
Ein Virtuelles Zentrum für Text Mining in der Biomedizin

Skizze für einen Themenverbund

Udo Hahn, Martin Hofmann und Rüdiger Klar

Joachim Wermter, Juliane Fluck und Stefan Schulz



FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT
JENA

Fraunhofer



Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Was ist „Text Mining“ ?

Warum eine nationale Initiative ?

Die Gesamtheit aller Technologien, die es ermöglichen, **relevante und „neue“** Information in **unstrukturierten** Texten **automatisch** zu erkennen und zu extrahieren

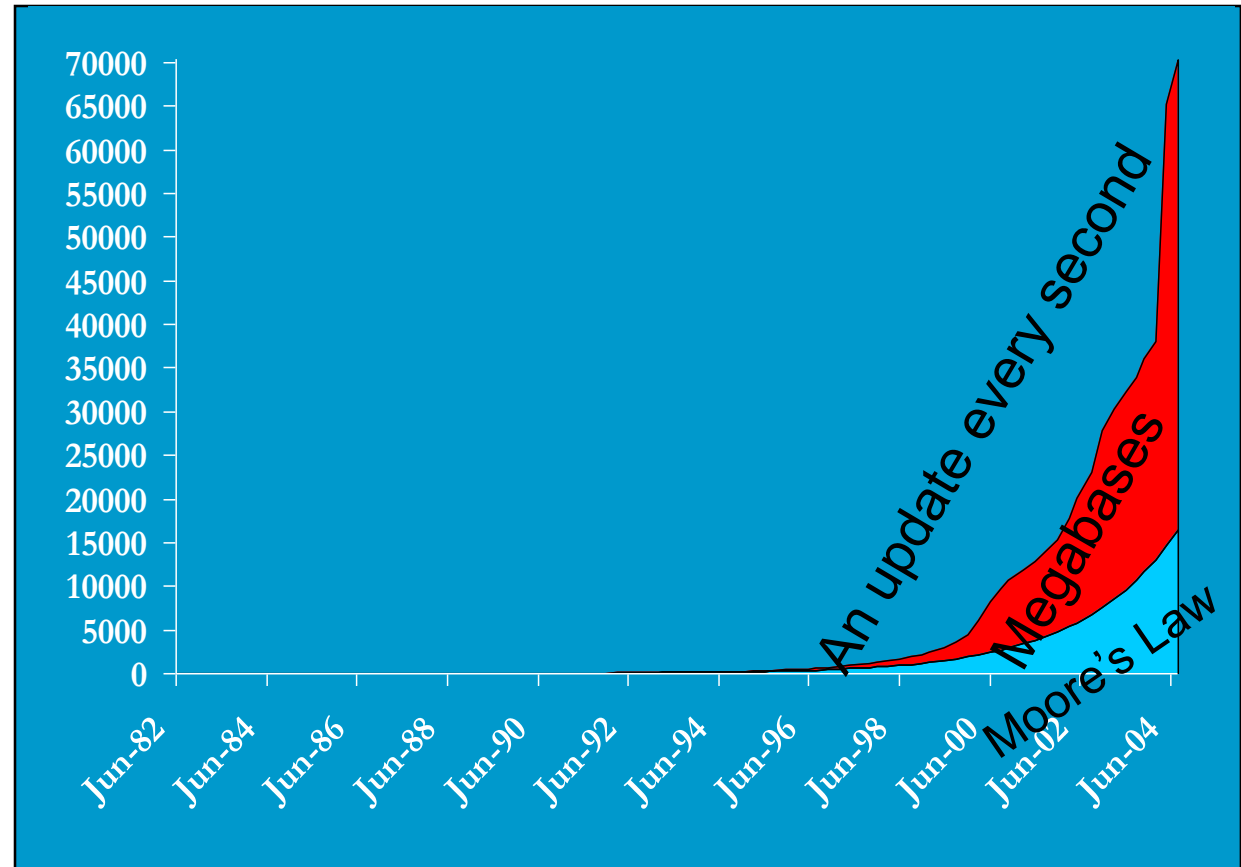
Eine neue Schlüsseltechnologie für die Life Sciences: Wissensmanagement

International bereits laufende F&E-Aktivitäten möchten wir mit unserer Initiative aufgreifen und auf der Grundlage einer nationalen Anforderungsanalyse und Prioritätensetzung konstruktiv mitgestalten



Datenexplosion am Beispiel von Sequenzdaten

Das Wachstum von Life-
Science-Daten übertrifft Moore's
Gesetz



Quelle: <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/medline.html>

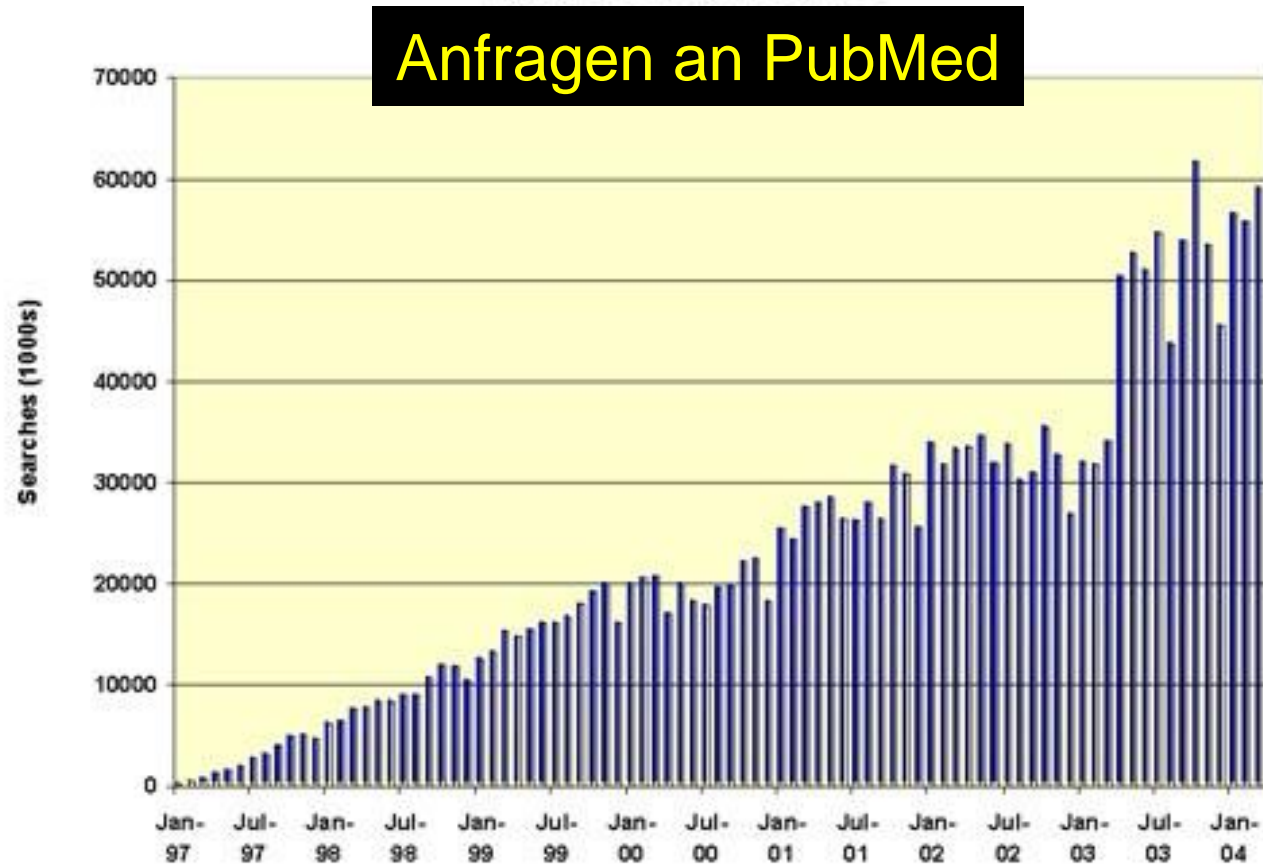
Seite 3



Datenexplosion am Beispiel von biomedizinischen Publikationen und Wachstum der Nachfrage nach biomedizinischen Texten (eigentlich: Wissen)

Zuwachs in MEDLINE:
seit 2002 kommen täglich
1,500-3,500 neue Daten-
sätze hinzu.

aktuell: ca. **13 Mio.** BEs



Quelle: <http://www.nlm.nih.gov/pubs/factsheets/medline.html>



Datenexplosion am Beispiel klinischer Texte

nur für das Universitätsklinikum Freiburg (p.a.)

280.000 Arztbriefe

140.000 Radiologiebefunde

55.000 Pathologiebefunde

40.000 Operationsberichte

70.000 sonstige Texte (Endoskopien, Funktionsuntersuchungen
Lunge, EKG, EEG etc.)

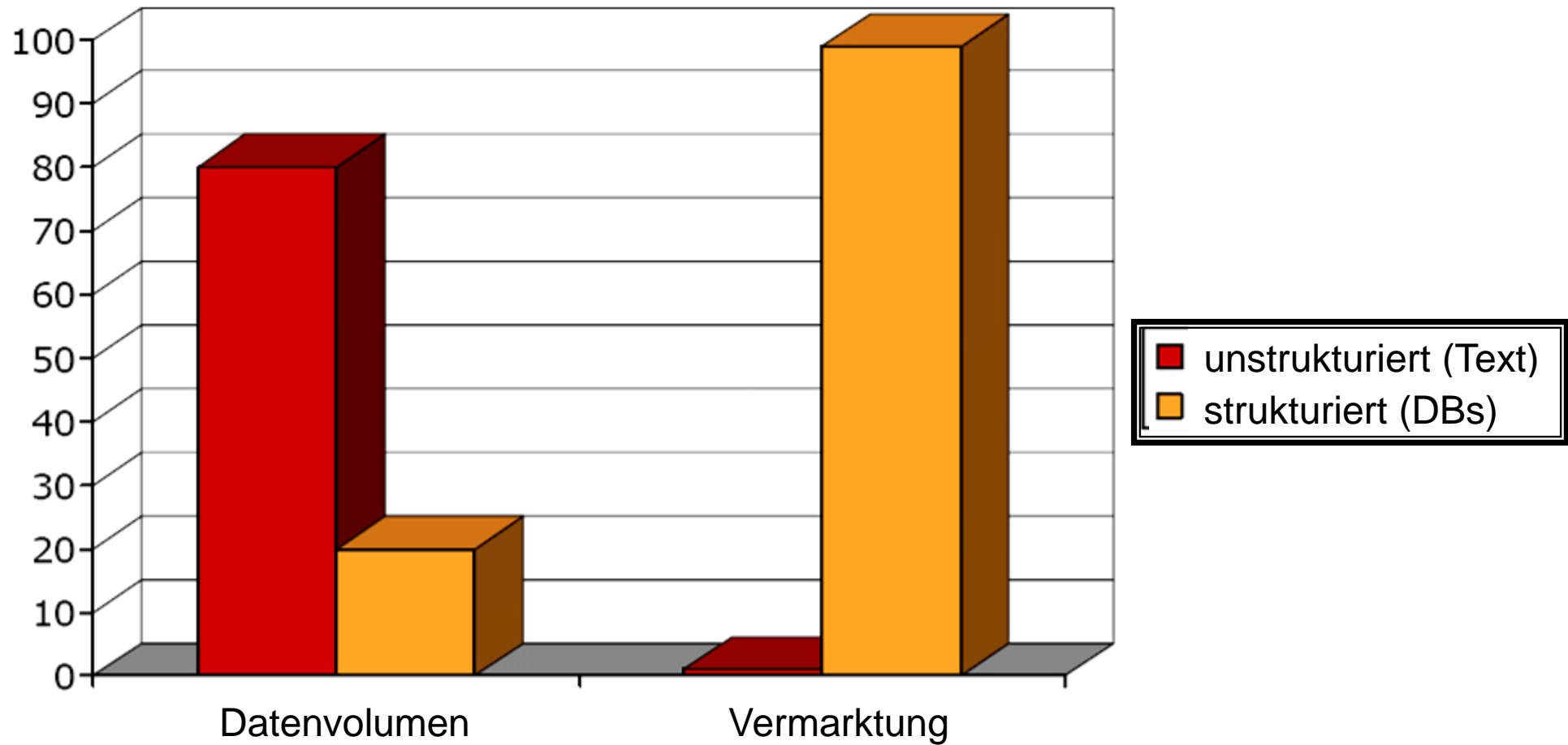
600.000



Je komplexer die Sachverhalte, ...

