

Teilprojekt

**C1**

Lokalisierung elektronischer Zustände in amorphen  
Materialien



## 2.1 Teilprojekt C1

Lokalisierung elektronischer Zustände in amorphen Materialien

### 2.1.1 Antragsteller

Prof. Dr. Michael Schreiber  
22.04.1954  
Professur Theoretische Physik III  
(Theorie ungeordneter Systeme)  
Technische Universität Chemnitz  
09107 Chemnitz  
Tel.: (0371) 531-3142  
Fax: (0371) 531-3143  
schreiber@physik.tu-chemnitz.de

### 2.1.2 Projektbearbeiter

Dr. Philipp Cain  
Dr. Viktor Cerovski  
Alexander Croy  
Rajkumar Brojen Singh  
Dr. Ahmed Jellal  
M.Sc. Macleans Ndawana  
Peter Karmann

## 2.2 Ausgangsfragestellung / Einleitung

Gegenstand dieses Teilprojektes ist die computergestützte Untersuchung des durch Unordnung induzierten Metall-Isolator-Übergangs in ungeordneten und amorphen Materialien. Das Auftreten des Phasenübergangs und das kritische Verhalten in seiner Nähe wird durch höchst präzise numerische Methoden analysiert und charakterisiert. Es wurden die folgenden physikalischen Fragestellungen untersucht: Ändert sich das universelle Verhalten für ungeordnete Systeme, wenn man das zu Grunde liegende Anderson-Modell der Lokalisierung verändert? Haben Änderungen der Topologie des zu Grunde liegenden Gitters einen Einfluss? Welche Bedeutung haben atypische Eigenzustände in den Bandausläufern und in der Nähe des Übergangs, wo anormal große Amplituden als Vorläufer von Lokalisierung im metallischen Bereich gedeutet wurden? Welchen Einfluss haben langreichweitige Korrelationen in der Unordnung auf das kritische Verhalten am Phasenübergang? Wie lassen sich thermische und andere Transportgrößen im Anderson-Modell numerisch berechnen? Lässt sich der Lokalisierungs-Delokalisierungs-Übergang

beim ganzzahligen Quanten-Hall-Effekt mit den von uns beim Anderson-Übergang benutzten Methoden beschreiben?

Die numerische Charakterisierung der elektronischen Zustände geschieht durch Bestimmung der Lokalisierungslängen und des kritischen Exponenten durch die Transfer-Matrix-Methode mit anschließendem “finite-size-scaling”, durch Untersuchungen des multifraktalen und statistischen Verhaltens der Wellenfunktionsamplituden sowie durch Analyse der Energieniveaustatistiken, wofür die Eigenwerte und Eigenzustände mit dem Lanczos-Algorithmus bestimmt werden. Der Renormierungsgruppenansatz wird bei der Beschreibung des Quanten-Hall-Effektes benutzt. Die direkte Berechnung der thermischen und elektrischen Transportgrößen geschieht mit Hilfe der linearen Antwort-Theorie.

## 2.3 Forschungsaufgaben / Methoden

### 2.3.1 Teilaufgabe “Schichtsysteme”

Umfangreiche analytische und numerische Untersuchungen des Anderson-Modells haben gezeigt, dass im reell-symmetrischen Fall (also für die orthogonale Universalitätsklasse) die untere kritische Dimension den Wert 2 annimmt, dass also in zweidimensionalen Systemen alle Eigenzustände lokalisiert sind und nur in dreidimensionalen Systemen ein Metall-Isolator-Übergang auftritt. Experimentell wurde jedoch auch in zweidimensionalen Systemen ein Phasenübergang beobachtet. Deshalb erschien es interessant, Schichtsysteme zu untersuchen, also das Anderson-Modell auf zweidimensionale Strukturen endlicher Dicke anzuwenden.

### 2.3.2 Teilaufgabe “Binäre Unordnung”

Das Anderson-Modell mit binärer Unordnung, das heißt aus einer dichotomischen Verteilung zufällig gewählten potentiellen Energien, modelliert sehr gut binäre Legierungen. Bei genügend großem Unterschied der beiden Werte der potentiellen Energien spaltet das Spektrum in 2 separate Bänder auf. Im Grenzfall ergibt sich das Quanten-Perkulations-Modell. In der mathematischen Literatur ist das Anderson-Modell mit binärer Unordnung als Bernoulli-Anderson-Modell bekannt und von besonderem Interesse, weil im Gegensatz zu dem normalen Anderson-Modell mit stetiger Verteilung der potentiellen Energien in dieser Variante mit singulärer Verteilung nur wenige analytische Ergebnisse vorliegen.

