell Füssli Verlag, Zürich, 2013.
- Meyer, Reher, Projektmanagement, Springer Fachmedien, München, 2020.
- Drews, Hillebrand, Kärner, Praxishandbuch Projektmanagement, Haufe, Freiburg, 2015.
- Pautsch, Steininger, Lean Project Management – Projekte exzellent umsetzen, Carl Hanser Verlag, München, 2014.
- Cole, Barker, Brilliant Project Management, Pearson Education Ltd., London, 2015.
- Andler, Tools für Projektmanagement, Workshops und Consulting, Publicis Publishing, Erlangen, 2015.
- Hüsselmann, Lean Project Management, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 2021

**Weiterführende Literatur zum Thema „FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie“.
Auswahl von Monografien und von Publikationen in Fachjournalen oder im Internet.**

- 3 -

- Schröder, Agile Produktentwicklung, Carl Hanser Verlag, München, 2018.
- Kuster et al., Handbuch Projektmanagement, Agil – Klassisch – Hybrid, Springer Gabler, Wiesbaden, 2019.
- Ziegler, Agiles Projektmanagement mit Scrum für Einsteiger, Independ. Published, ISBN 9781729408353, 2021.
- Cooper, Edgett, Kleinschmidt, Optimizing the Stage Gate Process, Res. Technol. Management, 45, 2002.
- Cooper, What's Next After Stage-Gate? Res. Technol. Management, 157, 2014.
- Hirzel, Alter, Niklas, Projektportfolio-Management, Springer Gabler, Wiesbaden, 2019.
- Timinger, Modernes Projektmanagement, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2017.
- www.projektmanagementhandbuch.de, PMH, 2021.
- www.projektmanagement-definitionen.de, 2021.
- www.projektmagazin.de, 2021.
- GPM Deutsche Gesellschaft für Projektmanagement e.V., Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM4), Handbuch für Praxis und Weiterbildung im Projektmanagement, Band 1, Band 2, Nürnberg, 2019.
- Lang, Wagner, Der Weg zum projektorientierten Unternehmen, Carl Hanser Verlag, München, 2019.

- Helm, Pfeifer, Ohser, Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler, Carl Hanser Verlag, München, 2015.
- Grieser, Mathematisches Problemlösen und Beweisen, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2017.
- Krischke, Röpcke, Graphen- und Netzwerktheorie, Carl Hanser Verlag, München, 2015.
- Tittmann, Graphentheorie, eine anwendungsbezogene Einführung, Fachbuchverlag, Leipzig, 2003.
- Nietzsche, Graphen für Einsteiger, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden, 2009.
- Stegbauer, Häußling, Handbuch Netzwerkforschung, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2010.

**Weiterführende Literatur zum Thema „FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie“.
Auswahl von Monografien und von Publikationen in Fachjournalen oder im Internet.**

- 4 -

- Festel, Hassan, Leker, Bamelis, Betriebswirtschaftslehre für Chemiker, Springer, Berlin, 2001.
- Festel, Söllner, Bamelis, Volkswirtschaftslehre für Chemiker, Springer, Berlin, 2000.
- Mühlbradt, Wirtschaftslexikon, Scriptor Reihe, Cornelsen Verlag, Berlin, 2008.
- Malik, Unternehmenspolitik und Corporate Governance, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2013.
- Schierenbeck, Wöhle, Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre, Oldenbourg Verlag, München, 2016.
- Wöhe, Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Verlag Franz Vahlen, München, 2020.

- Drucker, Die Kunst des Managements, Econ Verlag, München, 2000.
- Drucker, Alles über Management, Redline Wirtschaft, Heidelberg, 2007.
- Drucker, The Effective Executive, Verlag Franz Vahlen, München, 2014.
- Malik, Management, Das A und O des Handwerks, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2013.
- Malik, Führen, Leisten, Leben, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2019.
- Roth, Fühlen, Denken, Handeln, Suhrkamp Verlag, Frankfurt/Main, 2007.
- Sprenger, Mythos Motivation, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2014.
- Sprenger, Vertrauen führt, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2007.
- Freitag, Kommunikation im Projektmanagement, Springer-Gabler, Wiesbaden, 2016.
- Schulz von Thun, Miteinander Reden, Rowohlt Verlag, Reinbeck, 2019.
- Riemann, Grundformen der Angst, Reinhardt Verlag, München, 2019.
- Csikszentmihalyi, Flow im Beruf, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart, 2012.

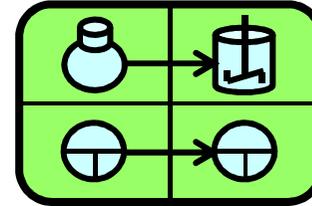
**Weiterführende Literatur zum Thema „FuE-Projektmanagement in der Chemieindustrie“.
Auswahl von Monografien und von Publikationen in Fachjournalen oder im Internet.**

- 5 -

- Horx, Das Zukunftsmanifest, Ullstein Taschenbuch Verlag, Berlin, 2002.
- Bürkle, Aktive Karrierestrategie, Springer Gabler, Wiesbaden, 2013.
- Hesse, Schrader, Das große Bewerbungshandbuch, Stark Verlag, München, 2015.
- Hesse, Schrader, 1X1 - Das erfolgreiche Vorstellungsgespräch, Stark Verlag, München, 2014.
- Püttjer, Schnierda, Trainingsmappe Vorstellungsgespräch, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2019.
- Püttjer, Schnierda, Das überzeugende Bewerbungsgespräch für Führungskräfte, Campus-Verlag, Frankfurt/M, 2019.
- Püttjer, Schnierda, Das große Bewerbungshandbuch, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2019.
- Stärk, Erfolgreich im Vorstellungsgespräch und Jobinterview, GABAL, Offenbach, 2018.
- Hesse, Schrader, Die hundert häufigsten Fragen im Vorstellungsgespräch, Stark Verlag, München, 2013.
- Lüdemann, Lüdemann, Die 111 wichtigsten Fragen im Vorstellungsgespräch, Redline Wirtschaft, München, 2018.
- Rohrschneider, Lorenz, Müller-Thurau, Vorstellungsgespräche, Haufe, Freiburg und Planegg, 2018.
- Engst, Willmann, Professionelles Bewerben, Bibliografisches Institut, Berlin, 2019.

- Drewermann, Glauben in Freiheit oder Tiefenpsychologie und Dogmatik, Band 1, Walter-Verlag, Olten, 1994.
- Schuler, Psychologische Personalauswahl, Hogrefe Verlag, Göttingen, 2014.
- Kanning, Personalauswahl zwischen Anspruch und Wirklichkeit, Springer-Verlag, Berlin, 2015.
- Herrmann, Die Auswahl, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2016.
- Riedel, Agile Personalauswahl, Haufe Fachbuch, Freiburg, 2017.
- Autorenkollektiv „Diagnostik- und Testkuratorium“, Personalauswahl kompetent gestalten, Springer, Berlin, 2018.

FuE-Projektmanagement
in der Chemieindustrie



Ende Vorlesungsmodul 05

Rainer Bürstinghaus