..., desto eher sind sie **nur** in
unstrukturierten Texten zu finden





Quelle: Prabhakar, Raghavan, Verity (2002)



Textbeispiele

Histologisches Gutachten

Makroskopie: Eine 8 cm lange, fokal etwas aufgetriebene Appendix mit gestauten Gefäßen und fokalen Fibrinbelägen. ... Bei gleichmäßiger Verteilung der Fettzellen auf 40% des Markraumes, üblicher Architektur des Gitterfasernetzes und deutlich gesteigertem Ferritineisengehalt der phagozytären Retikulumzellen, die übrigens zum Teil eine durchaus floride Erythrozytenphagozytose betreiben, sind normoblastisch ausreifende Erythropoese etwas linksverschoben, Megakaryozyten und Granulozytopoese mit allen Reifungsstufen regulär vertreten und dabei allenfalls grenzwertig hyperplastisch entwickelt.

PubMed Abstract

E2F-1 and a cyclin-like DNA repair enzyme, uracil-DNA glycosylase, provide evidence for an autoregulatory mechanism for transcription. The cell cycle-dependent transcription factor, E2F-1, regulates the cyclin-like species of the [[DNA repair enzyme] uracil-DNA glycosylase (UDG) gene] in human osteosarcoma (Saos-2) cells.

Seite 8



Zentrale Herausforderungen

- ❑ Riesige, weiterhin schnell wachsende Textmengen (Publikationen, Sequenzannotationen, klinische Befundberichte)
- ❑ Biomedizinisches Wissen ist in Texten natürlichsprachlich kodiert; es mangelt an der Strukturierung komplexer Sachverhalte in Texten für Computer
- ❑ Geringe Vernetzung von Patientendaten, Literaturdaten und Genomdaten
- ❑ Multilingualität der Wissensdomänen und der Textkollektionen
- ❑ **Schlussfolgerung:**

Probleme sind nur im Rahmen interdisziplinärer Aktivitäten zu lösen unter Einschluss aller beteiligten Disziplinen (Bioinformatik, Computerlinguistik, Medizin, Biologie, Informatik)



Deutsches Virtuelles Zentrum
für Text Mining in der Biomedizin

BioTem

Aufgabenschwerpunkte und Programmatik für ein Deutsches Virtuelles Zentrum für Text Mining in der Biomedizin

Gemeinsame Forschung (analog IP der EU)

- Sprachtechnologie: koordinierte Methodenentwicklung
- Repräsentation biomedizinischen Wissens: Ontologieentwicklung und -pflege
- Interdisziplinäre Verknüpfung zwischen klinischem und molekularbiologischem Wissen
- Multilinguale Quelltexte: Begriffliche Äquivalenz in verschiedenen Sprachen
- Systemevaluation

Koordination (analog NoE der EU)

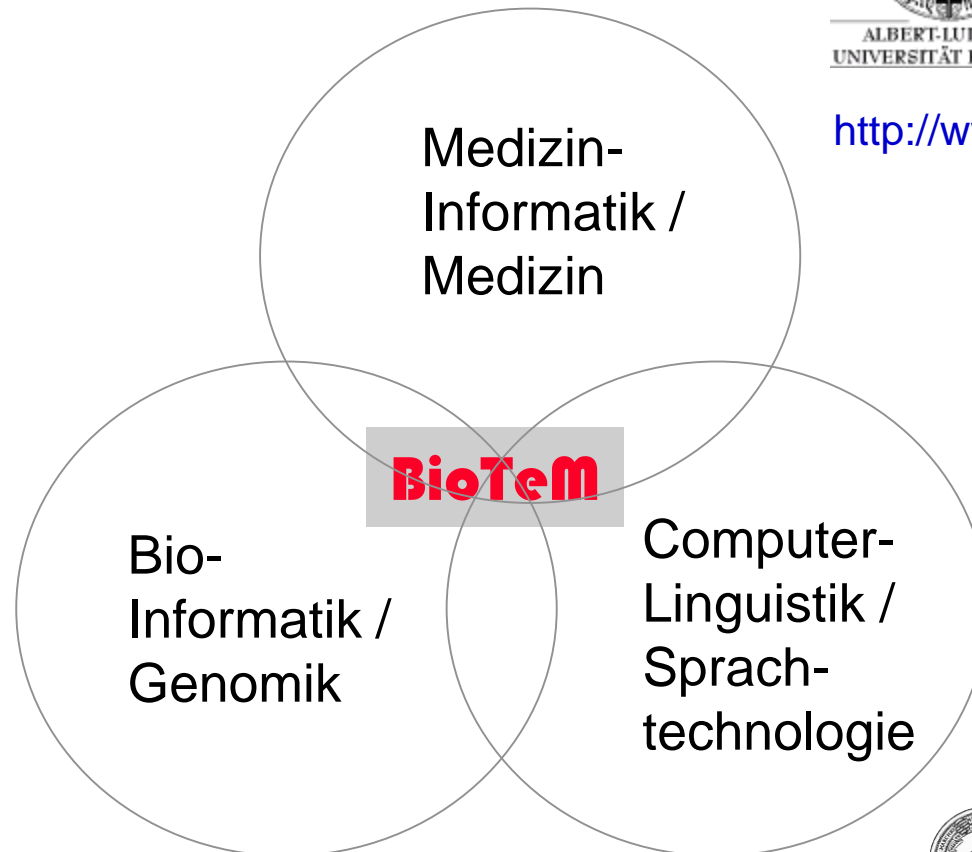
- Ressourcen (generell: Ontologien, Lexika, Korpora, eBooks)
- Standardisierung
- Clearing House für Codes und Algorithmen
- Zugang zu Texten (pseudonymisierte EPA, Patente, Leitlinien usw.)
- Workshops
- Training / Dissemination von Wissen
- Zusammenarbeit auf internationaler Ebene (z.B. mit *UK National Centre for Text Mining*)

BioTem vereinigt Kernkompetenzen



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

<http://www.imbi.uni-freiburg.de/medinf/>



Fraunhofer
Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen

<http://www.scai.fhg.de/bio.0.html>



FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT
JENA

<http://www.uni-jena.de/coling.html>

Geleistete Vorarbeiten

- Oktober 2003: 1. Symposium „Text Mining in the Life Sciences“ in St. Augustin
- April 2004: Workshop in St. Augustin. Entscheidung zur Abfassung eines Positionspapiers zum Stand der Wissenschaft
- Mai 2004: Treffen des Kernteams in Freiburg
- August 2004: Treffen am Rande der COLING-Konferenz in Genf
- Oktober 2004: 2. Symposium „Text Mining in the Life Sciences“ in St. Augustin
- Dezember 2004: Konstituierendes Treffen der **BioTEm**-Interessenten in Heidelberg [Vertreter von 12 Forschungsgruppen aus Deutschland]