### 2.3.3 Teilaufgabe “Langreichweitige Unordnung”

Um den Einfluss von langreichweitig korrelierten Unordnungspotentialen auf das kritische Verhalten beim Anderson-Modell zu untersuchen, kann man durch eine im Fourier-raum durchgeführte Faltung der Werte der potentiellen Energien auf eine einfache Weise numerisch zufällige Potentialwerte bestimmen, deren Korrelationen mit einem Potenzgesetz abfallen. Die sich so ergebende Unordnung wird auch als “scale-free“ bezeichnet,

weil sie unabhängig von der gewählten Längenskala ist.

### 2.3.4 Teilaufgabe “Topologische Unordnung”

Quasiperiodische Systeme stehen gewissermaßen zwischen geordneten Kristallen und ungeordneten Strukturen, da sie deterministisch aufgebaut sind, aber keine Translationsinvarianz zeigen. Diese topologische Unordnung hat Einfluss auf die Lokalisierungseigenschaften der elektronischen Zustände, beispielsweise treten an den Bandkanten vergleichsweise ausgedehnte Zustände auf, während in der Bandmitte extrem lokalisierte Zustände gefunden werden. Die Energieniveaustatistik von zweidimensionalen quasiperiodischen Systemen zeigt bereits kritisches Verhalten, ohne dass Potentialunordnung eingeführt werden muss.

### 2.3.5 Teilaufgabe “Transporteigenschaften”

Die Thermokraft ist ein Beispiel einer Transportgröße, deren Verhalten am Anderson-Übergang noch nicht gut verstanden ist, obwohl zahlreiche experimentelle Resultate vorliegen. Die Temperaturabhängigkeit der Thermokraft kann ebenso wie die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit im Rahmen der linearen Antwort-Theorie beschrieben werden.

### 2.3.6 Teilaufgabe “Quanten-Hall-Effekt”

Der unordnungsgetriebene Lokalisierungs-Delokalisierungs-Übergang beim quantisierten ganzzahligen Hall-Effekt kann durch das Netzwerkmodell von Chalker und Coddington simuliert werden. Mit Hilfe eines Renormierungsgruppenansatzes berechnen wir die Statistik von Transmissionsamplituden. Die Motivation der Untersuchung basiert auf experimentellen Arbeiten, in denen Abweichungen vom erwarteten Skalenverhalten gefunden wurden. Insbesondere stellt sich die Frage, ob derartige Abweichungen durch makroskopische Inhomogenitäten innerhalb der Probe hervorgerufen werden.

### 2.3.7 Teilaufgabe “Statistik der Wellenfunktionen von seltenen Zuständen”

Die Verteilung der Wellenfunktionsamplituden im metallischen Bereich des Anderson-Modells ist näherungsweise durch die Porter-Thomas-Verteilung gegeben. Sie folgt aus der Annahme, dass die Quantenlokalisierung, die mit wachsender Unordnung schließlich zum Phasenübergang führt, vernachlässigbar ist. Für endliche Werte des Unordnungsparameters gibt es natürlich Abweichungen von der Porter-Thomas-Verteilung auch im metallischen Bereich. Außerdem treten so genannte anormale Zustände auf, die Lokalisierung zeigen und sich stark von den typischen ausgedehnten Wellenfunktionen unterscheiden. Sie verursachen große relative Abweichungen in den Ausläufern der Verteilungsfunktionen. Das Ziel unserer entsprechenden Untersuchungen ist es, durch Vergleich

der numerischen Daten mit analytischen Vorhersagen die mikroskopische Elektronenbewegung in ungeordneten Metallen besser zu verstehen. Die analytischen Vorhersagen beruhen auf dem nicht-linearen Sigma-Modell, das den Elektronentransport semiklassisch beschreibt, wobei sich die Elektronen lokal diffusiv bewegen, aber der Quantenlokalisierung unterliegen.