Partner

BioBASE GmbH
Hannover

Prof. Dr. Dietmar Schomburg
Universität Köln

Dr. Martin Hofmann
Fraunhofer SCAI
St. Augustin

Dr. Paul Buitelaar
DFKI, Saarbrücken

Prof. Dr. Uwe Reyle
Universität Stuttgart

Prof. Dr. Rüdiger Klar
Universität Freiburg

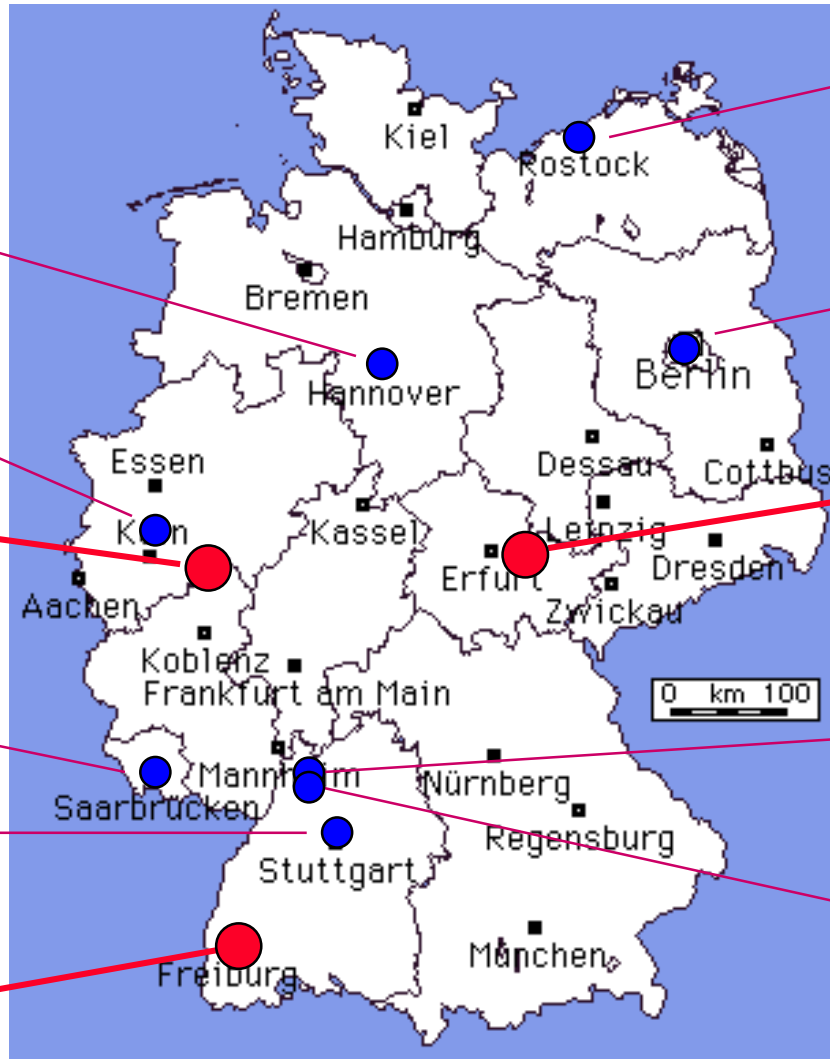
Universität Rostock

Prof. Dr. Ulf Leser
Humboldt Universität
Berlin

Prof. Dr. Udo Hahn
Universität Jena

Dr. Isabel Rojas
European Media Lab
Heidelberg

TEMIS Deutschland GmbH
Heidelberg



Archivierungsangaben

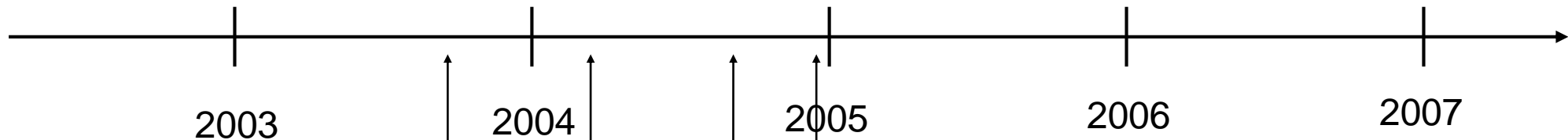


Vorarbeiten und Planung für die Zukunft

Gemeinsame, koordinierte Forschung

Ausbau-
phase

Pilotprojekt



1. Symposium

Workshop

COLING Meeting /

2. Symposium

Konstituierende
Versammlung

Ressourcenaufbau / Koordination

Organisation und Infrastruktur

Archivierungsarbeiten

Seite 15



FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT
JENA



Fraunhofer

Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Das Pilotprojekt

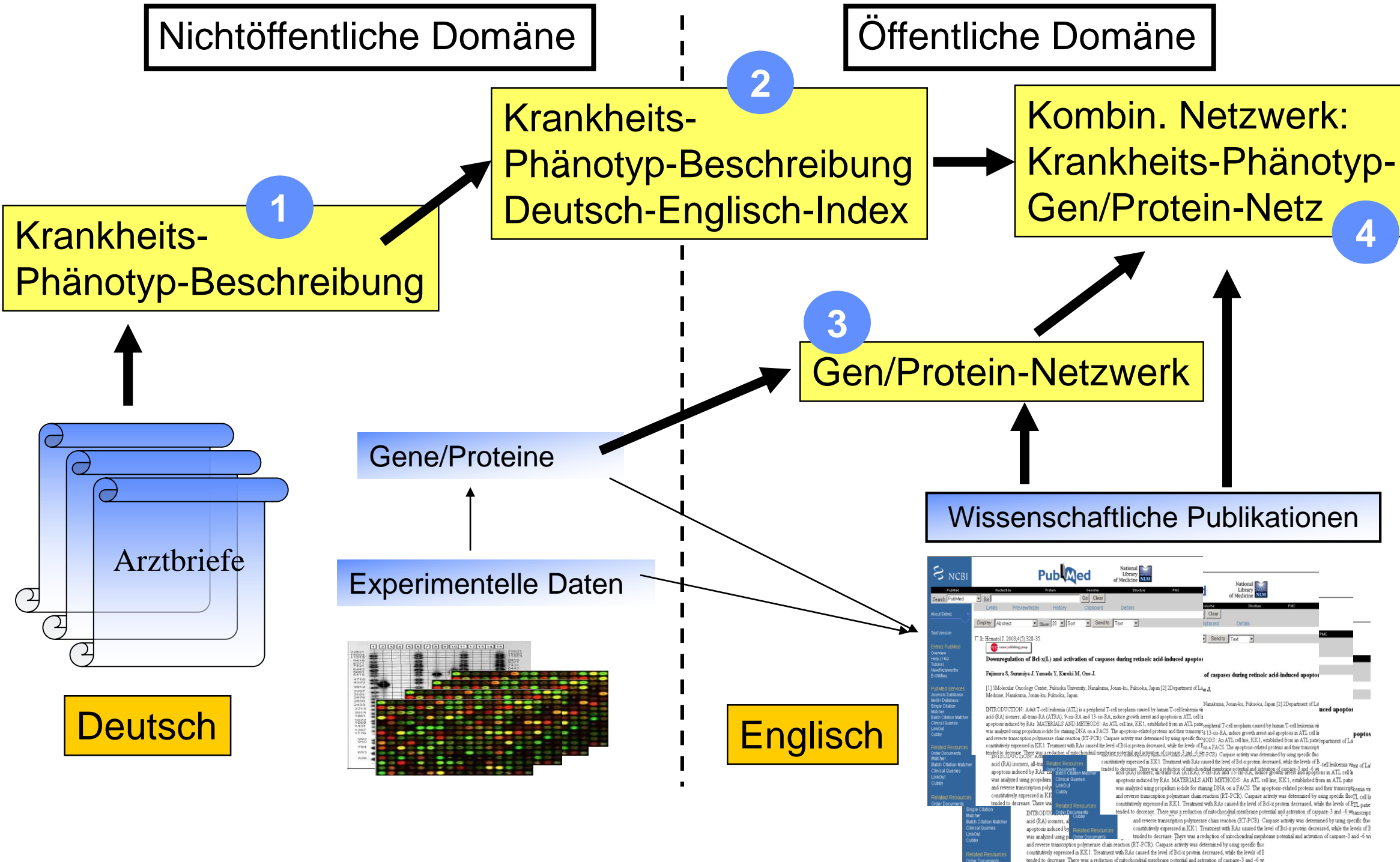


Ziele des Pilotprojekts

- ❑ „Proof of Concept“ für die Anwendbarkeit von **Text Mining** auf interdisziplinäre Fragestellungen
- ❑ Informationsgewinn durch Kombination **medizinischer** Phänotypbeschreibungen und **genom-orientierter** biologischer Forschung
- ❑ Kombination von Text Mining für **deutsche** und **englische** Texte
- ❑ Nachweis der Relevanz eines **deutschen virtuellen Text-Mining-Zentrums** in der Biomedizin



Überblick über das Pilotprojekt



Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-Gen/Protein-Netz

Gen/Protein-Netzwerk

Gene/Proteine

Wissenschaftliche Publikationen

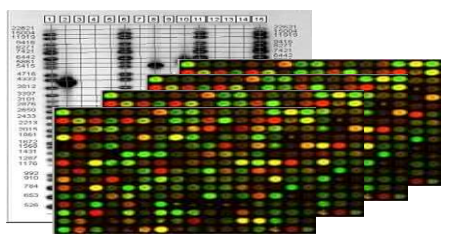
Experimentelle Daten



Arztbriefe

Deutsch

Englisch



Überblick über das Pilotprojekt

Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung

1

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

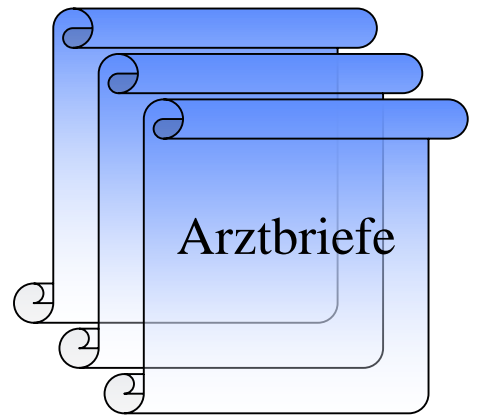
Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-Gen/Protein-Netz

Gen/Protein-Netzwerk

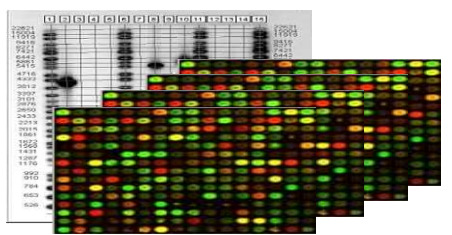
Wissenschaftliche Publikationen

Gene/Proteine

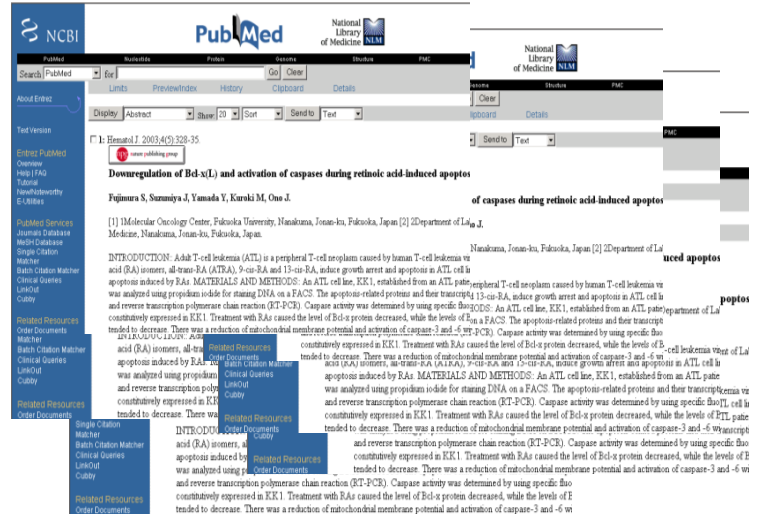
Experimentelle Daten



Deutsch



Englisch

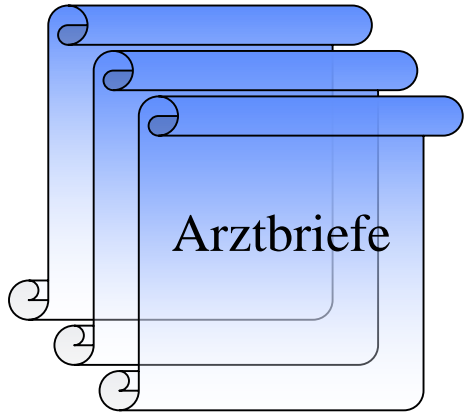


Überblick über das Pilotprojekt

Nichtöffentliche Domäne

1

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung



Arztbriefe

Deutsch

Elektronische Patientenakte

Administrative Daten

- Stammdaten**
 ID: 459300402
 Lüdenscheid, Iris
 * 12.12.1961
 79138 Waldkirch
 AOK Südl. Oberrhein
- Falldaten**
 B16.9
 F32.0
 K70.0
manuell kodierte Diagnosen+ Prozeduren

num. Daten (Labor)

	GGT	ALAT	ASAT
459300402	12	2,5	3,4
2004-09-02	12	2,5	3,4
2004-09-03	13	1,9	1,8
2004-09-03	13	0,6	0,7

Freitexte
 Arztbriefe,
 Befundberichte,
 OP-Berichte,
 Arzneiverordnungen

HL7

459300402

sich wahrscheinlich im Stadium der Ausheilung der Hepatitis-B-Virusinfektion. Nach Rücksprache mit dem Hepatologen **Prof. Leber** haben wir der Patientin die nochmalige Kontrolle der Hepatitis-Serologie im Dezember 2004 nahegelegt. Von der von **Frau Lüdenscheid** gewünschten Nachsorge in der **Schwarzwaldklinik** haben wir ihr strikt abgeraten.

mit freundlichen, kollegialen Grüßen
Prof. Dr. Baum, Dr. Herz

- Stammdaten**
 ID: 333400112
 Schindler, Elisabeth
 * 13.01.1959
 33733 Bielefeld
 AOK Westfalen-Lippe
- Falldaten**
 B16.9
 F32.0
 K70.0

num. Daten (Labor)

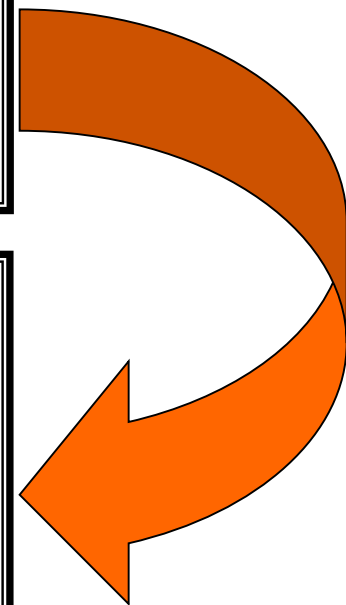
	GGT	ALAT	ASAT
333400112	12	2,5	3,4
2004-09-02	12	2,5	3,4
2004-09-03	13	1,9	1,8
2004-09-03	13	0,6	0,7

Freitexte
 Arztbriefe,
 Befundberichte,
 OP-Berichte,
 Arzneiverordnungen

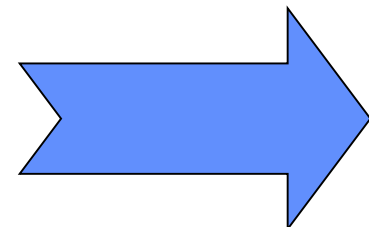
333400112

sich wahrscheinlich im Stadium der Ausheilung der Hepatitis-B-Virusinfektion. Nach Rücksprache mit dem Hepatologen **Prof. Hagedorn** haben wir der Patientin die nochmalige Kontrolle der Hepatitis-Serologie im Dezember 2004 nahegelegt. Von der von **Frau Schindler** gewünschten Nachsorge in der **Nordseeklinik** haben wir ihr strikt abgeraten.