## 2.4 Ergebnisse

In den bisherigen Förderungsperioden wurden verschiedene Algorithmen weiterentwickelt und parallelisiert. Dabei handelt es sich insbesondere um den Lanczos-Algorithmus zur Diagonalisierung der Säkularmatrizen sowie die Transfer-Matrix-Methode zur Bestimmung der Lokalisierungslänge von sehr langen quasieindimensionalen Systemen, deren Ergebnisse dann durch "finite-size-scaling" auf dreidimensionale Systeme extrapoliert werden können [s05b]. Eine neuartige Variante dieser Transfer-Matrix-Methode, bei der die Konvergenz durch vielfaches Betrachten desselben vergleichsweise kurzen ungeordneten quasieindimensionalen Systems erreicht wird, haben wir entwickelt, um langreichweitig korrelierte Unordnungspotentiale im Anderson-Modell verwenden zu können [NRS04, NRS05, nrs04a, nrs04b, nrs05, snr04]. Als Alternative zur Transfer-Matrix-Methode wurde auch die rekursive Greensfunktionsmethode implementiert, um die Transporteigenschaften und die Zustandsdichte zu analysieren. [CR06, CRS06, crms05].

### 2.4.1 Teilaufgabe "Schichtsysteme"

Schichtstrukturen unterschiedlicher Dicke wurden mit Hilfe der Transfer-Matrix-Methode untersucht [CBS06, bcs05, cbs05]. Im Gegensatz zu bisher veröffentlichten Arbeiten, in denen bereits für relativ dünne Schichten ein Metall-Isolator-Übergang gefunden wurde, zeigen unsere sehr genauen numerischen Daten keinen derartigen Phasenübergang. Vielmehr lassen sich alle Daten für die Lokalisierungslänge unterschiedlicher Schichtdicken auf eine gemeinsame Skalenkurve abbilden. In der Bandmitte wächst die Lokalisierungslänge exponentiell mit der Schichtdicke, aber metallisches Verhalten kann nicht beobachtet werden.

Die Leitfähigkeit in zweidimensionalen Heterostrukturen wurde auch mit einer quantenkinetischen Gleichung beschrieben, wodurch der Metall-Isolator-Übergang reproduziert werden konnte [mos06].

### 2.4.2 Teilaufgabe "Binäre Unordnung"

Für das Bernoulli-Anderson-Modell in dreidimensionalen Systemen wurde die Zustandsdichte berechnet [KRSS06, kcs05, kcs06]. Dabei wurden charakteristische Strukturen in der Mitte der beiden Subbänder gefunden, die sich nicht durch die geringen Systemgrößen bei der Diagonalisierung erklären lassen. Eine genauere Analyse dieser Feinstrukturen auch mit analytischen Methoden steht noch aus [KRSS06].

### 2.4.3 Teilaufgabe “Langreichweitige Unordnung”

Die erwähnte neuartige Variante der Transfer-Matrix-Methode, bei der ein vergleichsweise kurzes System zu Grunde gelegt wird, wurde benutzt, um das Anderson-Modell mit langreichweitig korrelierter Unordnung zu untersuchen. Auf diese Weise ist es möglich geworden, die Abhängigkeit des kritischen Exponenten von der Potenz, mit der die Korrelationsstärke des Potentials abfällt, zu bestimmen. Es zeigt sich, dass für feste Unordnung ein kritischer Wert dieser Potenz existiert, oberhalb dessen der kritische Exponent dem des Modells mit unkorrelierter Unordnung entspricht, was mit dem erweiterten Harris-Kriterium übereinstimmt [NRS04, NRS05, nrs04a, nrs05, snr04]. Dies bedeutet, dass ein kritischer Wert der Potenz existiert, unterhalb dessen die Korrelationen relevant werden. Allerdings haben Berechnungen mit der üblichen Transfer-Matrix-Methode, bei der die Rekursion in einem langen quasieindimensionalen System bis zur Konvergenz durchgeführt wird, Zweifel an diesen Daten aufkommen lassen, weil auch für kleinere Werte dieser Potenz der kritische Exponent dem des Modells mit unkorrelierter Unordnung zu entsprechen scheint [ccs05].