mit freundlichen, kollegialen Grüßen
Prof. Dr. Klaus, Dr. Fuchs



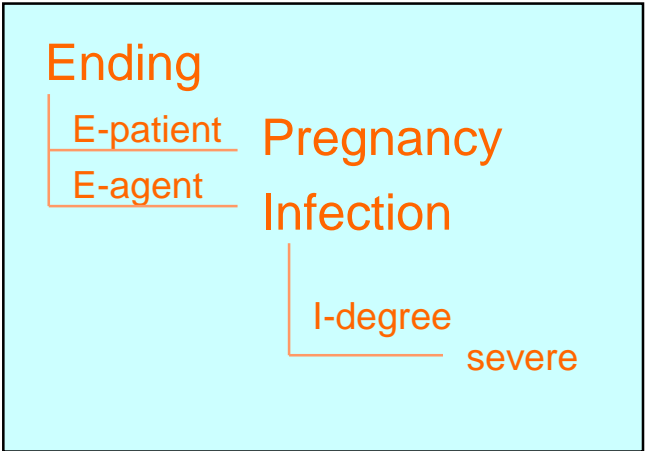
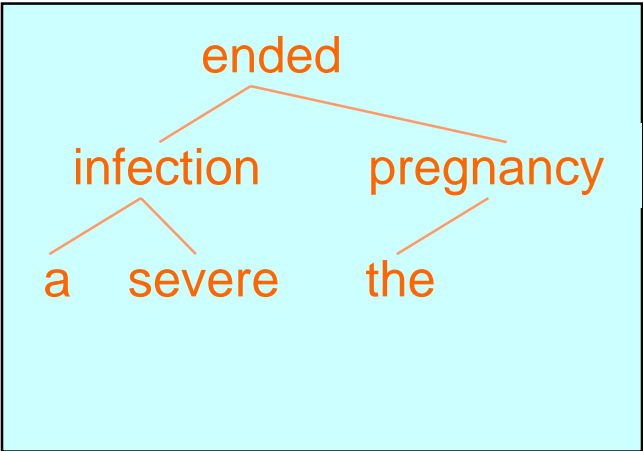
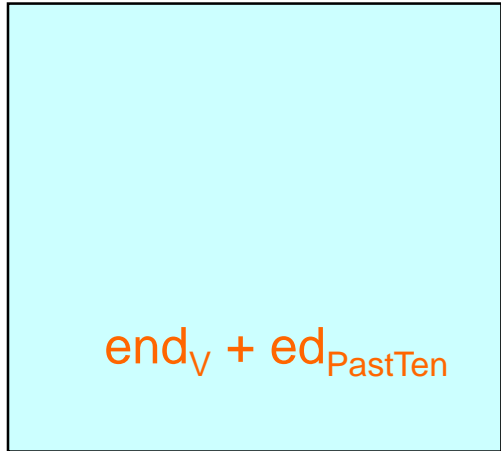
(semi)automatische Pseudonymisierung



Text-Mining-System

Architektur eines Biomedizinischen Textanalyse-Kernsystems

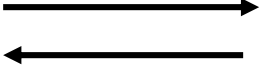
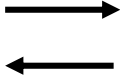
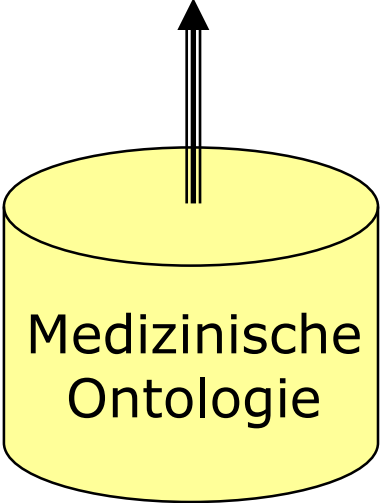
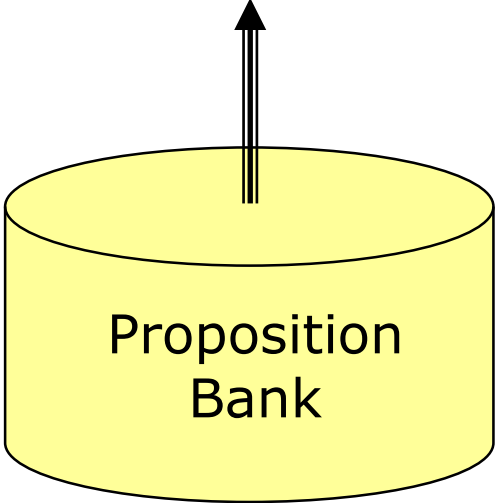
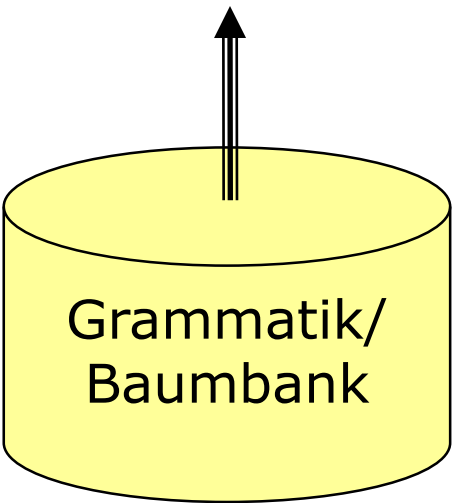
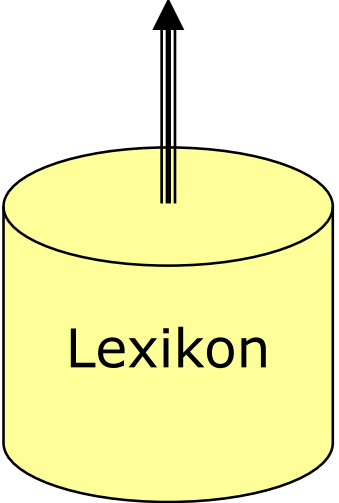
A severe infection ended the pregnancy



Wortanalyse
[morphologisch,NER]

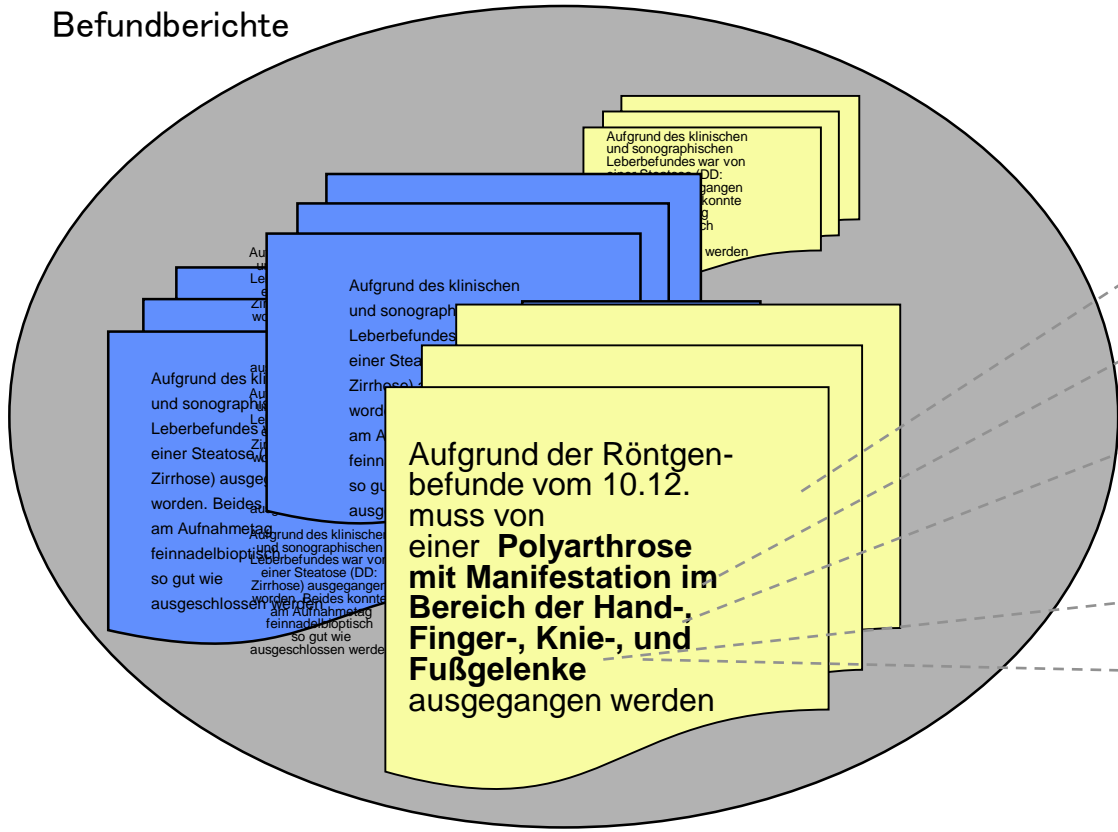
Satzstruktur-
Analyse

Semantik
Interpreter



Text Mining aus medizinischen Befundberichten

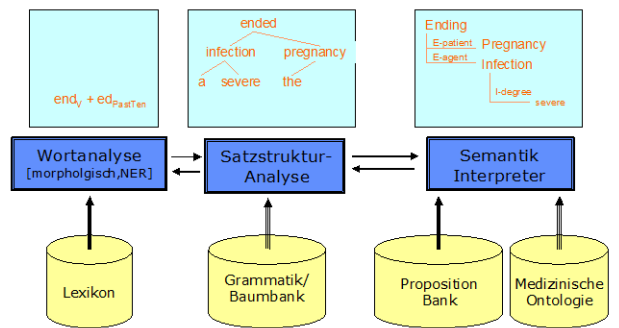
Elektronische Patientenakte(n)



Arztbriefe (Entlassungsberichte)

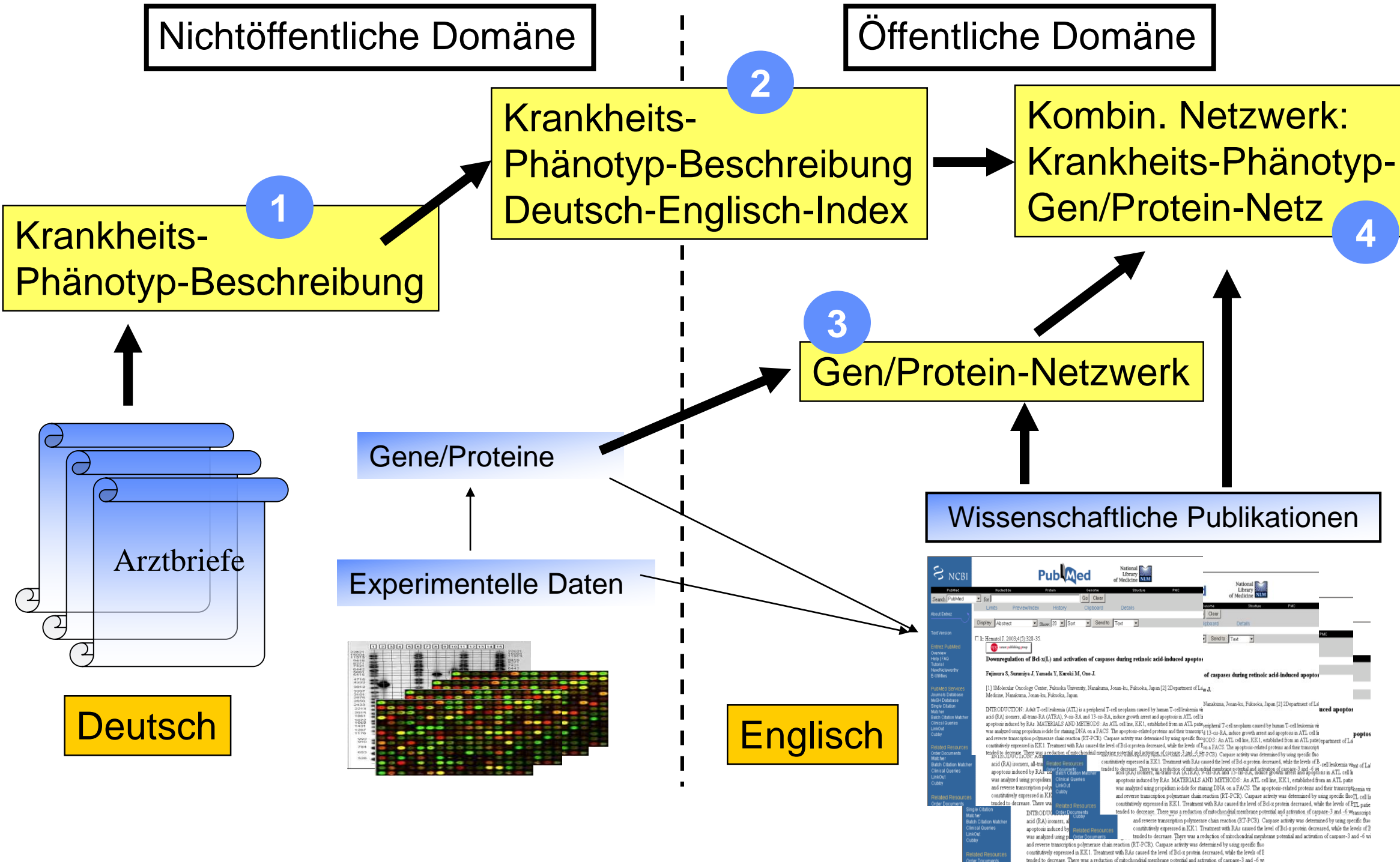
	Fakten- & Phänotypen-Tabelle
Diagnose ICD-10	M15.9
Diagnose	Polyarthrose
Lokalisation	Handgelenk Fingergelenk Kniegelenk Fußgelenk
Sicherheit	95%
Status	positiv
...	