### 2.4.4 Teilaufgabe “Topologische Unordnung”

Die Energiespektren und Eigenzustände von quasiperiodischen Systemen wurden mit Hilfe der Multifraktalanalyse und der Energieniveaustatistik beschrieben, wodurch sich die universellen Eigenschaften der Spektren nachweisen ließen [GS05, s04a, s04b, s04c, s04d, s04e, s04f]. In dreidimensionalen Systemen deuten erste Rechnungen zur Propagation von Wellenpaketen [CGS05, csg04, scg04] auf eine Mobilitätskante hin. Durch Untersuchung der Rückkehrwahrscheinlichkeit und der Wellenpaketsbreite konnte nicht nur der Übergang von ballistischem Transport an den Bandkanten zu superdiffusivem Verhalten in der Bandmitte beobachtet werden, sondern auch interessante hierarchische Strukturen bei der Ausbreitung der Wellenpakete auf eindimensionalen Ketten. Durch Hinzufügen einer einzelnen Störstelle ist es möglich, eine Lokalisierung des Wellenpakets auf einzelnen Unterketten hervorzurufen [CSG06, csg05].

### 2.4.5 Teilaufgabe “Transporteigenschaften”

Mit Hilfe der Greensfunktionsmethode konnten wir die thermoelektrischen Transporteigenschaften von amorphen Systemen in der Nähe des Metall-Isolator-Übergangs untersuchen und deren kritisches Verhalten beschreiben [CR06, crms05]. Alle kinetischen Koeffizienten der linearen Antwort-Theorie lassen sich durch eine rekursive Formulierung der Methode berechnen.

Durch Berechnung des Leitwerts mit Hilfe der Greensfunktionsmethode wurde dann der Phasenübergang auch für Energien außerhalb der Bandmitte analysiert und der kritische Wert der Energie bzw. der Unordnung bestimmt [CRS06].

### 2.4.6 Teilaufgabe “Quanten-Hall-Effekt”

Der Phasenübergang beim ganzzahligen quantisierten Hall-Effekt wurde für ein langreichweitig korreliertes Unordnungspotential beschrieben. Zur Charakterisierung des Übergangs wurde auch die Energieniveaustatistik benutzt. Dabei wurde wieder ein Renormierungsgruppenansatz verwendet [C04, CR04, CR05]. In diesem Zusammenhang wurden auch analytische Untersuchungen zu einem Matrix-Modell für den quantisierten Hall-Effekt durchgeführt [GJSS04, JRS06, JS04].

### 2.4.7 Teilaufgabe “Statistik der Wellenfunktionen von seltenen Zuständen”

Wir haben die Verteilung von Wellenfunktionsamplituden im Anderson-Modell untersucht [MS06]. Dabei wurden auch Korrekturen zu den aus der Zufallsmatrizentheorie gewonnenen Resultaten berücksichtigt. Insbesondere wurde der Gültigkeitsbereich von störungstheoretischen Korrekturen analysiert.

Die räumliche Struktur der anormalen lokalisierten Zustände großer dreidimensionaler Systeme wurde ebenfalls numerisch bestimmt, dabei zeigen sich bei den Korrelationskoeffizienten charakteristische Fluktuationen, durch die die anormalen Zustände identifiziert werden können [SC05, cs05, s05a].

## Literaturverzeichnis

- [C04] P. Cain. Real-space renormalization group approach to the integer quantum Hall effect. *PhD thesis*, Chemnitz University of Technology, 2004.
- [CBS06] V. Cerovski, R. K. Brojen Singh, and M. Schreiber. Localization of non-interacting electrons in thin layered disordered systems. *Phys. Rev. B.*, 2006 (submitted for publication).
- [CGS05] V. Cerovski, M. Schreiber, and U. Grimm. Spectral and diffusive properties of silver-mean quasicrystals in 1,2, and 3 dimensions. *Phys. Rev. B*, 72:054203/1–9, 2005.
- [CR04] P. Cain and R.A. Römer. Fluctuating Hall resistance defeats the quantized Hall insulator. *Europhys. Lett.*, 66:104–110, 2004.
- [CR05] P. Cain and R.A. Römer. Real-space renormalization-group approach to the integer quantum Hall effect. *Int. J. Mod. Phys. B*, 19:2085–2119, 2005.
- [CR06] A. Croy and R.A. Römer. Scaling at the energy-driven metal-insulator transition and the thermoelectric power. *phys. stat. sol. (c)*, 2006. (accepted for publication).
- [CRS06] A. Croy, R.A. Römer, and M. Schreiber. Localization of electronic states in amorphous materials: recursive Green function method and the metal-insulator transition at  $E \neq 0$ , in *Parallel Algorithms and Cluster Computing - Implementations, Algorithms, and Applications* - eds. K.H. Hoffmann, and A. Meyer. *Springer Lecture Notes in Computational Science and Engineering (Springer, Berlin)* 2006 (submitted for publication).