Architektur eines Biomedizinischen Textanalyse-Kernsystems 1



z.B. Diagnosen, Medikationen, Laborbefunde, Tumordokumentation

Überblick über das Pilotprojekt



Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

1

2

3

4

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

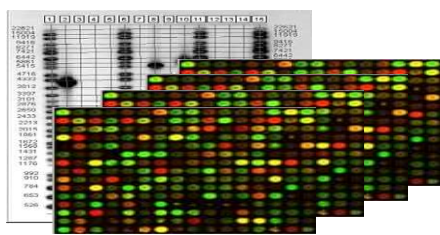
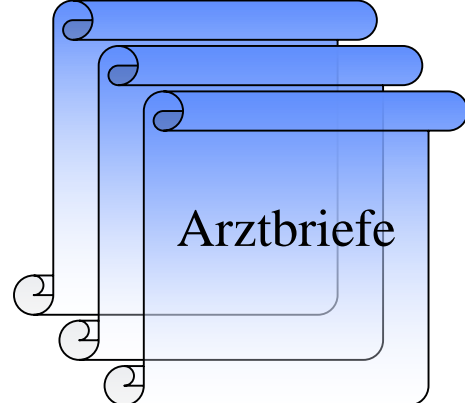
Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-Gen/Protein-Netz

Gen/Protein-Netzwerk

Gene/Proteine

Experimentelle Daten

Wissenschaftliche Publikationen



Deutsch

Englisch

Überblick über das Pilotprojekt

Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

2

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

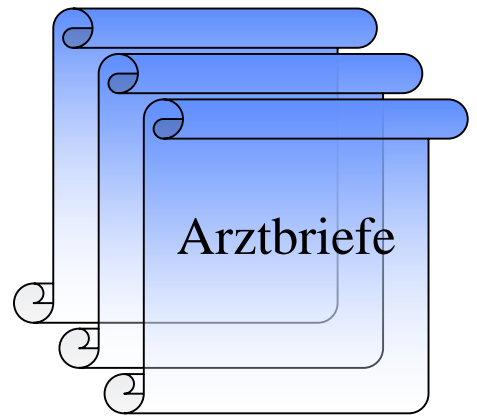
Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-
Gen/Protein-Netz

Gen/Protein-Netzwerk

Wissenschaftliche Publikationen

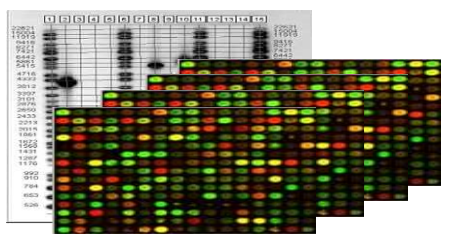
Gene/Proteine

Experimentelle Daten

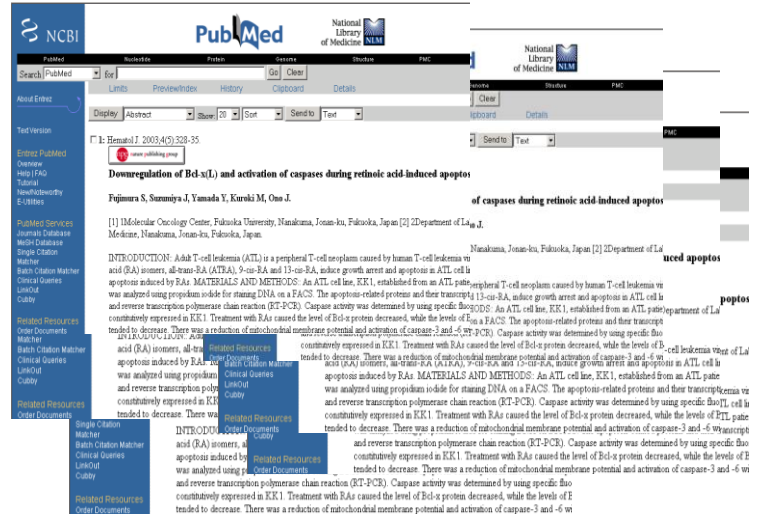


Arztbriefe

Deutsch



Englisch



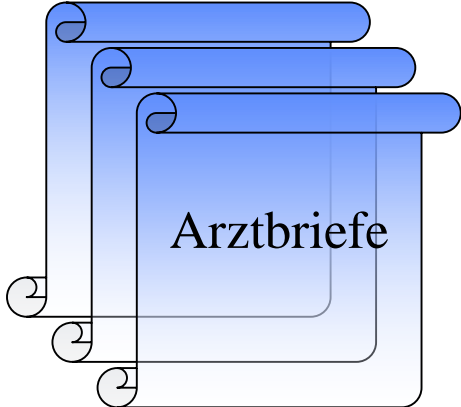
Überblick über das Pilotprojekt

Nichtöffentliche Domäne

2

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung



Arztbriefe

Deutsch

High TSH values suggest the diagnosis of primary hypothyroidism ...

Erhöhte TSH-Werte erlauben die Diagnose einer primären Hypothyreose ...

Originaltexte

Orthografische Normalisierung

high tsh values suggest the diagnosis of primary hypothyroidism ...

erhoehte tsh-werte erlauben die diagnose einer primaeren hypothyreose ...

Zerlegungsalgorithmus

Inhaltsrepräsentation

#up tsh #value #suggest
#diagnost #primar #small #thyre

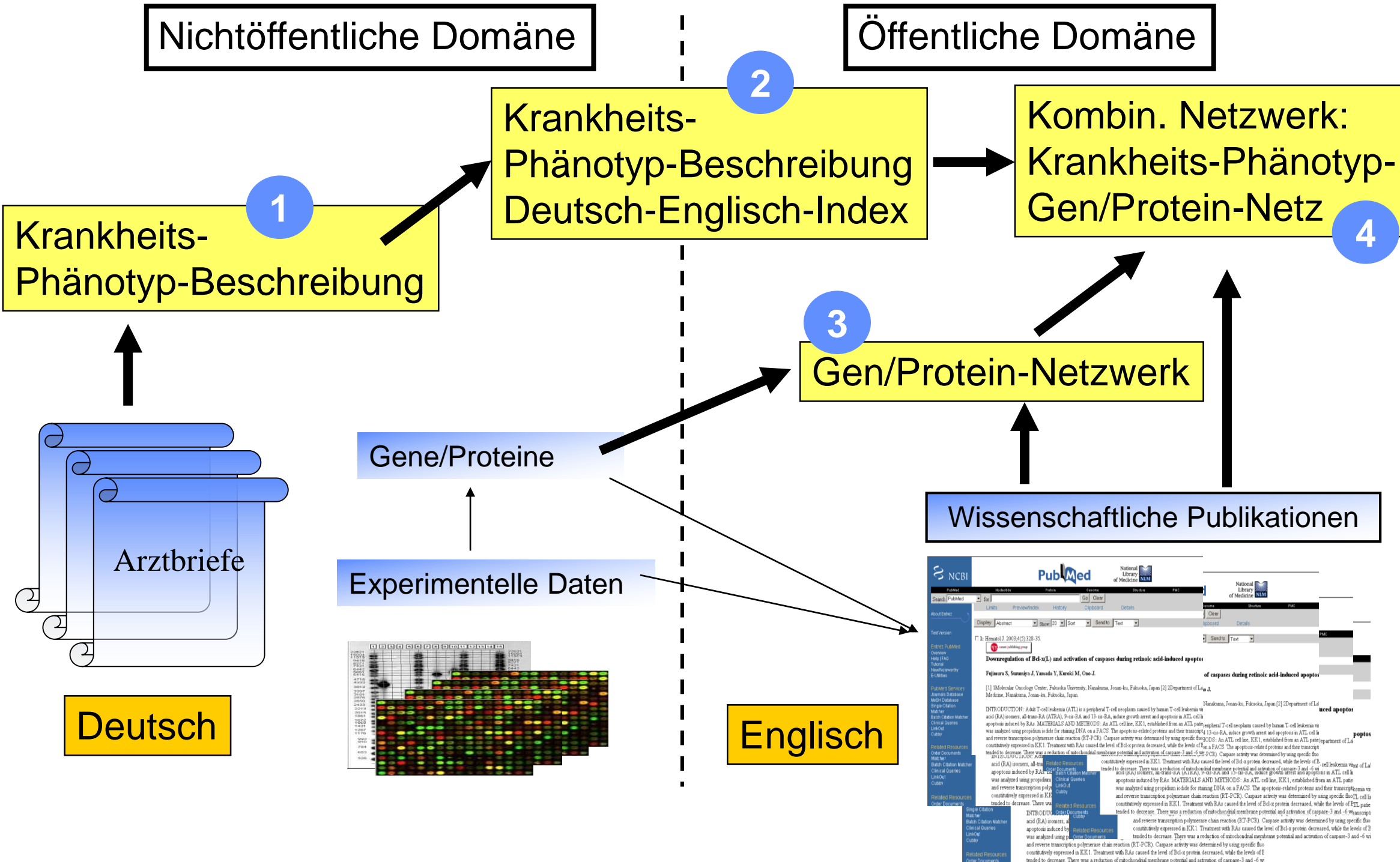
#up tsh #value #permit
#diagnost #primar #small #thyre

Semantische Normalisierung

high tsh value s suggest the diagnos is of primar y hypo thyroid ism

er hoeh te tsh wert e erlaub en die diagnos e einer primaer en hypo thyre ose

Überblick über das Pilotprojekt



Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

1

2

3

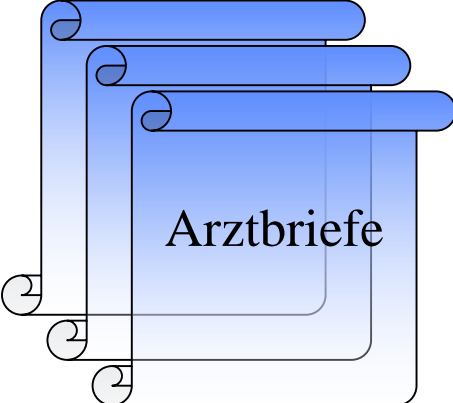
4

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung

Krankheits-Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

Gen/Protein-Netzwerk

Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-Gen/Protein-Netz

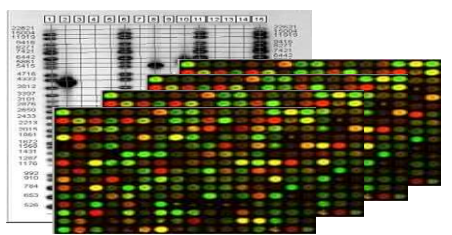


Arztbriefe

Deutsch

Gene/Proteine

Experimentelle Daten



Englisch

Wissenschaftliche Publikationen



Überblick über das Pilotprojekt

Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

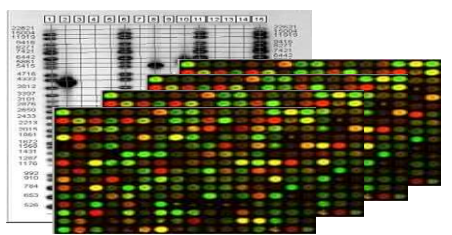
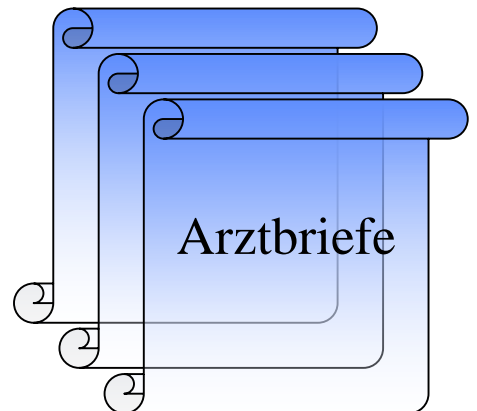
Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-
Gen/Protein-Netz

3
Gen/Protein-Netzwerk

Gene/Proteine

Wissenschaftliche Publikationen

Experimentelle Daten



Deutsch

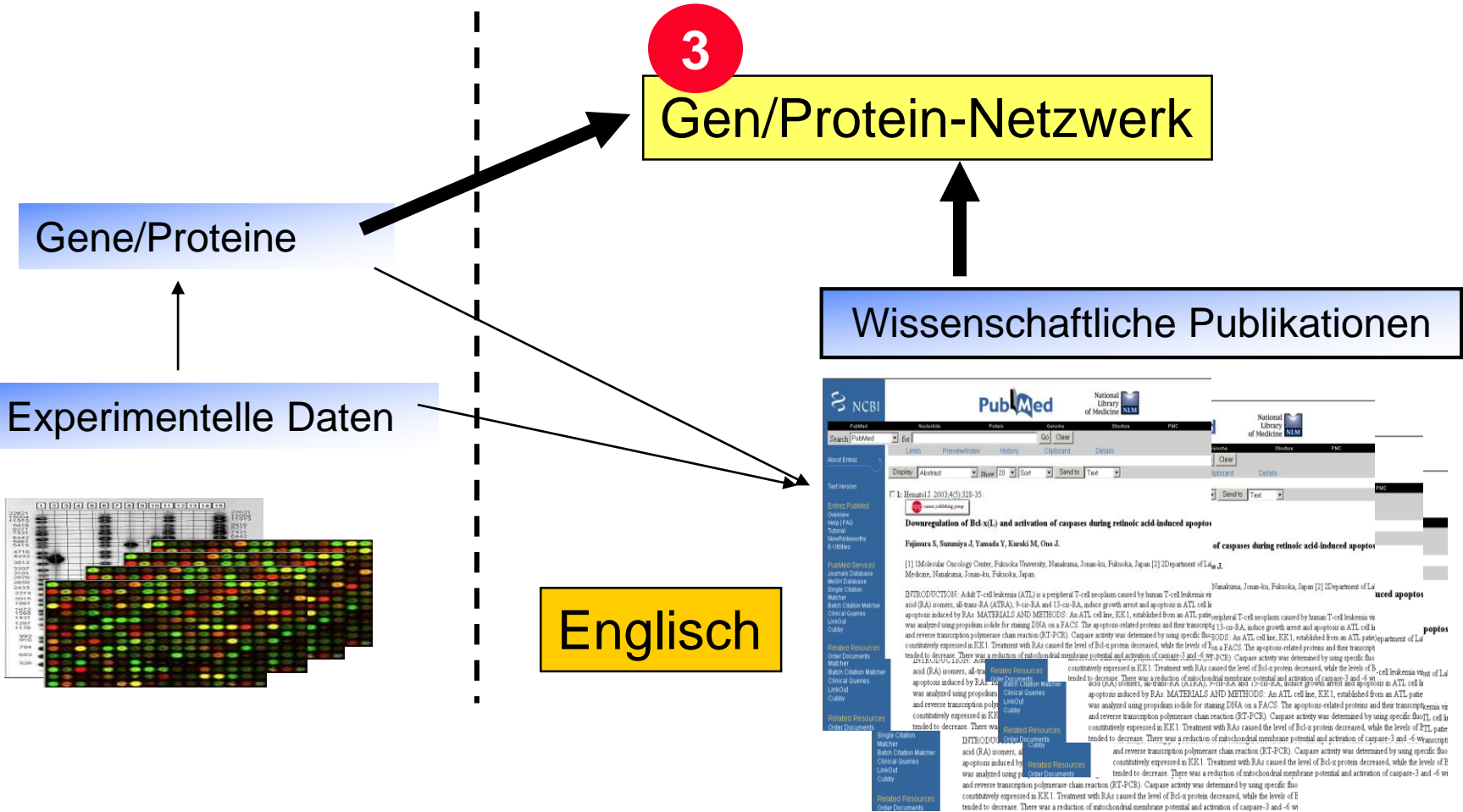
Englisch



Überblick über das Pilotprojekt

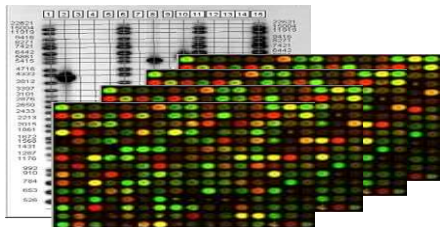
Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne



Gene/Proteine

Experimentelle Daten



3

Gen/Protein-Netzwerk

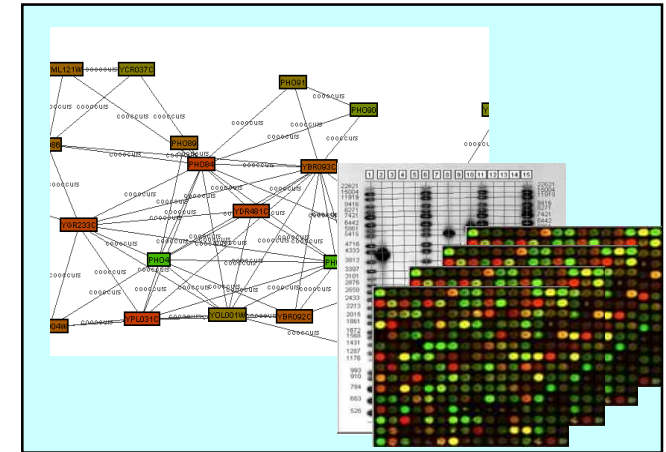
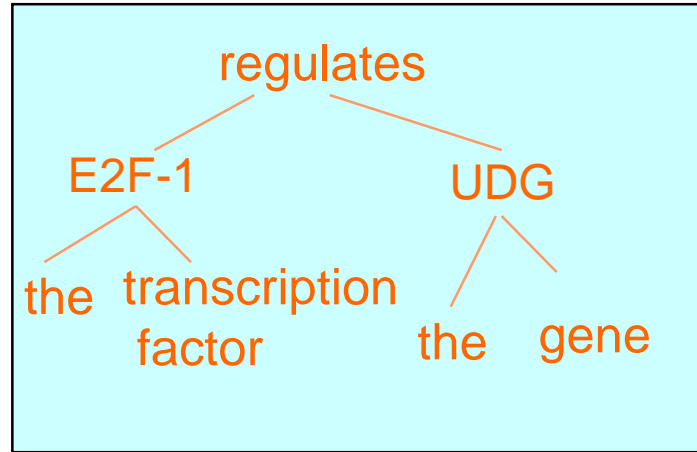
Wissenschaftliche Publikationen

Englisch



Gen/Protein-Netzwerk: Aufgaben

F12A	Neuronectin, GMEM, tenascin, HXB, cytotactin, hexabrachion
	p21, EPO, large T antigen
	WAS, STEP, iCE, StAR
	Interleukin 1 alpha Tumor necrosis factor beta
COL1A1	Collagen, type I, alpha 1 Collagen alpha 1(I) chain Alpha 1 collagen Alpha-1 type I collagen
	TNF receptor 1 collagen, type I, alpha receptor



Namens-erkennung
(ProMiner)