- [CSG06] V. Cerovski, M. Schreiber, and U. Grimm. Multiscaling, ergodicity and localization in quasiperiodic chains. *Phys. Rev. B.*, 2006 (submitted for publication).
- [GJSS04] S.J. Gates Jr., A. Jellal, E.-H. Saidi, and M. Schreiber. Supersymmetric embedding of the quantum Hall matrix model. *J. High Energy Phys. JHEP* 11:075/1–29, 2004.
- [GS05] U. Grimm and M. Schreiber. Electronic structure of quasicrystals, in *Encyclopedia of Condensed Matter Physics* eds. F. Bassani, J. Liedl and P. Wyder (*Elsevier, Amsterdam*) pp. 95-100, 2005.
- [JRS06] A. Jellal, R.A. Römer, and M. Schreiber. Anisotropic quantum Hall matrix model. *J. Phys. A: Math. Gen.*, 2006 (submitted for publication).
- [JS04] A. Jellal and M. Schreiber. A matrix model of bilayered quantum Hall systems. *J. Phys. A: Math. Gen.* 37:3147–3157, 2004.
- [KRSS06] P. Karmann, R. Römer, M. Schreiber, and P. Stollmann. Fine structure of the integrated density of states for Bernoulli-Anderson models, in *Parallel Algorithms and Cluster Computing - Implementations, Algorithms, and Applications* - eds. K.H. Hoffmann, and A. Meyer. *Springer Lecture Notes in Computational Science and Engineering (Springer, Berlin)* 2006 (submitted for publication).
- [MS06] B. Mehlig and M. Schreiber. Energy-level and wave-function statistics in the Anderson model of localization, in *Parallel Algorithms and Cluster Computing - Implementations, Algorithms, and Applications* - eds. K.H. Hoffmann, and A. Meyer. *Springer Lecture Notes in Computational Science and Engineering (Springer, Berlin)* 2006 (submitted for publication)
- [NRS04] M.L. Ndawana, R. Römer, and M. Schreiber. The Anderson metal-insulator transition in the presence of scale-free disorder. *Europhys. Lett.* 68:678–684, 2004.
- [NRS05] M. Ndawana, R.A. Römer, and M. Schreiber. Effects of scale-free disorder on the metal-insulator transition, in *Physics of Semiconductors* eds. J. Menendez and C. van de Walle *AIP Conf. Proc.* 772:1259–1260, 2005.
- [SC05] M. Schreiber and P. Cain. Anomalously localized electronic states in three-dimensional disordered system. *Proc. 11th IASBS meeting condensed matter physics*, Zanzan, Iran, 2005.

### Konferenzbeiträge:

- [bcs05] R.K. Brojen Singh, V. Cerovski, and M. Schreiber. Delocalization of electrons in disordered films induced by parallel magnetic field and film thickness. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.
- [cbs05] V. Cerovski, R.K. Brojen Singh, and M. Schreiber. Localization of non-interacting electrons in thin layered disordered systems. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.
- [ccs05] A. Croy, V.Z. Cerovski, and M. Schreiber. The role of power-law correlated disorder in the Anderson metal-insulator transition. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.