Satzstruktur-Analyse/Semantik

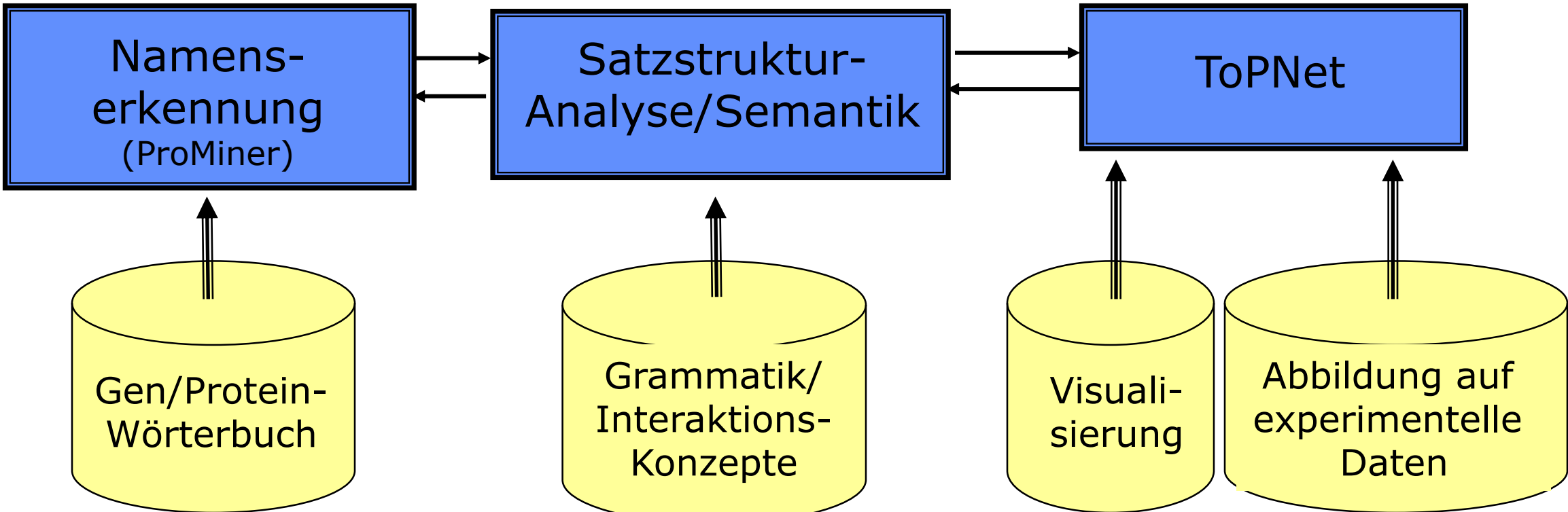
ToPNet

Gen/Protein-Wörterbuch

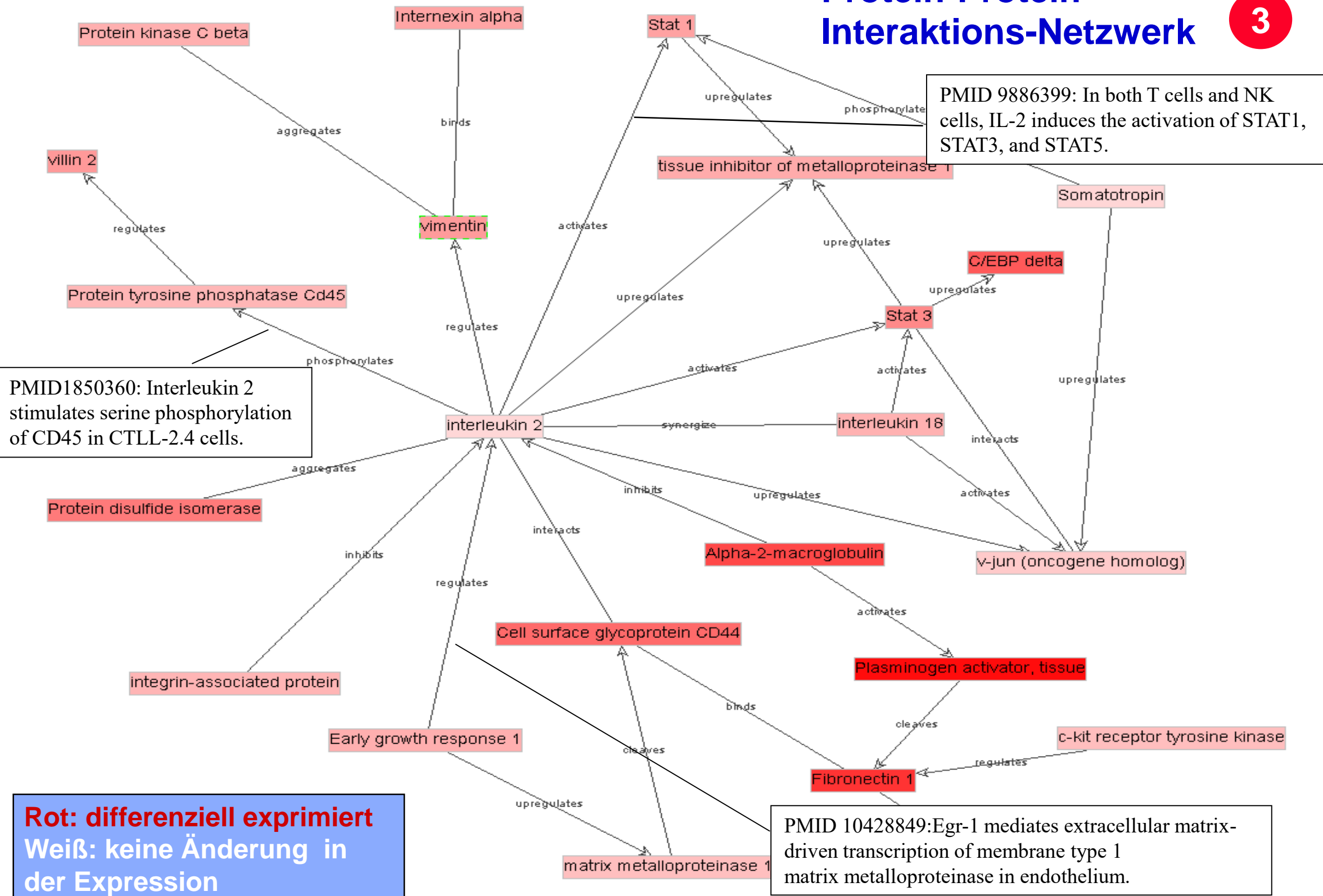
Grammatik/Interaktions-Konzepte

Visualisierung

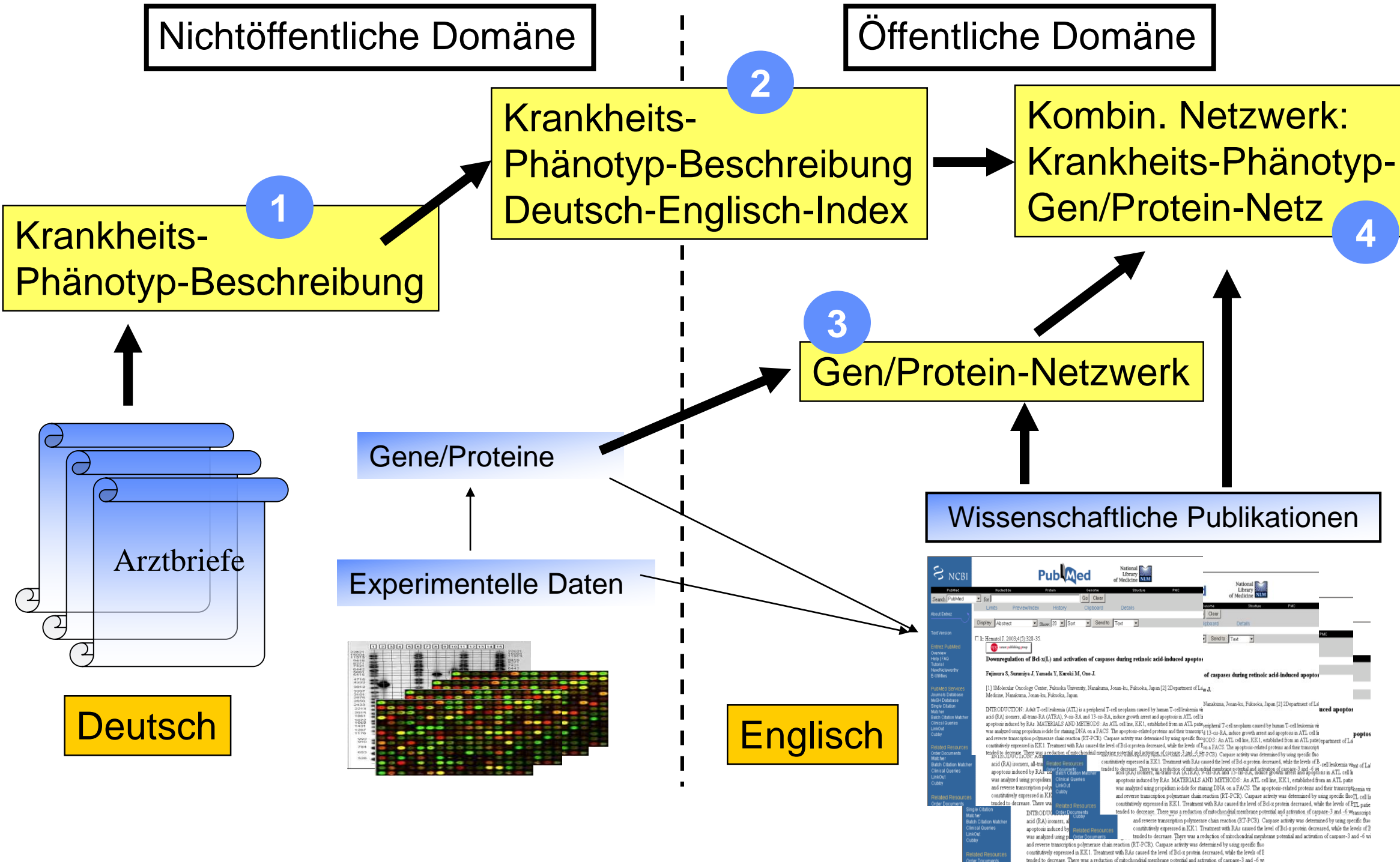
Abbildung auf experimentelle Daten



Protein-Protein-Interaktions-Netzwerk



Überblick über das Pilotprojekt



Überblick über das Pilotprojekt

Nichtöffentliche Domäne

Öffentliche Domäne

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung

Krankheits-
Phänotyp-Beschreibung
Deutsch-Englisch-Index

Kombin. Netzwerk:
Krankheits-Phänotyp-
Gen/Protein-Netz

4

Gen/Protein-Netzwerk

Wissenschaftliche Publikationen

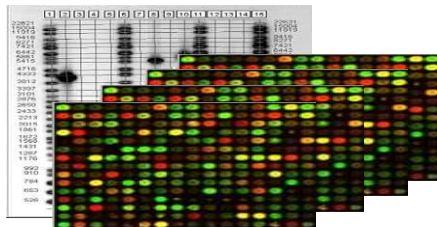
Gene/Proteine

Experimentelle Daten

Arztbriefe

Deutsch

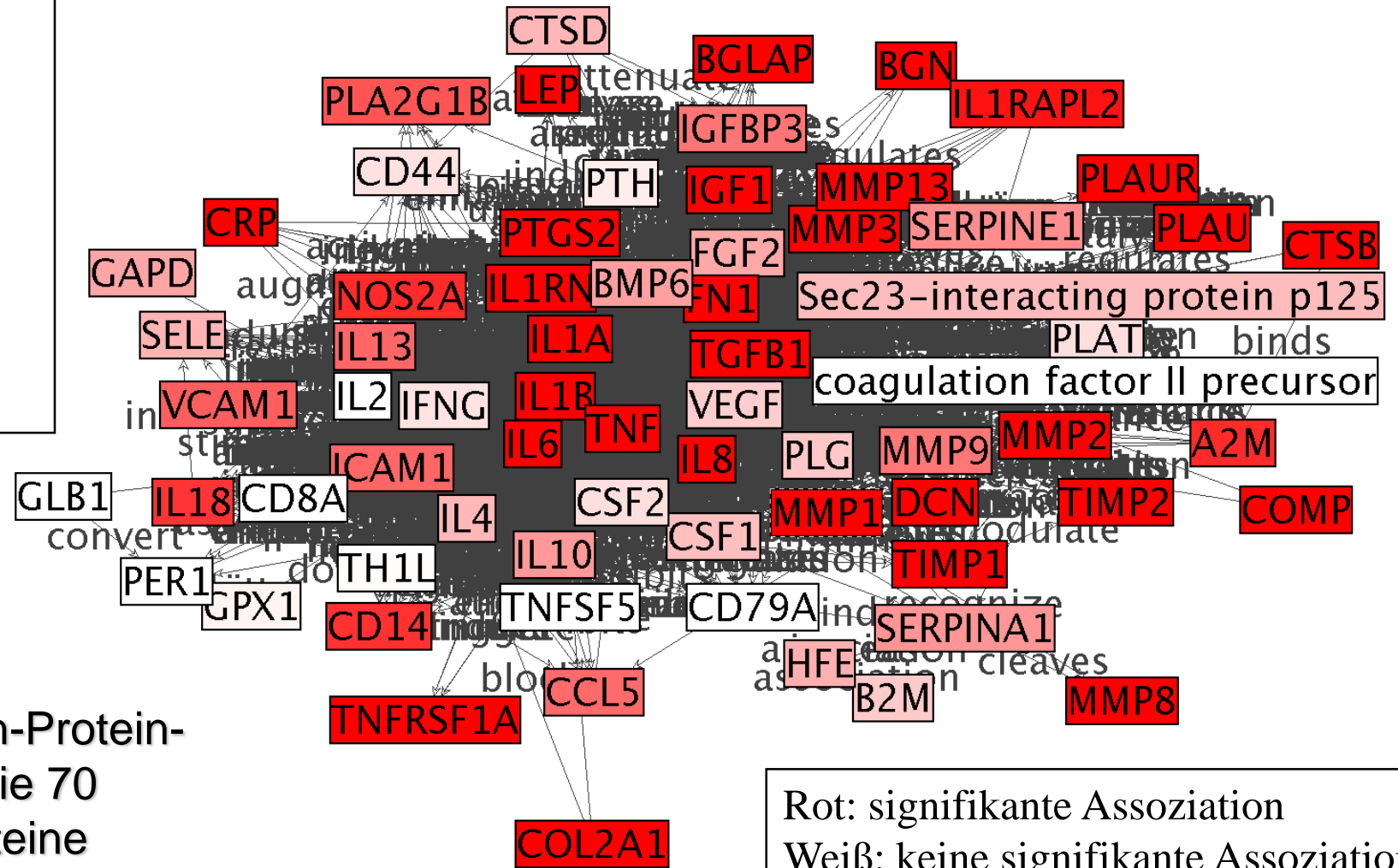
Englisch



The screenshot shows a PubMed search result for a paper by Fujimura S, Suzuki J, Yamada Y, Kuraki M, Ose J. The title is 'Downregulation of Bcl-xL and activation of caspases during retinoic acid induced apoptosis'. The abstract mentions that in ATL (Adult T-cell leukemia), Bcl-xL is overexpressed and caspases are inhibited. The study shows that treatment with RA (retinoic acid) leads to downregulation of Bcl-xL and activation of caspases, resulting in apoptosis. The paper is published in Molecular Cell Biology, 2003, 23(12):4288-95.

Beispiel Osteoarthritis: Beziehung zwischen Krankheit und Protein als Netzwerk

- Benutze Kookkurrenz zwischen Krankheit (MESH Terme) und Genen
- Benutze statistische Methoden um einen Relevanzwert zu ermitteln.



Extrahierte Protein-Protein-Interaktionen für die 70 relevantesten Proteine

Rot: signifikante Assoziation
Weiß: keine signifikante Assoziation

Archivierungsangaben



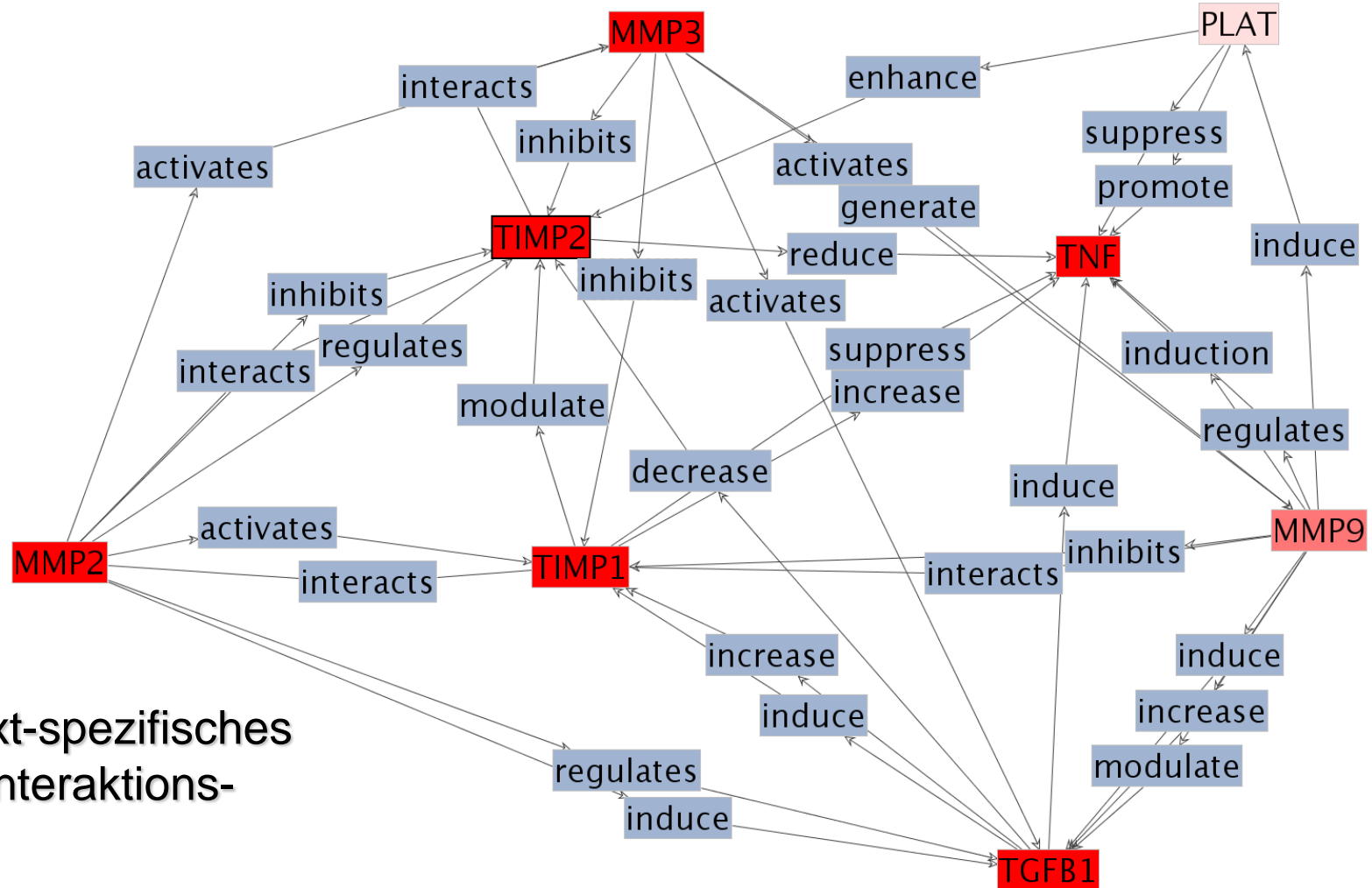
FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT
JENA



Fraunhofer
Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG



Krankheitskontext-spezifisches Protein-Protein-Interaktions-Netzwerk

Archivierungsangaben



FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT
JENA



Fraunhofer

Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Gewinn für die biomedizinische Forschung

- ✓ Phänotyp-Information kann für empirische Datenanalyse genutzt werden
- ✓ Kontextspezifische Analyse von Expressionsdaten und anderen experimentellen Daten
- ✓ Verknüpfung von genomischen (molekularen) Funktionsnetzwerken und klinischen Daten



BioTem: Bedeutung für öffentliche und industrielle Nutzergruppen

- ✓ automatische Bereitstellung von Informationen für genomische und biologische Datenbanken (Biotechnologie-Industrie; Beispiele BRENDA und BioBASE)
- ✓ „Target-Validierung“ für die pharmazeutische Industrie (Aventis, JenaPharm)
- ✓ automatische Informationsgewinnung über biologische Prozesse, Krankheitshypothesen, Medikamente, Patente; Kompetitive Intelligenz
- ✓ automatische Dokumentation für Klinische Informations- und Dokumentationssysteme
- ✓ automatische Krankheits- und Prozedurenkodierung für Krankenkassen (Kostensenkung)
- ✓ automatische Entdeckung von und ggf. Warnung vor *unerwünschten* Nebenwirkungen (→ Pharma-Industrie)



Ein konkretes Anwendungsszenario

Risikoabschätzung von Tumorentstehung durch Genotyp-Phänotyp-Korrelationen bei *Epidermolysis bullosa dystrophica*

- ❑ *Epidermolysis bullosa*: Gruppe von genetischen Hautkrankheiten mit Mutationen in Genen für Strukturproteine der dermo-epidermalen Basalmembranzzone. Inzidenz: 1 / 100.000 Geburten.
- ❑ Minimale Traumata führen zu Blasenbildung an Haut und hautnahen Schleimhäuten, Abheilung der dadurch entstandenen Wunden führt oft zur Narbenbildung und ggf. zu Verwachsungen, die auch Kontrakturen bedingen können.



Ein konkretes Anwendungsszenario

- Milde und Schwere Verlaufsformen: EB simplex (EBS), EB dystrophica (EBD)



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

- Netzwerk Epidermolysis Bullosa: www.netzwerk-eb.de, befasst sich mit den Ursachen, der Diagnose, Prophylaxe und Behandlung (gefördert vom BMBF).

Seite 40



Ein konkretes Anwendungsszenario

EB dystrophica (EBD)

- ❑ mehr als 300 unterschiedliche Mutationen des Kollagen VII Gens publiziert und/oder in den Mutations-Datenbanken, mehrere Hundert weitere, noch nicht bekannte Mutationen. Universitäts-Hautklinik Freiburg: Diagnostik, klinischer Betreuung und Grundlagenforschung, internationaler Patientenstamm

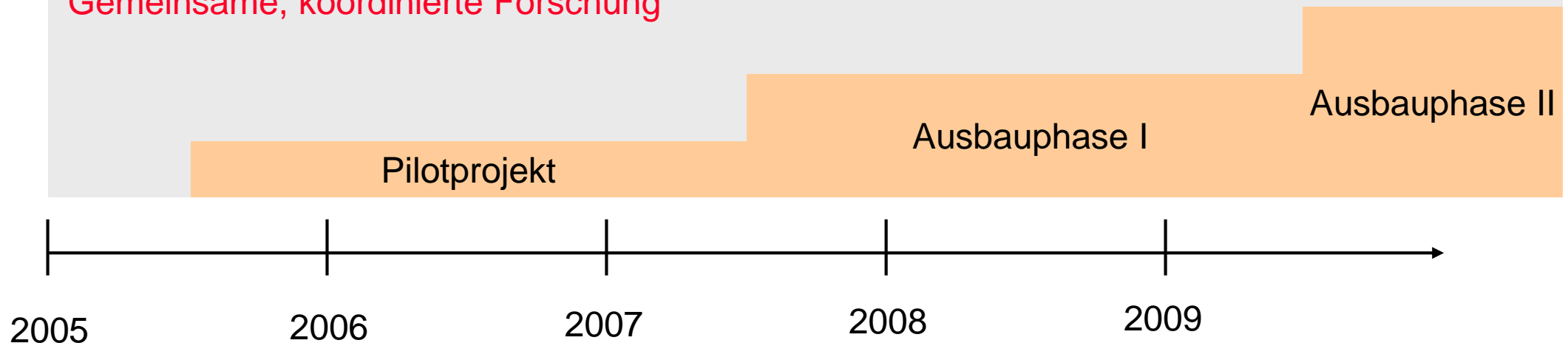
- ❑ Ziel des Text Minings: Verbesserung der Prognosestellung — Auffinden **bislang unentdeckter** Korrelationen zwischen Art und Lokalisation der Genmutation und des klinischen Langzeitverlaufs sowie der Erkennung des Krebses

- ❑ Abgleichen der Daten
 - o in der Literatur,
 - o in den Mutations-Datenbanken,
 - o in eigenen Laborbefunden (Immunfluoreszenz, Mutationsanalysen etc.)
 - o in eigenen und anderen klinischen Dokumenten



Planung für die Zukunft

Gemeinsame, koordinierte Forschung



Ressourcenaufbau (Generierung von Testkorpora / Benchmarks / Tools)

Verbreitung von Wissen (Dissemination) durch Workshops / Training

Nationaler Aufbau der „Scientific Community“ und internationale Einbindung

Organisation und Infrastruktur

Archivierungsangaben

Seite 42



FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT
JENA



Fraunhofer

Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen



ALBERT-LUDWIGS-
UNIVERSITÄT FREIBURG

Förderbedarf für die Pilotphase (2 Jahre) des Deutschen Virtuellen Zentrums für Text Mining (**BioT_{EM}**)

2 + 2 + 2 Wissenschaftlerstellen für J / BN / FR + 1 Koordinationsstelle (J)

Hilfskräfte

Training / Reisen / Workshops / Web-Präsenz

Eigenleistungen:

ergänzende Stellen (Expertise im Kontext der einzelnen Forschungsgruppen)

Hardware

Organisations-Infrastruktur



Partner

BioBASE GmbH
Hannover

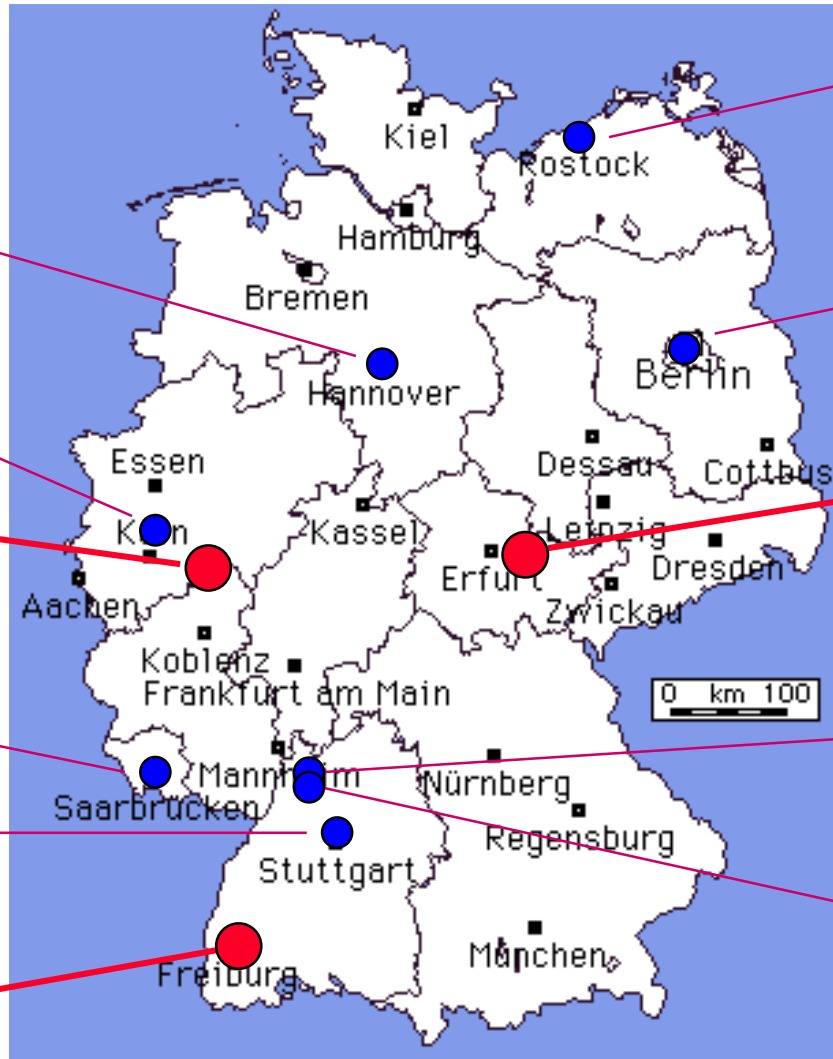
Prof. Dr. Dietmar Schomburg
Universität Köln

Dr. Martin Hofmann
Fraunhofer SCAI
St. Augustin

Dr. Paul Buitelaar
DFKI, Saarbrücken

Prof. Dr. Uwe Reyle
Universität Stuttgart

Prof. Dr. Rüdiger Klar
Universität Freiburg



Universität Rostock

Prof. Dr. Ulf Leser
Humboldt Universität
Berlin

Prof. Dr. Udo Hahn
Universität Jena

Dr. Isabel Rojas
European Media Lab
Heidelberg

TEMIS Deutschland GmbH
Heidelberg

Archivierungsangaben