- [crms05] A. Croy, R.A. Römer, A. MacKinnon, and M. Schreiber. Thermoelectric properties of disordered systems. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.
- [cs05] P. Cain and M. Schreiber. Anomalous localized states in the 3D Anderson model of localization. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.
- [csg04] V. Cerovski, M. Schreiber, and U. Grimm. Spectral and diffusive properties of silver-mean quasicrystals in 1,2 and 3 dimensions. Europhysics Conference on Computational Physics (CCP 2004), Genua, Italien 09/04.
- [csg05] V. Cerovski, M. Schreiber, and U. Grimm. Multiscaling, ergodicity and localization in quasiperiodic chains. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.
- [kcs05] P. Karmann, V. Cerovski, and M. Schreiber. Density of states of the three dimensional Bernoulli-Anderson model. Spring Meeting German Physical Society, Berlin 03/05.
- [kcs06] P. Karmann, V. Cerovski, and M. Schreiber. Properties of the density of states of the three dimensional Bernoulli-Anderson model. Spring Meeting German Physical Society, Dresden 03/06.
- [mos06] K. Morawetz, C. Olbrich, and M. Schreiber. Metal-insulator transition in heterojunctions. Spring Meeting German Physical Society, Dresden 03/06
- [nrs04a] M. Ndawana, R.A. Römer, and M. Schreiber. The extended Harris criterion and scale-free disorder in the 3D Anderson model of localization. Int. Conf. Statistical Physics STATPHYS22, Bangalore, Indien 07/04.
- [nrs04b] M. Ndawana, R.A. Römer, and M. Schreiber. The extended Harris criterion and scale-free disorder in the 3D Anderson model of localization. 27th Int. Conf. Physics of Semiconductors ICPS-27, Flagstaff Arizona, USA 07/04.
- [nrs05] M.L. Ndawana, R.A. Römer, and M. Schreiber. Scale-free disorder and its effects on the localization-delocalization transition in 3D. Transport in Interacting and Disordered Systems (TIDS11), Egmond aan Zee 08/05.
- [s04a] M. Schreiber. Quasikristalle - oder: Warum man fünfeckige Fliesen so schlecht verlegen kann. Schüler-Sommerschule für Physik, Chemnitz 07/04.
- [s04b] M. Schreiber. Quasikristalle. WE-Heraeus Ferienschule für Physik "Neue Materialien für morgen und übermorgen in Experimenten und Simulationen" Chemnitz 10/04.
- [s04c] M. Schreiber. Quasicrystals - introduction and mathematical models. Ruhuna Int. School on Computational and Mathematical Physics (RISCMAP), Matara, Sri Lanka 12/04.
- [s04d] M. Schreiber. Quasicrystals - electronic properties. Ruhuna Int. School on Computational and Mathematical Physics (RISCMAP), Matara, Sri Lanka 12/04.
- [s04e] M. Schreiber. Quasicrystals - computer laboratory course. Ruhuna Int. School on Computational and Mathematical Physics (RISCMAP), Matara, Sri Lanka 12/04.
- [s04f] M. Schreiber. Quasicrystals - experiments and application. Ruhuna Int. School on Computational and Mathematical Physics (RISCMAP), Matara, Sri Lanka 12/04.

- [s05a] M. Schreiber. Anomalous localized electronic states in three-dimensional disordered systems. 11th annual IASBS meeting on condensed matter physics, Zanjan, Iran 05/05.
- [s05b] M. Schreiber. Electronic states in disordered systems. Summer School NANOMA 2005, Physics and Chemistry of Nanomaterials, Cluj-Napoca, Rumänien 08/05.
- [scg04] M. Schreiber, V. Cerovski, and U. Grimm. Electronic states and anomalous diffusion in quasiperiodic systems. Workshop Cooperative Phenomena in Optics and Transport in Nanostructures, Dresden 06/04.
- [snr04] M. Schreiber, M.L. Ndawana, and R.A. Römer. Effects of scale-free disorder on the Anderson metal-insulator transition. Europhysics Conference on Computational Physics (CCP 2004), Genua, Italien 09/04.

## 2.5 Offene Fragen / Ausblick

Bei den Schichtsystemen wurden bisher nur Systeme mit einem Magnetfeld senkrecht zu den Schichten betrachtet. Es wäre interessant, auch Systeme mit einem Magnetfeld parallel zu den Schichten zu untersuchen.

Andere topologische Strukturen, beispielsweise das Modell eines Netzwerkes für eine "kleine Welt", in dem ein bestimmter Anteil der Transferintegrale zwischen den nächsten Nachbarn durch langreichweitige Transferterme zu zufällig ausgewählten Gitterplätzen ersetzt wird, stellen eine andere interessante Variante des Anderson-Modells dar. Mit wachsender Zahl derartig langreichweitiger Verbindungen im Netzwerk ist eine wachsende Delokalisierung der Eigenzustände zu erwarten, so dass das System möglicherweise in einen Phasenübergang getrieben werden kann.

Eine genauere Analyse der Umstände, die zum Auftreten der anormalen lokalisierten Zustände erforderlich sind, sollte zu einer besseren quantitativen Beschreibung führen, so dass ein Vergleich mit verschiedenen analytischen Resultaten möglich wird. Dazu wären allerdings aufwändige Berechnungen erforderlich, da die anormalen Zustände sehr selten auftreten.

Die Feinstruktur der Zustandsdichte im Bernoulli-Anderson-Modells erfordert ebenfalls noch genauere Berechnungen, außerdem wäre es interessant, zu untersuchen, wie die räumliche Struktur der Wellenfunktionen aussieht, die zu diesen Feinstrukturen beitragen.

